ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ

ΠΡΑΚΤΙΚΑ 4ου ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

12, 13, 14 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1995

ΑΘΗΝΑ 1998

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΝ ΣΩΜ. ΑΝΕΓΝ. ΑΡΙΘ. 3096/73
ΕΤΟΣ ΙΔΡΥΣΕΩΣ 1901 - ΕΔΡΑ ΑΘΗΝΑΙ 106 71
ΒΟΥΚΟΥΡΕΣΤΙΟΥ 11 - ΤΗΛ. 36.31.112
ΜΕΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΝΩΣΕΩΣ
ΜΕΛΟΣ ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ

ΠΡΑΚΤΙΚΑ 4ου ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

12, 13, 14 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1995

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ
ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

ΑΘΗΝΑ 1998

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

1.	Πρόεδρος	:	Αθηνά Παπαπέτρου–Ζαμάνη, Καθηγήτρια, Παν/μια Αθηνών.
2.	Α' Αντιπρόεδρος	:	Γεώργιος Δαυζίνας, Υποστρ/γος ε.α., Καθηγητής, Σ.Σ.Ε.
3.	Β' Αντιπρόεδρος	:	Δημήτριος Σμοκοβίτης, τ. Καθηγητής, Σ.Σ.Ε.
4.	Γ' Αντιπρόεδρος	:	Νικόλαος Συμεωνίδης, Καθηγητής, Παν/μιο Αθηνών.
5.	Γεν. Γραμματέας	:	Καλλιόπη Γάκη–Παπαναστασίου, Λέκτωρ, Παν/μιο Αθηνών.
6.	Ειδ. Γραμματέας	:	Ευθύμιος Καρύμπαλης, Διδάκτωρ, Παν/μιο Αθηνών.
7.	Ταμίας	:	Γεώργιος Λειβαδίτης, Αναπλ. Καθηγητής, Παν/μιο Αθηνών.
8.	Μέλος του Δ.Σ.	:	Θεόδωρος Γκουρνέλλος, Επίκ. Καθηγητής, Παν/μιο Αθηνών.
9.	»		Χαμπίκ Μαρουκιάν, Επίκ. Καθηγητής, Παν/μιο Αθηνών.
10.	»		Ευθυμία Βερυκίου–Παπασπυριδάκου, Επίκ. Καθηγήτρια, Παν/μιο Αθηνών.
11.	»		Δημήτριος Δημητριάδης, Υποστρ/γος.
12.	»		Κυριακή Παπαδοπούλου–Βρυνιώτη, Λέκτωρ, Παν/μια Αθηνών.
13.	»		Σπυρίδων Φασούλας, Δικηγόρος.
14.	»		Ανδρέας Καλατζάκας, Καθηγητής, Σ.Σ.Ε.
15.	»		Κωνσταντίνος Ρηγόπουλος, Ωκεανογράφος.

ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΠΡΟΕΔΡΟΣ	: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ	Καθηγητής, Παν/μιο Αθηνών
Α' ΑΝΤΙΠΡΟΕΔΡΟΣ	: ΛΑΖΑΡΟΣ ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ	Καθηγητής, Παν/μιο Θεσ/νίκης
Β' ΑΝΤΙΠΡΟΕΔΡΟΣ	: ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΣΜΟΚΟΒΙΤΗΣ	τ. Καθηγητής, Σ.Σ.Ε.
ΓΡΑΜΜΑΤΕΑΣ	: ΧΑΜΠΙΚ ΜΑΡΟΥΚΙΑΝ	Επίκ. Καθηγητής, Παν/μια Αθηνών
ΤΑΜΙΑΣ	: ΚΟΣΜΑΣ ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ	Διδάκτωρ, Παν/μιο Αθηνών
ΜΕΛΗ	: ΚΩΣΤΑΣ ΚΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ	Καθηγητής, Ε.Μ.Π.
	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΛΕΙΒΑΔΙΤΗΣ	Αναπλ. Καθηγητής, Παν/μιο Αθηνών
	ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΓΚΟΥΡΝΕΛΛΟΣ	Επίκ. Καθηγητής, Παν/μιο Αθηνών
	ΚΑΛ. ΓΑΚΗ-ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	Λέκτωρ, Παν/μιο Αθηνών
	ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΚΑΡΥΜΠΑΛΗΣ	Διδάκτωρ, Παν/μια Αθηνών

Το συνέδριο διοργανώθηκε από την **Ελληνική Γεωγραφική Εταιρεία** σε συνεργασία με τους Τομείς Γεωγραφίας-Κλιματολογίας και Γεωλαγίας-Παλαιοντολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών.

4° ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

12, 13, 14 Οκτωβρίου 1995

ΣΤΟ ΠΑΛΑΙΟ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

Χαιρετισμός του Αντιπροέδρου της Οργανωτικής Επιτροπής Καθηγητή του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Λάζαρου Σωτηριάδου και ομιλία με θέμα:

ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ - ΑΝΘΡΩΠΟΣ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Με ιδιαίτερη ευχαρίστηση συμμετέχω σαν αντιπρόεδρος στο 4ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, όχι μόνο επειδή μου δίνεται η ευκαιρία να επικοινωνήσω με τον κόσμο που ασχολείται με τη Γεωγραφία, αλλά και γιατί τα θέματα που πρόκειται να ανακοινωθούν στο Συνέδριο αυτό είναι πρωταρχικής σημασίας, παρουσιάζουν ενδιαφέρον, χαρακτηρίζονται από την πρωτοτυπία τους και καλύπτουν σχεδόν όλο το φάσμα των Γεωγραφικών επιστημών.

Πριν τελειώσω το χαιρετισμό θα ήθελα να συγχαρώ όλους αυτούς που είχαν την πρωτοβουλία αλλά και εργάστηκαν και κουράστηκαν πολύ για την προετοιμασία του 4ου Γεωγραφικού Συνεδρίου, το οποίο είμαι βέβαιος ότι θα έχει πλήρη επιτυχία.

Στην έναρξη του Συνέδριου θα σας αναπτύξω το θέμα που αφορά τη σχέση Γεωγραφία - Εκπαίδευση - Άνθρωπος - Περιβάλλον.

Ο όρος Γεωγραφία, γνωστός από την εποχή του Αριστοτέλη, σημαίνει περιγραφή της γης. Ασχολείται με τη συστηματική μελέτη και περιγραφή της επιφάνειας της γης (χέρσος - θάλασσα), όπως διαμορφώθηκε κατά την εξέλιξή της. Επίσης αασχολείται με τα διάφορα φαινόμενα που συμβαίνουν στη γη, στη γενική τους μορφή σαν σύνολο. Στα ενδιαφέροντά της η Γεωγραφία περιλαμβάνει και παρατηρήσεις σε όλους τους οργανισμούς (ζώα, φυτά), χωρίς να εισέρχεται σε λεπτομέρειες, όσον αφορά την ταξινόμησή τους, την ανατομία τους, τη φυσιολογία τους κ.λπ., όπως επίσης περιλαμβάνει και φαινόμενα και γεγονότα που έχουν άμεση σχέση με τον άνθρωπο, την επίδρασή του και τη δραστηριότητά του πάνω στη γη.

Η Γεωγραφία αποτελεί έναν επιστημονικό τομέα από τους αρχαιότερους χρόνους. Η ανάπτυξή της οφείλεται κυρίως στις ανάγκες που είχε ο άνθρωπος να ανταποκριθεί στις δυσκολίες της φύσης και στις προσπάθειές του να γνωρίσει το περιβάλλον του, μέσα στο οποίο ζει και αναπτύσσεται η ζωή. Επίσης ασχολήθηκε ο άνθρωπος με τη Γεωγραφία, διότι είναι φύσει περίεργος και φιλομαθής. Με το πνεύμα αυτό προσπάθησε να καθορίσει τη μορφή, το σχήμα, τις διαστάσεις του πλανήτη που ζει, να επικοινωνήσει με τους συνανθρώπους του και να περιγράψει τις συνήθειες, τα ήθη και τα έθιμα και γενικά την πολιτιστική του κατάσταση, να περιγράψει και να εξηγήσει την τοπογραφική διαμόρφωση του χώρου μέσα στον οποίο ζει και τέλος να ερμηνεύσει τη νομοτέλεια των φυσικών νόμων.

Με την έννοια των παραπάνω, η Γεωγραφία δεν έχει ένα ορισμένο κύκλο με συγκεκριμένα αντικείμενο μελέτης, όπως οι άλλες επιστήμες. Η ζωολογία π.χ. ασχολείται με την περιγραφή, την ταξινόμηση, την ανάπτυξη και αναπαραγωγή του ζωικού κόσμου, η χημεία με τη διαπίστωση των χημικών ουσιών που συνθέτουν μια ουσία κ.λπ. Το αντικείμενα έρευνας της Γεωγραφίας είναι σε γενικές γραμμές η επιφάνεια της γης, πάνω στην οποία υπάρχουν πολλά άλλα αντικείμενα έρευνας, που κατά βάθος είναι αντικείμενα έρευνας άλλων επιστημών. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο η Γεωγραφία δημιούργησε αμφιβολίες κατά πόσο θα πρέπει να αποτελεί ανεξάρτητη αυτοτελή επιστήμη ή αποτελεί ένα κλάδο που ασχολείται με την ταξινόμηση των διαφάρων γνώσεων, των σχετικών με την επιφάνεια της γης και των διαφόρων φαινομένων που έχουν άμεση σχέση με αυτή. Πολλοί γεωγράφοι αντέδρασαν στην αμφιβολία αυτή και υποστήριξαν ότι η αυτοτέλεια μιας επιστήμης δεν προσδιορίζεται μόνο από το συγκεκριμένο αντικείμενο που ερευνά, αλλά και από τη δική της μεθοδολογία, που σκοπό έχει την ενοποίηση των γνώσεων, των σχετικών με τα φαινόμενα που συμβαίνουν στην επιφάνεια της γης. Σε γενικές γραμμές η Γεωγραφία δεν εξετάζει τα διάφορα αντικείμενα χωριστά, αλλά τις σχέσεις αυτών με την επιφάνεια της γης και σκοπός της σύγχρονης Γεωγραφίας είναι η έρευνα της κατανομής των φυσικών, βιολογικών και ανθρωπίνων φαινομένων, όπως επίσης και η μελέτη των αιτιών της κατανομής των φαινομένων αυτών.

Όπως όλες οι επιστήμες, για τη μελέτη και την εξήγηση διαφόρων αντικειμένων ή φαινομένων ανατρέχουν στη βοήθεια άλλων επιστημών, έτσι και η Γεωγραφία έχει την ανάγκη και δέχεται τη βοήθεια από τις παρακάτω, κυρίως, επιστήμες:

Γεωλογία. Η μελέτη της σημερινής μορφολογίας της επιφάνειας της γης, όπως επίσης και η εξέλιξή της, χωρίς τις γνώσεις της γεωλογίας θα ήτον αδύνατη.

Μαθηματικά. Είναι αναγκαία για την εξήγηση διαφόρων φυσικών φαινομένων, όπως π.χ. σε θέματα μετεωρολογίας, κλιματολογίας, υδρογραφίας, μορφολογίας. Επίσης, η αναπαράσταση της επιφάνειας της γης (χαρτογραφία) μέ την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων προβολών, ο προσδιορισμός με συντεταγμένες σημείων πάνω στην επιφάνεια, όπως επίσης και ο καθορισμός των διαστάσεων, της μαρφής και του σχήματος της γης και η σχέση της γης σαν πλανήτη με τα άλλα ουράνια σώματα, δείχνουν την αναγκαιάτητα των μαθηματικών.

Ανόργανος Χημεία. Συμβάλλει στη γνώση της χημικής συστάσεως των διαφόρων πετρωμάτων και ορυκτών, όπως επίσης και την αλλοίωση που παθαίνουν.

Φυσική. Από την πλευρά της η φυσική προσφέρει πολλά στη Γεωγραφία, κυρίως η μηχανική και η θερμότητα.

Βιολογία. Εξετάζοντας διάφορα είδη φυτών και ζώων που ζουν στην επιφάνεια της γης και είναι κατανεμημένα κατά τόπους, απαιτούνται γνώσεις της ζωολογίας και βοτανικής. Έτσι η ζωολογία και η βοτανική είναι συνδεδεμένες με τη ζωογεωγραφία και με τη φυταγεωγραφία. Εξετάζοντας δε τις σχέσεις των οργανισμών με το περιβάλλον και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες ζουν, καταλήγουμε ότι και η **οικολογία** προσφέρει πολλά στην επιστήμη της Γεωγραφίας. Στη σημερινή, μάλιστα, εποχή, που το πρόβλημα «προστασία του περιβάλλοντος» έχει πάρει τεράστιες διαστάσεις, η **Γεωγραφία** θα πρέπει να παίζει σημαντικό ρόλο.

Σαν κοινωνική επιστήμη η Γεωγραφία (ανθρωπογεωγραφία) δέχεται τη βοήθεια της **ανθρωπολογίας**, της **εθνολογίας**, της **ιστορίας** και της **πολιτικής οικονομίας**.

Απ' όσα αναφέρθηκαν στην εισαγωγή, φαίνεται καθαρά ότι το αντικείμενο της Γεωγραφίας είναι πολύπλευρο και πολυσύνθετο. Για το σκοπό αυτό, για την καλύτερη και λεπτομερέστερη μελέτη των διαφόρων αντικειμένων και των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια της γης, χωρίζεται η Γεωγραφία σε διάφορους κλάδους. Αυτό συμβαίνει και με τις άλλες επιστήμες. Έτσι η Γεωγραφία χωρίζεται κατ' αρχήν σε δύο μεγάλους κλάδους, την Ειδική Γεωγραφία ή Χωρογεωγραφία ή και Γεωγραφικών περιοχών και τη Γενική Γεωγραφία.

Η Ειδική Γεωγραφία εξετάζει τις διάφορες περιοχές της γης περιορισμένες ή μεγάλες και διαχωρίζει κατά κάποιο τρόπο τη γεωγραφική ύλη πάνω στην επιφάνεια της γης. Οι περιοχές αυτές μπορεί να είναι ήπειροι, τμήματα των ηπείρων, κράτη ή και μικρότερες ακόμη περιοχές, όπως επίσης μπορεί οι περιοχές αυτές να είναι χερσαίες ή θαλάσσιες. Η μελέτη των επί μέρους περιοχών της γης μπορεί να αφορά τη μορφολογία της περιοχής, το κλίμα, την υδρογραφία, τη βλάστηση, το έδαφος, την επίδραση του ανθρώπου κ.ά.

Η Γενική Γεωγραφία εξετάζει τα διάφορα γεωγραφικά φαινόμενα σε παγκόσμια κλίμακα μέσα στο χώρο, που προκύπτουν από τη σχέση του στερεού φλοιού της γης με την ατμόσφαιρα, την υδρόσφαιρα και τη βιόσφαιρα. Σαν παραδείγματα αναφέρουμε τους νόμους που διέπουν τη δημιουργία και την εξέλιξη ενός ποταμού, είναι οι ίδιοι, άσχετα αν ο ποταμός βρίσκεται σε οποιαδήποτε περιοχή της γης. Όπως επίσης η αποσάθρωση των πετρωμάτων (π.χ. του γρανίτη) είναι η ίδια πάνω στην επιφάνεια της γης, όταν γίνεται με τις ίδιες συνθήκες.

Το περιεχόμενο της Γενικής Γεωγραφίας είναι πολύ ευρύ και διακρίνεται στον κλάδο που ασχολείται με αντικείμενα ή φαινόμενα που υπακούουν και βρίσκονται κάτω από τη φυσική νομοτέλεια και κατατάσσεται στις φυσικές επιστήμες και στον κλάδο που αναφέρεται στον άνθρωπο και στην επίδρασή του πάνω στη γη και κατατάσσεται στις κοινωνικές επιστήμες. Στην πρώτη περίπτωση σαν φυσική επιστήμη ή καλύτερα σαν γεωεπιστήμη διακρίνεται στη Φυσική Γεωγραφία και τη Μαθηματική Γεωγραφία. Έτσι γενικά μπορούμε να χωρίσουμε τη Γενική Γεωγραφία σε τρεις μεγάλους κλάδους, τη Μαθηματική Γεωγραφία, τη Φυσική Γεωγραφία και την Ανθρωπογεωγραφία.

1. Μαθηματική Γεωγραφία

Αυτή εξετάζει:

α) Τη γη σαν ουράνιο σώμα (Αστρονομική Γεωγραφία-Κοσμογραφία).

β) Το μέγεθος και το σχήμα της γης και τα προβλήματα που συνδέονται με αυτά, τις διαστάσεις της γης, τον προσδιορισμό της θέσης ενός τόπου και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται γι' αυτό, τις διάφορες μεθόδους μέτρησης μηκών και αποστάσεων, όπως και τον καθορισμό των διαφόρων μονάδων μέτρησης (Γεωδαισία).

γ) Τη μελέτη των διαφόρων μεθόδων για τη διαπίστωση της φυσικής κατάστασης της γης (Γεωφυσική).

δ) Την απεικόνιση της επιφάνειας και του σχήματος της γης, τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται (προβολές), όπως επίσης και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε μεθόδου (Χαρτογραφία).

ε) Τέλος, με την εξέλιξη των επιστημών και ειδικά της πληροφορικής αναπτύχθηκε ο κλάδος «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών» που εντάσσεται στη Μαθηματική Γεωγραφία, εφαρμόζεται όμως σαν «εργαλείο» από όλους τους επί μέρους κλάδους, όχι μόνο της Γεωγραφίας, αλλά και άλλων επιστημών.

2. Φυσική Γεωγραφία

Σχετικά με το περιεχόμενο της Φυσικής Γεωγραφίας διατυπώθηκαν πολλές απόψεις.

Στην αρχή διατυπώθηκε η άποψη ότι κάθε φαινόμενο ή αντικείμενο επί της γης, εφόσον υπόκειται στη φυσική νομοτέλεια, η μελέτη του εμπίπτει στη Φυσική Γεωγραφία. Έτσι η Φυσική Γεωγραφία θα έπρεπε να συμπεριλάβει όλα τα αντικείμενα μελέτης των γεωεπιστημών. Πολλοί επιστήμονες διαφώνησαν με την πρόταση αυτή. Γεγονός όμως είναι ότι η Φυσική Γεωγραφία σύμφωνα με το παραπάνω σκεπτικό της φυσικής νομοτέλειας περιλαμβάνει πολλούς τομείς, που ο καθένας αναπτύχθηκε και εξελίχθηκε χωριστά. Αν εξαιρέσουμε τους κλάδους της Μαθηματικής Γεωγραφίας, η Φυσική Γεωγραφία διαιρείται στους παρακάτω κλάδους:

α) Γεωμορφολογία
β) Κλιματολογία
γ) Ωκεανογραφία
δ) Βιογεωγραφία
ε) Υδρογεωγραφία

3. Ανθρωπογεωγραφία

Είναι ο κλάδος της Γενικής Γεωγραφίας που ασχολείται με τη δραστηριότητα του ανθρώπου πάνω στη γη και με διάφορες εκδηλώσεις του σε σχέση με το περιβάλλον του. Όπως προαναφέρθηκε κατατάσσεται στις κοινωνικές επιστήμες και όχι στις φυσικές, διότι δεν υπόκειται σε καμιά φυσική νομοτέλεια. Η Ανθρωπογεωγραφία, κατά τις νεώτερες αντιλήψεις, είναι ένας από τους σπουδαιότερους κλάδους της Γεωγραφίας. Γενικότερα μπορούμε να πούμε ότι εξετάζει τους ανθρώπους σαν σύνολο, την κατανομή τους πάνω στη γη, την ανθρωπολογική και εθνολογική τους σύσταση και εξέλιξη, τον πολιτισμό τους, την οικονομική, κοινωνική και πολιτιστική ανάπτυξή τους, τα ήθη και τα έθιμά τους και όλες τις ομαδικές και πνευματικές τους εκδηλώσεις.

Με τα παραπάνω ευρύτατο περιεχόμενο, η Ανθρωπογεωγραφία αναγκαστικά χωρίζεται, ανάλογα με αντικείμενο μελέτης, στους επί μέρους κλάδους:

α) Οικονομική Γεωγραφία
β) Πολιτική Γεωγραφία
γ) Κοινωνική Γεωγραφία
δ) Ιστορική Γεωγραφία

Παρόλο το ευρύ φάσμα του περιεχομένου της Γεωγραφίας και της τεράστιας σκοπιμότητάς της, η Γεωγραφία δεν βρήκε την ανταπόκριση που έπρεπε στον τομέα της εκπαίδευσης, τόσο της γενικής όσο και της ανώτατης. Θα αναφερθώ σε ορισμένα παραδείγματα από την Ευρώπη και τη χώρα μας.

Για την Ευρώπη η διδασκαλία της Γεωγραφίας δεν ανάγεται σε πολύ παλιές εποχές. Στην αλλαγή του αιώνα, η Γεωγραφία που διδασκόταν ήταν πολύ διαφορετική από τη σημερινή. Πριν το 19ο αιώνα δεν υπήρχε στα προγράμματα των πανεπιστημίων, με μοναδική εξαίρεση το πανεπιστήμιο της Οξφόρδης. Κατά τον 19ο αιώνα τα πανεπιστήμια δεν έχειχναν ιδιαίτερο ενθουσιασμό γι' αυτό το μάθημα. Έτσι δεν υπήρχε και το ανάλογο ενδιαφέρον και στα σχολεία. Λίγοι καθηγητές βρέθηκαν που θα μπορούσαν να ασχοληθούν με το αντικείμενο και αυτοί ανήκαν σε άλλες ειδικότητες και γι' αυτό δεν ήταν ειδικοί πάνω στη Γεωγραφία. Έτσι χωρίς ουσιαστικά ειδικούς δασκάλους και με την έλλειψη δυνατοτήτων από πλευράς πανεπιστημίων, τα σχολεία δεν μπορούσαν να υιοθετήσουν ένα τέτοιο μάθημα.

Ενώ όλα αυτά συνέβαιναν στην Αγγλία, το σκηνικό στη Γερμανία ήταν εντελώς διαφορετικό. Εκεί αναπτύχθηκε μια σημαντική παράδοση χάριν στους Ritter, Humbolt και Von Richtofen. Έτσι παίρνοντας οι Άγγλοι σαν παράδειγμα τους Γερμανούς εισηγήθηκαν ότι αρχικά θα έπρεπε να καθιερωθεί τουλάχιστον ένα μάθημα Γεωγραφίας σε κάποιο από τα Αγγλικά πανεπιστήμια.

Τέτοια ήταν περίπου η κατάσταση της Γεωγραφίας στα τέλη του 19ου αιώνα. Είτε στη γενική εκπαίδευση, είτε στα πανεπιστήμια η αντιμετώπιση αυτού του αντικειμένου ήταν φτωχή και η διδασκαλία αραιή. Από αυτή όμως την περίοδο βρίσκουμε τις πρώτες προσπάθειες για να δοθεί απάντηση σε κάθε μία από τις τρεις παραπάνω περιπτώσεις.

Το πρόβλημα αυτό της παραγκώνισης της Γεωγραφίας τόσο στα πανεπιστήμια όσο και στη γενική εκπαίδευση το αντελήφθησαν, έστω και αργά, οι Ευρωπαίοι και το αντιμετώπισαν με την ίδρυση Σχολών Γεωγραφίας στα πανεπιστήμια και τη διάθεση γεωγράφων στην εκπαίδευση, ώστε το μάθημα να διδάσκεται από ειδικούς με υπευθυνότητα.

Δυστυχώς για τη χώρα μας, αν και παρουσιάστηκε μια βελτίωση σχετικά με την εκπαίδευση όπως θα αναφερθεί παρακάτω, η εκπαίδευση της Γεωγραφίας δεν είναι ικανοποιητική. Στα πανεπιστήμια της χώρας δεν υπάρχουν Γεωγραφικά Τμήματα από τα οποία θα αποφοιτούν Γεωγράφοι. Διδάσκονται γεωγραφικά μαθήματα στις επί μέρους Σχολές, αλλά οι γεωγραφικές γνώσεις περιορίζονται στο περιεχόμενο των Σχολών αυτών. Για παράδειγμα Φιλοσοφική Σχολή (Ιστορική Γεωγραφία), Οικονομικές Σχολές (Πολιτική - Οικονομική Γεωγραφία), Γεωλογικό Τμήμα (Φυσική Γεωγραφία), Πολυτεχνικές Σχολές (Γεωδαισία - Τοπογραφία - Χωροταξία) κ.λπ. Παρόλες τις προσπάθειες, τόσο της Γεωγραφικής Εταιρείας, όσο και άλλων φορέων πανεπιστημιακών για την ίδρυση Γεωγραφικού Τμήματος στα πανεπιστήμια ώστε να αποφοιτούν καθαροί Γεωγράφοι οι οποίοι θα διδάξουν σωστά και υπεύθυνα το μάθημα της Γεωγραφίας, η Πολιτεία αδράνησε στο σημείο αυτό, έτσι ώστε σήμερα δυστυχώς η Ελλάδα, χωρίς αμφιβολία, να είναι η μόνη χώρα μεταξύ των ανεπτυγμένων χωρών που στα πανεπιστήμιά της δεν υπάρχουν Γεωγραφικά Τμήματα. Τη στιγμή μάλιστα που είναι η χώρα που δημιούργησε, ανέπτυξε και έγραψε για τη Γεωγραφία (παραδείγματα).

Όπως αναφέρθηκε για την εξέλιξη της εκπαίδευσης σε άλλες χώρες, η κατάσταση του μαθήματος της Γεωγραφίας στην Ελλάδα δεν ήταν καλύτερη στον προηγούμενο αιώνα και ακόμη αργότερα.

Το 1834 το νομικό πλαίσιο ανέφερε ότι μάθημα της Γεωγραφίας διδάσκεται στα σχολεία μόνο όταν αυτό είναι δυνατό. Και όταν αυτό ήταν δυνατό, η διδασκαλία στηριζόταν σε μια ξερή και στυγνή αποστήθιση τοπωνυμιών. Ως ανεξάρτητο μάθημα πρωτοδιδάχθηκε στη δεκαετία του 1860 στην Πάτρα. Και στη συνέχεια το δίδαξε ο Βακαλόπουλος στο Α' Γυμνάσιο της Αθήνας. Η ύλη του μαθήματος της Γεωγραφίας προέβλεπε ανάλυση γεωγραφικών όρων σχετικά με το ανάγλυφο (πεδιάδες, λόφοι κ.λπ.), υδάτινες επιφάνειες (θάλασσες, λίμνες κ.λπ.), στοιχεία ανθρωπογεωγραφίας, δίνοντας βάρος στα έργα των ανθρώπων στις πόλεις και τα χωριά κ.ό.

Το 1894 στα τετρατάξια δημοτικά σχολεία η Γεωγραφία διδάσκεται 2 ώρες την εβδομάδα. Τα θέματα της διδασκαλίας της Γεωγραφίας παραμένουν σχεδόν τα ίδια. Το 1913 στο αναλυτικό πρόγραμμα των σχολείων τα γεωγραφικά θέματα πληθαίνουν και δίνουν γνώσεις που προέρχονται και από άλλους κλάδους της Γεωγραφίας, όπως Φυσική Γεωγραφία, Μαθηματική, Πολιτική. Κυρίως, όμως δίνεται σημασία στην Τοπική Γεωγραφία (Νομός κ.λπ.).

Η κατάσταση αυτή δε δείχνει να αλλάζει ούτε στο αναλυτικό πρόγραμμα του 1969, όπου ο σκοπός της Γεωγραφίας είναι η γνώση της Ελλάδας και των ξένων χωρών που έχουν σημασία για την Ελλάδα καθώς και η μελέτη του γεωγραφικού και γεωφυσικού χάρτη (γνώσεις χαρτογραφίας που στηρίζονται στην όσο τα δυνατόν καλύτερη αποστήθιση πολλών τοπωνυμιών).

Το 1977 στην ύλη της γεωγραφίας μπαίνουν περισσότερες γνώσεις που έχουν σχέση με τη Γεωλογία (πετρώματα, απολιθώματα) και με τη μορφολογία του αναγλύφου (διάβρωση κ.λπ.). Σαν σκοπός του μαθήματος εισέρχεται και η κατανόηση των φυσικών και τεχνητών ματαβολών και η επίγνωση του ρόλου του ανθρώπου ως δημιουργήματος αλλά και ως δημιουργικού παράγοντα του περιβάλλοντος. Ακόμη, η δυνατότητα των μαθητών να σκέφτονται γεωγραφικά και να εντάσσουν τα γεωγραφικά φαινόμενα σε ευρύτερα σύνολα σχέσεων ζωής και πολιτισμού.

Παρότι τα γεωγραφικά θέματα που αφορούσαν τον άνθρωπο όπως αναφέρθηκε κατατάσσονταν στις κοινωνικές επιστήμες (ανθρωπογεωγραφία) εν τούτοις και στις φυσικές επιστήμες (Φυσική Γεωγραφία) η παρέμβαση του ανθρώπου είναι αποφασιστική διότι αφενός επηρεάζει και μεταβάλλει ορισμένες μορφές του αναγλύφου αφετέρου επηρεάζει και τους φυσικούς παράγοντες που δρουν επί της επιφάνειας της γης με αποτέλεσμα την αύξηση ή μείωση της εξέλιξης μιας περιοχής. Συνεπώς ερχόμαστε στην επέμβαση του ανθρώπου στο περιβάλλον και η επέμβαση αυτή γίνεται κυρίως για την «ανάπτυξη» μιας περιοχής.

α) Το πρόβλημα της επέμβασης του ανθρώπου στο περιβάλλον παρότι αφήνει την εντύπωση ότι είναι σημερινό ή εν πάσει περιπτώσει των τελευταίων ετών, δεν είναι σωστό.

Ο άνθρωπος με την προσπάθεια να καλυτερεύσει τις συνθήκες διαβίωσης του ανέκαθεν έθιγε το περιβάλλον. Οι μεγάλες μεταναστεύσεις κατά τον προηγαύμενο αιώνα στην Αμερική είχαν σαν αποτέλεσμα με την προσπάθεια δημιουργίας καλλιεργημένων εκτάσεων να αποψιλώσουν δασικές εκτάσεις (περιαχή Αριζόνας) και να τις καταστήσουν ερήμους. Γενικά όμως η χαμηλή τεχνολογία και γενικά τα μέσα που διέθετε ο άνθρωπος δεν έθιγε σε μεγάλο βαθμό τα περιβάλλον ώστε η κατάσταση που εδημιουργείτο να θίγει την ποιότητα ζωής όπως συμβαίνει σήμερα.

β) Η ανάπτυξη μιας περιοχής θα πρέπει να παίρνει υπ' όψιν της όλες τις παραμέτρους που συνθέτουν αυτό που ονομάζουμε ποιότητα ζωής. Το αίτημα για ποιότητα ζωής οφείλει να κατέχει κεντρική θέση σε μια ισόρροπη οικονομική, κοινωνική και πολιτιστική ανάπτυξη με επίκεντρο τον παράγοντα «άνθρωπος». Η λανθάνουσα αντίληψη που κυριάρχησε στο παρελθόν, σύμφωνα με την οποία οι στόχοι της ανάπτυξης είναι μόνο οικονομικοί, συσσώρευσε και συσσωρεύει περιβαλλοντικά προβλήματα, τόσο στη χώρα μας, όσο και ακόμη παραπέρα στο σύνολο του πλανήτη.

Οι προσπάθειες λοιπόν όλων μας θα πρέπει να ενταθούν, ώστε από τη μία να αντιμετωπίσουμε αποτελεσματικά τα συσσωρευμένα περιβαλλοντικά προβλήματα και από την άλλη να ενεργούμε με απόλυτο σεβασμό στο περιβάλλον. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος θα πρέπει κατ' αρχήν να διαθέτουμε μια πλήρη και ακριβή καταγραφή των οξυμένων περιβαλλοντικών προβλημάτων (θέμα καθαρά της Γεωγραφίας), ώστε να προγραμματιστεί σωστά η αντιμετώπισή τους. Προς αυτήν την κατεύθυναη απαιτείται η συνεχής και υπεύθυνη πληροφόρηση των φορέων και των πολιτών για να καλλιεργηθεί η οικολογική συνείδηση μέσα από τη διαμόρφωση μιας ευρύτερης αντίληψης όχι ατενά τοπικιστικής.

Η συνεργασία όλων των επιστημών για την αντιμετώπιση των προβλημάτων του περιβάλλοντος είναι επιβεβλημένη. Δεν πρέπει να οικειοποιείται καμιά επιστήμη την προστασία του περιβάλλοντος. Από καμιά περιβαλλοντική μελέτη δεν θα πρέπει να παραμελείται η Γεωγραφία, αλλά θα πρέπει να μπαίνει μπροστάρης στις έρευνες διότι η Γεωγραφία, με τη βοήθεια και των άλλων γεωεπιστημών, ερευνά και γνωρίζει από μακρού χρόνου, το φυσικό περιβάλλον, παρακολουθεί τις μεταβολές που υφίσταται από την επέμβαση του ανθρώπου και λαμβάνει πολύ σοβαρά υπόψην της ότι η φύση έχει τη δυνατότητα να επουλώνει τις πληγές που της δημιουργεί ο άνθρωπος σε μεγάλο χρονικό διάστημα, αλλά οι δυνατότητες αυτές δεν είναι απεριόριστες.

Αυτό το οποίο θα πρέπει να υπογραμμισθεί είναι ότι το περιβάλλον, πέρα από την αυτονόητη σημασία του στην ποιότητα της ζωής, αποτελεί και σημαντικό παράγοντα ανάπτυξης. Αποτελεί το μεγάλο κεφάλαιο, το υπόστρωμα πάνω στο οποίο συντελούνται και αναπτύσσονται όλες οι αναπτυξιακές μας δραστηριότητες. Η βάναυση προσβολή του όχι μόνο δεν βοηθά την ανάπτυξη, αλλά υπονομεύει σταθερά το μέλλον μας. Η προστασία και η αναβάθμισή του είναι βασική προϋπόθεση για την επιθυμητή ανάπτυξη.

Δυστυχώς όμως, η κατάχρηση των πόρων, η άγνοια για μακρά περίοδο και η υποτίμηση της σημασίας του περιβάλλοντος μας οδήγησε σε μια πολύ κρίσιμη φάση. Ο Ιπποκράτης έλεγε «Παν το πολύ τη φύσει πολέμιαν», και αυτό έχουμε καθήκον να το κατανοήσουμε. Κάθε κατάχρηση αντίκειται στη φύση και ό,τι αντίκειται στη φύση είναι επικίνδυνο και για τον άνθρωπο και για τη φύση.

Ας έχουμε πάντα υπόψη τα όσα είπε ο Σίλλερ (από Α. Αλεξόπουλο «Σύντομος ιστορία της εξέλιξης της Γεωγραφίας»):

«Πόσο θαυμάσια ωραία είναι η γη του Θεού και πόσο ωραίο είναι να είσαι άνθρωπος πάνω σ' αυτήν».

Βιβλιογραφία

Αλεξόπουλος, Αν. (1987). Σύντομος Ιστορία της Εξέλιξης της Γεωγραφίας. Πρακτ. 1ο Πανελ. Γεωγρ. Συνέδριο, Αθήνα.

Ζαμάνη, Αθ. (1987). Φυσική Γεωγραφία: Κοινωνική Επιστήμη. Πρακτ. 1ο Πανελ. Γεωγρ. Συνέδριο, Αθήνα.

Sotiriadis, L. (1993). The Historical Development of Geography in Greece. Salzburger Arbeiten, Bd. 22, (77-101), Salzburg.

Σωτηριάδης, Λ. (1982). Σημειώσεις Γεωγραφίας. Αριστοτ. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ψαριανός, Π. (1969). Επίτομος Φυσική Γεωγραφία. Πανεπιστήμιο Αθηνών.

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Κατολισθητικά φαινόμενα στο νότιο τμήμα της χερσονήσου της Μάνης

Α. Αλεξόπουλος και Σπ. Λέκκας
Τομέας Δυναμικής - Τεκτονικής - Εφαρμοσμένης Γεωλογίας
Πανεπιστημιούπολη, 157 84 Αθήνα

Περίληψη

Στο νοτιότερο τμήμα της χερσονήσου της Μάνης, στην περιοχή μεταξύ Βάθειας και Πόρτο-Κάγιο παρατηρήθηκαν εκτεταμένες κατολισθήσεις βραχωδών μαζών.

Στην παρούσα εργασία, μετά από μια σύντομη παράθεση της γεωλογικής δομής της παραπάνω περιοχής, διερευνώνται ο μηχανισμός και τα αίτια τα οποία οδήγησαν στην εκδήλωση των κατολισθήσεων αυτών.

Abstract

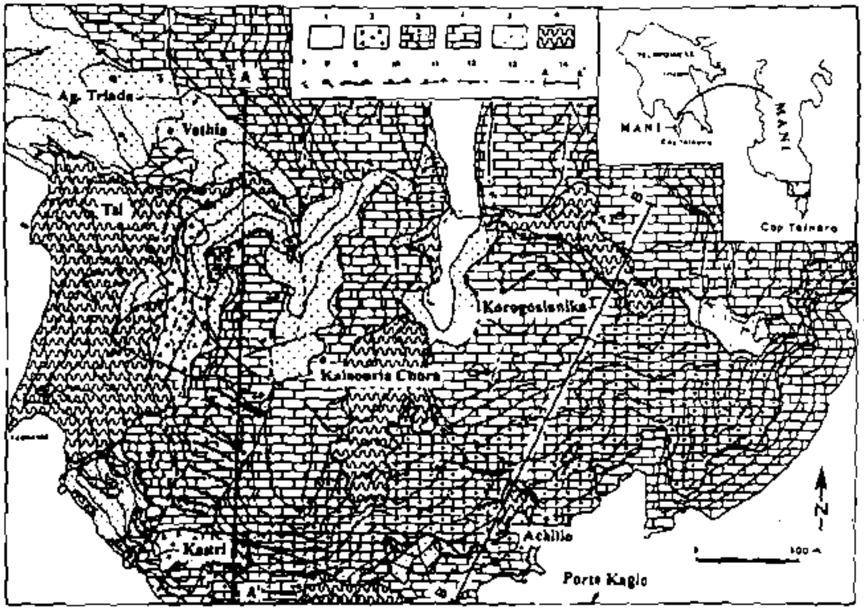
In the southern part of Mani peninsula, in the region between the villages Vathia and Porto-Kagio, landslides which have affected large areas were observed.

In this paper, the geological conditions of the region and the mechanism and the causes of the landslides are examined.

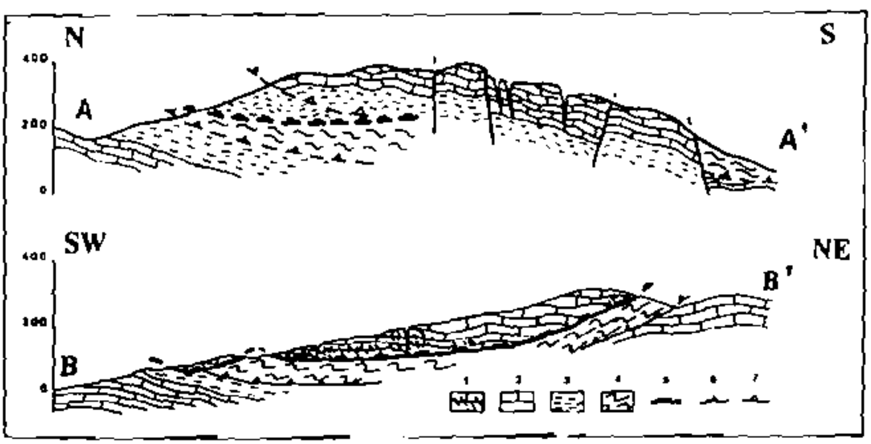
1. Γεωλογικές παρατηρήσεις

Η χερσόνησος της Μάνης, στην περιοχή νοτιότερα της Άλικας και μέχρι το Πόρτο Κάγιο, σύμφωνα με τους Α. Αλεξόπουλο και Σ. Λέκκα (1995), δομείται από (Σχ. 1):

i) Παχυστρωματώδη τεφρόλευκα ή σπανιότερα λευκά κρυσταλλικά μάρμαρα που κατά θέσεις, (Γερολιμένας, Κοκκινόγια, δρόμος προς Λάγια), περιέχουν τομές ελασματοβραγχίων (ρουδιστές). Χαρακτηρίζονται από την απουσία κερατολιθικών βολβών και κερατολιθικών ενδιαστρώσεων γεγονός που τα αντιδιαστέλλει από τα μάρμαρα του Ταϋγέτου.



Σχ. 1. Γεωλογικός χάρτης. 1: αλλούβια. 2: πλευρικά κορήματα. 3: τεκτονικά λατυποποιημένα μάρμαρα. 4: μάρμαρα της «σειράς της Μάνης». 5: κλαστικός σχηματισμός της «σειράς της Μάνης». 6: φυλλίτες - χαλαζίτες. 7: διεύθυνση και φορά κλίσης στρωμάτων. 8: ανεστραμμένα στρώματα. 9: μετοκολυμματική τεκτονική επιφάνεια ολίσθησης. 10: επώθηση. 11: εφίππευση. 12: ρήγματα (χάσματα) αποκόλλησης. 13: κανονική επαφή. 14: γεωλογική τομή. 15: ρήγμα.



Σχ. 2. Γεωλογικές τομές. 1: τεκτονικό λατυποποιημένο μάρμαρο. 2: μάρμαρα της «σειράς της Μάνης» 3: κλαστικός σχηματισμός της «σειράς της Μάνης» 4: φυλλίτες - χαλαζίτες. 5: μετοκαλλυματική τεκτονική επιφάνεια ολίσθησης. 6: επώθηση. 7: εφίππευση.

Στα ανώτερα στρώματα παρεμβάλλονται ερυθροϊώδη μάρμαρα που περνούν βαθμιαία, σε μια ελαφρά μεταμορφωμένη κλαστική ακολουθία. Αυτή αποτελείται από πρασινόχροους αρχικά και στη συνέχεια καφεκίτρινους ασβεστοπηλίτες-πηλίτες με λεπτές ανθρακικές ενδιαστρώσεις και ορίζοντες ανθρακικών κροκαλολατυπαγών. Σε κροκαλολατυποπαγείς ορίζοντες κοντά στον οικισμό της Αγ. Τριάδας προσδιορίστηκαν τρηματοφόρα του τριτογενούς (nummulites, discocyclines).

Δυτικά του οικισμού Καστρί η ιζηματογένεση της κλαστικής ακολουθίας ξεκινά με την απόθεση ενός ανθρακικού κροκαλοπαγούς που το πάχος του ξεπερνά τα δέκα μέτρα.

Σύμφωνα με τον F. Thiebault (1980, 1982), τα μάρμαρα και οι ασβεστοφυλλίτες της Μάνης, ανήκουν στην υποζώνη των Παξών-Ζακύνθου, ενώ σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. κλίμακας 1:50.000, φύλλο Μαυροβούνι-Αρεόπολις-Γερολιμήν (1984), οι προηγούμενοι σχηματισμοί, είναι μεταμορφωμένοι σχηματισμοί της Ιονίου ζώνης. Εμείς, στην παρούσα εργασία, αναφερόμενοι στα μάρμαρα της Μάνης και στην κανονικά υπερκείμενη κλαστική ακολουθία, θα χρησιμοποιούμε τον όρο «σειρά της Μάνης».

ii) Σχηματισμούς της ενότητας Φυλλιτών-Χαλαζιτών, που στις περιοχές νότια της Βάθειας, βορειοδυτικά από το Πόρτο-Κάγιο και βόρεια από τα Κορογονιάνικα, υπέρκεινται τεκτονικά των μαρμάρων ή των ασβεστοφυλλιτών. Αποτελούνται από μια ποικιλία σχιστολίθων και από χαλαζίτες. Στους σχιστολίθους παρατηρήθηκαν χλωρίτης, χλωριτοειδές, γρανάτης, γλαυκοφανής και κατά θέσεις αιματίτης (ολίγιστο).

iii) Λατυποπαγείς κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι οι οποίοι έχουν σημαντική επιφανειακή ανάπτυξη και πάχος στο νότιο και στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης (Καστρί, Αχίλλεια). Πρόκειται ουσιαστικά για τεκτονικά λατυποπαγή που αναπτύσσονται κατά μήκος της επαφής των μαρμάρων της Μάνης και των υποκείμενων, τεκτονικά, σχηματισμών.

iv) Υπολλειματικές εμφανίσεις μεταλπικών (νεογενών ?) σχηματισμών που αποτελούνται από αδρόκοκκους ψαμμίτες, αργίλους, ωολιθικούς ασβεστολίθους, μικρολατυποπαγή, και κροκαλολατυποπαγή. Στο ερυθρό, αργιλοψαμμιτικό συνδετικό υλικό των μικρολατυποπαγών παρατηρείσαμε κακά διατηρημένα απολιθώματα. Η διάκριση των κροκαλολατυποπαγών από τα τεκτονικά λατυποπαγή ή ακόμη και από τα συνεκτικά ανθρακικά πλευρικά κορήματα δεν είναι πάντοτε ευχερής. Τα κροκαλολατυποπαγή απαντούν κυρίως νότια και νοτιοανατολικά από τα Καραγογιάνικα ενώ σημαντική εξάπλωση έχουν στην ευρύτερη περιοχή της Κοκκινόγιας (νοτιότερο άκρο του Ταινάρου).

2. Τεκτονικές παρατηρήσεις

Τα μάρμαρα και η κλαστική σειρά της Μάνης είναι πολυπτυχωμένα. Κυριαρχούν κατακεκλιμένες ισοκλινείς πτυχές με άξονες γενικού προσανατολισμού Β-Ν περίπου. Η πολυπτύχωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα, σε πολλές περιοχές τα στρώματα να εμφανίζονται σε ανεστραμμένη διάταξη (π.χ. νότια της Βάθειας, δυτικά της Καινούργιας Χώρας, δυτικά του Καστριού, και στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης). Προοδευτική εξέλιξη της ισοκλινούς πτύχωσης αποτελούν οι λεπιώσεις οι οποίες παρατηρούνται τόσο μεταξύ των μαρμάρων της Μάνης όσο και μεταξύ των μαρμάρων και των ασβεστοπηλιτών (Σχ.1 και Σχ. 2).

Ρήγματα και διακλάσεις συμπληρώνουν τον τεκτονικό ιστό των σχηματισμών της «σειράς της Μάνης». Η παρουσία των ασυνεχειών αυτών έχει ιδιαίτερη σημασία δεδομένου ότι σε ορισμένες περιοχές, σε συνδυασμό με άλλες παραμέτρους, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ευστάθεια των φυσικών αλλά και κάποιων τεχνητών πρανών.

Οι διακλάσεις αναπτύσσονται κυρίως κατά μήκος δυο διευθύνσεων, μιας ΒΔ-ΝΑ και μιας ΒΒΑ-ΝΝΔ. Το πρώτο από τα δυο συστήματα διακλάσεων έχουν επιδρόσει ευνοϊκά στην εκδήλωση κατολισθήσεων στην περιοχή βόρεια του Καστριού ενώ μαζί με το δεύτερο ελέγχουν τις κατολισθήσεις στην περιοχή Β του Αχιλλείου.

Η ενότητα των Φυλλιτών-Χαλαζιτών επωθείται είτε πάνω σε μάρμαρα της Μάνης είτε πάνω σε ασβεστοπηλίτες (π.χ. νότια της Βάθειας, βόρεια των Κορογονιάνικων ή νοτιοδυτικό του Αχιλλείου) (Σχ. 1).

Πάνω από την ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών, στις περιοχές νοτιοανατολικά της Βάθειας, ανατολικά της Καινούργιας Χώρας, βόρεια από τα Κορογονιάνικα και στο Αχίλλειο, απαντούν ανθρακικά πετρώματα τα οποία, σύμφωνα με την κλασική διαδοχή των τεκτονικών καλυμμάτων στην Πελοπόννησο, θα μπορούσαμε να τα εντάξουμε στην ενότητα της Τρίπολης. Λεπτομερείς όμως παρατηρήσεις αποδεικνύουν ότι τα ανθρακικά αυτά πετρώματα ανήκουν στα μάρμαρα της ενότητας της Μάνης και μάλιστα βρίσκονται σε ανεστραμένη θέση. Νοτιοανατολικά δε του νεκροταφείου της Βάθειας, πάνω από την ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών απαντούν οι ασβεστοπηλίτες-πηλίτες οι οποίοι, όπως προαναφέραμε, αποτελούν την προς τα πάνω εξέλιξη των μαρμάρων.

Η τεκτονική υπέρθεση των μαρμάρων και της κλαστικής σειράς της Μάνης πάνω σε ορίζοντες των Φυλλιτών-Χαλαζιτών κυρίως, ή των μαρμάρων και των ασβεστοπηλιτών σπανιάτερα είναι αποτέλεσμα, μιας μετακαλυμματικής τεκτονικής ολίσθησης λόγω βαρύτητας. Πιθανότατα κάποιες από τις προαναφερθείσες επιφάνειες εφιππεύσεων και επωθήσεων να λειτούργησαν αργότερα και ως επιφάνειες ολίσθησης, λόγω βαρύτητας.

2. Τεκτονικές παρατηρήσεις

Τα μάρμαρα και η κλαστική σειρά της Μάνης είναι πολυπτυχωμένα. Κυριαρχούν κατακεκλιμένες ισοκλινείς πτυχές με άξονες γενικού προσανατολισμού Β-Ν περίπου. Η πολυπτύχωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα, σε πολλές περιοχές τα στρώματα να εμφανίζονται σε ανεστραμμένη διάταξη (π.χ. νότια της Βάθειας, δυτικά της Καινούργιας Χώρας, δυτικά του Καστριού, και στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης). Προοδευτική εξέλιξη της ισοκλινούς πτύχωσης αποτελούν οι λεπιώσεις οι οποίες παρατηρούνται τόσο μεταξύ των μαρμάρων της Μάνης όσο και μεταξύ των μαρμάρων και των ασβεστοπηλιτών (Σχ.1 και Σχ. 2).

Ρήγματα και διακλάσεις συμπληρώνουν τον τεκτονικό ιστό των σχηματισμών της «σειράς της Μάνης». Η παρουσία των ασυνεχειών αυτών έχει ιδιαίτερη σημασία δεδομένου ότι σε ορισμένες περιοχές, σε συνδυασμό με άλλες παραμέτρους, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ευστάθεια των φυσικών αλλά και κάποιων τεχνητών πρανών.

Οι διακλάσεις αναπτύσσονται κυρίως κατά μήκος δυο διευθύνσεων, μιας ΒΔ-ΝΑ και μιας ΒΒΑ-ΝΝΔ. Το πρώτο από τα δυο συστήματα διακλάσεων έχουν επιδράσει ευνοϊκά στην εκδήλωση κατολισθήσεων στην περιοχή βόρεια του Καστριού ενώ μαζί με το δεύτερο ελέγχουν τις κατολισθήσεις στην περιοχή Β του Αχιλλείου.

Η ενότητα των Φυλλιτών-Χαλαζιτών επωθείται είτε πάνω σε μάρμαρα της Μάνης είτε πάνω σε ασβεστοπηλίτες (π.χ. νότια της Βάθειας, βόρειο των Καρσγονιάνικων ή νοτιοδυτικά του Αχιλλείου) (Σχ. 1).

Πάνω από την ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών, στις περιοχές νοτιοανατολικά της Βάθειας, ανατολικά της Καινούργιας Χώρας, βόρεια από τα Κορογονιάνικα και στο Αχίλλειο, απαντούν ανθρακικά πετρώματα τα οποία, σύμφωνα με την κλασική διαδοχή των τεκτονικών καλυμμάτων στην Πελοπόννησο, θα μπορούσαμε να τα εντάξουμε στην ενότητα της Τρίπολης. Λεπτομερείς όμως παρατηρήσεις αποδεικνύουν ότι τα ανθρακικά αυτά πετρώματα ανήκουν στα μάρμαρα της ενότητας της Μάνης και μάλιστα βρίσκονται σε ανεστραμένη θέση. Νοτιοανατολικά δε του νεκροταφείου της Βάθειας, πάνω από την ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών απαντούν οι ασβεστοπηλίτες-πηλίτες οι οποίοι, όπως προαναφέραμε, αποτελούν την προς τα πάνω εξέλιξη των μαρμάρων.

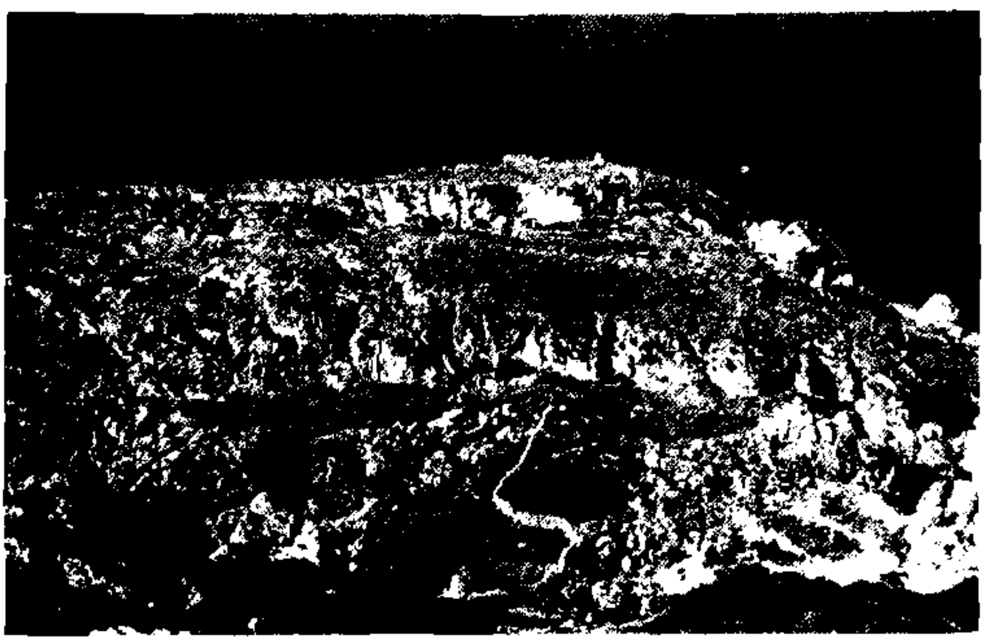
Η τεκτονική υπέρθεση των μαρμάρων και της κλαστικής σειράς της Μάνης πάνω σε ορίζοντες των Φυλλιτών-Χαλαζιτών κυρίως, ή των μαρμάρων και των ασβεστοπηλιτών σπανιότερα είναι αποτέλεσμα, μιας μετακαλυμματικής τεκτονικής ολίσθησης λόγω βαρύτητας. Πιθανότατα κάποιες από τις προαναφερθείσες επιφάνειες εφιππεύσεων και επωθήσεων να λειτούργησαν αργότερα και ως επιφάνειες ολίσθησης, λόγω βαρύτητας.

3. Κατολισθητικά φαινόμενα

Εκτεταμένες κατολισθήσεις βραχωδών μαζών παρατηρούνται στην περιοχή δυτικά και βόρεια του οικισμού Καστρί και στην περιοχή βόρεια του Αχιλλείου.

Οι κατολισθήσεις* εκδηλώνονται με τον αποχωρισμό, κατά μήκος επιφανειών διακλάσεων και ρηγμάτων, και την ολίσθηση επί των υποκείμενων πλαστικών σχηματισμών (ενότητα των Φυλλιτών-Χαλαζιτών ή κλαστικά της «σειράς της Μάνης»), είτε των ανώτερων, πολύχρωμων, οριζόντων των ανθρακικών της «σειράς της Μάνης» (περιοχή δυτικά και βόρεια του οικισμού Καστρί), είτε των συνεκτικών τεκτονικών λατυποπαγών (περιοχή βόρεια του Αχιλλείου).

Εξ αιτίας της ολίσθησης των βραχωδών μαζών επί των υποκείμενων πλαστικών, γεωλογικών σχηματισμών διαμορφώνονται στην επιφάνεια του εδάφους διαδοχικές, επιμήκεις, κλιμακωτές, διαρρήξεις και χάσματα το πλάτος των οποίων σε ορισμένες περιπτώσεις υπερβαίνει τα πέντε



Φωτ. 1. Επιφανειακά επιμήκη χάσματα εξ αιτίας της ολίσθησης των μαρμάρων της Μάνης στην περιοχή βόρεια του οικισμού Καστρί.

* Για τις κατολισθήσεις ακολουθήθηκε η ταξινόμηση αυτών κατά Varnes (1958).

μέτρα. Τα χάσματα αυτά και οι διαρρήξεις διαμορφώνουν στην περιοχή ένα ιδιαίτερο ανάγλυφο (Φωτ. 1, 2 και 3).

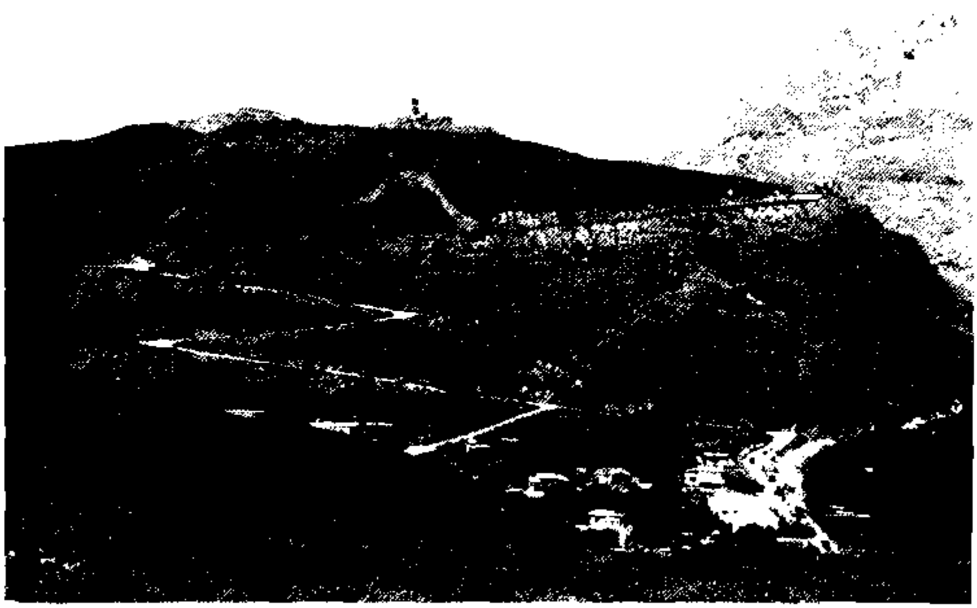
Φωτ. 2. Ολίσθηση συνεκτικού τεκτονικού λατυποπαγούς με ταυτόχρονη δημιουργία μεγάλων χασμάτων βόρεια του οικισμού του Αχιλλείου.

Άλλες μικρότερης κλίμακας, σφηνοειδείς ή περιστροφικές κατολισθήσεις, που έχουν προσβάλλει σχηματισμούς της ενότητας Φυλλιτών - Χαλαζιτών, έχουν εκδηλωθεί ανατολικά και δυτικά του Πόρτο Κάγιου και στον δρόμο που οδηγεί στο Μαρμάρι. Η τελευταία είναι μια παλιά μεγάλη κατολίσθηση που από το μέσο της περίπου διέρχεται ο προηγούμενος δρόμος. Μετά την διάνοιξη του δρόμου εκδηλώνονται, κατά μήκος των δημιουργηθέντων τεχνητών πρανών, κατολισθήσεις (περιστροφικές ή με τη μορφή ροών), με αποτέλεσμα, αρκετά συχνά, ο δρόμος να σκεπάζεται από κατολισθαίνοντα υλικά (Φωτ. 4).

4. Αίτια εκδήλωσης των κατολισθητικών φαινομένων

Τα αίτια τα οποία οδήγησαν στην εκδήλωση των κατολισθητικών φαινομένων στις περιοχές των οικισμών Καστρίου και Αχιλλείου είναι πολλά. Διαπιστώθηκε ότι πρωτεύοντα ρόλο διαδραμάτισαν:

Φωτ. 3. Κατολισθήσεις και επιφανειακά χάσματα βόρεια του οικισμού του Αχιλλείου.



Φωτ. 4. Σφηνοειδής κατολίσθηση στην ενότητα Φυλλιτών - Χαλαζιτών δυτικά του Πόρτο Κάγιο.

- η τεκτονική δομή, συνεπεία της οποίας τα μάρμαρα της Μάνης βρέθηκαν να υπέρκεινται των πλαστικών, πλούσιων σε αργιλικά ορυκτά, σχηματισμών της ενότητας των Φυλλιτών-Χαλαζιτών ή της κλαστικής ακολουθίας προς την οποία εξελίσσονται κανονικό τα μάρμαρα.
- οι τεκτονικές ασυνέχειες και ιδιαίτερα οι διακλάσεις, κατά μήκος των οποίων η βραχόμαζα εμφανίζει μειωμένη αντοχή. Κατά μήκος των ασυνεχειών αυτών έλαβε χώρα ο αποχωρισμός της βραχομάζας και δημιουργήθηκαν τα μεγάλα επιφανειακά χάσματα. Επί πλέον οι διακλάσεις και τα ήδη δημιουργηθέντα χάσματα διευκόλυναν και διευκολύνουν την κατείσδυση του νερού μέσα στα μάρμαρα και τα τεκτονικά λατυποπαγή.
- οι βροχοπτώσεις και τα υπόγεια νερά τα οποία έδρασαν και δρούν ως λιπαντικό μέσο κατά μήκος της επαφής μαρμάρων και των υποκείμενων, πλαστικών σχηματισμών. Μικροπηγές εκδηλώνονται καθόλη την διάρκεια του έτους σε διάφορα σημεία κατά μήκος της επαφής των μακροπερατών μαρμάρων και τεκτονικών λατυποπαγών με τους υποκείμενους φυλλίτες ή τα κλαστικά της «σειράς της Μάνης».
- οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις της περιοχής και ιδιαίτερα των νότιων και δυτικών ακτών κατά μήκος των οποίων εκδηλώνονται κυρίως τα κατολισθητικά φαινόμενα.
- ο ευνοϊκός συνδυασμός μορφολογικών κλίσεων και κλίσεων τεκτονικής επαφής μαρμάρων ή τεκτονικών λατυποπαγών με τους υποκείμενους πλαστικούς σχηματισμούς. Αυτό σε συνδυασμό με την μείωση της διατμητικής αντοχής κατά μήκος της προηγούμενης επαφής εξ αιτίας της παρουσίας του υπόγειου νερού ευνόησε και ευνοεί την ολίσθηση των μαρμάρων και των τεκτονικών λατυποπαγών επί του πλαστικού υποβάθρου τους.
- η κατασκευή του οδικού δικτύου Βάθειας-Μαρμαρίου, εξ αιτίας του οποίου έγιναν εκσκαφές στα φυσικά πρανή με αποτέλεσμα την απώλεια στήριξης και διατάραξη της ισορροπίας των μαζών πίσω και πάνω από τα πρανή.

Για τις σφηνοειδείς και περιστροφικές κατολισθήσεις που εκδηλώθηκαν ανατολικά και δυτικά του οικισμού Πόρτο Κάγιο και στον δρόμο που οδηγεί στο Μαρμάρι, υπεύθυνη είναι βασικά η απώλεια στήριξης στη βάση των φυσικών και τεχνητών πρανών είτε εξ αιτίας των εκσκαφών που έγιναν κατά την διάνοιξη των οδικών αρτηριών είτε εξ αιτίας της διαβρωτικής δράσης των θαλασσίων κυμάτων. Οι εκσκαφές στην βάση των πρανών σε συνδυασμό με τον ευνοϊκό προσανατολισμό των επιφανειών διακλάσεων, της επιφάνειας σχιστότητας των φυλλιτών-χαλαζιτών και της μορφολογικής κλίσης, οδήγησαν στην εκδήλωση αυτών των σφηνοειδών ή περιστροφικών κατολισθήσεων.

5. Συμπεράσματα

Στο νοτιότερο τμήμα της χερσονήσου της Μάνης, στην περιοχή μεταξύ Βάθειας και Πόρτο-Κάγιο παρατηρήθηκαν εκτεταμένες κατολισθήσεις βραχωδών μαζών.

Διαπιστώθηκε ότι πρωτεύοντα ρόλο στην εκδήλωση αυτών των κατολισθήσεων διαδραμάτισαν:

- η τεκτονική δομή της περιοχής.
- οι ασυνέχειες και ιδιαίτερα οι διακλάσεις και τα ρήγματα.
- οι βροχοπτώσεις και το υπόγειο νερό.
- οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις των περιοχών στις οποίες εκδηλώθηκαν οι κατολισθήσεις.
- ο ευνοϊκός συνδυασμός μορφολογικών κλίσεων και κλίσεων τεκτονικής επαφής μαρμάρων με τους υποκείμενους πλαστικούς σχηματισμούς.
- η κατασκευή του οδικού δικτύου.

Οι κατολισθήσεις εκδηλώνονται με τον αποχωρισμό, κατά μήκος επιφανειών διακλάσεων και ρηγμάτων, μεγάλων ανθρακικών τεμαχών και την ολίσθησή τους επί των υποκείμενων πλαστικών σχηματισμών.

Σε περίοδο έντονων βροχοπτώσεων ή σεισμικής διέγερσης της περιοχής και ιδιαίτερα εάν έχουμε συνδυασμένη εκδήλωση των δυο αυτών φυσικών φαινομένων, ο κίνδυνος ενεργοποιήσης των παραπάνω κατολισθήσεων είναι υπαρκτός.

Οι σφηνοειδείς και περιστροφικές κατολισθήσεις οι οποίες παρατηρούνται ανατολικά και δυτικά του Πάρτου Κάγιου και στον δρόμο που οδηγεί στο Μαρμάρι, είναι αποτέλεσμα κυρίως των εκσκαφών στη βάση των φυσικών και τεχνητών πρανών, εξ αιτίας της διάνοιξης των οδικών αρτηριών, ή της διαβρωτικής δράσης των θαλασσίων κυμάτων (απώλεια στήριξης της βάση των πρανών).

Βιβλιογραφία

Alexopoulos, A., Lekkas, S. (1995). The tectonic structure of Tainaro Peninsula (Mani, Southern Peloponnese). (Υπό δημοσίευση στο Neues Jahrbuch fur Geologie und Paläontologie).

Ι.Γ.Μ.Ε., (1984). Γεωλογικός Χάρτης 1:50.000, φύλλο Μαυροβούνιον-Αρεόπολις-Γερολιμήν.

Thiebault, F. (1980). Sur l'existence de la sous-zone de Paxos (preapulienne) en Peloponnese meridional, Grece. C. R. Acad. Sc. Paris, T. 291, 733-736.

Thiebault, F. (1982). Evolution geodynamique des Hellenides externes en Péloponnése méridional (Grèce). Soc. Geol. Nord., no 6, p. 574.

Varnes, D.J. (1958). Landslide types and processes, *In:* Landslides and Engineering Practice (Ed. E.B.Eckel), Highway Research Board Special Report 29, Washington, D.C., U.S.A., 20-47.

Η Ευξεινική λεκάνη του Αιτωλικού σε σχέση με τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου

Κ. Αλμπανάκης, Α.Ψιλοβίκος, Κ. Βουβαλίδης και Χ. Παλικαρίδης

Τομέας Γεωλογίας & Φυσικής Γεωγραφίας,

Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. 540 06

Περίληψη

Η υποθαλάσσια λεκάνη του Αιτωλικού με βάθος –32 m είναι εγκλωβισμένη στο χώρο της χέρσου και επικοινωνεί με τη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου με ένα στενό και ρηχό στόμιο. Η ανταλλαγή θαλάσσιων μαζών είναι περιορισμένη. Η φυσικογεωγραφική του διαμόρφωση, το σχετικά μεγάλο βάθος, το έντονα θετικό ισοζύγιο γλυκού νερού και η ελλιπής κυκλοφορία θαλάσσιου νερού καθιστούν το Αιτωλικό τυπική ευξεινική λεκάνη. Στην λεκάνη αναπτύσσονται τρία στρώματα νερού τα οποία διαχωρίζονται από δύο πυκνοκλινή.

Τα στρώματα αυτά είναι:

- Το **επιφανειακό** (0 - 7 m), κορεσμένο σε O_2.
- Το **ενδιάμεσο** (10 - 15 m), ψυχρό με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες όλο το χρόνο.
- Το **βαθύ** (20 - 32 m), αμετάβλητο και ανεπηρέαστο από εποχιακές μεταβολές.

Τα δύο παρεμβαλλόμενα μεταξύ των στρωμάτων πυκνοκλινή είναι:

- Το **κανονικό** (7 - 10 m) θερμοκλινές.
- Το **ανάστροφο** (15 - 20 m) θερμοκλινές.

Κάτω από το επιφανειακό υφάλμυρο στρώμα το O_2 μηδενίζεται και παράγονται υδρόθειο και αμμωνία. Η περιβαλλοντική υποβάθμιση του Αιτωλικού τα τελευταία χρόνια οφείλεται σε σειρά ανθρωπογενών παρεμβάσεων τόσο στην γεωγραφική διαμόρφωση της περιοχής, που παρεμποδίζουν την κυκλοφορία του θαλάσσιου νερού, όσο και στο ισοζύγιο του γλυκού νερού της λεκάνης.

Abstract

Aetoliko is a small (17 km ^{2}) and relatively deep (– 32 m) land-locked basin at the northern side of the Patras gulf. A narrow and shallow mouth allows extremely limited outflows and inflows between Aetoliko

and Mesologi lagoon, which turned the basin into an Euxinic type basin. The Aetoliko water mass consists of three distinctive stratified beds, separated by two pycnoclines as follows:

– The surface bed (0-7 m), saturated with O_2.
– The intermediate bed (10-15 m), remains the coldest one all through the year.
– The deep (20-32 m) stable bed, unaffected by seasonal changes.
– The normal thermocline (7-10 m).
– The inverted thermocline (15-20 m).

Bellow the surface bed (>7 m) the O_2 dissolved in the water reach zero values (anoxic condition) and thus favours the production of sulphur hydroxide and ammonia.

Due to recent anthropogenic influence in both the mouth of Aetoliko (limited cross-sectional area) and the hydrology of the basin (inflows of fresh water) the natural processes have been seriously affected.

The water circulation and exchange were decreased, the salinity was also decreased and the surface bed with the O_2 saturated water became thinner than before. According to fishermen and scientists the zero level of the O_2 before 1970 was at 12-15 m depth.

Εισαγωγή

Η υποθαλάσσια λεκάνη του Αιτωλικού και η λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου βρίσκονται στο ΒΔ άκρο του Πατραϊκού Κόλπου σε μιά χαμηλή περιοχή νοτίως των Ακαρνανικών ορέων και του Αράκυνθου, μεταξύ των δελταϊκών προσχώσεων των ποταμών Αχελώου στα Δυτικά και Εύηνου στα Ανατολικά.

Το Αιτωλικό βιβλιογραφικά χαρακτηρίζεται ως λιμνοθάλασσα (ΕΚΘΕ 1984, Κουτσούκος κ.ά. 1986, Κλαουδάτος κ.ά. 1989). Με την μελέτη όμως, από την ερευνητική μας ομάδα, των μορφολογικών, φυσικών και ωκεανογραφικών χαρακτηριστικών, το Αιτωλικό χαρακτηρίζεται περιφερειακή λεκάνη ευξεινικού τύπου.

Η ανάπτυξη των συγκεκριμένων φυσικοχημικών συνθηκών που καθιστούν το Αιτωλικό ευξεινική λεκάνη, είναι συνάρτηση της σχέσης επικοινωνίας της λεκάνης με την αβαθή και πλατιά λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου.

Η σχέση των δύο αυτών συστημάτων σήμερα έχει διαταραχθεί βαρύτατα από ανθρωπογενείς επεμβάσεις που έχουν οδηγήσει το Αιτωλικό σε περιβαλλοντική υποβάθμιση.

Η μελέτη αυτή έγινε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος 8477 της Επιτροπής Ερευνών του Α.Π.Θ. που αφορά τη λεκάνη του Κά-

τω Αχελώου, με χρηματοδότηση της Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ7) της Γενικής Γραμματείας Δημοσίων Έργων του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

Ευχαριστίες για τη συνεργασία τους στην έρευνα εκφράζουμε προς τον λέκτορα του Τμήματος Χημικών Μηχανικών κ. Μ. Μήτρακα, προς τη Δρ. Υδροχημικό κ. Ε. Ντότσικα και προς το γεωλόγο κ. Α. Μουσουρίδη.

Μέθοδοι έρευνας πεδίου

Στην έρευνα πεδίου χρησιμοποιήθηκε το ταχύπλοο ερευνητικό σκάφος «Αίολος», με το οποίο πραγματοποιήθηκαν όλες οι εργααίες πεδίου που περιλαμβάνουν:

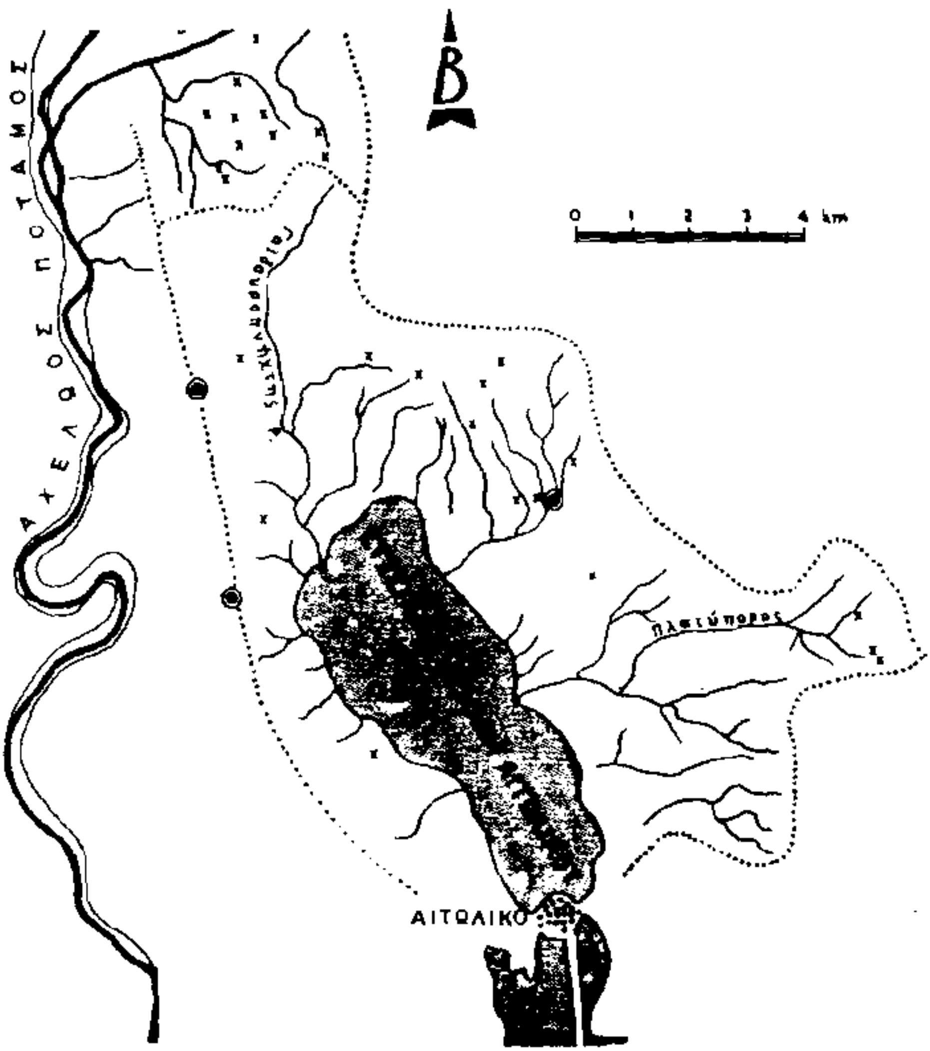
- Χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:20.000 του Αιτωλικού με χρήση Sonar τύπου Raython ακριβείας ± 10 cm και υπαλογισμό στίγματος GPS τύπου Garmin.
- Προφίλ συνεχούς καταγραφής της θερμοκρασίας, της αλατότητας, του διαλυμένου O_2 και του pH με όργανα τύπου WTW που διαθέτουν αισθητήρια με καλώδιο 100 m.
- Δειγματοληψία νερού στά σημεία των μεταβαλών των παραμέτρων όπως καθοριζόταν από το προφίλ των μετρήσεων, με δειγματολήπτη τύπου HYDROBIOS.

Γεωγραφικά - Γεωλογικά στοιχεία

Η υποθαλάσσια λεκάνη του Αιτωλικού βρίσκεται στο βορειότερο τμήμα της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου και έχει σχήμα περίπου ορθογώνιου παραλληλόγραμμου, με τον μεγαλύτερο άξονά του να έχει ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση Σχ. 5). Το μήκος της λεκάνης είναι 7.5 km και πλάτος 2,5 km. Αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα με βαθύ (– 32 m) ανώμαλο πυθμένα, εγκλωβισμένο στο χώρο της χέρσου. Έχει σχηματιστεί από ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης μεταξύ του καρστικού όγκου του Αράκυνθου στα ανατολικά και των νότιων απολήξεων των Ακαρνανικών ορέων, στα δυτικά, που αποτελούν μια καρστική λοφοσειρά ασβεστολιθικών λατυποπαγών και εβαποριτών επάνω στους οποίους έχουν αποτεθεί Νεογενείς αποθέσεις αργιλοψαμμιτικού χαρακτήρα. Εφόσον ο τεμαχισμός με ρήγματα και η βύθιση της κεντρικής περιοχής της τάφρου συμπεριέλαβε και τα Νεογενή ιζήματα, το Αιτωλικό είναι νεότερος αυτών σχηματισμός, δηλαδή Τεταρτογενής. Εχει την ίδια ηλικία που έχουν οι άλλες τάφροι στην περιοχή αυτή.

Γεωμορφολογικά στοιχεία

Η λεκάνη απορροής του Αιτωλικού έχει έκταση 87,9 km² από τα οποία τα 71 km² αποτελούν το χώρο της χέρσου και τα 16,9 km² τον υδάτινο χώρα. Το υδρογραφικό δίκτυο έχει ασύμμετρη ανάπτυξη κυρίως από βόρεια και ανατολικά. Την λεκάνη αποστραγγίζουν τρεις κύριοι χείμαρροι, ο Γαϊδουροπνίχτης από τα βόρεια ο Πλατύπαρος και ο Τριλάγγαδος στα ανατολικά (Σχ. 1).



Σχ. 1. Το υδρογραφικό δίκτυο και η λεκάνη απορροής του Αιτωλικού.

Η μορφολογία του πυθμένα της λεκάνης είναι έντονη, καθώς προέκυψε από βυθομετρική αποτύπωση που έγινε με το ερευνητικό σκάφος «ΑΙΟΛΟΣ» (Σχ. 2) και μπορεί να χωριστεί σε τρία τμήματα. Το νάτιο τμήμα, το οποίο έχει μικρά βάθη (5 - 7 m) και ομαλή κλίση πυθμένα, το κεντρικό τμήμα, που έχει ανώμαλη μορφολογία με βάθη 7 - 20 m και το βόρειο τμήμα όπου βρίσκεται το μεγαλύτερο βύθισμα των 32 m. Το κεντρικό και το βόρειο τμήμα έχουν πολύ στενή παράκτια ζώνη με μεγάλες κλίσεις του πυθμένα. Τα μορφολογικά στοιχεία της λεκάνης φαίνονται στον Πίνακα 1Α.

Α. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Λεκάνη απορροής	71 Km^2
Διαστάσεις υποθαλ. λεκάνης	2.5 × 7.5 Km
Έκταση καθρέφτη	16.9 Km^2
Βάθη (μέγιστα - μέσα)	32 m - 11.5 m
Ογκος λεκάνης	195 × 106 m^3
Μήκος ακτών	29 Km
Ανάπτυγμα ακτών	1.37

Β. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΕΜΥ Μεσολ. Κατακρημνίσματα	764 mm/yr
Α. Όγκος κατακρ. επιφάνειας	12.9 × 106 m^3/yr
Β. Συναλική απορραή (0.30)	16.3 × 106 m^3/yr
Γ. Αντλιοστάσιο D6	13.0 × 106 m^3/yr
Δ. Ογκ. εξάτμ. (1470mm/y)	24.8 × 106 m^3/yr
Α + Β + Γ > Δ	
Θετικό ισοζύγιο γλυκού νερ.:	17.4 × 106 m^3/yr

Γ. ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σχηματίζονται 3 στρώματα:

Α. Επιφανειακό Υφάλμυρο (ΕΥΣ) 0 - 7 m
Β. Ψυχρό Ενδιάμεσο (ΨΕΣ) 10 - 15 m
Γ. Βαθύ Αμετάβλητο (ΒΑΣ) 20 - 32 m

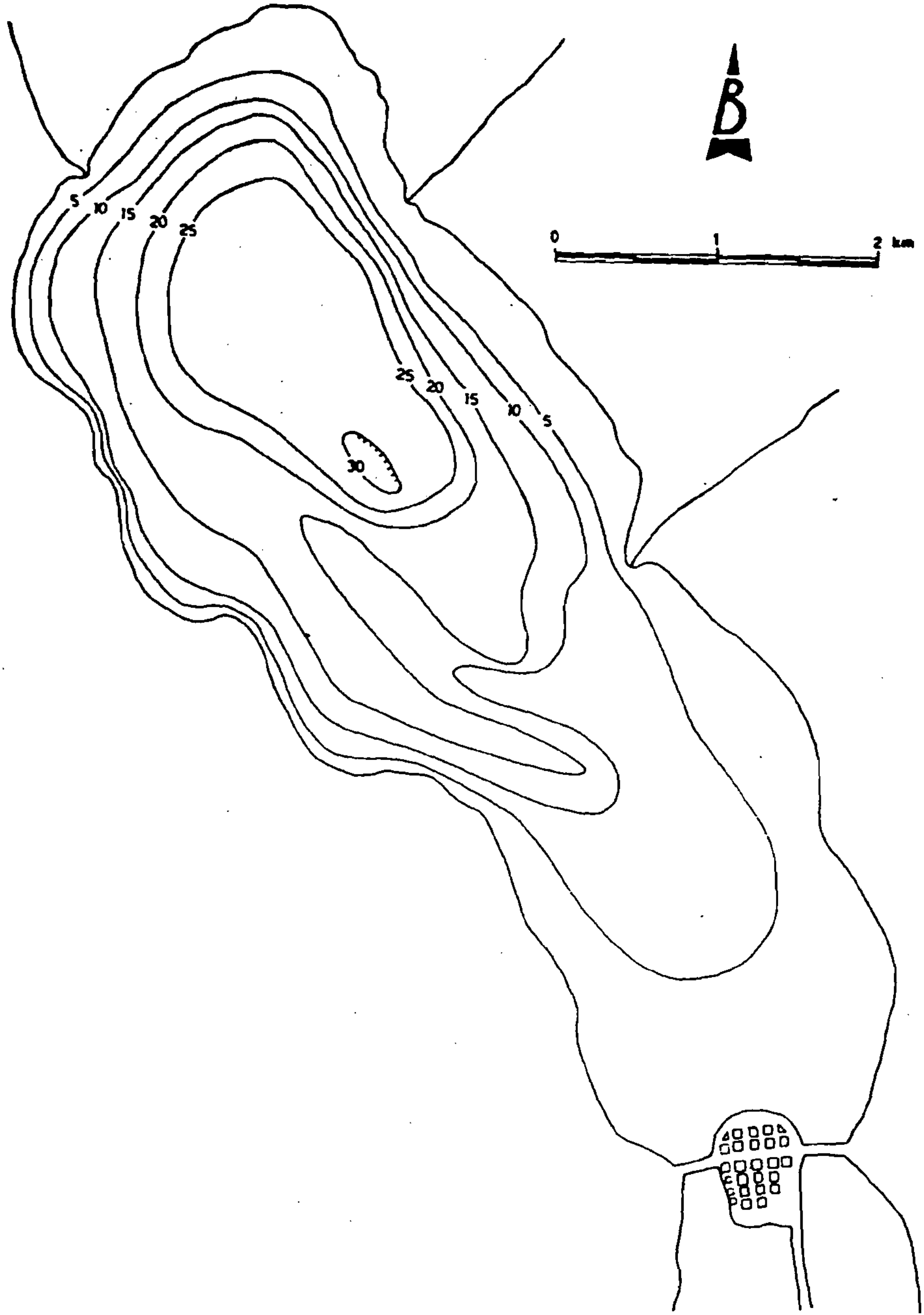
	ΕΥΣ	ΨΕΣ	ΒΑΣ
Θερμοκρ. °C	14 - 28	10 - 13	14.6
Αλατότητα o/oo	17 - 18	19 - 20	26.5
σt	12.57 - 09.62	15,10 - 15,2	19.50
O_2 mg/l	8 - 16	0.1	0.0
PH	9.1 - 8.5	7.2 - 7.7	6.9 - 7.0

Δ. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

(ενδεικτική μέρηση 20 - 7 - 1995)

Βάθος: (mg/l)	0.5 m	6.5 m	25 m
Νιτρικά	–	–	–
Νιτρώδη	0.0	0.01	0.01
Θειϊκά	1500.0	1583.3	1583.3
Φωσφορικά	0.03	0.03	0.0
Αμμωνικά	0.0	0.0	38.0
HS^-	0.0	0.0	45.0
Zn	0.42	0.33	0.07
Cu	<0.01	<0.01	<0.01
Fe	<0.02	<0.02	0.1
Mn	0.01	0.92	0.46
SiO_2	2.6	8.8	35.9

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μορφολογικά, υδρολογικά, ωκεανογραφικά, και ποιοτικά στοιχεία του νερού του Αιτωλικού.
[Ε.Ε Α.Π.Θ. Ερ. Πρ. 8477, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (Δ7) 1995]



Σχ. 2. Βυθομετρικός χάρτης του Αιτωλικού όπως κατασκευάστηκε από τομές με ηχοβολιστικό μηχάνημα (sonar).

Η λεκάνη του Αιτωλικού παρά το μεγάλο βάθος της επικοινωνεί με μιά ρηχή δίοδο βάθους μόλις −0,8 m ως −1.0 m με την επίσης ρηχή (−0.4 ως −1.5 m) λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου, η οποία προς το νότο έχει ελεύθερη επικοινωνία με τον Πατραϊκό Κόλπο.

Ανθρωπογενείς επεμβάσεις

Η επικοινωνία του Αιτωλικού με την λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου έχει διαταραχτεί από ανθρωπογενείς επεμβάσεις που έχουν επιφέρει ουσιαστικές μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής.

Οι επεμβάσεις ξεκίνησαν πολύ παλιά (πριν τον 20ο αιώνα) με το κτίσιμο της πόλης του Αιτωλικού επάνω σε τεχνητές νησίδες που δημιουργήθηκαν από την απόρριψη αδρανών υλικών στο στόμιο της λεκάνης και σταδιακά οι νηαίδες ενώθηκαν σχηματίζοντας μιά ενιαία νησίδα στο μέσο του φυσικού διαύλου επικοινωνίας της λεκάνης του Αιτωλικού με την λιμναθάλασσα Μεσολογγίου. Η νησίδα συνδέθηκε με την ανατολική και την δυτική ακτή με δύο λιθάκτιστες γέφυρες με πλατιά πέδιλα στήριξης και τοξοειδείς καμάρες. Σήμερα διέρχεται από αυτές η εθνική οδός Κατοχής-Μεσολογγίου. Οι γέφυρες αυτές σήμερα φαίνεται να έχουν υποστεί καθίζηση και έχουν περιορίσει περισσότερο από 70% την δίοδο επικοινωνίας του νερού.

Σειρά από άλλες επεμβάσεις ιδίως των δύο τελευταίων δεκαετιών έχουν συμβάλλει στην μεγαλύτερη αλλοίωση της φυσικής γεωγραφικής διαμόρφωσης της περιοχής και περιλαμβάνουν:

- Την κατασκευή αναχωμάτων, που έχουν περιορίσει και στενέψει την λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου.
- Την κατασκευή διαύλου (με αναχώματα) από την πόλη του Μεσολογγίου ως το νησάκι του Αιτωλικου, που εγκλωβίζει ολόκληρη την ανατολική γέφυρα.
- Την δημιουργία τεσσόρων αποστραγγιστικών αντλιοστασίων D1, D6, B1, B3 από τα οποία το D6 παροχετεύει γλυκά νερά μέσα στη λεκάνη του Αιτωλικού, το D1 στη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου και τα B1, B3 στο δίαυλο Μεσολογγίου-Αιτωλικού.
- Την κατασκευή ιχθυοφραγμών, ιδίως στο βόρειο τμήμα της λιμνοθάλασσας Μεσαλογγίου για τις ανάγκες των ιχθυοτροφείων, με υλικά που περιορίζουν την ταχύτητα διέλευσης του νερού κατά τον παλιρροϊκό κύκλο.

Υδρολογικά στοιχεία

Το Αιτωλικό αποτελεί μια λεκάνη η οποία επικοινωνεί με την λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου με μία στενή δίοδο υπό μορφήν «λαιμού φιάλης», από την οποία γίνεται η ανταλλαγή θαλάσσιων μαζών. Για την ανταλλαγή αυτή σημασία έχει το ισοζύγιο γλυκού νερού της λεκάνης του Αιτωλικού (Pickard & Emery 1990), δηλαδή πρέπει να εξεταστεί η εξάτμιση από την επιφάνεια της λεκάνης και να συγκριθεί με τη συνολική ποσότητα του γλυκού νερού που καταλήγει στη λεκάνη. Η ποσότητα αυτή καταλήγει στη λεκάνη μέσω της επιφανειακής και υπόγειας απορροής, των κατακρημνισμάτων στην επιφάνεια του νερού αλλά και των τεχνικών υδραυλικών έργων (αντλιοστασίων - αποστραγγιστικών τάφρων) που τροφοδοτούν με γλυκό νερό την λεκάνη.

Ο συνολικός όγκος των κατακρημνισμάτων της χερσαίας λεκάνης απορροής είναι 54,2 × 10^6 m^3/yr, επομένως η συνολική απορροή στο Αιτωλικό (επιφανειακή και υπόγεια) υπολογιζόμενη με συντελεστή 0,30 είναι 16,3 × 10^6 m^3/y. Ο όγκος των κατακρημνισμάτων της επιφάνειας είναι 12,9 × 10^5 m^3/yr. Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι την ίδια σχεδόν τιμή (13 × 10^6 m^3/yr) έχει και ο όγκος νερού που χύνεται από το αντλιοστάσιο D6, που βρίσκεται στην νοτιοδυτική ακτή του Αιτωλικού. Ετσι η συναλική ποσότητα γλυκού νερού που χύνεται στην λεκάνη είναι 42,2 × 10^6 m^3/yr, χωρίς να συνυπολογίζονται τυχόν υπόγειες απορροές από τους γειτονικούς καρστικούς όγκους. Η απώλεια νερού που οφείλεται στην εξάτμιση (τιμή εξατμισιμέτρου Λεσσινίου 1470 mm/y) είναι 28,4 × 10^6 m^3/yr. Υπάρχει δηλαδή ένα ετήσιο πλεόνασμα νερού 17 × 10^6 m^3/yr το οποίο εξέρχεται από την στενή δίοδο επικοινωνίας προς την λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου (Πίνακας 1Β).

Ωκεανογραφικά στοιχεία

Στη λεκάνη του Αιτωλικού πραγματοποιήθηκαν πλήρεις μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων σε κάθετες τομές (προφίλ). Οι μετρήσεις παρουσιάζονται στο σχήμα 3, μαζί με μιά χαρακτηριστική μορφολογική τομή κατά πλάτος της λεκάνης που έγινε με το ηχοβολιστικό (sonar), στην ίδια κατακόρυφη κλίμακα. Η τομή διέρχεται από τη βαθύτερη περιοχή της λεκάνης όπου έγιναν τα προφίλ των φυσικοχημικών παραμέτρων και αποτελεί μία από τις έξι τομές με βάσει τις οποίες κατασκευάστηκε ο βυθομετρικός χάρτης του σχήματος 2.

Γενικά οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από τους συγγραφείς βρίσκονται σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία αλλά προσθέτουν το στοιχείο των συνεχών καταγραφών, στα προφίλ των παραμέτρων, καθώς επίσης και για πρώτη φορά εξετάζεται και το νερό μέχρι τα 32 m ενώ τα βιβλιογραφικά στοιχεία των μετρήσεων είναι μέχρι το βάθος των 20 m.

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό στο νερό του Αιτωλικού είναι ο μηδενισμός του διαλυμένου O_2 κάτω από βάθος 7 m. Η πλήρης αυτή έλλειψη του οξυγόνου διαρκεί ολόκληρο το έτος και έχει μετρηθεί και από το ΕΚΘΕ (1984).

Η καμπύλη κατανομής της θερμοκρασίας με το βάθος, παρουσιάζει μια ιδιαιτερότητα. Εμφανίζει ένα κανονικό και ένα ανάστροφο θερμοκλινές, ιδίως στις 12-3-95 όπου βρισκόμαστε στο τέλος της ψυχρής χειμερινής περιόδου και στην αρχή της άνοιξης. Ίχνη αυτής της κατάστασης διατηρούνται επίσης και στις μετρήσεις του Ιουλίου, γεγονός που επιτρέπει να διαπιστώσουμε ότι υπάρχει ένα μόνιμο ενδιάμεσο στρώμα νερού το οποίο είναι το ψυχρότερο της λεκάνης.

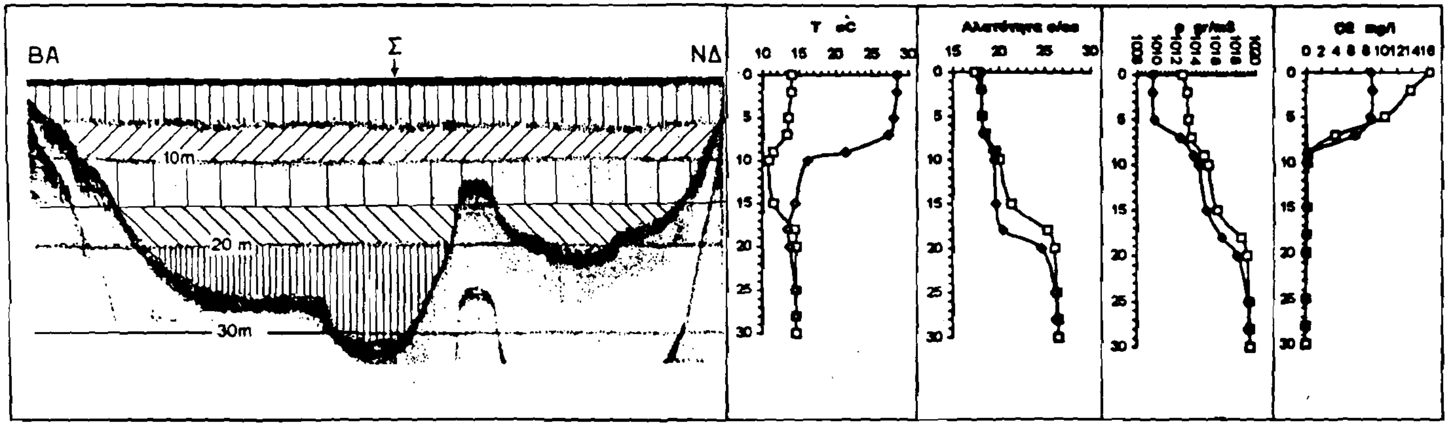
Από τις καμπύλες κατανομής της πυκνότητας με το βάθος διαπιστώνεται η ύπαρξη 3 κυρίων στρωμάτων νερού σχετικά ομογενών, όσον αφορά την πυκνότητα, τα οποία διαχωρίζονται από 2 έντονες ζώνες μετάβασης (πυκνοκλινή).

Τα στρώματα αυτά είναι:

- Το επιφανειακό υφάλμυρο στρώμα, ΕΥΣ, με έντονες εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας, η αλατότητα του οποίου παραμένει σχεδόν αμετάβλητη. Το στρώμα αυτό βρίσκεται από 0-7 m βάθος και έχει πολύ καλή οξυγόνωση.
- Η ζώνη του κανονικού θερμοκλινούς από 7-10 m, μέσα στην οποία το O_2 σχεδόν μηδενίζεται.
- Ακολουθεί το ψυχρό ενδιάμεσο στρώμα (ΨΕΣ), το οποίο αποτελείται από το ψυχρότερο νερό της λεκάνης και επιπλέει στο υποκείμενο στρώμα.
- Στη ζώνη ενός ισχυρού πυκνοκλινούς (15 - 20 m) το οποίο ταυτίζεται με την ζώνη του ανάστροφου θερμοκλινούς. Η κυριότερη συνιστώσα του πυκνοκλινούς αυτού, είναι η διαφορές αλατότητας (μετάβαση από τα 19o/oo στα 25o/oo.
- Τέλος υπάρχει το βαθύτερο στρώμα 20-32 m, του οποίου το επιφανειακό τμήμα (20-25 m) αποτελεί μια ομαλή μεταβατική ζώνη προς ένα εποχιακά αμετάβλητο στρώμα, ΒΑΣ, σε βάθος 25-32 m.

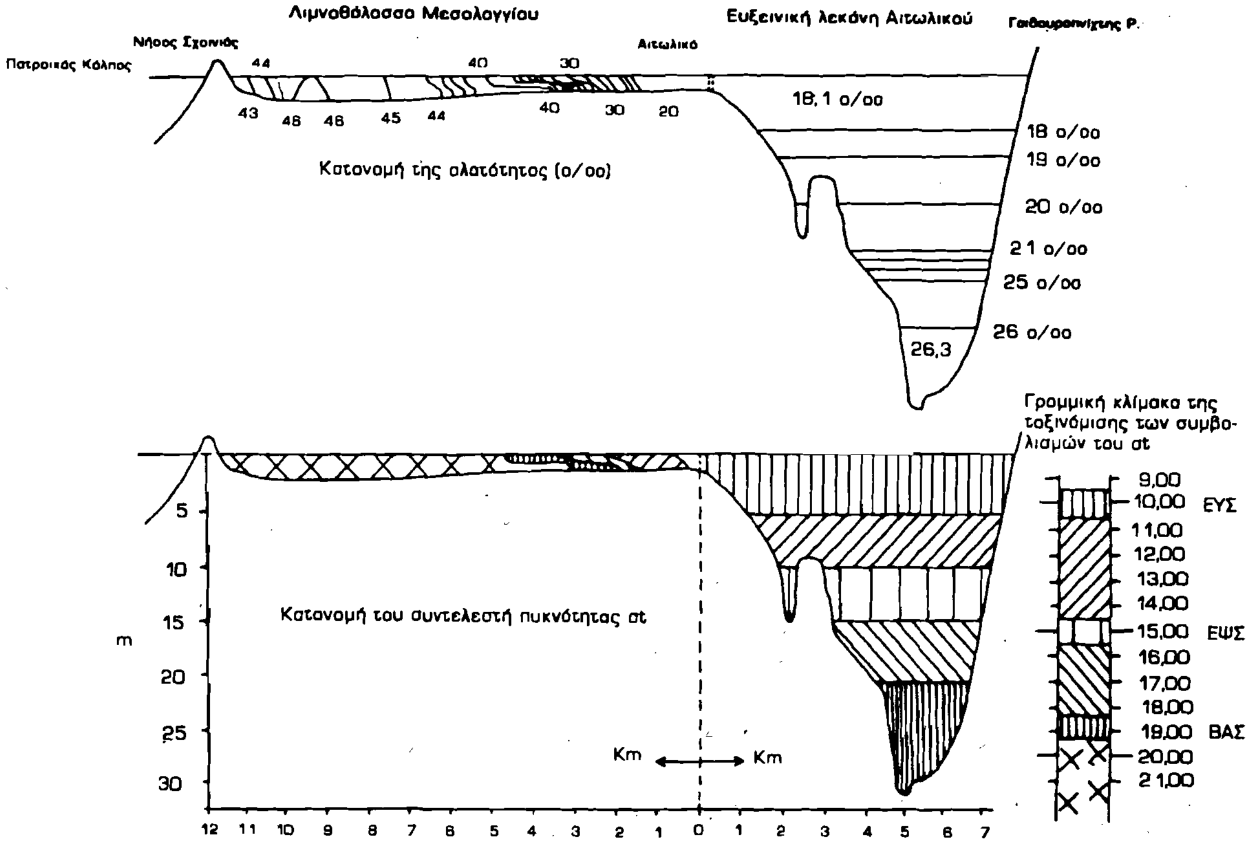
Στην ταμή ταυ ηχοβολιστικού (Σχ. 3) διακρίνεται μέσα στην μάζα του νερού, σαν οριζόντια σκιά, το όριο του επιφανειακού υφάλμυρου στρώματος. Το στρώμα καταλαμβάνει ολόκληρο το διαθέσιμο χώρο στη λεκάνη και απουσιάζουν εμφανείς εσωτερικοί κυματισμοί.

Στα σχήματα 4α,β είναι μια μορφολογική τομή από τη νήσο Σχοινιάς, νοτιότερο άκρα της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου, ως το βόρειο άκρο της λεκάνης του Αιτωλικού. Στα σχήμα 4α φαίνονται οι καμπύλες κατανομής της αλατότητας και στο σχήμα 4β είναι ταξινομημένος, με γραμμοσκιασμένες διαβαθμίσεις, ο συντελεστής πυκνότητας σ_t ($\sigma_t = 1000 - \rho$,



: Επιφανειακό Υφάλμυρο Στρώμα
: Ψυχρό Ενδιάμεσο Στρώμα
: Βαθύ Αμετάβλητο Στρώμα
: Ζώνη κανονικού θερμοκλινούς
: Ζώνη ανάστροφου θερμοκλινούς
Σ : Θέση του σταθμού δειγματοληψίας και μετρήσεων των προφίλς

Σχ. 3. Μορφολογική τομή με το ηχοβολιστικό μηχάνημα (sonar) στο κέντρο περίπου του Αιτωλικού με διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ, όπου φαίνεται ο ανώμαλος πυθμένας. Στην τομή του sonar διακρίνεται το όριο του ισχυρού πυκνοκλινούς στα – 5 m και έχουν σχεδιαστεί τα στρώματα νερού. Στα δεξιά της δομής είναι τα προφίλ των παραμέτρων που μετρήθηκαν (θερμοκρασία, αλατότητα, πυκνότητα, O_2). Τα προφίλ έγιναν στο σημείο Σ.



Σχ. 4. Κατανομή της αλατότητας (επάνω) και της πυκνότητας (κάτω) με το βάθος σε μια μορφολογική τομή διεύθυνσης Ν-Β-ΒΔ κατά μήκος της Λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου και της λεκάνης του Αιτωλικού. Διακρίνεται η στρωμάτωση των διαφόρων τύπων νερού της περιοχής.

όπου ρ η πυκνότητα του νερού, kg/m³). Η τομή έγινε στις 20-7-95 και δείχνει αρκετά παραστατικά τις διεργασίες, την θερμή περίοδο, όπου η λιμνοθάλασσα έχει έντονη εξάτμιση και η αλατότητα αυξάνεται σημαντικά. Ετσι βλέπουμε το νοτιότερο τμήμα της λιμνοθάλασσας με την επίδραση του Πατραϊκού να έχει αλατότητα, 43ο/οο-44ο/οο. Στο κεντρικό τμήμα της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου έχουμε τις υψηλότερες τιμές που φτάνουν τα 46ο/οο και μετά αρχίζει μία βαθμιαία ελάττωση της αλατότητας καθώς εισερχόμαστε στην περιοχή του Πόρου. Το νοτιότερο τμήμα του Πόρου παρουσιάζει ισχυρή στρωμάτωση (επιφάνεια 33ο/οο, πυθμένας 40ο/οο) και προχωρώντας βορειότερα, πράς το νησάκι της πόλης του Αιτωλικού η στήλη του νερού γίνεται όλο και πιο ομογενής και υφάλμυρη, καταλήγοντας να έχει αλατότητα 19.5ο/οο και $\sigma_t = 10.66$. Η πυκνότητα αυτή αντιστοιχεί στο βαθύτερο τμήμα του επιφανειακού υφάλμυρου στρώματος (ΕΥΣ) του Αιτωλικού.

Χημικές αναλύσεις (Πίν. 1Δ) τριών δειγμάτων νερού από την λεκάνη του Αιτωλικού, στο βαθύτερό της σημείο, κατά βάθος στήλης νερού (στην επιφάνεια, στά 6,5 m και στα 25 m βάθος) δείχνουν ότι στο βαθύτερο στρώμα, όπου το O_2 είναι ανύπαρκτο, υπάρχουν υδρόθειο (HS^-) καί αμμωνία (NH^+).

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Το Αιτωλικό αποτελεί μια κλειστή, σχετικά βαθιά, για τις διαστάσεις της λεκάνη και η επικοινωνία της με την λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου και τον Πατραϊκό Κόλπο γίνεται από ένα στενό και ρηχό στόμιο όπου βρίσκεται το νησάκι της πόλης του Αιτωλικού (Σχ. 5). Τα γεωγραφικά αυτά δεδομένα παρουσιάζουν αντιστοιχία με τον Εύξεινο Πόντο, ο οποίος είναι μιά κλειστή βαθιά λεκάνη (−2000 m) που επικοινωνεί με το Αιγαίο Πέλαγος και την Μεσόγειο Θάλασσα, μέσω των στενών των Δαρδανελίων.

Το πολύ ρηχό και στενό στόμιο επικοινωνίας δημιουργεί συνθήκες ανάμειξης των νερών Αιτωλικού και Μεσολογγίου στην βόρεια περιοχή του Πόρου. Αυτό αποτρέπει την στρωμάτωση και έτσι το πυκνό και αλμυρό νερό της κεντρικής περιοχής της λιμνοθάλασσας δεν μπορεί να σχηματίσει ένα στρώμα νερού στον πυθμένα και να διεισδύσει στο Αιτωλικό, ανανεώνοντας τα βαθύτερά του στρώματα (Σχ. 4). Το αναμειγμένο νερό της περιοχής του Πόρου διεισδύει στο Αιτωλικό αλλά η πυκνότητά του είναι τέτοια που δέν βυθίζεται βαθύτερα από τα 6-7 m.

Ομοιότητα του Αιτωλικού με τον Εύξεινο Πόντο υπάρχει επίσης και στις υδρολογικές, φυσικοχημικές και ωκεανογραφικές παραμέτρους. Η περιγραφή του ευξεινικού μοντέλου γίνεται αναλυτικά από τους Pickard & Emerey, 1990, τα στοιχεία των οποίων χρησιμοποιήθηκαν για τις συγκρίσεις με το Αιτωλικό.

Οι υδρολογικές ομοιότητες με το ευξεινικό μοντέλο είναι το θετικό ισοζύγιο γλυκού νερού της λεκάνης ($17,4 \times 10^6$ m^3/yr, Πίνακας 1) το οποίο πρέπει να εξέλθει από το στενό στόμιο προς τη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου. Το πλεόνασμα του γλυκού νερού είναι έντονα αισθητό γιατί προέρχεται και από την δράση του αντλιοστασίου D6 του οποίου η ετήσια ποσότητα νερού του παροχετεύει είναι σχεδόν ίση με τα κατακρημνίσματα που πέφτουν στην επιφάνεια του νερού της λεκάνης (Πίνακας 1).

Οι φυσικοχημικές και ωκεανογραφικές ομοιότητες του Αιτωλικού με το ευξεινικό μοντέλο είναι ίσως το πιο σημαντικό του γνώρισμα. Οι ομοιότητες αυτές είναι ο μόνιμος μηδενισμός του οξυγόνου κάτω από ορισμένο βάθος (7 m) που συνδυάζεται με την ταυτόχρονη ύπαρξη υδροθείου και αμμωνίας στα βαθύτερα στρώματα και την ύπαρξη ενός ψυχρού ενδιάμεσου στρώματος.

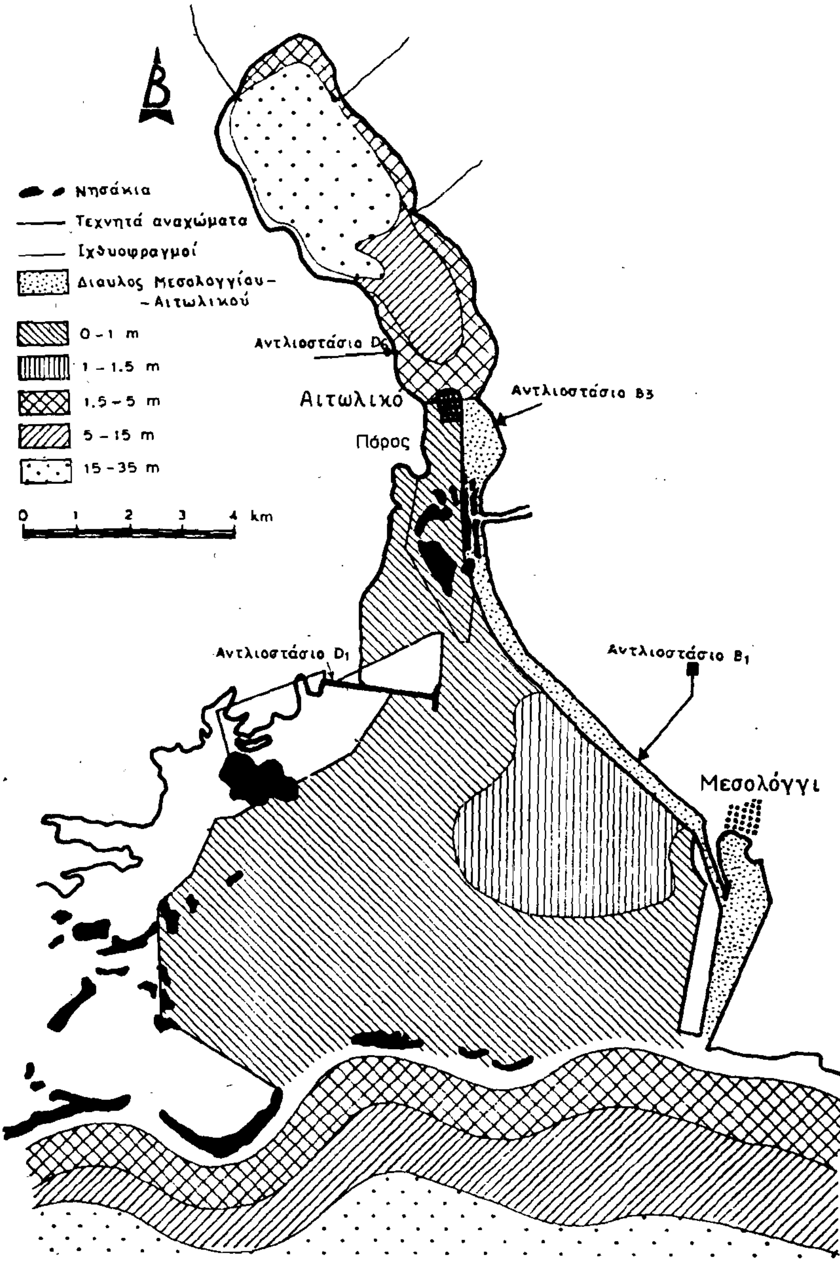
Πριν από 25 χρόνια (Λεοντάρης 1970) το επιφανειακό στρώμα, πλούσιο σε O_2, έφτανε στα 15 με 18 m βάθος και τα ανοξικά φαινόμενα περιοριζόταν κάτω από το βάθος αυτό. Στην κατάσταση αυτή σημαντικό τμήμα του πυθμένα εφάπτονταν στο οξυγονωμένο στρώμα επιτρέποντας τη ζωή σε βενθονικούς οργανισμούς. Κατά γενική ομολογία των κατοίκων της περιοχής την εποχή εκείνη το Αιτωλικό ήταν ένα περιβάλλον με μεγάλη παραγωγή ψαριών.

Αιτία της σημερινής υποβάθμισης είναι σειρά από ανθρωπογενείς επεμβάσεις, η μεγαλύτερη από τις οποίες ήταν η παροχέτευση νερού ($> 500 \times 10^6$ m^3/yr) το 1972 από το σύστημα των λιμνών Λυσιμαχείας-Τριχωνίδας, μέσω σήραγγας στο Αιτωλικό. Πολύ γρήγορα έγιναν αντιληπτές οι συνέπειες και σταμάτησε η λειτουργία του το 1982. Από τότε το Αιτωλικό δεν μπορεί να ανακάμψει γιατί εξακολουθούν να υφίστανται μια σειρά από άλλες επεμβάσεις που είναι:

α) Η λειτουργία του αντλιοστασίου D6 που παροχετεύει στο Αιτωλικό μεγάλες ποσότητες από γλυκά νερά αποστραγγίζοντας το έλος της Γλώσσας και την ευρύτερη περιοχή μεταφέροντας ρύπανση γεωργικής προέλευσης (λιπάσματα, φυτοφάρμακα).

β) Η γέφυρα Μεσολογγίου-Κατοχής που διέρχεται από το στόμιο του Αιτωλικού διά μέσου της τεχνητής νησίδας της πόλης του Αιτωλικού. Η γέφυρα φαίνεται να έχει βυθιστεί τα τελευταία χρόνια περιορίζοντας σημαντικά την κυκλοφορία του νερού.

γ) Η κατασκευή του δίαυλου Μεσολογγίου-Αιτωλικού, στο ανατολικό τμήμα του στομίου της λεκάνης, τα αναχώματα του οποίου έκλεισαν την



Σχ. 5. Χάρτης της Λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου και του Αιτωλικού με ταξινόμηση του βάθους σε 5 κλάσεις, όπου επίσης φαίνονται οι νησίδες και τα τεχνικά έργα (αναχώματα, δίαυλοι, ιχθυοφραγμοί, αντλιοστάσια).

ελεύθερη επικοινωνία του νερού με τη λιμνοθάλασσα. Ο δίαυλος παρά του ότι σχεδιάστηκε να έχει βάθος ικανό για να πλέουν μικρά σκάφη σήμερα έχει προσχωθεί σημαντικά, ιδίως σε ένα τμήμα του περίπου 2 km νότια της πόλης του Αιτωλικού (Σχ. 5). Μέσα στο δίαυλο παροχετεύουν γλυκό νερό δύο αποστραγγιστικά αντλιοστάσια Θ1, Θ3 και ρίχνονται επίσης τα απόβλητα του βιολογικού καθαρισμού του Αιτωλικού, δημιουργόντας σημαντικά προβλήματα στην ποιότητα του νερού. Ο δίαυλος, στην κατάσταση που βρίσκεται σήμερα, έχει πρακτικά θέσει εκτός λειτουργίας το ανατολικό άνοιγμα επικοινωνίας του Αιτωλικού με τη λιμνοθάλασσα.

δ) Η κατασκευή ιχθυοφραγμών, για τις ανάγκες των ιχθυοτροφείων στο βόρειο τμήμα της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου (Σχ. 5). Τα υλικά που κατασκευάζονται είναι συνήθως πλαστικά διχτυωτά πετάσματα, που ευνοούν την ανάπτυξη υδρόβιας βλάστησης επάνω τους, με αποτέλεσμα την σημαντική ελάττωση της ενεργού διατομής τους. Αυτό έχει ως συνέπεια την ελάττωση της ταχύτητας των παλιρροϊκών ρευμάτων και τελικά τον περιορισμό της κυκλοφορίας του θαλασσινού νερού προς το Αιτωλικό.

Όλες αυτές οι ανθρώπινες επεμβάσεις έχουν συμβεί σε ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο περιβάλλον: μια μικρή ευξεινική λεκάνη, με αποτέλεσμα την έντονη υποβάθμισή της. Εφ' όσον διατηρούνται οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις όπως είναι σήμερα και δεν αντιμετωπιστεί το πρόβλημα στο σύνολό του δεν φαίνεται να υπάρχει περίπτωση ανάκαμψης της περιοχής με μεμονωμένα έργα.

Βιβλιογραφία

ΕΚΘΕ. (1984). Μελέτη-Προστασία και αλιευτική αξιοποίηση της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου-Αιτωλικού. Τεχνική Έκθεση, Αθήνα.

Κλαουδάτος, Σ., Ρογδάκης, Μ., Μπαλτάς, Β., Ζόγολος, Θ. (1989). Οριστική μελέτη αλιευτικής αξιοποίησης κεντρικού τμήματος λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου-Αιτωλικού. ΙΧΘΥΚΑ., Νεωχώρι Μεσολογγίου, Τ.Κ. 30001.

Κουτσούκος, Π., Αβραμίδου. (1986). Δειγματοληψίες ποιότητας νερών στη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου-Αιτωλικού 10/1985, 11/1985, 12/1985, 1/1986, 3/1986, 4/1986, 5/1986, 6/1986, 7/1986, 8/1986. Πανεπιστήμιο Πατρών. Τμήμα Χημικών Μηχανικών. Πάτρα.

Λεοντάρης, Σ. (1970). Γεωμορφολογικαί έρευναι επί της λεκάνης των Αιτωλοακαρνανικών λιμνών. Γεωλ. Χρον. Ελλ. Χωρών, ΧΙΧ, 541-688, Αθήναι.

Pickard, L.G. & Emery, K. (1990). Descriptive physical Oceanography. Pergamon Press, Oxford.

Η ρηχή λίμνη Οζερός ως χώρος εξαίρετης λειτουργίας φυσικοχημικών λιμνολογικών διεργασιών

Κ. Αλμπανάκης, Α. Ψιλαβίκος, Κ. Βουβαλίδης και Χ. Παλικαρίδης

Τομέας Γεωλογίας & Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. 54006

Περίληψη

Η λίμνη Οζερός αποτελεί μια ρηχή, προσχωσιγενή λίμνη υπολειμματική της Τεταρτογενούς λεκάνης Αγρινίου, στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας. Στο παρελθόν ο Αχελώος σχημάτιζε δέλτα στις ανατολικές ακτές της, παροχέτευε τα πλημμυρικά νερά και τις φερτές ύλες και οδηγούσε τον Οζερό σε πλήρη πρόσχωση.

Με τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις των τελευταίων 40 ετών ρυθμίστηκε η ροή του Αχελώου ώστε να μην πλημμυρίζει, ούτε να μεταφέρει φερτές ύλες, αποκόπηκε ο ποταμός από τη λίμνη, αποστραγγίστηκε και αρδεύτηκε το δέλτα του Αχελώου ανατολικά του Οζερού. Η λίμνη απομονώθηκε από τον Αχελώο και σήμερα συνδέεται με μια στραγγιστική τάφρο με την κοίτη του.

Παρά την απομόνωσή της αυτή και τη μικρή τροφοδοσία της σε νερό από την περιορισμένη λεκάνη απορροής της ο Οζερός έχει καθαρό νερό καλής ποιότητας, με μικρή αγωγιμότητα, υψηλή οξυγόνωση, αλκαλικό pH και θερμοκρασία ανάλογη με την εποχή του έτους.

Το φαινόμενο αυτό εξηγείται αν δεχθούμε ότι η λίμνη τροφοδοτείται υπόγεια με μεγάλους όγκους καθαρού νερού από το σύστημα του Αχελώου, μέρος των οποίων παροχετεύει προς τα δυτικά στο υπόγειο κάρστ του Ξηρόμερου. Επίσης δέχεται και επιφανειακό νερό από το αρδευτικό και στραγγιστικά δίκτυο της πεδινής περιοχής, το οποίο φιλτράρεται και καθαρίζεται στους εκτεταμένους καλαμώνες της ακτής, χωρίς να επιβαρύνει το νερό της λίμνης.

Abstract

The lake Ozeros is a shallow silted lake, remnant of the Quaternary lake Agrinion in the area of Aetolia-Akarnania.

The river Acheloos during high floodings used to discharge into the lake in the past and formed a deltaic platform at the eastern side.

Owing to serious anthropogenic influence of the last 40 years in the area, such as the dam construction on Acheloos for power and irrigation,

drainage and irrigation of the deltaic platform eastern of Ozeros, the lake was cut off from the river. At present a drainage canal connects Ozeros with Acheloos for antiflooding control of the lake.

The hydrological isolation of Ozeros and the limited hydrological capacity of its drainage basin, have no effect on the quality of the lake's water. Clear, low conductivity, high oxygen content, alkaline water remains in the lake all through the year.

For the shallow, isolated lake Ozeros this good quality water can be explained through continuous underground inflow from the Acheloos system. It is also possible part of this water from the western karstic coasts of Ozeros to be discharged into the Xeromero karstic network towards the Lambra springs. There is also an inflow of surface water from the irrigation-drainage system of the eastern plain. The extensive zone of fragmites seems to clean this water from agricultural pollutants.

In the case of the lake Ozeros the works of man have played a positive role in the preservation of both the lake and its clear water.

Εισαγωγή

Η λίμνη Οζερός βρίσκεται στη δυτική πλευρά του προσχωσιγενούς πεδίου της τάφρου Αγρινίου και αποτελεί υπολειμματική μορφή της μεγάλης Τεταρτογενούς λίμνης Αγρινίου. Δυτικά οι ακτές της λίμνης είναι ρηξιγενείς και οριοθετούνται από τα απόκρημνα πρανή του καρστικού όγκου του Ξηρόμερου, ενώ ανατολικά οι ακτές της λίμνης είναι προσχωσιγενείς και οριοθετούνται από τις δελταϊκές προσχώσεις του Αχελώου. Είναι προφανές ότι η σημερινή θέση της λίμνης οφείλεται στη μεγάλη ανάπτυξη των δελταϊκών αποθέσεων του Αχελώου, ενώ η σημερινή μορφολογία της δείχνει τη μετατροπή της σε καθαρά προσχωσιγενή λίμνη με τεκτονική-καρστική επιρροή.

Ο προσχωσιγενής χαρακτήρας επιβεβαιώνεται από τη βυθομετρική αποτύπωση της λίμνης η οποία δείχνει ότι είναι μια ρηχή λίμνη με ομαλό πυθμένα.

Η λίμνη αυτή μελετήθηκε από την ερευνητική μας ομάδα στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος 8477 της Επιτροπής Ερευνών του Α.Π.Θ. που αφορά στη λεκάνη του Κάτω Αχελώου, με χρηματοδότηση της Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ7) της Γεν. Γραμματείας Δημοσίων Έργων του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Ευχαριστίες για τη συνεργασία τους στην έρευνα εκφράζουμε προς το λέκτορα του Τμήματος Χημικών Μηχανικών κ. Μ. Μήτρακα, προς τη Δρ. Υδροχημικό κ. Ε. Ντότσικα και προς το γεωλόγο κ. Α. Μουσουρίδη.

Η έρευνα στο χώρο της λίμνης πραγματοποιήθηκε με το πλήρως εξοπλισμένο ερευνητικό σκάφος «ΑΙΟΛΟΣ» της ομάδας μας, το οποίο μεταφέρθηκε στον Οζερό για το σκοπό αυτό.

Γεωγραφικά - Γεωλογικά στοιχεία

Η λίμνη Οζερός βρίσκεται σε απόσταση 15 km περίπου δυτικά του Αγρινίου, στο Ν. Αιτωλοακαρνανίας και αποτελεί υγρότοπο της λεκάνης του Κάτω Αχελώου. Η λεκάνη αυτή έχει εξαιρετικά πολύπλοκο ανάγλυφο, με κυριαρχία των τάφρων Αγρινίου (εσωτερικής) και Μεσολογγίου (εξωτερικής) μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται το τεκτονικό κέρας του Αράκυνθου.

Το ανάγλυφο αυτό είναι αποτέλεσμα νεοτεκτονικής δράσης και προέκυψε από τον κατακερματισμό της ορεινής αλυσίδας της Ν. Πίνδου στην περιοχή αυτή.

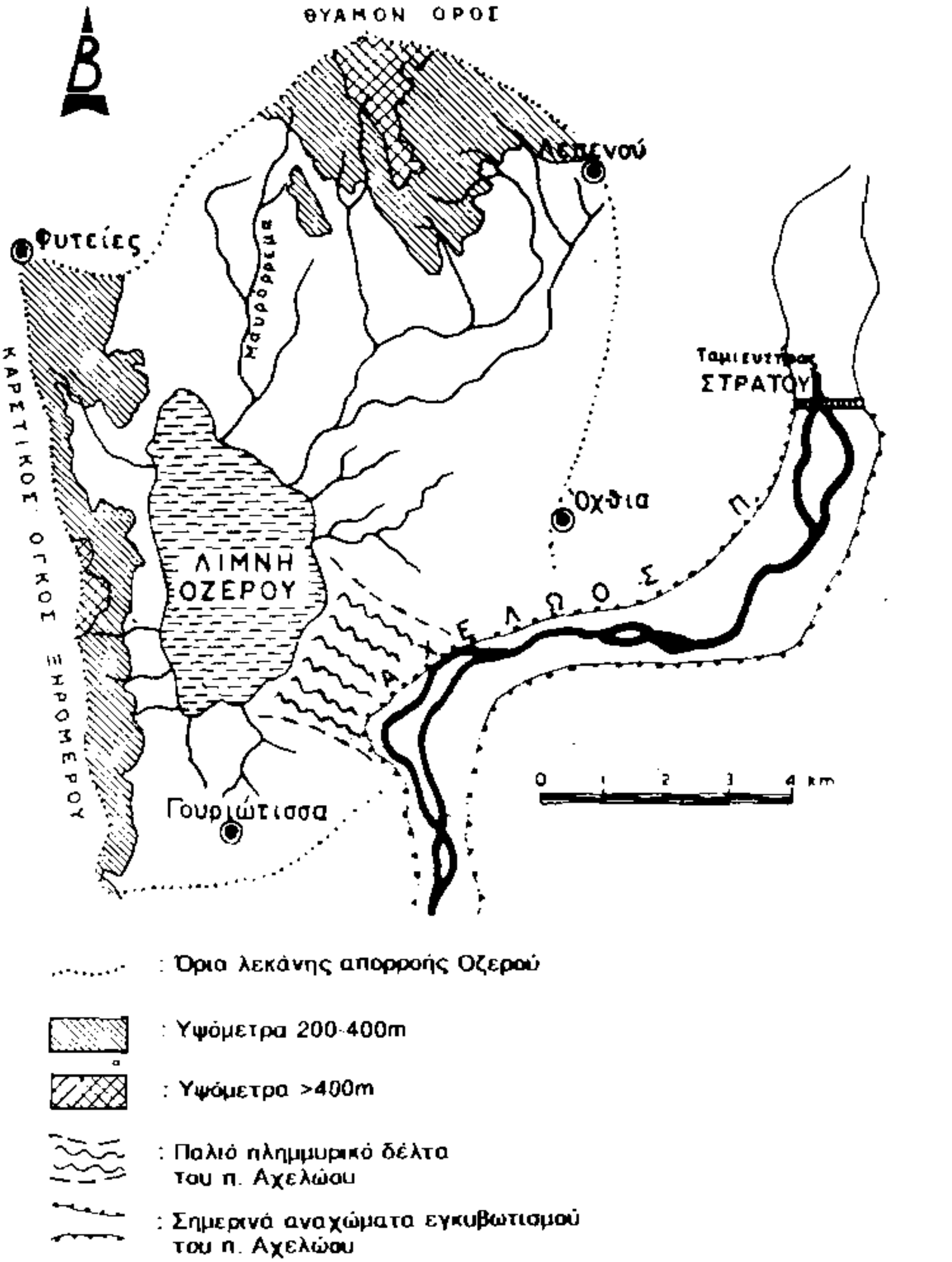
Από γεωλογική και λιθολογική άποψη η περιοχή αποτελείται από ασβεστολιθικά λατυποπαγή και τριαδικούς γύψους δυτικά, ανθρακικά πετρώματα του Μεσοζωϊκού και Ηωκαίνου στο κέντρο και φλύσχη της Ιονίου ζώνης ανατολικά.

Η πεδινή ζώνη καλύπτεται από νεογενείς σχηματισμούς κροκαλοπαγών, αργιλοψαμμιτών και μαργών και τεταρτογενείς αλλουβιακές αποθέσεις του Αχελώου.

Πολλά και ποικίλης διεύθυνσης ρήγματα έχουν τεμαχίσει τα πετρώματα της περιοχής και έχουν δημιουργήσει ευνοϊκές συνθήκες για την αποκάρστωση των ανθρακικών σχηματισμών και τη βύθιση της πεδινής περιοχής της τάφρου του Αγρινίου.

Γεωμορφολογικά στοιχεία (Πίν. 1)

Ο Οζερός βρίσκεται στο δυτικό άκρο της πεδιάδας Αγρινίου, δυτικά της κοίτης του Αχελώου (πεδιάδα Όχθιας) ως υπολειμματική μορφή της συρικνωθείσης από τις προσχώσεις του Αχελώου λίμνης Αγρινίου. Οι προσχώσεις αυτές αφού πλήρωσαν τον κεντρικό τομέα της λίμνης και ανύψωσαν τη βάση ροής του ποταμού, δημιούργησαν τις προϋποθέσεις εξόδου του προς τον Πατραϊκό κόλπο. Η έξοδος αυτή πραγματοποιήθηκε με τη διάνοιξη της επιγενετικής κοιλάδας Παλαιομάνινων - Σταμνών - Πενταλόφου. Ο Αχελώος μέχρι τα πολύ πρόσφατο παρελθόν χύνονταν στον Οζερό κατά τη διάρκεια πλημμυρικών παροχών και απέθετε τα φερτά υλικά σε ένα δελταϊκό σχηματισμό στις ανατολικές όχθεις της λίμνης. Έπαιξε δηλαδή το ρόλο του φυσικού ταμιευτήρα αναρρύθμισης των πλημμυρών ταυ Αχελώου (Σχ. 1).



Σχ. 1. Η λεκάνη απορροής, το υδρογραφικό δίκτυο και μορφολογικά στοιχεία της λίμνης Οζεράς.

Και ενώ οι ανατολικές ακτές της λίμνης όριζαν τα όρια της δελταϊκής ιζηματογένεσης του Αχελώου, οι δυτικές ακτές βρίσκονται σε επαφή με τα απόκρημνα πρανή των αποκαρστωμένων ασβεστολιθικών λατυποπαγών (Κάρστ Ξηρόμερου). Τα πρανή αυτά φαίνεται ότι υλοποιούν το μέτωπο ενός μεγάλου ρήγματος Β/ΒΔ-Ν/ΝΑ προσανατολισμού (Δ. Αμβρακία-Δ. Οζερός-Κοιλάδα Κ. Αχελώου) στο δυτικό όριο της τάφρου Αγρινίου.

Η γεωμορφολογική αυτή εικόνα της ασυμμετρίας του αναγλύφου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της δράσης των εξωγενών παραγόντων στην περιοχή αυτή.

Ανατολικά στο προσχωσιγενές πεδίο αναπτύσσονται ορισμένοι μικροί χείμαρροι δενδριτικής μορφής (Κακό Λαγκάδι, Μαυρόρρεμα, Βαγένι ρέμα), ενώ μια σειρό στραγγιστικών τάφρων και αρδευτικών δικτύων έχουν κατασκευαστεί στο χώρο του δέλτα του Αχελώου (ανθρωπογενής δράση).

Δυτικά δεν αναπτύσσεται υδρογραφικό δίκτυο, τόσο γιατί η υδροκριτική γραμμή βρίσκεται πολύ κοντά στη λίμνη, όσο και γιατί η κατείσδυση του νερού μέσα στο καρστ του Ξηρόμερου είναι πολύ μεγάλη.

Η λεκάνη απορροής του Οζερού είναι 72.4 km^2, από τα οποία τα 63.0 km^2 αποτελούν την περιλίμνια χερσαία ζώνη, με αποστράγγιση προς τον Οζερό.

Η λίμνη έχει σχήμα τραπεζοειδές με μεγάλη βάση εφαπτόμενη στο κάρστ του Ξηρόμερου και προσανατολισμένη Β-Ν. Η έκταση της λίμνης (καθρέπτης) είναι 9.4 km^2 για στάθμη + 22 m περίπου. Οι ετήσιες διακυμάνσεις της στάθμης της λίμνης δεν υπερβαίνουν το 1.5 m. Το βάθος είναι μικρό λόγω της πρόσχωσης, με μέγιστη τιμή 5.5 m στο κέντρο της λίμνης. Ο πυθμένας έχει μεγαλύτερες κλίσεις στα δυτικά και μικρότερες κλίσεις στα ανατολικά, αλλά οι ισοβαθείς καμπύλες βαίνουν ομαλά. Ο όγκος του νερού του Οζερού είναι 34×10^6 m^3 περίπου. Το μήκος των ακτών της λίμνης είναι 13.4 km με απότομη μορφολογία στα δυτικά και ήπια μορφολογία στα ανατολικά.

Υδρολογικά στοιχεία

Ο Οζερός αποτελεί σήμερα μια απομονωμένη προσχωσιγενή-ρηχή λίμνη, η οποία δεν φαίνεται να τροφοδοτείται από τον Αχελώο, αλλά μόνο από εισροές της λεκάνης απορροής της. Τις εισροές αυτές μπορούμε να υπολογίσουμε ως εξής (Πίν. 1):

Ο συνολικός όγκος των κατακρημνισμάτων της χερσαίας περιλίμνιας λεκάνης απορροής (63 km^2) με βάση τα στοιχεία της ΕΜΥ Αγρινίου

(930 mm/yr) υπολογίζεται σε 58.6 × 10^6 m^3/yr. Επομένως η απορροή προς τον Οζερό (συντελεστής 0.35) είναι 20.5 × 10^6 m^3/yr.

Η ίδια η λίμνη δέχεται επίσης όγκο κατακρημνισμάτων 8.7 × 10^6 m^3/y, ενώ έχει απώλειες από εξάτμιση (τιμές εξατμισιμέτρων Καστρακίου & Λεσινίου 1470 mm/yr) όγκου 13.8 × 10^6 m^3/yr, δηλαδή έχει έλλειμμα 5.1 × 10^6 m^3/yr. Επομένως, οι καθαρές εισροές νερού στη λίμνη εκτιμώνται σε 15.4 × 10^6 m^3/yr.

Με το δεδομένα αυτά η ανανέωση του νερού του Οζερού θα έπρεπε να γίνεται μια φορά κάθε δύο χρόνια.

Βέβαια, μιο τέτοια υδρολογική κατάσταση θα οδηγούσε τη λίμνη σε ελοποίηση και ευτροφισμό εφόσον είναι πολύ ρηχή χωρίς επικοινωνία και τροφοδοσία από άλλες πηγές.

Στην πραγματικότητα όμως συμβαίνει το αντίθετο, όπως θα διαπιστωθεί από τα στοιχεία λιμνολογίας και ποιότητας του νερού, δηλαδή ο Οζερός έχει άριστες συνθήκες που προϋποθέτουν συνεχή τροφοδοσία του σε νερό και ανανέωση του νερού αυτού.

Στην πεδινή περιοχή ανατολικά του Οζερού, έχουν γίνει έργο στράγγισης της περιοχής και αρδευτικά δίκτυα τα οποία υδροδοτούνται από τον Αχελώο (Στράτος ΙΙ). Επίσης, έχει κατασκευαστεί ενωτική τάφρος Οζερού-Αχελώου, σιγμοειδούς μορφής, η οποία παροχετεύει τα πλεονάζοντα νερά της λίμνης προς την κοίτη του ποταμού.

Λιμνολογικά στοιχεία

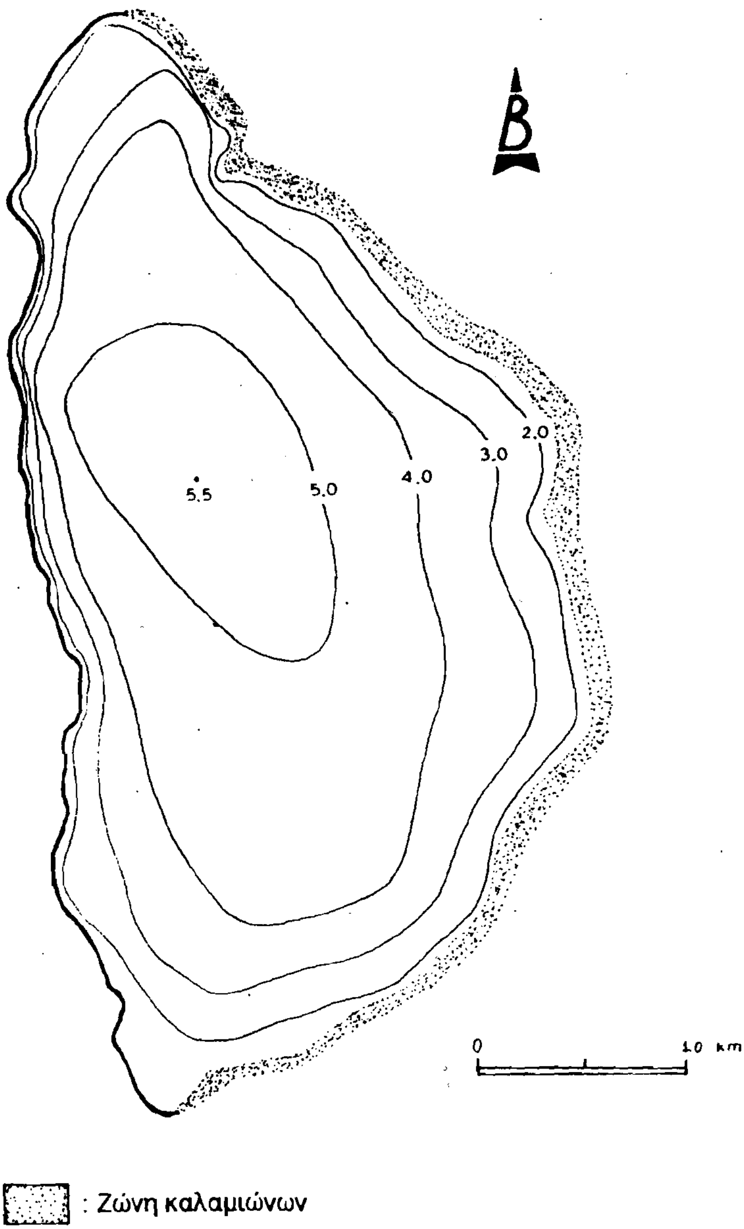
Ο Οζερός δεν είχε μέχρι σήμερα χαρτογραφηθεί και μελετηθεί συστηματικά. Για το λόγο αυτό οι πληροφορίες ήταν ανεπαρκείς και αντιφατικές.

Η ερευνητική μας ομάδα με το ερευνητικό σκάφος «ΑΙΟΛΟΣ» αποτύπωσε τον πυθμένα της λίμνης, μέτρησε παραμέτρους σε τομές της στήλης του νερού και πραγματοποίησε δειγματοληψίες και αναλύσεις νερού και υλικών.

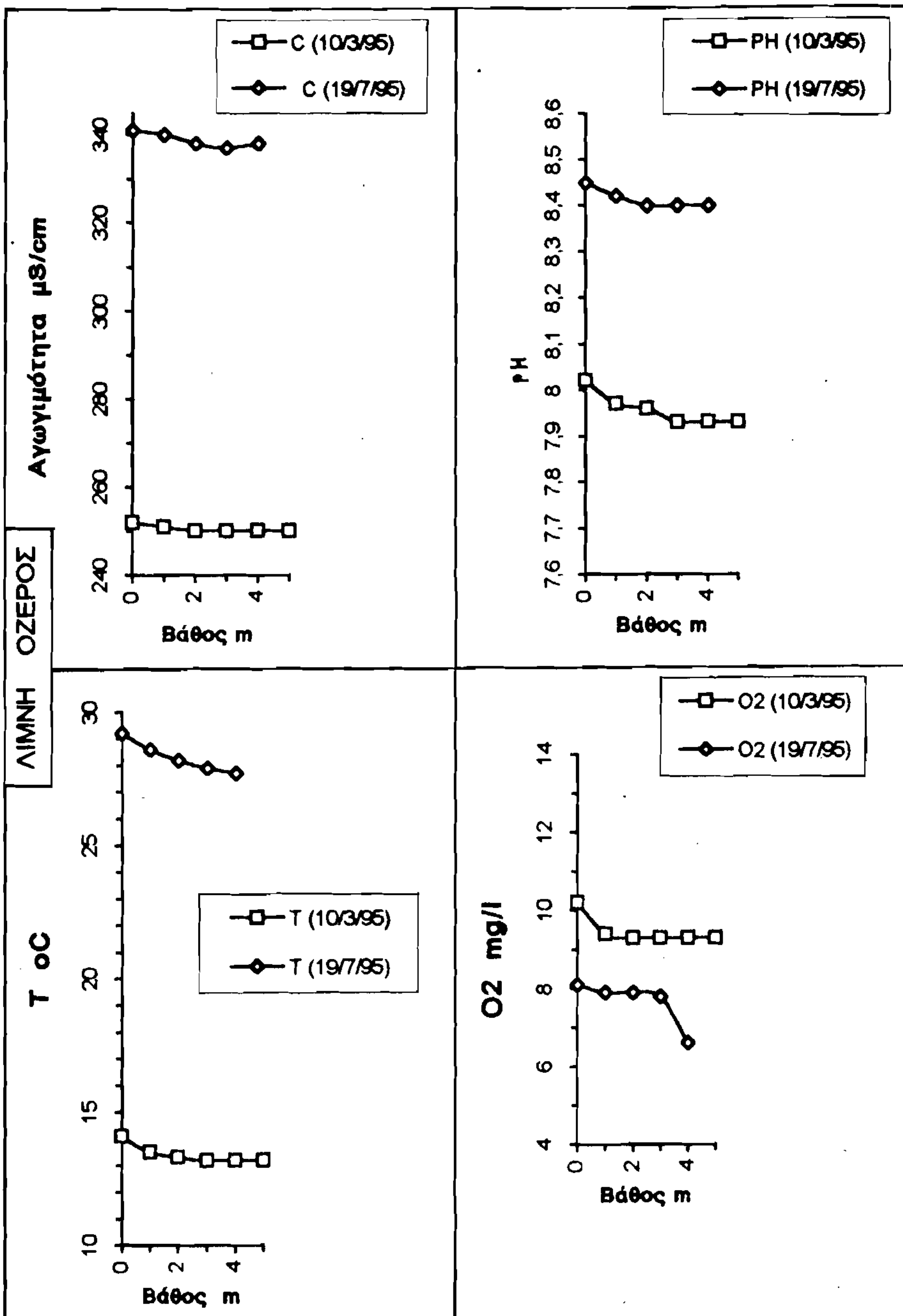
Στο Σχ. 2 δίνεται η πρώτη αποτύπωση της λίμνης με ισοβαθείς ανά 1 m, από τις οποίες φαίνεται ότι ο Οζερός είναι μια πολύ ρηχή, προσχωσιγενής λίμνη.

Στο Σχ. 3 δίνονται ορισμένα στοιχεία για τη θερμοκρασία, την αγωγιμάτητα, το διολυμένο οξυγόνο και το pH του νερού της λίμνης σε προφίλ.

Από τα στοιχεία του Σχ. 3 προκύπτουν για το νερό της λίμνης τα ακόλουθα:



Σχ. 2. Βυθομετρικός χάρτης της λίμνης Οζερός όπως χαρτογραφήθηκε για πρώτη φορά από το ερευνητικό σκάφος «ΑΙΟΛΟΣ». Το ανατολικό όριο της λίμνης δεν μπορεί να καθοριστεί λόγω της πυκνής και πλατιάς ζώνης καλαμιώνων που φύονται από βάθη 1.5 m έως και επάνω στην παράκτια ζώνη.



Σχ. 3. Κάθετες διατομές λιμνολογικών παραμέτρων (T, Cont., O_2, pH) που έγιναν στις 10/3/95 και 19/7/95.

Α. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Λεκάνη απορροής	63.0 Km^2
Διαστάσεις λίμνης	4.0 × 2.5Km
Στάθμη (ρυθμιζ.)	+ 22 m
Έκταση καθρέπτη	9.4 Km^2
Βάθη (μεγ.-μέσο)	5.5 m 4.5 m
Όγκος λίμνης	34 × 10^6 m^3
Μήκος ακτών	13.4 Km
Ανάπτυγμα ακτών	1.25

Γ. ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Διαύγεια μέχρι τον πυθμένα	
Θερμοκρασία	13°C - 29°C
Αγωγιμότητα	250 - 340 μS/cm
Διαλ. O_2	7 - 12 mg/l
pH	8.0 - 8.5
Δεν σχηματίζει Θερμοκλινές	

Β. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΕΜΥ Αγρινίου κατακρ.	930 mm/yr
Όγκος κατακρ. λεκ.	58.6 × 10^6 m^3/yr
Συναλική απορροή (0.35)	20.5 × 10^6 m^3/yr
Όγκος κατακρ. λίμνης	8.7 × 10^6 m^3/yr
Όγκος εξατμ. (1470 mm/y)	13.8 × 10^6 m^3/yr
Καθαρή απώλεια	−5.1 × 10^6 m^3/yr
Καθαρές εισροές λίμνης	15.4 × 10^6 m^3/yr
Χρόνος ανανέωσης	2 χρόνια

Δ. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Ολική σκληρ.	12.9°F
Νιτρικά	0.10 mg/l
Νιτρώδη	–
Θειϊκό	20.80 mg/l
Φωσφορικά	0.04 mg/l
Αμμωνιακά	–
SiO_2	2,6 mg/l
Zn^{2+}	0.10 mg/l
Cu^{2+}	<0.01 mg/l
Fe^{2+}	0.08 mg/l
Mn^{2+}	<0.01 mg/l

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μορφολογικά, υδρολογικά, λιμνολογικά και ποιοτικά στοιχεία του νερού της λίμνης Οζερού [Ε.Ε. ΑΠΘ. Ερ. Πρ. 8477, ΥΠΕΧΩΔΕ (Δ7) 1995]

- Παρουσιάζει καλή ανάμειξη και δεν σχηματίζονται στρώματα με διαφορετικά χαρακτηριστικά.
- Ακολουθεί τις μεταβολές της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας κατά τις διάφορες εποχές του έτους.
- Έχει μικρές τιμές αγωγιμότητας, αυξημένες κατά το θέρος (250-340 μS/cm).
- Έχει ικανοποιητικό βαθμό οξυγόνωσης, με τάσεις μείωσής του στα βαθύτερα κατά το θέρος, ίσως λόγω των διεργασιών αποδόμησης βιολογικού υλικού.
- Έχει αλκαλικό pH με αυξημένες τιμές κατά το θέρος (8.0-8.5).

Το πιο χαρακτηριστικό στοιχείο του Οζερού είναι η μεγάλη διαύγεια του νερού, που πρακτικά επιτρέπει την παρατήρηση μέχρι τον πυθμένα του, σε συνθήκες ηρεμίας. Συνήθως στις ρηχές λίμνες η διαύγεια είναι μικρή (Λυσιμαχεία, Κορώνεια, Κερκίνη κ.ά.).

Η στάθμη της λίμνης παρουσιάζει διακυμάνσεις 1.0-1.5 m το χρόνο περίπου, ενώ στις ανατολικές ακτές της έχει αναπτυχθεί μια πλατειά ζώνη καλαμώνων (fragmites), η οποία ίσως παίζει σημαντικό ρόλο στον καθαρισμό του στραγγιστικού νερού που φθάνει στη λίμνη από τις αρδευόμενες καλλιέργειες.

Ποιοτικά στοιχεία του νερού

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία των αναλύσεων του νερού της λίμνης, ορισμένα από τα οποία παρουσιάζονται στον Πίν. 1, πρόκειται για καθαρό νερό εξαιρετικής ποιότητας.

Από χημική άποψη μπορεί να χαρακτηριστεί ως πόσιμο. Στοιχεία όμως της έρευνας που πραγματοποίησε το Πανεπ. Πατρών (1993) έδειξαν θετικούς μικροβιακούς δείκτες, που το καθιστούν ακατάλληλο για ύδρευση. Το νερό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ύδρευση με κατάλληλη επεξεργασία.

Από πληροφορίες των κατοίκων της περιοχής προκύπτει ότι το νερό της λίμνης ήταν πάντοτε καθαρό και οι ντόπιοι κάτοικοι το έπιναν χωρίς προβλήματα υγείας.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Ο Οζερός είναι μια ρηχή, προσχωσιγενής, υπολειμματική λίμνη, την οποία οι φυσικές διεργασίες είχαν καταδικάσει σε αφανισμό. Ο Αχελώος με τις πλημμυρικές παροχές του και τα φερτά υλικά, δημιούργησε ένα δελταϊκό κώνο στις ανατολικές όχθες της λίμνης. Σε κάθε πλημμυρικό επεισόδιο μεγάλοι όγκοι νερού και φερτών υλικών κατέληγαν στον Οζερό και τον πρόσχωναν, ενώ αυτός έπαιζε ρόλο φυσικού ταμιευτήρα αναρρύθμισης των πλημμυρικών παροχών του ποταμού.

Σε Α/Φ του 1945 φαίνεται πολύ καθαρά η κατάσταση αυτή. Μετά την κατασκευή εγγειοβελτιωτικών και άλλων υδραυλικών και υδροηλεκτρικών έργων στην περιοχή, τόσο ο Αχελώος, όσο και ο Οζερός απομονώθηκαν μεταξύ τους και ρυθμίστηκαν σύμφωνα με τις ανάγκες του ανθρώπου (ανθρωπογενείς υγρότοποι). Σήμερα στον Οζερό δεν φθάνουν τα επιφανειακά νερά του Αχελώου. Έτσι, διακόπηκε και η τροφοδοσία του σε φερτά υλικά και σώθηκε η λίμνη από τη γρήγορα επερχόμενη προσχωσή της. Η μικρή λεκάνη απορροής του Οζερού σήμερα και το ισχνό δίκτυο των χειμάρρων της μπορούν να τροφοδοτήσουν τη λίμνη με περιορισμένους όγκους νερού και ελάχιστα φερτά υλικά.

Συνήθως στις ρηχές και απομονωμένες λίμνες με μικρή τροφοδοσία σε νερό και μεγάλο χρόνο ανανέωσης, επικρατούν συνθήκες ευτροφισμού, με ιδιαίτερη έμφαση κατά τους θερινούς μήνες. Ο Οζερός αποτελεί μια εξαίρεση, αφού τόσο τα λιμνολογικά, όσο και τα ποιοτικά του στοιχεία δείχνουν την παρουσία καθαρού νερού με μεγάλη διαύγεια και άριστη ποιότητα.

Για να εξηγηθεί το φαινόμενο αυτό θα πρέπει να θεωρήσουμε ότι η λίμνη συνεχίζει να τροφοδοτείται με σημαντικούς όγκους καθαρού νερού κάθε χρόνο, έτσι ώστε να ανανεώνεται το νερό της, χωρίς την επιβάρυνσή του με φερτές ύλες ή άλλες ουσίες.

Από πολλούς ερευνητές (Λεοντάρης 1970, Παν. Πατρών 1993 κ.ά.) έχει εκφραστεί η άποψη ότι εφόσον ο Οζερός έρχεται σε επαφή με το κάρστ του Ξηρόμερου, πρέπει να δέχεται καρστικό νερό. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τη λίμνη Αμβρακία βορειότερα. Οι τιμές όμως αγωγιμότητας του νερού του Οζερού είναι παρόμοιες με τις τιμές της Τριχωνίδας και του Αχελώου, πολύ μικρές, σε αντίθεση με τις τιμές της Αμβρακίας που είναι πολύ υψηλές (800-1000 μS/cm) λόγω της τροφοδοσίας της από τα ασβεστολιθικά λατυποπαγή και τις γύψους του Ξηρόμερου. Επίσης στην Αμβρακία, οι τιμές των θειϊκών είναι πολύ υψηλές (SO_4^{2-} = 304.70 mg/l), ενώ στον Οζερό είναι πολύ μικρές (SO_4^{2-} = 20.80 mg/l).

Φαίνεται λοιπόν ότι ο Οζερός εξακολουθεί να τροφοδοτείται με καθαρό νερό από τον Αχελώο, μέσω των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων τα οποία καταλήγουν στη λίμνη ή και μέσω του αρδευτικού-στραγγιστικού δικτύου της ανατολικής περιοχής. Η τροφοδοσία αυτή μάλιστα πρέπει να είναι συνεχής, έτσι ώστε να ανανεώνει το νερό και να το κρατά διαυγές και καθαρό κατά τους θερινούς μήνες.

Ίσως ο Οζερός κατά τη χειμερινή περίοδο να δέχεται και μικρούς όγκους καρστικών νερών από τα δυτικά, οι οποίοι όμως δεν είναι αρκετοί ώστε να αλλοιώσουν την ποιότητά του. Το πιθανότερο είναι ο Οζερός να τροφοδοτεί το υπόγειο κάρστ του Ξηρόμερου δυτικά με μεγάλους όγκους νερού, μέσω του δικτύου των καταβοθρών και υπόγειων αγωγών με τους οποίους έρχεται σε επαφή. Δεν αποκλείεται μάλιστα, το νερό αυτό να καταλήγει στις πηγές της Λάμπρας στα ΝΔ αφού προηγουμένως περάσει μέσα από τις γύψους των τριαδικών λατυποπαγών. Έτσι εξηγείται η υψηλή αγωγιμότητα του νερού των πηγών της Λάμπρας.

Ο Μαρίνος (1992) θεωρεί ότι μια τέτοια διεργασία γίνεται από τον Αχελώο στην κοιλάδα Παλαιομάνινων-Πενταλόφου, όπου ο ποταμός έρχεται σε άμεση επαφή με το κάρστ του Ξηρόμερου.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η λίμνη Οζερός αποτελεί ένα αναιχτό υγροτοπικό σύστημα το οποίο τροφοδοτείται υπόγεια από τα ανατολικά (Αχελώος) και τροφοδοτεί υπόγεια το κάρστ του Ξηρόμερου δυτικά, με συνεχή ανανέωση του νερού, έτσι ώστε αυτό να παραμένει καθαρό. Η εισροή νερού από τις αρδευόμενες καλλιέργειες ή άλλες δραστηριότητες της ανατολικής περιοχής είναι επιφανειακή και σχετικά μικρή, ώστε να μην επηρεάζει την ποιότητα του νερού της λίμνης. Ίσως η ζώνη των καλαμώνων στις ανατολικές ακτές του Οζερού να παίζει προστατευτικό ράλο, καθαρίζοντας τα επιφανειακά νερά από ρύπους.

Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις στον Οζερό συνέβαλαν ώστε να σωθεί η λίμνη από την πρόσχωση, χωρίς να μεταβάλουν τις συνθήκες φυσικής ανανέωσης του νερού της.

Βιβλιογραφία

Λεοντάρης, Σ. (1970). Γεωμορφολογικαί έρευναι επί της λεκάνης των Αιτωλοακαρνανικών λιμνών. Γεωλ. Χρον. Ελλ. Χωρών, XIX, 541-688, Αθήναι.

Λιάκουρης, Δ. (1971). Γεωμορφολογικαί έρευναι περιοχής Κάτω Αχελώου (Άνω Τμήμα). Διδ. Διατρ., Σχ. Φυσικομαθηματική, Παν. Αθηνών, Αθήνα.

Μαρίνος, Π. (1992). Derivation D'Acheloos. Influences sur les eaux souterraines du delta themes et principles evoques pendant la mission du q jullet 1992, 6p.

Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας & Γεωφυσικής, Εργαστήριο Υδρογεωλογίας & Τεχνικής Γεωλογίας, (1993). Οικολογική Χωροταξική μελέτη των χαρακτηριστικών αικοσυστημάτων λιμνών Αιτωλοακαρνανίας. ΥΠΕΧΩΔΕ, Δ/νση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Αθήνα.

Ψιλοβίκος, Α. (1989). Μεταβολές στους ελληνικούς υγροτόπους κατά τον 20ο αιώνα: Οι περιπτώσεις των εσωτερικών υδάτων της Μακεδονίας και των ποτάμιων δέλτα των ακτών του Αιγαίου και του Ιονίου Πελάγους. Προστασία και Διαχείριση των Ελληνικών Υγροτόπων Εκδ. Π. Γεράκης, WWF, IUCN, ΑΠΘ., Θεσσαλονίκη 1990, 179-208.

Φαινόμενα ανοξικών συνθηκών στην καρστική κρυπτολίμνη Αμβρακία

Κ. Αλμπανάκης, Α. Ψιλοβίκος, Κ. Βουβαλίδης και Χ. Παλικαρίδης
Τομέας Γεωλογίας & Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. 54006

Περίληψη

Η λίμνη Αμβρακία είναι μια βαθειά καρστική κρυπτολίμνη, υπολειμματική της Τεταρτογενούς λίμνης Αγρινίου, στο ΒΔ άκρο της ομώνυμης τάφρου.

Έχει έκταση 14.5 km^2 για στάθμη + 25 m, όγκο νερού 278 × 10^6 m^3 και τροφοδοτείται υπόγεια μέσω των καρστικών αγωγών του Ξηρόμερου μόνο κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων. Η ανανέωση του νερού γίνεται 1 φορά κάθε 6 χρόνια.

Χαρακτηριστικά γνωρίσματα του νερού της Αμβρακίας είναι οι υψηλές τιμές αγωγιμότητας και η μεγάλη συμμετοχή θειικών ανιόντων λόγω απόπλυσης γύψου από το υπόγειο νερό. Το καλοκαίρι, σε βάθος μεγαλύτερο από 15-20 m επικρατούν ανοξικές συνθήκες και ευνοείται η παραγωγή υδροθείου και αμμωνίας.

Η κακή ποιότητα του νερού επιτρέπει την περιορισμένη χρήση του μόνο για αρδεύσεις, ενώ φαίνεται ότι επηρεάζει αρνητικά τους ζώντες οργανισμούς στις ακτές και μέσα στο νερό (φυτά, ψάρια, πτηνά).

Στην Αμβρακία δεν έγιναν ανθρωπογενείς επεμβάσεις, όπως συνέβη στις άλλες Ακαρνανικές λίμνες, αλλά η λίμνη ακολούθησε τη φυσική της εξέλιξη με πλήρη απομόνωσή της από το υδρολογικό σύστημα του Αχελώου.

Abstract

The lake Amvrakia is a deep, karstic, cryptolake, remnant of the Quaternary lake of Agrinio, at the NW end of the Agrinio graben.

It has an area of 14.5 km^2 for the water level of + 25 m, maximum depth of 53 m and water volume of 278 × 10^6 m^3. It has an underground water inflow from the Xeromero karstic area only during the period of the rainfalls. The water is renewed every 6 years.

The very characteristic qualities of the water are high conductivity and high content in sulfide anions, both due to the influence of gypsum in the karstic water of the lake. Also, during the summer period the lake

becomes anoxic in depth greater than 15-20 m, thus producing hydrosulfur and ammonia.

The low quality of the water of the lake limits its use only for irrigation purposes and influences life within and around the lake (plants, fish, birds).

The lake Ambrakia was not affected by human activities unlike the other lakes of the area. It has been isolated from the hydrological system of Acheloos basin and followed its own natural way as an individual karstic lake.

Εισαγωγή

Η λίμνη Αμβρακία βρίσκεται στο βορειότερο άκρο της τοξοειδούς τάφρου Αγρινίου και αποτελεί υπολειμματική μορφή της μεγάλης Τεταρτογενούς λίμνης Αγρινίου. Η Αμβρακία διετήρησε τους τεκτονικούς χαρακτήρες της ως λίμνη, εξελίχθηκε όμως σε ένα καθαρά καρστικό ταμιευτήρα.

Η Αμβρακία παρότι φαίνεται σήμερα αποκομένη από τις λοιπές Ακαρνανικές λίμνες, δεν παύει να αποτελεί ένα σημαντικό ταμιευτήρα νερού της λεκάνης του Κάτω Αχελώου, σε μια ιδιαίτερα ξηρή και άγονη περιοχή της Αιτωλοακαρνανίας.

Η λίμνη αυτή μελετήθηκε από την ερευνητική μας ομάδα στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος 8477 της Επιτροπής Ερευνών του Α.Π.Θ. που αφορά στη λεκάνη του Κάτω Αχελώου, με χρηματοδότηση της Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ7) της Γεν. Γραμματείας Δημοσίων Έργων του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Ευχαριστίες για τη συνεργασία τους στην έρευνα εκφράζουμε προς το λέκτορα του Τμήματος Χημικών Μηχανικών κ. Μ. Μήτρακα, προς τη Δρ. Υδροχημικό κ. Ε. Ντάτσικα και προς το γεωλόγο κ. Α. Μουσουρίδη.

Η έρευνα στο χώρο της λίμνης πραγματοποιήθηκε με το πλήρως εξοπλισμένο ερευνητικό σκάφος «ΑΙΟΛΟΣ» της ομάδας μας, το οποίο μεταφέρθηκε στην Αμβρακία για το σκοπό αυτό.

Γεωγραφικά - Γεωλογικά στοιχεία

Η λίμνη Αμβρακία βρίσκεται στο βορειότερο και στενότερο άκρο της τάφρου Αγρινίου, μεταξύ του όρους Θύαμου ανατολικά και των λόφων του Ξηρόμερου δυτικά. Έχει προσανατολισμό Β-Ν, σχήμα περίπου ανεστραμμένου Τριγώνου και φαίνεται απομονωμένη από την υπόλοιπη περιοχή της τάφρου Αγρινίου.

Μια ράχη χωρίζει την Αμβρακία από τον Αμβρακικό κόλπο στα βόρεια, στην περιοχή Αμφιλοχίας, ενώ χαμηλοί λόφοι χωρίζουν την Αμβρακία στα νότια από τον Οζερό.

Η Αμβρακία έχει σχηματιστεί σε ένα μεγάλο καρστικό βύθισμα το οποίο κυριαρχείται από ανθρακικά πετρώματα της Ιονίου ζώνης. Οι παλαιότεροι σχηματισμοί είναι τα τριαδικά λατυποπαγή με τις γύψους του λόφου του Ξηρόμερου δυτικά, έντονα διαρρηγμένα και αποκαρστωμένα. Προς το βόρεια άκρο της δυτικής πλευράς επικρατούν ασβεστόλιθοι της Βίγλας και του Παντοκράτορα ηλικίας Ιουρασικού και Κρητιδικού. Στην ανατολική πλευρά, στις απότομες πλαγιές του Θύαμου επικρατούν ασβεστόλιθοι του Ηωκαίνου.

Στα περιθώρια της Αμβρακίας και ιδιαίτερα στα ανατολικά, έχει σχηματιστεί μια ζώνη πρόσφατων σύνθετων αλλουβιακών ριπιδίων (περιοχή Ρίβιου), ενώ στα νότια υπάρχουν νεαγενή ιζήματα σε χαμηλούς λόφους.

Πολλές ομάδες ρηγμάτων Β/ΒΔ-Ν/ΝΑ προσανατολισμού έχουν τεμαχίσει τα ανθρακικά πετρώματα και έχουν προκαλέσει ποικίλα τεκτονικά φαινόμενα στην περιοχή αυτή.

Γεωμορφολογικά στοιχεία (Πίν. 1)

Η Αμβρακία κατέχει το βαθύτερο τμήμα ενός ασύμμετρου τεκτονικού βυθίσματος, με απόκρημνα, σχεδόν κατακόρυφα δυτικά τοιχώματα (ρηξιγενής δυτική πλευρά) και μεγάλης κλίσης ανατολικά τοιχώματα.

Η λεκάνη απορροής της έχει έκταση 101.5 km^2, από τα οποία τα 87 km^2 αποτελούν την περιλίμνια χερσαία ζώνη και τα 14.5 αποτελούν την έκταση της λίμνης. Ένα ισχνό δίκτυο χειμάρρων αναπτύσσεται στη λεκάνη αυτή, ιδιαίτερα στις δυτικές πλαγιές του Θύαμου, ανατολικά της λίμνης. Ένα σημαντικό μέρος της απορροής φαίνεται ότι λειτουργεί υπόγεια.

Οι καρστικές μορφές ιδιαίτερα οι επιφανειακές (δολίνες, ουβάλες) έχουν μεγάλη εξάπλωση στην περιοχή αυτή. Οι Verginis & Leondaris (1978) μάλιστα θεωρούν και την ίδια την Αμβρακία ως μια πόλγη, η οποία έχει γεμίσει με καρστικό νερό.

Η λίμνη έχει σχήμα περίπου τριγωνικό με την κορυφή της προς νότο, ενώ κατά τις περιόδους των βροχών το νερό καλύπτει μια αυλακοειδή προεξοχή με κατεύθυνση προς την Αμφιλοχία, με έκταση 2.7 km^2. Η έκταση της λίμνης επομένως μεταβάλλεται από 14.5 km^2 το χειμώνα, σε 11.8 km^2, για στάθμη περίπου +25 m. Η διακύμανση της στάθμης υπολογίζεται σε 1.0-1.5 m το χρόνο.

Α. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Λεκάνη απορροής	87 Km^2
Διαστάσεις λίμνης	3.7 × 13 Km
Στάθμη (ρυθμιζ.)	+ 25 m
Έκταση καθρέπτη	14.5 Km^2
Βάθη (μεγ. - μέσο)	53 m 19.2 m
Βάθος κρυπτοβυθίσματος	– 28 m
Όγκος λίμνης	278 × 10^6 m^3
Μήκος ακτών	34.2 Km
Ανάπτυγμα ακτών	2.5

Β. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΕΜΥ Αγρινίου κατακρ.	930 mm/yr
Όγκος κατακρ. λιμ.	80.9 × 10^6 m^3/yr
Συνολική απορροή (0.40)	32.3 × 10^6 m^3/yr
Όγκος κατακρημνισμ. καθρέπτη	13.5 × 10^6 m^3/yr
Όγκος εξατμ. (1470 mm/y)	21.3 × 10^6 m^3/yr
Καθαρή απώλεια	7.8 × 10^6 m^3/yr
Καθαρές εισροές λίμνης	24.5 × 10^6 m^3/yr
Ανανέωση	6 χρόνια

Γ. ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Διαύγεια	4 - 5 m
Θερμοκρασία	11°C - 28°C
Αγωγιμότητα	881 - 991 μS/cm
Διαλ. O_2	0 - 12 mg/l
pH	7 - 8.5
Επιλίμνιο	0 - 10 m
Υπολίμνιο	20 - 53 m

Δ. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Ολική σκληρ.	34.4 - 45.3°F
Νιτρικά	0.87 - 4.1 mg/l
Νιτρώδη	0 - 0.3 mg/l
Θειϊκά	300 - 346.2 mg/l
Φωσφορικά	0.05 - 0.24 mg/l
Αμμωνιακά	0 - 0.38 mg/l
Zn	0.13 - 0.18 mg/l
Cu	< 0.01 mg/l
Fe	< 0.02 mg/l
Mn	0.01 mg/l
SiO_2	1.8 - 6.1 mg/l
ΦΕΚ 438/86	ΜΗ ΠΟΣΙΜΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μορφολογικά, υδρολογικά, λιμνολογικά και ποιοτικά στοιχεία του νερού της λίμνης Αμβρακίας [Ε.Ε. ΑΠΘ. Ερ. Πρ. 8477, ΥΠΕΧΩΔΕ (Δ7) 1995]

Η Αμβρακία αποτυπώθηκε τοπογραφικά από την ερευνητική μας ομάδα (βλέπε λιμνολογικά στοιχεία) και βρέθηκε να έχει μέγιστο βάθος 53 m και μέσο βάθος 19.2 m. Κατά συνέπεια είναι μια κρυπτολίμνη, όπως και η Τριχωνίδα, αφού ο πυθμένας της βρίσκεται 28 m κάτω από τη στάθμη της θάλασσας και αποτελεί το τοπικό βασικό επίπεδο της περιοχής.

Οι ακτές της λίμνης έχουν μήκος 34.2 km , είναι βραχώδεις, απόκρημνες και αποκαρστωμένες δυτικά, και ομαλότερες προσχωσιγενείς ανατολικά.

Υδρολογικά στοιχεία (Πίν. 1).

Η προχωρημένη αποκάρστωση της περιοχής της Αμβρακίας δυσχεραίνει την εκτίμηση των υδρολογικών της στοιχείων. Αν λάβουμε υπόψη το μέσο ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων της ΕΜΥ Αγρινίου (930 mm/y) τότε μπορουμε να δεχτούμε ότι οι εισραές στη λίμνη από τη λεκάνη απορροής της ανέρχονται σε 32.3×10^6 m^3 το χρόνο. Στον καθρέπτη της λίμνης καταλήγουν κατ' ευθείαν 13.5×10^6 m^3/y, ενώ από την εξότμιση (1470 mm/yr στα εξατμισίμετρα Λεσινίου και Καστρακίου) αφαιρούνται 21.3×10^6 m^3/yr, δηλαδή το έλλειμα νερού της Αμβρακίας είναι 7.8×10^6 m^3/yr.

Κατά συνέπεια οι καθαρές εισροές νερού από το χώρο της λεκάνης απορροής της Αμβρακίας εκτιμώνται σε 24.5×10^6 m^3.

Οι εισροές αυτές σε σχέση προς τον όγκο του νερού της λίμνης, ο οποίος εκτιμήθηκε από την ερευνητική μας ομάδα σε 278×10^6 m^3 είναι ελάχιστες, για να μπορέσουν να διατηρήσουν τη λίμνη σε φυσική κατάσταση.

Η ανανέωση του νερού της Αμβρακίας θα πρέπει να γίνεται κάθε 6 χρόνια περίπου.

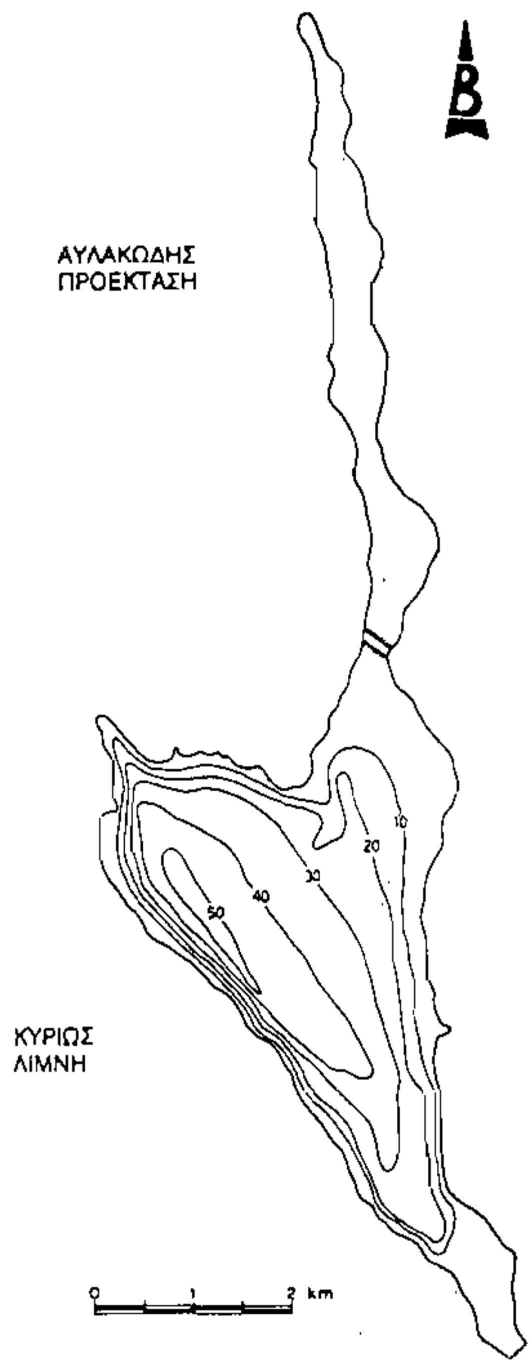
Φυσικά δεν αποκλείεται η Αμβρακία να τροφοδοτείται με υπόγειο νερό και από περιοχές εκτός της λεκάνης απορροής της, όπως γίνεται στην Τριχωνίδα, αλλά τα στοιχεία δείχνουν ότι η τροφοδοσία αυτή πρέπει να είναι πολύ περιορισμένη.

Λιμνολογικά στοιχεία

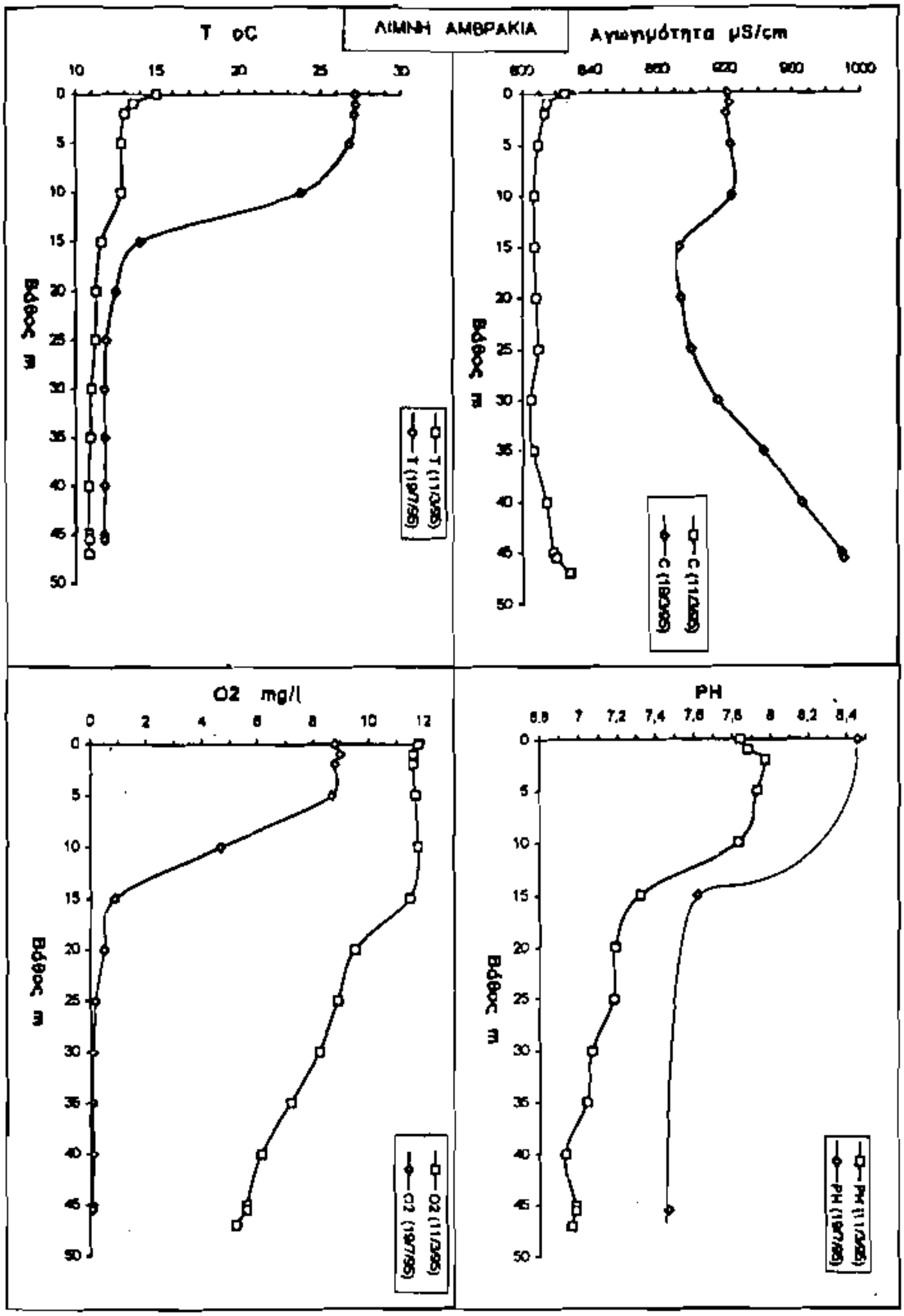
Στο Σχ. 1 δίνεται ο τοπογραφικός χάρτης της Αμβρακίας, όπως προέκυψε από την ηχοβολιστική αποτύπωση της λίμνης με το σκάφος μας ΑΙΟΛΟΣ. Στο χάρτη αυτό φαίνεται η ασυμμετρία της λίμνης η οποία ακολουθεί την ασυμμετρία του αναγλύφου και το μεγαλύτερο βάθος της (53 m) βρίσκεται κοντά στις δυτικές ακτές της.

Στο Σχ. 2 δίνονται οι τιμές των παραμέτρων της θερμοκρασίας, της αγωγιμότητας, του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου και του pH, από τις οποίες προκύπταυν τα ακόλουθα:

- Το χειμώνα η λίμνη έχει ένα ελαφρό θερμοκλινές με υπολίμνιο 11°C σε βάθος μεγαλύτερο από 15 m και επιλίμνιο 12-15°C, ενώ το καλοκαίρι παρουσιάζει πλήρη ανάπτυξη θερμοκλινούς με υπαλίμνιο 11-12°C, μεταλίμνιο 12-13°C και επιλίμνιο 26-28°C. Αξιοσημείωτο είναι το πάχος του μεταλιμνίου (9-20 m) και η διαφορά θερμακρασίας μεταξύ επιλιμνίου και υπολιμνίου (>15°C).



Σχ. 1. Βυθομετρική αποτύπωση της λίμνης Αμβρακίας, όπως έγινε με το ερευνητικό ακόφας Αίολος.



Σχ. 2. Κάθετες διατομές λιμνολογικών παραμέτρων (T, Con, O_2, pH) που έγιναν στις 11-3-95 & 19-7-95).

- Η αγωγιμότητα της Αμβρακίας είναι πολύ υψηλή, τριπλάσια περίπου από αυτήν των άλλων Ακαρνανικών λιμνών. Το χειμώνα έχει τιμές 800 - 825 μS/cm, ομοιόμορφα κατανεμημένες στο βάθος. Το θέρος έχει τιμές 890 - 991 μS/cm οι οποίες παρουσιάζουν μια παράξενη κατανομή με το βάθος, όπως φαίνεται στο Σχ. 4 (μείωση στα 15,30 m και αύξηση στα βαθύτερα). Οι υψηλές τιμές της αγωγιμότητας ερμηνεύονται αν δεχθούμε ότι το υπάγειο - καρστικό νερό το οποίο διέρχεται από τους φακούς των γύψων των τριαδικών λατυποπαγών καταλήγει στη λίμνη. Τις ίδιες τιμές αγωγιμότητας έχουν και οι καρστικές πηγές της Λάμπρας οι οποίες αναβλύζουν στο νότιο άκρο του καρστικού όγκου του Ξηρόμερου.
- Το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο το χειμώνα έχει πολύ υψηλές τιμές στην επιφάνεια 12 mg/l, ενώ σε βάθη μεγαλύτερα των 15 m μειώνεται σταθερά μέχρι τα 5.2 mg/l στα 50 m. Αντίθετο το καλοκαίρι η λίμνη έχει επάρκεια οξυγόνου μέχρι τα 5 m βάθος, ενώ στη συνέχεια μειώνεται δραστικά η τιμή μέχρι σχεδόν μηδενισμού στα 15 m. Στα βαθύτερα στρώματα δεν υπάρχει οξυγόνο διαλυμένο στο νερό (ανοξικές συνθήκες).
- Το pH, ουδέτερο το χειμώνα και αλκαλικό το θέρος παρουσιάζει σαφή μείωση με την αύξηση του βάθους.
- Η διαύγεια της Αμβρακίας μετρήθηκε σε 4 - 5 m.

Ποιότητα νερού (Πίν. 1)

Από χημικές αναλύσεις του νερού της Αμβρακίας που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των δυσμενών συνθηκών του θέρους σε διάφορα βάθη, προέκυψαν τα στοιχεία του πίν. 1 για τις πιο σημαντικές παραμέτρους του νερού.

Οι μεγάλες τιμές ολικής σκληρότητας και αγωγιμότητας του νερού, συνοδεύονται από υψηλές τιμές περιεκτικότητας του σε θειϊκά ανιόντα. Υψηλές επίσης είναι και οι τιμές των νιτρικών, φωσφορικών και αμμωνιακών. Τα αμμωνιακά έχουν μεγάλες συγκεντρώσεις στα βαθύτερα στρώματα του νερού λόγω της επικράτησης των ανοξικών συνθηκών σε αυτά. Όπως και στην περίπτωση του Αιτωλικού, έτσι και στην Αμβρακία υπάρχει υδρόθειο με χαρακτηριστική οσμή.

Είναι πραφανές ότι η ποιότητα του νερού της Αμβρακίας δεν είναι καλή και τα νερό, κυρίως το επιφανειακό επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί μόνο για άρδευση.

Ίσως στην κακή ποιότητα του νερού να αφείλεται και η απουσία καλαμώνων από τις παράκτιες περιοχές της λίμνης.

Η Αμβρακία είναι η μόνη λίμνη της τάφρου Αγρινίου, η οποία διαφέρει σημαντικά ως προς την ποιότητα του νερού της από τις άλλες Ακαρνανικές λίμνες και φαίνεται ότι δεν τροφοδοτείται με νερό από το σύστημα του Αχελώου.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η λίμνη Αμβρακία ακολούθησε τη φυσική εξέλιξη της μητρικής της λίμνης Αγρινίου και απομονώθηκε αυσιαστικό από τις άλλες υπολειμματικές λίμνες της περιαχής.

Η μεγάλη αποκάρστωση, η έντονη τεκτονική και η μικρή τροφοδασία της σε νερό και φερτό υλικά, συνέβαλαν στη διατήρηση της λίμνης στη σημερινή μορφή του κρυπτοβυθίσματος, αλλά προκάλεσαν επιδείνωση της ποιάτητος του νερού της. Αυτό συνέβη λόγω της απόπλυσης των γύψων από τα υπόγειο νερό και της τροφοδοσίας της λίμνης με υλικά, τα οπαία αύξησαν την αγωγιμότητα ταυ νερού και την περιεκτικότητά του σε θειϊκά ανιόντα.

Φαίνεται όμως ότι η τροφοδοσία της λίμνης σε υπόγειο νερό γίνεται μόνο κατά τη διάρκεια των βροχερών περιόδων. Κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων η τροφοδοσία σταματά, το νερά γίνεται στάσιμο και δημιουργούνται ανοξικές συνθήκες στο βάθος λόγω πλήρους μηδενισμού του διαλυμένου οξυγόνου σ' αυτό. Την επικράτηση των ανοξικών συνθηκών στο βάθος ακολουθεί η παραγωγή υδροθείου και αμμωνιακών ενώσεων. Την κατάσταση αυτή ευνοεί και η τοπογραφική θέση του πυθμένα της λίμνης που βρίσκεται 28 m χαμηλότερα από τη στάθμη της θάλασσας και ελαχιστοποιεί τη δυνατότητα κυκλοφορίας του νερού.

Η λίμνη Αμβρακία δεν δέχθηκε ανθρωπογενείς επεμβάσεις, εκτός μικρών επεμβάσεων στην αυλοκοειδή προεξοχή της προς Αμφιλοχία (Γέφυρα Εθνικής οδαύ –χρησιμοποίησή της για βόσκηση όταν ξηραίνεται). Παρόλα αυτά οι φυσικές διεργασίες την οδήγησαν σε αρνητικά αποτελέσματα ως προς την ποιότητα του νερού της.

Βιβλιογραφία

Λεοντάρης, Σ. (1970). Γεωμορφολογικαί έρευναι επί της λεκάνης των Αιτωλοακαρνανικών λιμνών. Γεωλ. Χρον. Ελλ. Χωρών, XIX, 541-688, Αθήναι.

Λιάκουρης, Σ. (1971). Γεωμορφολογικαί έρευναι περιοχής κάτω Αχελώου (Άνω Τμήμα). Διδ. Διατρ., Σχ. Φυσικομαθηματική, Παν. Πατρών, Αθήνα.

Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας & Γεωφυσικής, Εργαστήριο Υδρογεωλογίας & Τεχνικής Γεωλογίας, (1993). Οικολογική Χωροταξική μελέτη των χαρακτηριστικών οικοσυστημάτων λιμνών Αιτωλοακαρνανίας. ΥΠΕΧΩΔΕ, Δ/νση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Αθήνα.

Verginis, S., Leondaris, S. (1978). Beitrage zur Morfologie und Entwicklung des Semipoljes Amvrakia (Limni Amvrakia). Westgriechenland. Int. Revne ges. Hystobiol, 63, 6, 1978, 831-839.

Το καρστ ως έμμεσος παράγοντας εξάπλωσης της ελιάς (Olea europaea L.) και εξέλιξης προϊστορικών και ιστορικών πολιτισμών στο χώρο της Ελλάδος

Ε. Βαβλιάκης
Τομέας Γεωλογίας και Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., 54006 Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Από τα στοιχεία της εργασίας αυτής προκύπτει ότι η ανάπτυξη προϊστορικών και ιστορικών πολιτισμών στο χώρο της Ελλάδος δεν ήταν τυχαία και ότι το καρστ ως φυσικός παράγοντας εξασφάλισε έμμεσα τις οικολογικές προϋποθέσεις οικονομικής ανάπτυξης, για τους παρακάτω λόγους:

α. Μόνο στις καρστικές περιοχές λαμβάνει χώρα υπόγεια κυκλοφορία υδάτινων και αερίων μαζών με αποτέλεσμα στα εδάφη τους να επικρατεί έντονη ξηρασία και στον περιβάλλοντα χώρο μεγάλων υπάγειων καρστικών εγκοίλων ή πηγών να παρατηρείται εντυπωσιακή μείωση του βαθμού ηπειρωτικότητας του τοπικού κλίματος (4 μέχρι 6°C) εξαιτίας της εποχικής τροφοδοσίας ή απορρόφησης θερμότητας της ατμόσφαιρας.

β. Η έντονη ξηρασία και η μειωμένη, κατά θέσεις, ηπειρωτικότητα του κλίματος καρστικών περιοχών δημιουργούν ευνοϊκότερες οικολογικές συνθήκες εξάπλωσης της ελιάς σ' αυτές (μέχρι 1000 m υψόμετρο και 45° Γ.Π.), συγκριτικά με τις μη καρστικές περιοχές όπου επικρατούν άλλα θαμνώδη ή δενδρώδη είδη.

γ. Επειδή η ελιά είναι το μόνο φυτικό είδος των οικοσυστημάτων του ελλαδικού αλλά και του ευρύτερου μεσογειακού χώρου, που παράγει σε ικανοποιητική ποσότητα καρπούς κατά τη διάρκεια του χειμώνα, εποχή με τις μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις του ανθρώπινου οργανισμού, η παρουσία της στα οικοσυστήματα μιας περιοχής εξασφάλισε τις οικολογικές - οικονομικές προϋποθέσεις μόνιμης εγκατάστασης του ανθρώπου και εξέλιξης προϊστορικών και ιστορικών πολιτισμών.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit soll gezeigt werden, dass die Entwicklung der prahistorischen und historischen Zivilisationen in Griechenland nicht

zufallig war und der karst als physischer Faktor indirekt die notwendigen okologisch-ökonomischen Vorraussetzungen dazu bereitgestellt hat. Dafur sprechen folgende Grunde:

a. Nur in Karstgebieten findet ausreichende unterirdische Wasser-und Luftzirkulation statt. Diese unterirdischen Gegebenheiten bewirken edaphische Durre und beeinflussen in der Umgebung von grosseren Karsthohlensystemen das oberirdische Lokalklima, wobei die Jahresamplitude um 4-6° reduziert wird.

b. Die edaphische Durre und die Verminderung der Jahresextremwerte schaffen im Vergleich zu Nichtkarstgebieten gunstige Wachstumsvoraussetzungen fur olea europea s.sp. (bis 1000 m Seehohe und 45° Geogr. Breite).

c. Olea europea s.sp. ist die einzige Nutzpflanze des mediterranen Okosystems, die im Winter in grossen Mengen Fruchte gibt (dringender Nahrungsbedarf des Menschen!). Aus diesen Grunden sicherte das Vorkommen von olea europea s.sp. die okologisch-okonomischen Voraussetzungen fur die standige Besiedlung und die Weiterentwicklung des prahistorisch-historeschen Menschen.

1. Εισαγωγή

Είναι γεγονός ότι στον ευρύτερο ελλαδικό χώρο εξελίχθηκαν κατά περιόδους προϊστορικοί και ιστορικοί πολιτισμοί που επηρέασαν αποφασιστικά την εξέλιξη της ανθρωπότητας.

Το λογικό ερώτημα που τίθεται είναι αν η δημιουργία των μοναδικών αυτών πολιτισμών (Μινωικού, Μυκηναϊκού, Κλασσικού) ήταν συμπτωματική ή υπαγορεύθηκε άμεσα ή έμμεσα από ιδιαιτερότητες των φυσικών παραγόντων του ελλαδικού χώρου.

Επειδή οι παραπάνω πολιτισμοί εντοπίζονται σε περιοχές όπου επικρατεί το καρστ* (Σχ. 1), θεωρείται ενδιαφέρον να ερευνηθεί πώς αυτό επηρέασε τη δημιουργία τους και κατ' επέκταση την εξέλιξη των προϊστορικών και ιστορικών κοινωνιών.

---

* Με τον όρο «Καρστ» εννοούμε τη χαρακτηριστική μορφολογία και υδρογραφία που εμφανίζονται σε τεκτονισμένες περιοχές όπου επικρατούν ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, δολομίτες).

Καρστικές περιαχές (τα πετρώματα που επικρατούν είναι: ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, δολομίτες, ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή και λατυποπαγή)

Μη καρστικές περιοχές (επικρατούν μη ανθρακικά πετρώματα και ιζήματα)

Σχ. 1. Χάρτης που δείχνει τη σχέση μεταξύ των καρστικών και μη καρστικών περιοχών του Ελλαδικού χώρου. (Πηγές: Γεωλογ. Χάρτης Ι.Γ.Μ.Ε. 1:500.000, 1983).

2. Επίδραση του καρστ στην εξάπλωση της ελιάς (Olea europaea s.sp.)

Στα φυσικά και ανθρωπογενή οικοσυστήματα των καρστικών περιοχών του ελλαδικού, αλλά και του ευρύτερου μεσογειακού, χώρου η συχνότητα εμφάνισης της ελιάς είναι πολύ μεγαλύτερη συγκριτικά με την αντίστοιχη εμφάνισή της σε μη καρστικές περιοχές.

Σύμφωνα με τον Καββάδα (1956) η ελιά είναι θερμόφιλο και ανθεκτικό έναντι της ξηρασίας είδος, όμως είναι ευαίσθητη έναντι του ψύχους και στους – 7°C παγώνει το ριζικό της σύστημα.

Η ανάπτυξη της καλλιεργούμενης ελιάς και σε μή καρστικές περιοχές δείχνει ότι η επικράτησή της σε ασβεστολιθικές περιοχές δεν φαίνεται να συνδέεται με τις ιδιαίτερες φυσικές και χημικές ιδιότητες των εδαφών όπου αυτή ευδοκιμεί.

Επομένως, η επικράτηση της ελιάς στα καρστικά οικοσυστήματα πρέπει να οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους: α) Στην ξηρασία που επικρατεί στις καρστικές περιοχές και που προκαλείται από την ταχύτατη κατείσδυση και απομάκρυνση των υδάτων της βροχής από τα επιφανειακά στρώματα. Η ξηρασία αυτή φαίνεται να ευνοεί την επικράτηση της ελιάς, συγκριτικά με άλλα δενδρώδη ή θαμνώδη είδη των οικοσυστημάτων του ελλαδικού χώρου που παράγουν εδώδιμους καρπούς, επειδή τα τελευταία αδυνατούν να ευδοκιμήσουν με συνθήκες ξηρασίας. Η παρατήρηση δείχνει ότι σε περιοχές με έντονα αναπτυγμένο υπόγειο και επιφανειακό καρστ επικρατεί η ελιά, εξαιτίας της έλλειψης ή του μειωμένου ανταγωνισμού από άλλα δενδρώδη ή θαμνώδη είδη που διεκδικούν τον ίδιο χώρο. β) Στη δημιουργία κατά θέσεις σε καρστικές περιοχές τοποκλίματος ευνοικού για την επιβίωση της ελιάς, ιδιαίτερα κατά τη χειμερινή περίοδο. Το καρστ, ως γνωστόν, επιτρέπει την υπόγεια κυκλοφορία αερίων και υδατίνων μαζών. Εξαιτίας αυτής της υπόγειας κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα λαμβάνει χώρα συνεχής τροφοδοσία της ατμόσφαιρας με θερμότητα, αφ' ενός μεν σε περιοχές κατά κανόνα κοντά σε σπήλαια, αφ' ετέρου σε περιοχές εμφάνισης μεγάλων καρστικών πηγών. Το αντίθετο συμβαίνει κατά τη θερινή περίοδο.

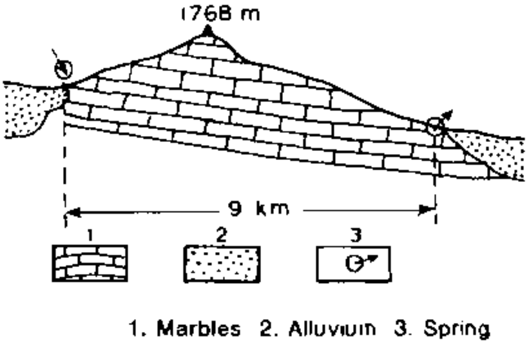
Μετρήσεις της θερμοκρασίας αέρος σε μία ακτίνα 1,5 km από τα σπήλαια και τις καρστικές πηγές του Μααρό (ποταμού Αγγίτη, Νομός Δράμας, Β. Ελλάδα) έδειξαν ότι η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια του χειμώνα στο χώρο που καθαρίζεται από την ακτίνα του 1,5 km είναι μεγαλύτερη κατά 2 μέχρι 3°C συγκριτικά με την αντίστοιχη θερμοκρασία των παρακειμένων περιοχών (Βαβλιάκης κ.ά. υπό δημοσίευση). Αυτό συμβαίνει διότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα θερμές αέριες μάζες περίπου ίσες με 12°C εξέρχονται από τις ψηλότερες οπές επικοινωνίας των σπηλαίων του Μααρά και τροφοδοτούν την ατμόσφαιρα με θερμότητα, η οποία επηρεάζει αισθητά τη θερμοκρασία της.

Η συμβολή της εκλυόμενης θερμότητας από την υδάτινη μάζα των πηγών του Μααρά στην αύξηση της θερμοκρασίας του κατώτερου στρώματος της ατμόσφαιρας, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, θα πρέπει να είναι περιορισμένη, δεδομένου ότι σύμφωνα με τον Βαβλιάκη κ.ά. (υπό δημοσίευση), σε απόσταση περίπου 1000 m από τις πηγές, η θερμοκρασία του νερού (περίπου ίση με 12°C) δεν μεταβάλλεται αισθητά.

Αντίθετα, η πτώση της θερμοκρασίας κατά 2 μέχρι 3°C κατά την θερινή περίοδο πρέπει να αποδοθεί στην απορρόφηση θερμότητας της ατμόσφαιρας από την ψυχρή υδάτινη μάζα (περίπου 12°C) των πηγών του Μοορά.

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι εξαιτίας κυρίως του υπόγειου καρστ στην περιοχή των καρστικών σπηλαίων και πηγών του Μααρά σε μία αξιοσημείωτη απόσταση παρατηρείται μείωση του ετήσιου θερμομετρικού εύρους κατά 4 έως 6°C συγκριτικά με αυτό των παρακειμένων περιοχών. Αυτή η μείωση του θερμομετρικού εύρους φαίνεται ότι είναι πολύ σημαντική από οικολογική άποψη δεδομένου ότι μόνο στην ακτίνα του 1,5 km από τα σπήλαια και τις πηγές του Μααρά και μέχρι ένα υψόμετρο 300-400 m εμφανίζονται άγριες ελιές (Olea europaea silvestris), παρότι η γεωλογία και η μορφολογία των παρακειμένων περιοχών δεν διαφέρει απ' αυτή των προαναφερθέντων σπηλαίων και πηγών. Σε καρστικές περιοχές επίσης και σε ανάλογο υψόμετρο διαπιστώθηκε η Olea europaea silvestris από τους Αθανασιάδη και Δρόσο (1990).

Από υδρογεωλογική άποψη, οι πηγές του Μααρά (Σχ. 2) σύμφωνα με τον Soulios (1991) είναι πηγές υπερπλήρωσης. Ανάλογες πηγές μπορούν να σχηματιστούν σε οποιοδήποτε γεωγραφικό πλάτος σε υψόμε-

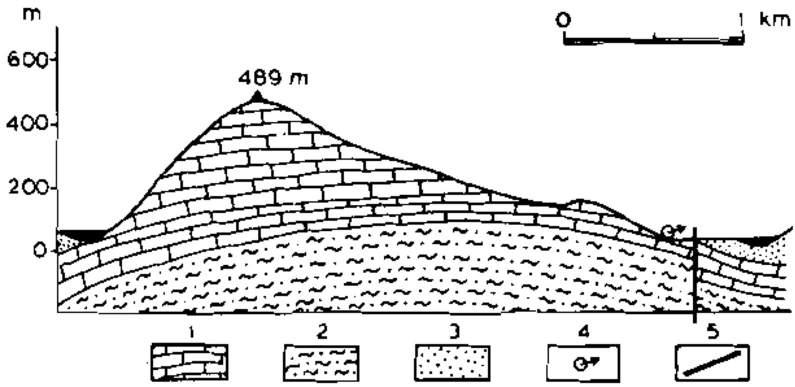


Σχ. 2. Γεωλογική τομή των καρστικών σπηλαίων και πηγών υπερπλήρωσης του Μααρά Δράμας (κατά Soulios 1991). Ανάλογες πηγές μπορούν να σχηματιστούν σε οποιοδήποτε γεωγραφικό πλάτος του ελλαδικού χώρου.

τρα όμως κατά κανόνα μικρά διότι τέτοιες πηγές σχηματίζονται κοντά στο βασικό επίπεδο διάβρωσης.

Δηλαδή, σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη του ελλαδικού χώρου είναι δυνατά να δημιουργηθούν ανάλογες οικολογικές συνθήκες με αυτές που επικρατούν γύρω απο τα προαναφερθέντα σπήλαια και πηγές. Συνεπώς έμμεσα το καρστ επηρεάζει αναμφισβήτητα την εξάπλωση της ελιάς κατά την έννοια του γεωγραφικού πλάτους.

Στις καρστικές περιοχές ταυ ελλαδικού χώρου είναι δυνατόν στην επαφή ανθρακικών και μη πετρωμάτων να σχηματιατούν καρστικά σπήλαια και πηγές με μεγάλες παροχές σε οπαιοδήποτε υψόμετρο όπως π.χ. οι πηγές του Παραδείσου Καβάλας (Σχ. 3). Δηλαδή και σε μεγαλύτερα από 400 m υψόμετρο είναι δυνατό να δημιουργηθούν κατά θέσεις αικολογικές συνθήκες ανάλαγες με αυτές των σπηλαίων και πηγών του Μααρά, που να επιτρέπουν την επιβίωση της ελιάς.



1. Marbles 2. Schists 3. Alluvium 4. Spring 5. Fault line

Σχ. 3. Γεωλογική τομή της καρστικής πηγής επαφής Παραδείσαυ Καβάλας (κατά Soulios 1989). Ανάλογες πηγές επαφής μπορούν να σχηματιστούν σε οποιοδήποτε υψόμετρο του ελλαδικού χώρου.

Με βάση, λοιπόν, τα παραπάνω δεδομένα φαίνεται να δικαιολαγείται το παράδοξο φαινόμενο της εξάπλωσης της ελιάς σε γεωγραφικά πλάτη από 0° μέχρι 45° γεωγραφικό πλάτος και υψόμετρα από 0 μέχρι 1000 m (Καββάδας 1956).

Το γεωγραφικό πλάτος του σπηλαίου και των πηγών του Μααρά είναι περίπου 41°10′ το δε μέγιστο υψόμετρο εξάπλωσης της ελιάς είναι περίπου 400 m. Σε μικρότερα γεωγραφικά πλάτη τα υψόμετρο εξάπλωσης της ελιάς είναι μεγαλύτερο. Θα πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι οι μέχρι σήμερα βορειότερες γνωστές εμφανίσεις της αγριελιάς στην Ελλάδα εκτός από αυτή της περιοχής του Μααρά εντοπίζονται αποκλειστικά σε καρστικές περιοχές (Παπονικολάου & Δρόσος, προσωπική επικοινωνία).

3. Επίδραση του Καρστ στην εξέλιξη προϊστορικών και ιστορικών πολιτισμών

Αν ληφθούν υπόψη οι ενεργειακές απαιτήσεις του ανθρώπινου οργανισμού (διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας του σώματος, κίνηση, κ.λπ.) τότε θα μπορούσε να δεχθεί κανείς ότι οι πλέον ευνοϊκές περιοχές για την επιβίωση του ανθρώπου θα πρέπει να αναζητηθούν στην τροπική ζώνη για δύο κυρίως λόγους: α) Επειδή η θερμοκρασία στην τροπική ζώνη είναι υψηλή, η απαιτούμενη ποσότητα τροφής για τις ενεργειακές απαιτήσεις του ανθρώπινου οργανισμού είναι μικρότερη και β) Επειδή οι κλιματικές συνθήκες στη ζώνη αυτή είναι σχεδόν σταθερές, τα οικοσυστήματά της μπορούν να εξασφαλίσουν τροφή στον άνθρωπο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Η υψηλή όμως θερμοκρασία σε συνδυασμό με την υψηλή υγρασία που επικρατούν στην τροπική ζώνη δημιουργούν εχθρικές οικολογικές συνθήκες για την επιβίωση του ανθρώπου.

Εκτός όμως της τροπικής ζώνης ιδανικές για την επιβίωση του ανθρώπου περιοχές είναι εκείνες οι οποίες θα μπορούσαν να εξασφαλίσουν όχι μόνον τροφή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, αλλά ιδιαίτερα κατά το χειμώνα τροφή με μεγαλύτερη απόδοση σε θερμίδες. Τέτοιες περιοχές φαίνεται να είναι και οι ζώνες εξάπλωσης της ελιάς. Διότι από όλα τα δενδρώδη ή θαμνώδη είδη των φυσικών και ανθρωπογενών οικοσυστημάτων του ελλαδικού, αλλά και του ευρύτερου μεσογειακού χώρου, μόνον η ελιά παράγει καρπούς κατά τη διάρκεια του χειμώνα με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση.

Αν, λοιπόν, ληφθεί υπόψη ότι εκτός της τροπικής ζώνης, όπως προαναφέραμε, η εξάπλωση της ελιάς καθορίζεται αποφασιστικά από τις ιδιαίτερες οικολογικές συνθήκες που παρατηρούνται σε καρστικές περιοχές, τότε θα μπορούσε να πει κανείς ότι το καρστ έμμεσα προσέφερε στον προϊστορικό άνθρωπο τις προϋποθέσεις επιβίωσης και μόνιμης εγκατάστασής του σ' έναν χώρο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Το καρστ όμως ταυτόχρονα με τις έμμεσες προσέφερε και άμεσες προϋποθέσεις μόνιμης εγκατάστασης του προϊστορικού και ιστορικού ανθρώπου. Συγκεκριμένα, τα καρστικά σπήλαια του προσέφεραν έτοιμη, μόνιμη και ασφαλή κατοικία. Αν ληφθεί υπόψη ότι η θερμοκρασία αέρος στα καρστικά σπήλαια είναι σταθερή και αντιστοιχεί στη μέση ετήσια της ατμόσφαιρας και που κυμαίνεται στο χώρο της Ελλάδας (ανάλογα με το γεωγρ. πλάτος και υψόμετρο) από 10 έως 17°C, τότε θα μπορούσε να χαρακτηρίσει κανείς τα παραπάνω σπήλαια ως ιδανικούς χώρους για την εγκατάσταση του προϊστορικού ανθρώπου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Άλλωστε, το παλαιότερο απολίθωμα ανθρώπινου κρανίου στον ελλαδικό χώρο εντοπίστηκε στο σπήλαιο των Πετραλώνων Χαλκιδικής και που η ηλικία του θεωρείται μεγαλύτερη από 200.000 χρόνια (Μαρίνος κ.ά. 1970, Hennig et al. 1981). Η επίδραση επίσης του καρστ στη γεωγραφική εξάπλωση του προϊστορικού ανθρώπου στο χώρο της Ελλάδας έχει επισημανθεί ήδη από τον Vavliakis (1987).

Αλλά και την βασικότερη προϋπόθεση για την επιβίωση και εξέλιξη του ανθρώπου στο χώρο της Ελλάδας και τον ευρύτερο μεσογειακό, που είναι το νερό, την εξασφαλίζουν συνήθως οι καρστικές περιοχές. Μόνο σ' αυτές απαντούν πηγές με μεγάλες παροχές, που μπορούν να καλύψουν όχι μόνο ανάγκες ύδρευσης οικισμών και πόλεων, αλλά και ανάγκες άρδευσης εκτάσεων.

Αν υποθέσουμε ότι έλειπαν από το χώρο της Ελλάδας τα καρστικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, δολομίτες), τότε πρακτικά θα έλειπαν οι φυσικές πηγές που θα μπορούσαν να καλύψουν ανάγκες ύδρευσης και άρδευσης του προϊστορικού, ιστορικού και σύγχρονου ανθρώπου. Σήμερα ακόμα οι περισσότερες πόλεις της Ελλάδας καλύπτουν τις ανάγκες ύδρευσης από καρστικές πηγές, όπως οι πόλεις Θεσσαλονίκης, Σερρών, Καβάλας, Δράμας, Ξάνθης, Άργους, Μυτιλήνης κ.α.

Τα στοιχεία που αναφέραμε παραπάνω και το γεγονός ότι το 50% (Σχ. 1) της ελληνικής χερσαίας και νησιωτικής επιφάνειας καταλαμβάνεται από καρστ, μας επιτρέπουν να δεχθούμε ότι το καρστ αποτέλεσε έναν από τους βασικούς φυσικούς παράγοντες. που εξασφάλισε τις προϋποθέσεις εγκατάστασης και εξέλιξης του προϊστορικών και ιστορικών κοινωνιών στο χώρο της Ελλάδας.

Συμπεράσματα

Από τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

α. Η εντυπωσιακή μείωση του ετήσιου θερμομετρικού εύρους (4 έως 6°C), που παρατηρείται στον περιβάλλοντα χώρο της ατμόσφαιρας μεγάλων καρστικών σπηλαίων και πηγών, δημιουργεί κατά θέσεις ευνοϊκές οικολογικές συνθήκες εξάπλωσης της ελιάς (Olea europaea s.sp.) σ' όλη την έκταση της Ελλάδας και σε υψόμετρο που φτάνει και τα

1000 m. Συνεπώς έμμεσα η εξάπλωση της ελιάς επηρεάζεται από το καρστ, αν ληφθεί υπόψη ότι το 50% της ελληνικής χερσαίας και νησιωτικής επιφάνειας καταλαμβάνεται απ' αυτό.

β. Επειδή η ελιά είναι ένα φυτικό είδος των οικοσυστημάτων του ελλαδικού αλλά και του ευρύτερου μεσογειοκού χώρου που παράγει εδώδιμους καρπούς κατά τη διάρκεια του χειμώνο, με μεγάλη απόδοση σε θερμίδες –εποχή με τις μεγολύτερες ενεργειακές οποιτήσεις του ανθρώπινου οργανισμού–, η παρουσία της εξασφάλισε τις προϋποθέσεις μόνιμης εγκατάστασης κοι εξέλιξης των προϊστορικών κοι ιστορικών πολιτισμών.

Βιβλιογραφία

Αθανοσιάδης, Ν., Δρόσος, Ε. (1990). Η χλωρίδα και η βλάστηση του όρους Πάικου. Επιστημ. Επετ. Δασολ. και Φυσ. Περιβάλλοντος, ΛΓ/1, 35-149.

Vavliakis, E. (1987). Prehistorische Besiedlung und Karsthydrographie in Griechenland die Hohle. 2, 40-45.

Βαβλιάκης, Ε., Μπολοφούτης, Χ., Τσακμακίδης, Σ., Τζιαφέτα, Χ. (1995). Επίδραση του Καρστ στο τοποκλίμα των καρστικών σπηλαίων και πηγών του Μαορά Δράμας (Β. Ελλάδο) (υπό δημοσίευση).

Hennig, G., Herr, W., Weber, E. & Xirotiris, N. (1981). E.S.R.-dating of the fossil cranium from Petralona Cave, Greece. Nature, 292, 533-536.

Μαρίνος, Γ., Γιαννούλης, Π., Σωτηριάδης, Λ. (1965). Παλαιοανθρωπολογικοί έρευναι εις το σπήλαιον Πετραλώνων Χαλκιδικής. Επιστ. Επετ. Φ.Μ. Σχολής Α.Π.Θ., 9, 149-204.

Κοββάδας, Δ. (1956). Εικονογραφημένον Βοτανικόν-Φυτολογικόν Λεξικόν, Αθήναι.

Soulios, G. (1989). The Paradeisos spring of Kavala. 2nd Hellenic-Bulgarian symposium on the geological and physicogeographical problems of the Rhodope Massif. Guide book for excursion.

Soulios, G. (1991). Contribution à l' étude des courbes de récession des Sources Karstiques: Exemples du pays Hellènique. Journal of Hydrology, 124, 29-42.

Μελέτη του υδρομαστευτικού συστήματος τύπου Qanat (Κανάτ) Αγ. Παρασκευής Χορτιάτη Θεσσαλονίκης (Β. Ελλάδα)

*Ε. Βαβλιάκης, Ε. Στανίνος και Ν. Στέφος**

** Τομέας Γεωλογίας - Φυσ. Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., 54006 Θεσσαλονίκη.*

Περίληψη

Στην εργασία αυτή εξετάζεται το υδρομαστευτικό σύστημα τύπου Qanat που βρίσκεται στις βόρειες κλιτύες του όρους Χορτιάτη. Γεωτεκτονικά η περιοχή ανήκει στην ενότητα Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη της περιροδοπικής ζώνης.

Κατασκευάστηκε κατά την οθωμανική περίοδο και επί δύο αιώνες περίπου κάλυπτε το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών της ύδρευσης της πόλης της Θεσσαλονίκης.

Στη ζώνη υδρομάστευσης το Qanat αποτελείται από δύο σειρές σηράγγων των οποίων το μέγιστο βάθος εντοπίζεται στα 6,40 και 7,90 m, το συνολικό μήκος τους φτάνει το 74 m και η μέση παροχή το 22 m^3/h.

Τα στατιστικά στοιχεία των παροχών του Qanat για την περίοδο 1966 - 1995 δείχνουν ότι οι διακυμάνσεις των παροχών του συστήματος παρακαλουθούν με μία σχετική υστέρηση τις αντίστοιχες διακυμάνσεις των κατακρημνισμάτων της περιοχής.

Η γεωλογική σύσταση στη ζώνη υδρομάστευσης, η υφιστάμενη σχέση παροχών του Qanat και κατακρημνισμάτων της περιοχής καθώς και η χημική σύσταση του νερού του συστήματος συνηγορούν με την άποψη ότι αυτό πρέπει να υδρομαστεύει τμήμα καρστικού υδροφόρου ορίζοντο.

Abstract

This paper examines a water collective system Qanat that is located in the northern slopes of mount Hortiatis. The area belongs to the geotectonic unit Aspris Vrisis - Hortiati of the Circum Rodope belt.

The Qanat system was built during the Othoman period, in order to supply water to the city of Thessaloniki.

In the water - collection zone the Qanat system was built with two lines of tunnels. Their depth is 6,40 m for the first line and 7,90 m for the

second. The total length of the tunnels is 74 m and the average water-discharge is 22 m^3/h.

The statistical analysis of the Qanat discharge rate, for the period from 1966 to 1995, shows the fluctuation of discharge follows the fluctuation of rainfalls in the area, with a relative delay.

The strong correlation between Qanat discharge rates and rainfall along with the geological composition of the water-collective area suggest the Qanat system collects water from the karstic water table.

1. Εισαγωγή

Συστήματα Qanat ενεργά και αδρανή στον Ελλαδικό χώρο μελετήθηκαν για πρώτη φορά από τον Βαβλιάκη (1989) στην Επαρχία Φυλλίδας Σερρών από μορφολογική, υδρογραφική, και κοινωνικο-οικονομική άποψη.

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος του εργαστηρίου Φυσικής Γεωγραφίας με υπεύθυνο τον Ε. Βαβλιάκη που αφορά την χρονική και γεωγραφική εξάπλωση των συστημάτων Qanat τόσο στην Ελλάδα όσο και σε παγκόσμια κλίμακα προκειμένου να πρασδιοριστεί η συμβολή των συστημάτων αυτών στον αγώνα της ανθρωπότητας κατά της ξηρασίας.

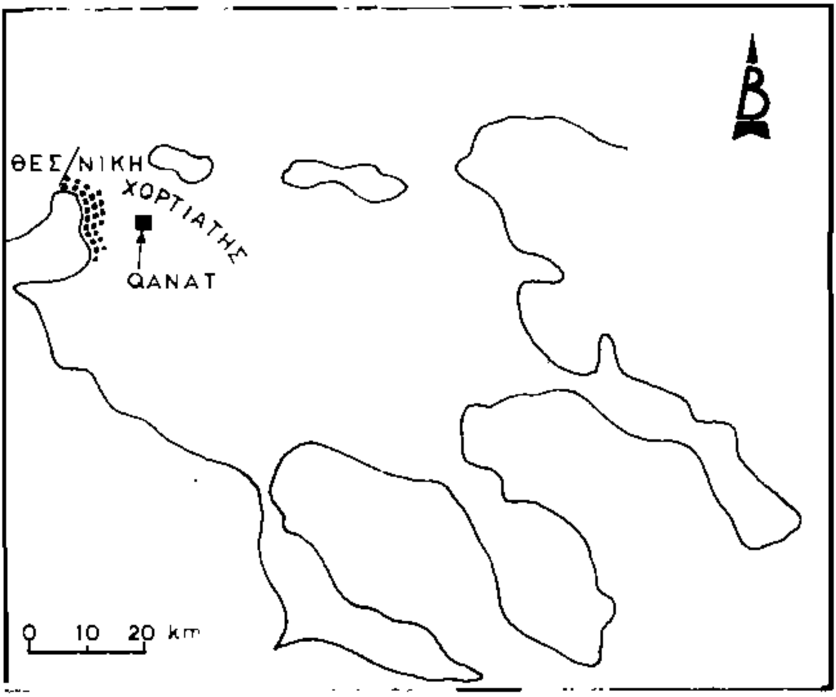
2. Γεωγραφικά - Γεωμορφολογικά στοιχεία της ζώνης υδρομάστευσης του Qanat Χορτιάτη

Το υδρομαστευτικό σύστημα Qanat βρίσκεται στην περιοχή του όρους Χορτιάτη ΝΝΔ του Νομού Θεσσαλονίκης και ΝΑ της πόλης της Θεσσαλονίκης και σε απόσταση 20-25 km (Σχ. 1).

Εντοπίστηκε ανατολικά της κοινότητας Χορτιάτη και σε απόσταση λίγων μέτρων από τον ομώνυμο οικισμό. Βρίσκεται σε υψόμετρο 575-585 m και στον πυθμένα ξηρής σήμερα κοιλάδας, μερικές δεκάδες μέτρα δυτικά από το παρεκκλήσι της Αγ. Παρασκευής.

Η ζώνη υδρομάστευσης του Qanat έχει διεύθυνση ΝΝΑ - ΒΒΔ, το δε συνολικό μήκος των σηράγγων δεν ξεπερνά τα 74 m. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες της θέσης του Qanat είναι: Α.Γ.Μ. 23°6′35″ και Β.Γ.Π. 40°36′62″.

Από γεωμορφολογική άποψη η ζώνη υδρομάστευσης αποτελεί τμήμα κοιλάδας που βρίσκεται στις βόρειες κλιτύες του όρους Χορτιάτη με γενική διεύθυνση ΝΝΔ - ΒΒΑ. Η μορφολογία της είναι ομαλή ενώ η κλίση της δεν ξεπερνά τις 7° ΒΒΔ. Το πλάτος της κοιλάδας φτάνει τα 75 m



Σχ 1:. Η ευρύτερη περιοχή του Χορτιάτη και η θέση του Qanat.

στη ζώνη υδρομάστευσης και τα 150 m ατα κατάντη. Η εργαστηριακή μελέτη καθώς και υπαίθριες παρατηρήσεις έδειξαν ότι τόσο η μαρφολογία της λεκάνης απορροής της κοιλάδας που φιλοξενεί το Qanat όσο και αυτή των βόρειων κλιτύων του όρους Χορτιάτη έχει επηρεαστεί σημαντικά από την ρηξιγενή τεκτονική που έλαβε χώρα στην περιοχή κατά το Τεταρτογενές.

Το υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής ερεύνης στερείται κλάδων με ετήσια ροή νερού κατά μήκος των κοιτών τους, γεγονός που πρέπει να αποδοθεί στην έλλειψη φυσικών πηγών νερού μεγάλης παροχής. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης υποχρέωσε την διοίκηση της πόλης της Θεσσαλονίκης κατά την Οθωμανική περίοδο (αρχές του 18ου αιώνα) να προβεί στην κατασκευή υδρομαστευτικών συστημάτων Qanat προκειμένου η πόλη να καλύψει τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες ύδρευσής της. Ένα από αυτά αποτελεί το Qanat του Χορτιάτη.

Στη συνέχεια εξετάζονται τα γεωλογικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά του συστήματος αυτού, καθώς επίσης η ποιότητα και η χημική σύσταση του παρεχόμενου απ' αυτά νερού.

3. Γεωτεκτονικά - Γεωλογικά στοιχεία της ζώνης υδρομάστευσης

Η εξεταζόμενη περιοχή ανήκει, σύμφωνα με τον Μουντράκη (1985), στην ενότητα Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη. Η ενότητα αυτή είναι παράλληλη με την ενότητα Μελισσοχωρίου - Χολομώντα, πλάτους 4 - 8 km, που αρχίζει βόρεια της Θεσσαλονίκης διέρχεται από το Χορτιάτη, φτάνει στο νότιο άκρο της Σιθωνίας όπου κάμπτεται με διεύθυνση ΑΒΑ και επεκτείνεται έτσι μέχρι το άκρο του Αγίου Όρους. Η ενότητα χαρακτηρίζεται από μια ευγεωσυγκλινική ανάπτυξη κατά τη διάρκεια Κ - Μ. Ιουρασικού. Στα κατώτερα τμήματά της η ενότητα περιλαμβάνει Περμο-Τριαδικά μετακλαστικά και νηριτικά ανθρακικά ιζήματα.

Στον ανώτερο ορίζοντα συναντούμε ιζήματα βαθιάς θάλασσας όπως μαύροι κερατόλιθοι, κόκκινοι αργιλικοί σχιστόλιθοι, μαύροι γραφιτικοί φυλλίτες, μάργες και χαλαζιακοί σχιστόλιθοι. Μέσα στα παραπάνω πετρώματα παρεμβάλλονται οφιολιθικά σώματα (γάββροι, διορίτες, σερπεντινίτες, διαβάσες). Παρεμβάλλονται επίσης και μεταμορφωμένα πετρώματα όξινης μαγματικής προέλευσης. Πρόκειται για μεταμόρφωση της πρασινοσχιστολιθικής φάσης επάνω σε διορίτες, γρανοδιορίτες και γρανίτες που έδωσαν τους επιγνεύσιους της Θεσσαλονίκης (ακτινολιθικοί, επιδοτιτικοί, χλωριτικοί) γνεύσιοι και αμφιβολιτικοί - βιοτιτικοί γνεύσιοι που εναλλάσσονται με τα ιζήματα (Μουντράκης 1985).

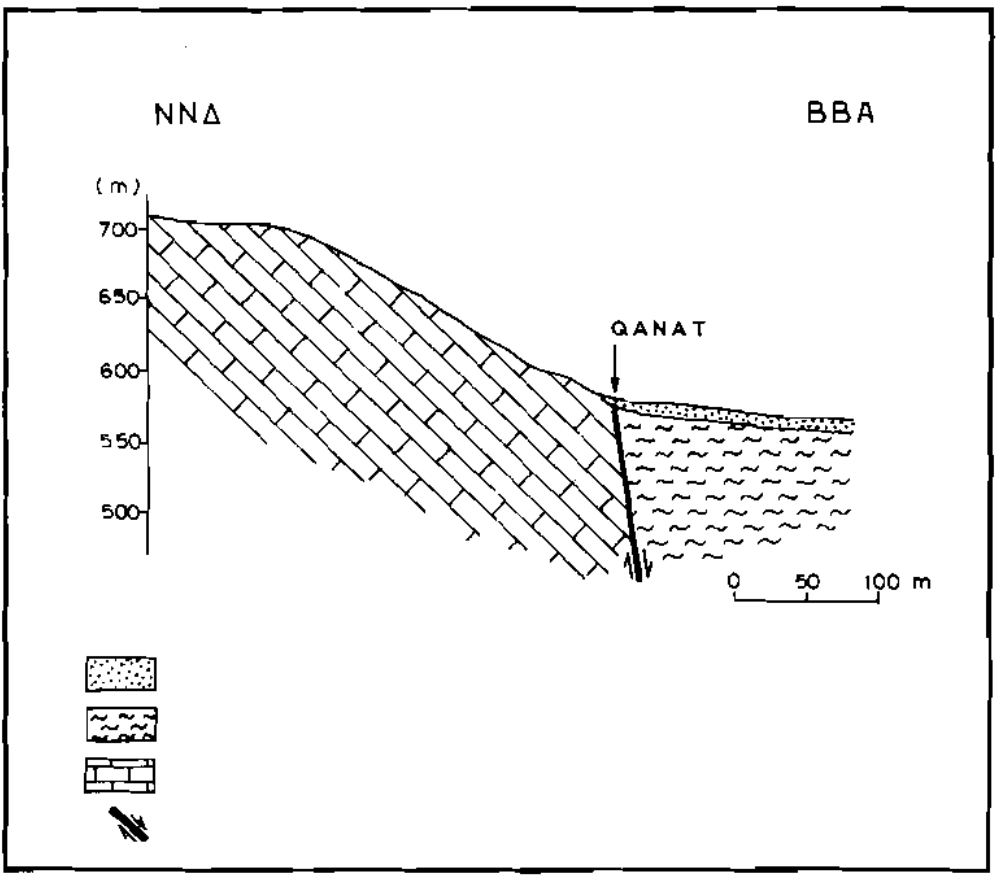
Σύμφωνα με γεωλογικές παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, το σύστημα των σηράγγων του Qanat έχει διανοιχτεί μέσα σε τεταρτογενή ιζήματα. Οι παρατηρήσεις μέσα στη σήραγγα καθώς και τα στοιχεία του χάρτη μας οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι τη σήραγγα (Ε) (Σχ. 2) είναι κατασκευασμένη στην επαφή των ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων (ηλικίας Μέσο - Άνω Τριαδικού) και του φυλλιτικού υποβάθρου (ηλικίας Τριαδικό, Ιουρασικό) και σχεδόν παράλληλα με τη διεύθυνση κανονικού ρήγματος που υπάρχει στην εξεταζόμενη περιοχή.

Η σήραγγα έχει διανοιχτεί όπως προαναφέραμε μέσα σε τεταρτογενή ιζήματα διότι η διέλευσή του μέσα από αυτά, από τεχνική άποψη, είναι ευκολώτερη. Η παρουσία του ανακρυσταλλωμένου ασβεστόλιθου εξασφαλίζει τη δημιουργία υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, ενώ η παρουσία του ρήγματος βοηθά στην αύξηση της ποσότητας του νερού που συλλέγεται σ' αυτόν.Το ρήγμα δεν θεωρείται ενεργό.

Το φυλλιτικό υπόβαθρο λειτουργεί σαν αδιαπέρατο στρώμα, και η άνω επιφάνεια του οποίου αποτελεί τη βάση του Qanat.Το νερό του καρστικού υδροφόρου ορίζοντα συναντώντας το αδιαπέραστο φυλλιτικό υπόβαθρο βρίσκει μοναδική δίοδο στη σήραγγα του Qanat που είναι χτισμένη πάνω στον φυλλίτη, και αποφεύγονται οι απώλειες που θα υπήρχαν αν η ζώνη υδρομάστευσης βρισκόταν πάνω σε ιζήματα.

Τα πετρώματα τα οποία εμφανίζονται στο χώρο κατασκευής του Qanat είναι τεταρτογενείς αλλουβιακές αποθέσεις, ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και φυλλίτες. Πιο συγκεκριμένα οι ανωτριαδικής ηλικίας ασβεστόλιθοι είναι τεφρογάλανοι ή λευκοί, συμπαγείς ή σε παχιά στρώματα, σχηματίζουν τεκτονικούς φακούς ή εστρώσεις μέσα στην μαγματική σειρά Χορτιάτη και στους φυλλιτικούς αργιλικούς σχιστόλιθους. Ανήκουν στην ενότητα Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη. (ΙΓΜΕ Φύλλο ΘΕΡΜΗΣ 1976).

Οι φυλλίτες ανήκουν στην ενότητα Μελισσοχωρίου Χολομώντα στην ομάδα Σβούλας η οποία περιλαμβάνει χαλαζίτες, φυλλίτες και ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους. Εμφανίζανται σκοτεινάτεφροι έως μαύραι μερικώς γρανατούχοι, γραφιτικοί με μικρές ενστρώσεις χαλαζιτών. Πολύ κοντά στα σημεία υδρομάστευσης εμφανίζονται και αργιλικοί σχιστόλιθοι



Σχ. 2. Σχηματική Γεωλογική τομή στη ζώνη υδρομάστευσης.

ηλικίας Κάτω-Μέσο Ιουρασικού που υπάγονται στην ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη. Είναι πρασινωποί αμμούχοι και πρασινότεφροι αδιαβάθμητοι ψαμμίτες που μεταβαίνουν σε πράσινους αμμούχους φυλλίτες και ανοιχτοκαστάνινους έως μαύρους λεπτόκκοκους φυλλίτες με γραφίτη. Παρεμβάλλονται παχείς ορίζοντες κερατόλιθων και φακοί εξαλλοιωμένου δολερίτη. (ΙΓΜΕ Φύλλο ΘΕΡΜΗΣ 1976).

4. Γενικά χαρακτηριστικά των συστημάτων Qanat

Με τον όρο Qanat σύμφωνα με τον Bobek (1962) εννοούμε ένα σύστημα υπογείων αγωγών με τη βοήθεια των οποίων υδρομαστεύεται ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας και το νερό με την αξιοποίηση της φυσικής κλίσης εξέρχεται στην επιφάνεια (από Βαβλιάκη 1989).

Η μέθοδος Qanat παρά την 2.600 ετών ηλικία της χρησιμοποιείται και σήμερα σε πολλές χώρες του παλιού και νέου κόσμου.

Το συγκεκριμένο σύστημα Qanat (γνωστό μέχρι σήμερα ως πηγές του Χορτιάτη) σύμφωνα με τον Ταμιωλάκη (1985), κατασκευάστηκε από τον Σουλτάνο Μουράτ Χαν (Μουράτ Β') στις αρχές του 18ου αιώνα και μαζί με το νερό που συλλέγονταν από τις καρστικές πηγές του όρους Χορτιάτη αποτελούσε τη βασική πηγή υδροδότησης της Θεσσαλονίκης.

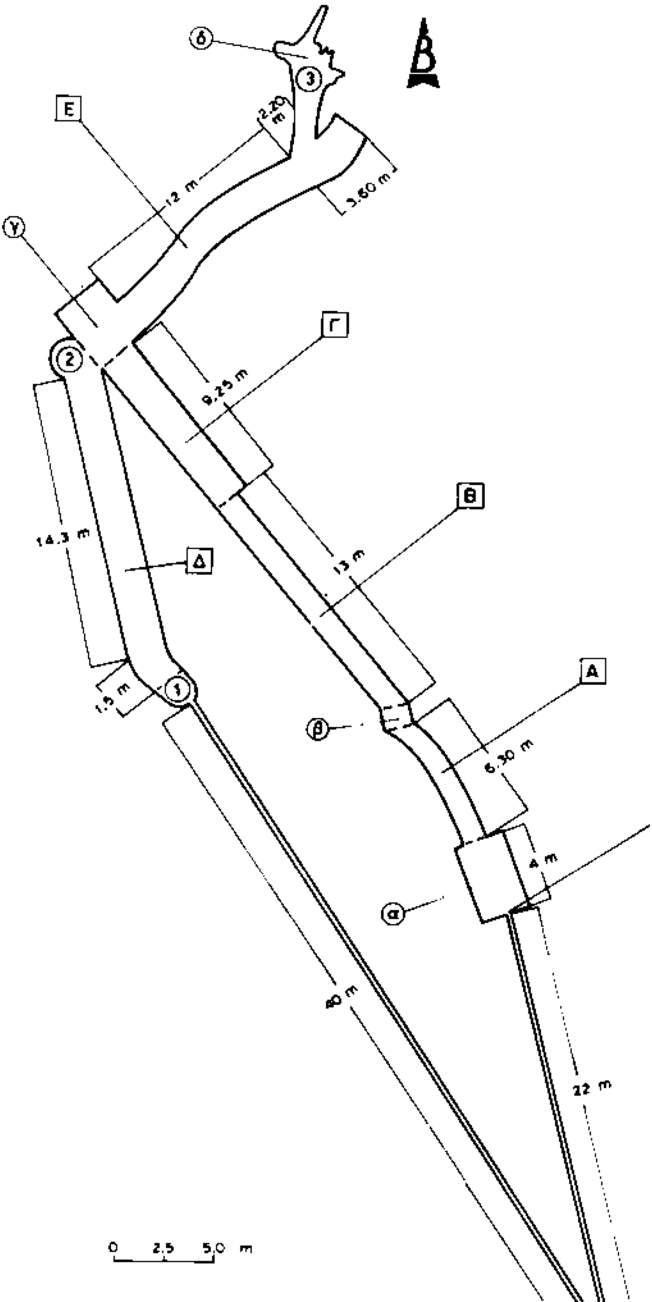
Μετά το 1984 το νερό του Qanat καλύπτει τις ανάγκες του Νοσοκομείου Παπανικολάου, ενός γυναικείου μοναστηριού και ενός στρατοπέδου. Το νερά των φυσικών πηγών του Χορτιάτη είναι υπό τον έλεγχο της κοινότητας Χορτιάτη. Η χρήση του νερού του Qanat επιβάλλει για λόγους δημόσιας υγείας, επιστημονικούς και πρακτικούς την πολύπλευρη εξέταση του συστήματος.

5. Μορφολογικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των σηράγγων στη ζώνη υδρομάστευσης του Qanat Χορτιάτη

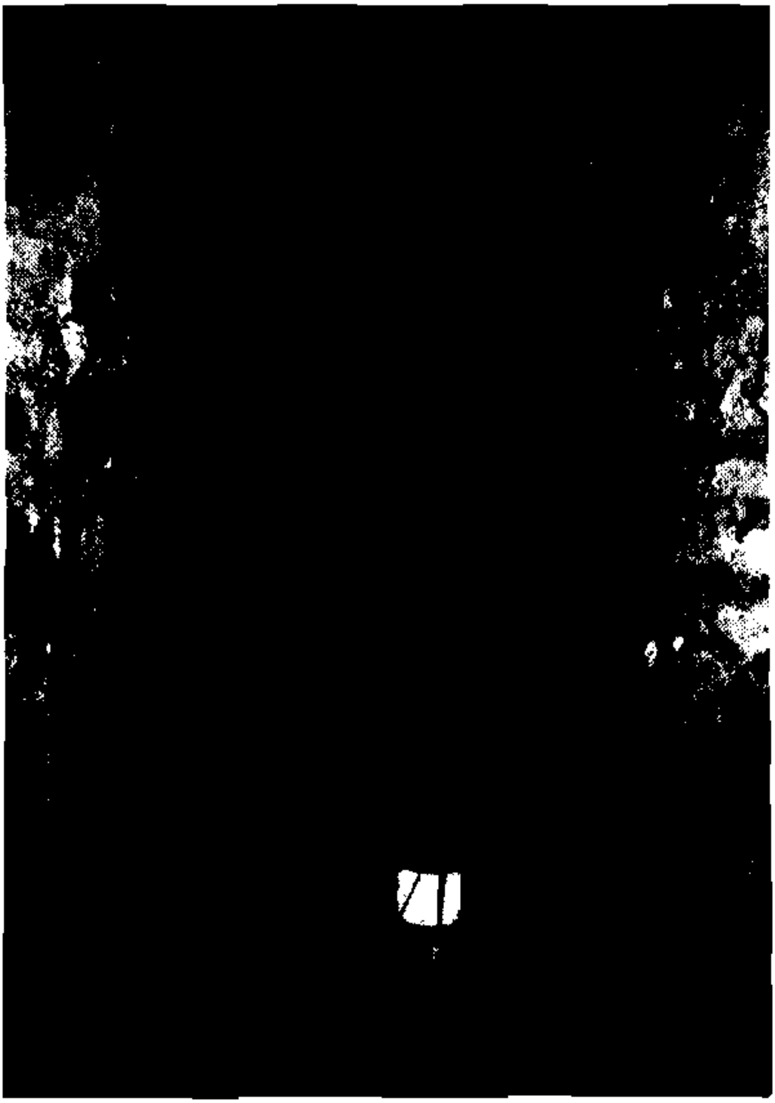
Στη ζώνη υδρομάστευσης το Qanat αποτελείται από δύο σειρές σηράγγων των οποίων το μέγιστο βάθος εντοπίζεται στα 6,40 m και 7,90 m, το δε συνολικό τους μήκος είναι 74 m. Το μέγιστο ύψος της σήραγγας είναι 1,60 m και το μέσο πλάτος 0,60 m.(Σχ. 3, Φωτ. 1, 3).

Υπάρχουν 3 φρεάτιο (1, 2, 3), τα οποία επικοινωνούν με την επιφάνεια εκτός από το (3) που είναι κλειστό. Η είσοδος στη σήραγγα γίνεται από τό σημείο (α) που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους (Σχ. 3).

Δύο είναι τα βασικά σημεία προέλευσης του εκμεταλλεύσιμου νερού. Το πρώτο βρίσκεται στο σημείο (δ) και εξέρχεται μέσα από τον ανα-



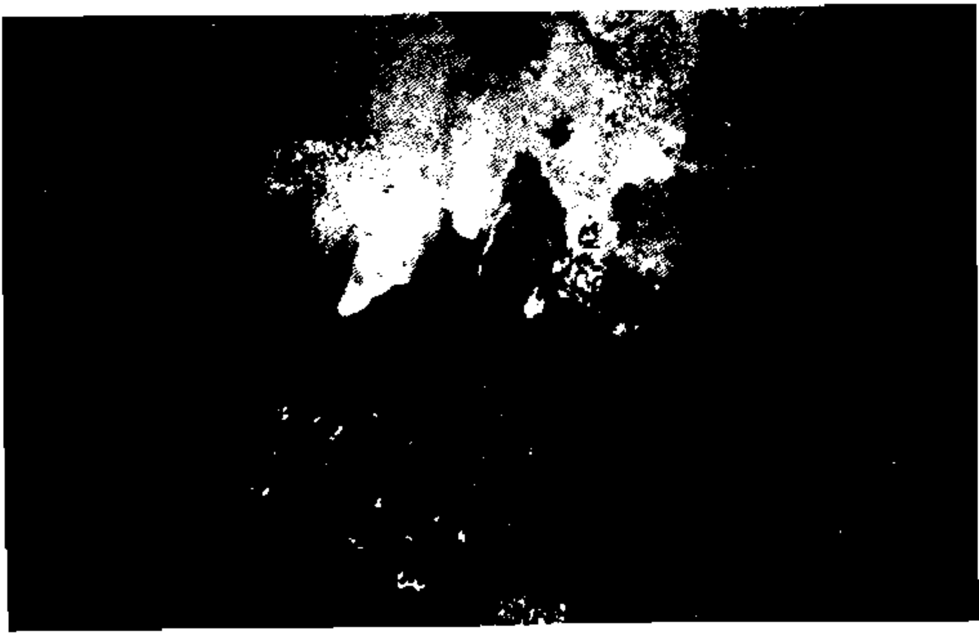
Σχ. 3. Κάτοψη του Quanat Αγ. Παρασκευής Χαρτιάτη.



Φωτ. 1. (Σήραγγα Γ Σχ. 2) Στη φωτογραφία μπορεί να διακρίνει κανείς τις διαστάσεις της σήραγγας, τα υλικά κατασκευής του και τον αγωγό μεταφοράς νερού στη βάση του.

κρυσταλλωμένο ασβεστόλιθο και ακολουθώντας την πορεία (σήραγγα Ε, Γ, Β, Α,) φτάνει μέσω αγωγού στον συγκεντρωτήρα του Ο.Υ.Θ για χλωρίωση (Σχ. 3).

Το δεύτερο βρίσκεται στη βάση του φρεατίου (2) και εξέρχεται κι αυτό μέσα από τον ίδιο ανακρυσταλλωμένο ασβεστόλιθο και ακολουθώ-



Φωτ. 2. Η βάση του φρεατίου (2) (βλ. Σχ. 2) όπου διακρίνονται οι ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και η επιφάνεια εξόδου του νερού.

ντας την πορεία (σήραγγα Δ), φτάνει μέσω αγωγού στον συγκεντρωτή ρα (Φωτ. 2).

Στις βάσεις των πλευρών της σήραγγας υπάρχουν στραγγιστήρια με ρικά από τα οποία έχουν αδρανοποιηθεί λόγω της απόθεσης αλάτω ανθρακικού ασβεστίου ($CaCO_3$) (Φωτ. 4).

Η υψομετρική διαφορά στις δύο σήραγγες (1,50 m) είναι αποτέλεσμ της προσπάθειας των κατασκευαστών να υδρομαστεύσουν τον υδροφό ρο ορίζοντα σε χαμηλότερο επίπεδο.

6. Διακυμάνσεις των παροχών του Qanat

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι παροχές και οι διακυμάνσεις του στην πορεία του χρόνου χρησιμοποιήθηκαν τα αρχεία του Ο.Υ.Θ. Παρ τις δυσκολίες εξαιτίας της πλημμελούς ενημέρωσης του αρχείου κατορ θώσαμε να συλλέξουμε τις παροχές του Qanat Χορτιάτη για την περίο δο 1466-1995.

Επιπλέον για την περίοδο 1994-95 από τους συγγραφείς πάρθηκα για κάθε μήνα τιμές των παροχών του εξεταζομένου Qanat. Στους π

Φωτ. 2. Η βάση του φρεατίου (2) (βλ. Σχ. 2) όπου διακρίνονται οι ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και η επιφάνεια εξόδου του νερού.

ντας την πορεία (σήραγγα Δ), φτάνει μέσω αγωγού στον συγκεντρωτήρα (Φωτ. 2).

Στις βάσεις των πλευρών της σήραγγας υπάρχουν στραγγιστήρια μερικά από τα οποία έχουν αδρανοποιηθεί λόγω της απόθεσης αλάτων ανθρακικού ασβεστίου ($CaCO_3$) (Φωτ. 4).

Η υψομετρική διαφορά στις δύο σήραγγες (1,50 m) είναι αποτέλεσμα της προσπάθειας των κατασκευαστών να υδρομαστεύσουν τον υδροφόρο ορίζοντα σε χαμηλότερο επίπεδο.

6. Διακυμάνσεις των παροχών του Qanat

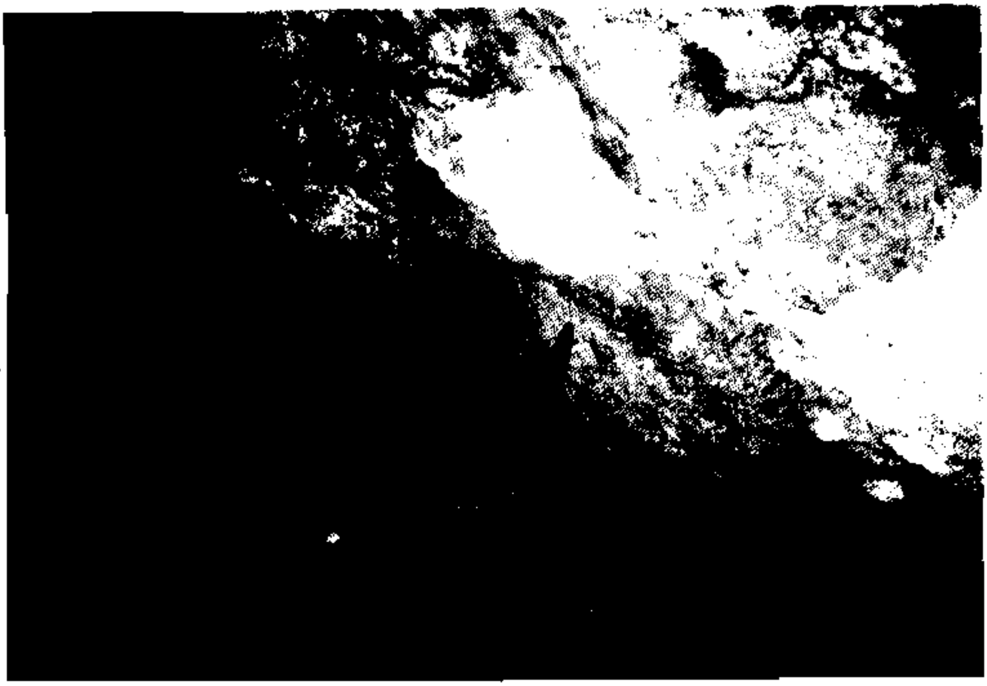
Προκειμένου να προσδιοριστούν οι παροχές και οι διακυμάνσεις τους στην πορεία του χρόνου χρησιμοποιήθηκαν τα αρχεία του Ο.Υ.Θ. Παρά τις δυσκολίες εξαιτίας της πλημμελούς ενημέρωσης του αρχείου κατορθώσαμε να συλλέξουμε τις παροχές του Qanat Χορτιάτη για την περίοδο 1466 - 1995.

Επιπλέον για την περίοδο 1994 - 95 από τους συγγραφείς πάρθηκαν για κάθε μήνα τιμές των παροχών του εξεταζομένου Qanat. Στους πί-

Φωτ. 3. Στην οροφή της σηραγγας Ε (Σχ. 2) διακρίνονται κατά θέσεις σταλακτίτες μήκους 2-3 cm περίπου. Η παρουσία τους επιβεβαιώνει την άποψη για την καρστική προέλευση του νερού του Qanat.

νακες του Ο.Υ.Θ. υπάρχουν ελλείψεις από παροχές μηνών και ετών. Οι υπάρχουσες τιμές παροχών δίνονται στους Πίνακες 1α και 1β.

Πρέπει να σημειωθεί ότι μέχρι το 1984 οι παροχές αναφέρονται στο σύνολο του νερού από τις πηγές του Χορτιάτη και το Qanat της Αγίας



Φωτ. 4. Στραγγιστήριο στη βάση της σήραγγας Δ (βλ. Σχ. 2). Το παραπάνω στραγγιστήριο έχει αδρανοποιηθεί εξαιτίας της αποθέσεως κλαστικών και χημικών ιζημάτων $CaCO_3$.

Παρασκευής. Μετά το 1984 οι πηγές παραχωρήθηκαν στην κοινότητα του Χορτιάτη και έτσι πλέον οι παροχές αφορούν μόνο το Qanat. Γι' αυτό δικαιολογείται και μια μείωση της παροχής μετά το 1984.

Από τους πίνακες προκύπτει ότι σε γενικές γραμμές και πλην ορισμένων εξαιρέσεων, οι μέγιστες παροχές αφορούν τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο. Αυτό είναι απόλυτα αναμενόμενο ,αφού το μέγιστο ύψος των κατακρημνισμάτων και κατ' επέκταση της κατείσδυσης γίνεται τους μήνες Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο.Έτσι το νερό αφού κατεισδύσει στον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα, αυξάνει την παροχή του συστήματος μετά από δύο έως τρεις μήνες, όσος χρόνος δηλαδή απαιτείται από την κατείσδυση έως την υδρομάστευση. Η σχέση του ύψους των κατακρημνισμάτων, για την περιοχή υδρομάστευσης και της παροχής, παριστόνεται στα Σχ. 4α,β. Λόγω έλλειψης αρκετών βροχομετρικών δεδομένων ο συσχετισμός ύψους βροχής-παροχής έγινε μόνο για τα έτη 1975-1976 για τα οποία βρέθηκαν μετρήσεις από τη λειτουργία βροχομετρικού σταθμού κοντά στη ζώνη υδρομάστευσης.

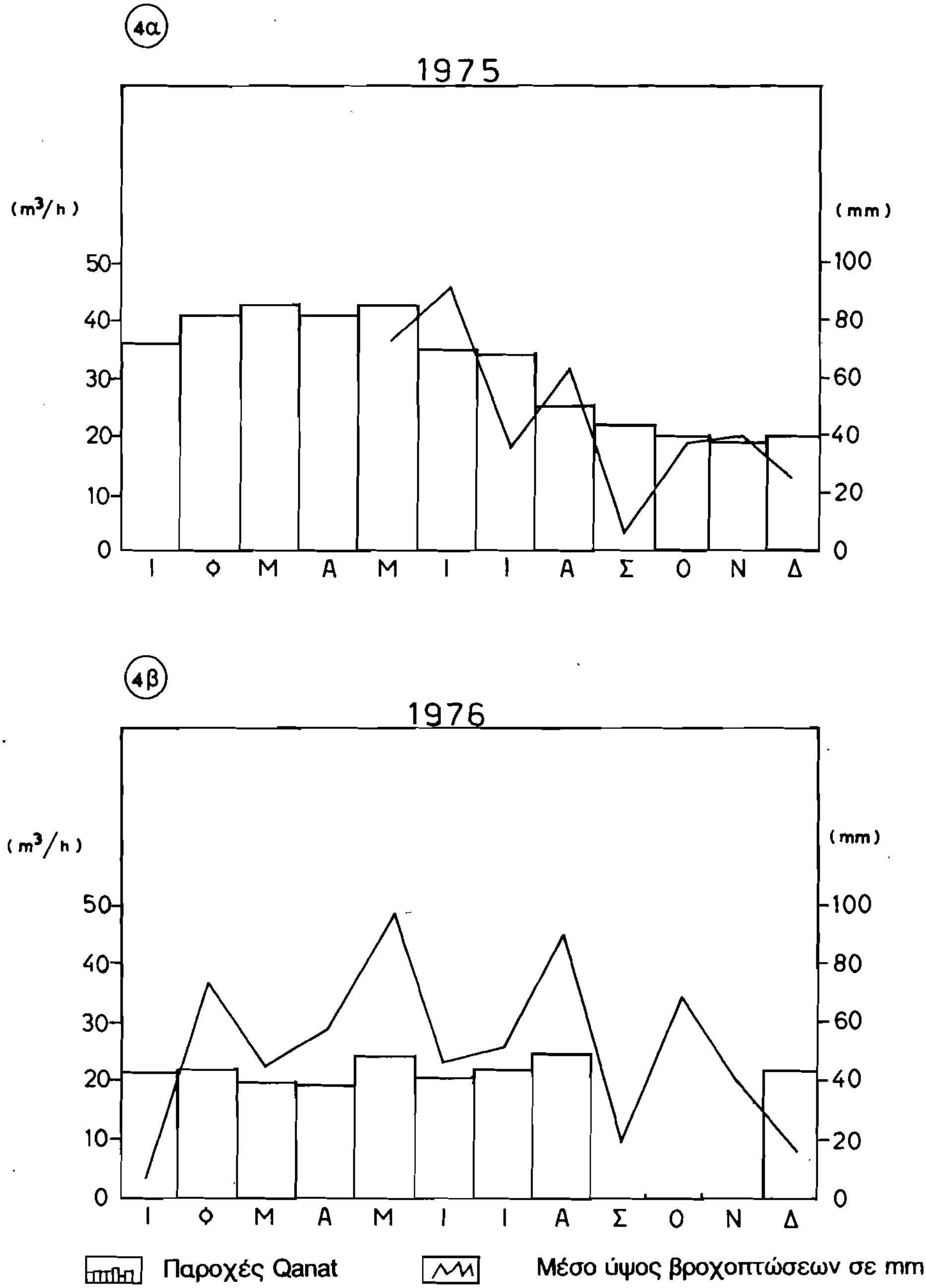
1A

	'66	'67	'68	'69	'70	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'79	'80	'81
Ι	36	42	43	71	43	32	32	36	36	36	22	–	36	46
Φ	36	47	58	108	43	34	42	34	43	41	22	–	45	36
Μ	36	74	86	146	86	45	63	43	80	43	21	–	60	36
Α	37	86	83	208	108	74	54	54	108	41	21	–	60	60
Μ	36	86	72	208	104	54	54	54	108	42	22	–	90	60
Ι	33	65	54	108	86	54	71	50	72	35	21	43	90	60
Ι	29	59	43	79	86	46	65	36	43	34	22	43	90	60
Α	29	54	43	65	48	39	39	27	43	25	24	32	90	40
Σ	25	43	39	58	43	–	43	34	43	22	–	32	62	40
Ο	25	41	36	–	43	37	34	36	36	20	–	32	62	45
Ν	25	39	36	43	43	33	37	36	36	19	–	32	62	36
Δ	33	36	43	44	36	33	33	36	36	19	–	36	46	36
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (m^3/h)	35	56	53	103	64	40	48	39	57	31	22	36	66	46
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (m^3/24h)	834	1345	1275	2477	1543	968	1141	947	1370	755	525	860	1588	1109

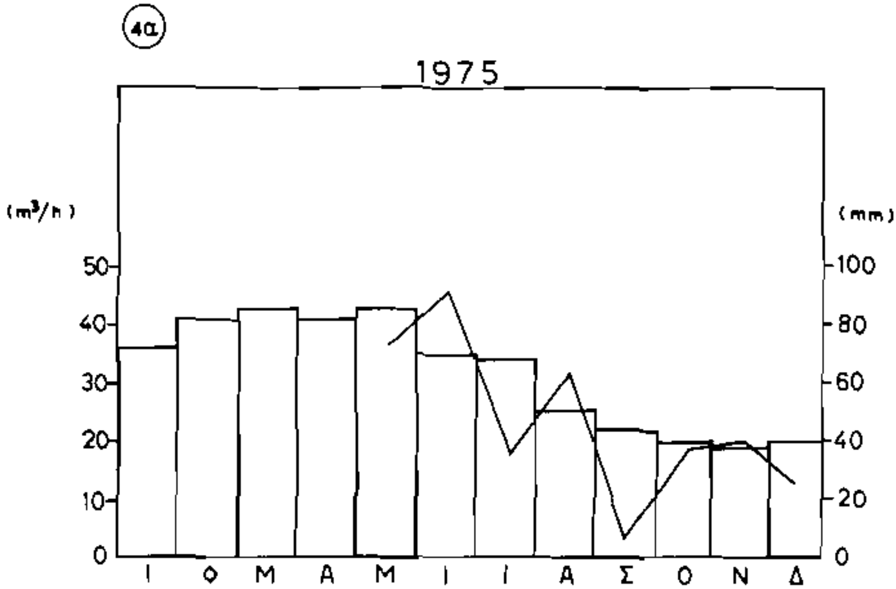
1B

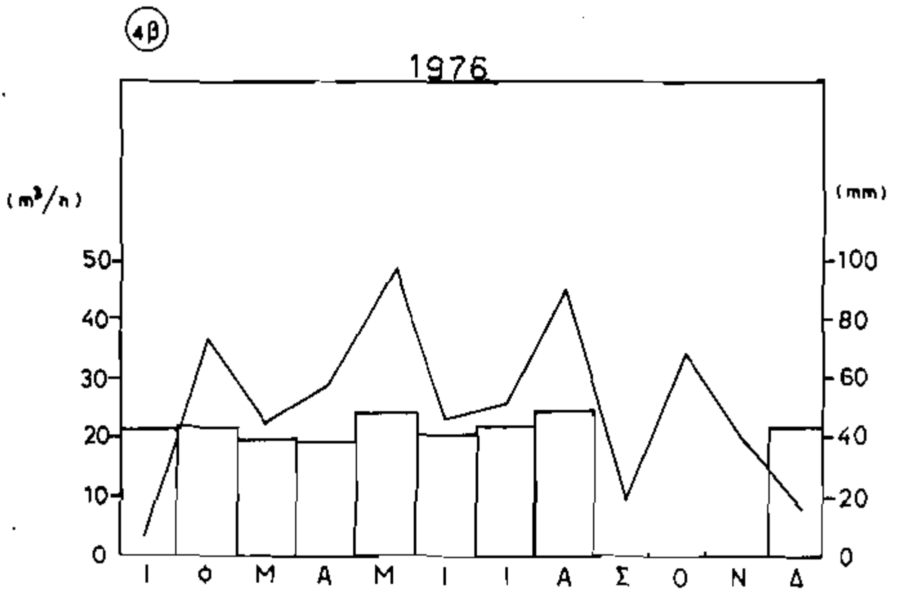
	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95
Ι	30	36	60	45	26	30	36	–	–	–	–	–	–	21
Φ	30	36	90	45	30	–	36	–	–	20	–	16	18	23
Μ	30	36	180	60	90	–	36	–	–	20	18	–	–	24
Α	36	36	240	36	100	180	–	–	–	22	–	16	22	32
Μ	60	36	180	36	60	–	–	–	–	45	–	20	–	
Ι	160	36	180	36	36	–	–	–	20	–	20	20	–	
Ι	90	36	90	30	36	90	–	–	20	36	–	–	25	
Α	51	15	90	25	36	60	–	–	20	–	–	–	20	
Σ	45	30	60	25	36	45	–	–	21	25	18	18	–	
Ο	45	30	60	26	36	36	–	–	–	–	–	–	–	
Ν	36	26	60	26	36	36	–	–	–	20	–	–	23	
Δ	45	30	60	26	36	36	–	–	–	20	–	–	–	
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (m^3/h)	55	32	112	35	46	64	36	–	21	26	19	22	22	
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (m^3/24h)	1316	766	2700	832	1116	1539	864	–	492	624	432	518	518	

ΠΙΝΑΚΕΣ (1Α και 1Β) παροχών (m^3/h) του Qanat Αγ. Παρασκευής Χορτιάτη.



Σχ. 4α, β. Σχέση μεταξύ των παροχών του Qanat Χορτιάτη και των κατακρημνισμάτων της περιοχής. Γίνεται φανερή η υστέρηση παροχής και κατακρημνισμάτων.





Σχ. 4α, β. Σχέση μεταξύ των παροχών του Qanat Χορτιάτη και των κατακρημνισμάτων της περιοχής. Γίνεται φανερή η υστέρηση παροχής και κατακρημνισμάτων.

Οι κλιματικές συνθήκες του όρους Χορτιάτη ευνοούν την αργή τήξη του χιονιού, η οποία αυξάνει την παροχή του Qanat τους πρώτους καλοκαιρινούς μήνες.

Οι ελάχιστες παροχές παρατηρήθηκαν τους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, δεδομένου ότι τους καλοκαιρινούς μήνες η κατείσδυση είναι ασήμαντη.

Ενώ αναμενόταν μια μεταβολή στην παροχή από την εποχή του μεγάλου σεισμού της Θεσσαλονίκης το 1978 και μετά, κάτι τέτοιο δεν παρατηρήθηκε. Ανεπηρέαστη παρέμεινε και η κατασκευή του Qanat.

Αξιοσημείωτη είναι η παρατήρηση ότι τα έτη 1986-1995, υπάρχει μια γενική μείωση της παροχής. Οι πιθανές αιτίες της, πρέπει να αποδοθούν στη ελάττωση των ετήσιων κατακρημνισμάτων και στη δόμηση της εγγύτερης περιοχής του Qanat με συνέπεια τη μείωση της κατείσδυσης.

7. Χημική σύσταση του νερού του Qanat

Ως γνωστό η χημική σύσταση του νερού αποτελεί ένδειξη για την γεωλογική προέλευση του. (Δημόπουλος 1986). Για το λόγο αυτό, προκειμένου να προσδιοριστεί η χημική σύσταση ταυ νερού του συστήματος πραγματοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις σε δύο δείγματα νερού πριν αυτό χλωριωθεί στις εγκαταστάσεις του Οργανισμού Υδρευσης Θεσσαλονίκης. Η χημική ανάλυση έγινε με τη μέθοδο με δείκτη EDTA της οποίας τα αποτελέσματα δίνονται παρακάτω. (Πίν. 2).

Όπως προκύπτει από τον πίνακα (2), η αλκαλική τιμή του pH, μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι το νερό πρέπει να προέρχεται από ασβεστολιθικά πετρώματα. Επίσης η υψηλή τιμή Ca σε mg/lt που είναι ίδια για τα δύο δείγματα και η τιμή Mg σε mg/lt που είναι σχεδόν ίση, ενισχύουν την άποψη ότι το νερό έχει καρστική προέλευση. Η απουσία θειικών ενώσεων στα δείγματα καθώς και οργανικών ουσιών, απομακρύνει την υποψία για μόλυνση του νερού του Qanat.

Τέλος αναμφισβήτητο στοιχείο για την καρστική προέλευση του νερού του Qanat Χορτιάτη, αποτελεί η παρουσία, στην οροφή της σήραγγας (Ε) (Σχ. 3) στη διασταύρωση με το δωμάτιο (δ), σταλακτιτών μήκους 2-3 cm περίπου (Φωτ. 3). Η απόθεση $CaCO_3$ για τον σχηματισμό σταλακτιτών προϋποθέτει αφ' ενός μεν την πτώση του νερού από την οροφή της σήραγγας υπό μορφή σταγόνων, αφ' ετέρου δε την ύπαρξη στο νερό των σταγόνων ικανοποιητικής ποσότητας διαλυμένου $Ca(HCO_3)_2$.

Δείγμα	PH	Ca mg/lt	Mg mg/lt	Χλωριούχα	Θειϊκά	Οργανικά
Νο 1	7,59	80,5208	10,6434	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Νο 2	7,70	80,3764	12,1402	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Χημική σύσταση του νερού του Qanat
Ca: Ασβέστιο Mg: Μαγνήσιο

8. Συμπεράσματα

Από την εργασία αυτή προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

α. Οι πηγές του Χορτιάτη δεν είναι φυσικές πηγές αλλά σύστημα Qanat που κατασκευάστηκε κατά την Οθωμανική περίοδο.

β. Το Qanat αυτό υδρομαστεύει καρστικό υδροφόρο ορίζοντα που σχηματίζεται στην επαφή ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων και φυλλιτών.

γ) Οι διακυμάνσεις των παροχών του Qanat ακολουθούν σχεδόν την περιοδικότητα των φυσικών καρστικών πηγών.

9. Βιβλιογραφία

Βαβλιάκης, Ε. (1989). Τα συστήματα QANAT (ΚΑΝΑΤ) στην Ελλάδα. Μελέτη των συστημάτων QANAT στην Επαρχία Φυλλίδας από μορφολογική, υδρογραφική και κοινωνικοοικονομική άποψη. Επιστ. επετ. Τμήματας Γεωλαγίας, ΑΠΘ, τομ., Θεσσαλονίκη.

Bobek, H. (1962). Themen zur Geographie und Gemeinschaft-surkunde, hrg. v. W.W. Puls. Frankfurt, Berlin-Bonn, Iran.

Δημόπουλος, Γ. (1986). Τεχνική Γεωλογία. Εκδ. Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

Ι.Γ.Μ.Ε. (1976). Γεωλογικός χάρτης «Φύλλο Θέρμη» κλίμακας 1:50000. Αθήνα.

Μουντράκης, Δ. (1986). Γεωλογία Ελλάδας. University studio press, Θεσσαλονίκη.

Ταμιωλάκης, Γ. (1985). Η Ιστορία της ύδρευσης Θεσσαλονίκης. University studio press, Θεσσαλονίκη.

Vavliakis, E., Sotiriadis, L. (1993). Die aktiven qanatsystem in Griechenland- untersuchung der aktiven Qanatsysteme der Provinz Phyllis (Nomos Serres) aus morphologiscer und hydrographiscer Sicht. Sulzburger Geogr. Arbeiten, Bd 25 S 193-206, Salzburg.

Μελέτη των αιολιανιτών στην περιοχή των Αντικυθήρων

Ε. Βερυκίου-Παπασπυριδάκου
Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών 15784 Αθήνα

Περίληψη

Τα Αντικύθηρα βρίσκονται μεταξύ των Κυθήρων και της Κρήτης (πλάτος 35°49', μήκος 23°19') και έχουν έκταση 22 τετραγωνικά χιλιόμετρα.

Οι αλπικοί σχηματισμοί που απαντώνται στα Αντικύθηρα είναι ασβεστόλιθοι, της ενότητας Τρίπολης, ηλικίας Άνω Κρητιδικής έως Παλαιοκαινικής, νεογενή θαλάσσια ιζήματα και τεταρτογενείς χερσαίες αποθέσεις. Στις τεταρτογενείς αποθέσεις ανήκουν τα κορήματα κλιτύων, οι αποθέσεις εσωτερικών λεκανών, χαλαρά ιζήματα από κροκάλες, αργίλους και άμμους, που σχηματίζουν και τις ολοκαινικές αναβαθμίδες και από τις αποθέσεις αιολιανιτών.

Οι αιολιανίτες απαντώνται στο βόρειο τμήμα του νησιού μεταξύ του όρμου Ποταμού και Καμαρέλλας και σε ύψος 55-65 m. Πρόκειται για λευκούς μέτρια συνεκτικούς ψαμμίτες με διάσπαρτα χερσαία γαστερόποδα, που επίκεινται σύμφωνα με τις νεογενείς μάργες. Το υλικό είναι ασβεστολιθικό σε ανολογία μεγαλύτερη από 80%.

Από τη μικροσκοπική ανάλυση προκύπτουν καλά ταξινομημένοι κόκκοι λιθοκλαστών και βιοκλαστών. Οι βιοκλάστες αντιπροσωπεύονται από τρηματοφόρα κοραλλιογενή φύκη, εχινόδερμα, μαλάκια, και κατά θέσεις βρυόζωα.

Οι λιθοκλάστες αντιπροσωπεύονται από κερατόλιθους και ιλυόλιθους. Όλοι οι κόκκοι περιβάλλονται από λεπτή ανώμαλη πεδογενετική επιφλοίωση. Προϊούσης της εξαλλοίωσης δημιουργούνται χαρακτηριστικά εξογκώματα, που εξελίσσονται σε πελμικριτική φάση που δημιουργεί γέφυρες μεταξύ των επιφλοιωμένων κόκκων. Παρατηρούνται διάφοροι τύποι φάσεων caliche (calcrete) που αντιπροσωπεύουν διαδοχικό στάδια ωρίμανσης στη διεργασία της πεδογενετικής εξαλλοίωσης.

Παρατηρήθηκαν οι ακόλουθοι τύποι φάσεων caliche:

a. **Pisolitic caliche:** που αποτελούνται από ελλειψοειδή πισσοειδή (grinstone). Τα πισοειδή αποτελούνται από διαδοχικές επιφλοιώσεις γύρω από τους κάκκους του αιαλισνίτη.

b. **Rhizoconcretionary caliche:** αποτελούμενη από χαρακτηριστικές σωληνοειδείς δομές, που αντιστοιχούν σε διάδους ριζών. Παρατηρούνται ελλειψοειδείς-υποσφαιρικές οπές που περιβάλλονται από βελο-

νοειδείς-ινώδεις οσβεστολιθικούς κρυστάλλους (δομή albeolar-septal).
Οι ριζόλιθοι διασχίζουν προϋπάρχουσες φάσεις caliche χαμηλότερου επιπέδου ωρίμανσης.

c. **Massive caliche:** αποτελούμενη από μικριτικό υλικό με διάσπαρτους κρυστάλλους ασβεστίτη (floating texture).
d. **Laminated caliche:** στρωματολιθικού τύπου (terrestrial stromatolites).

Abstract

Antikythira are located between Kythira and Crete (35°49' N, 23°19' E) and have an area of 22 square meters.

The alpine formations of Antikythira are Upper Cretaceous to Paleocene limestones of the Tripolis zone, neogene marine sediments and quaternary terrestrial deposits. In the terrestrial deposits belong the scree slopes, the inner basin deposits,loose sediments composed of cobbles, peddles, sands and clays which form the Holocene terraces and the aeolianite deposits.

The aeolianites are located in the northern part of the island between the bay of Potamos and Kamarella, and have a height of 55-65 m. They are composed of white, medium cemented sands to studded with terrestrial gastropods that overlie conformally the neogene marls. The material is more than 80 calcareous.

The microscopic analysis shows that they are well sorted particles of lithoclasts and bioclasts.

The bioclasts are represented by foraminifera, corali algae, echinodermata and bryozoa at some places.

The lithoclasts are represented by cherts and siltstones. All particles are covered by a thin irregular pedogenetic incrustation. Before decomposition, characteristic bulges are formed which developed to a pelmicritic phase and create bridges between the incrusted particles. Several types of caliche (calcret phasesare observed that are representative of successive maturation stages in the pedogenetic decomposition process.

The following types of caliche phases were observed:

a. **Pisolitic caliche:** composed of ellipsoidal pisiforms (grainstone). The pisiforms are made of successive incrustations around the particles of the aeolianite.
b. **Rhizoconcretionary caliche:** composed of characteristic tubular structures that correspond to root passages. Ellipsoidal-hypospheri-

cal holes are observed that are surrounded by needle-fibroid calcareous crystals (alveolar-septal structure).
The rhizoliths traverse pre-existing caliche phases of lower maturation level.

c. **Massive caliche:** composed of micritic material with interpressed calcita crystals (floating texture).
d. **Laminated caliche:** of stromatolitic type (terrestrial stromatolites).

Εισαγωγή

Η εργασία αυτή έχει ως αντικείμενο τη μελέτη των αιολιανιτών στη νήσο των Αντικυθήρων.

Η μελέτη των αιολιανιτών παρουσιάζει μεγάλο παλαιογεωγραφικό ενδιαφέρον, γιατί ανάλογες αποθέσεις εμφανίζονται σε γειτονικές περιοχές, όπως η Κρήτη και η Πελοπόννησος, με τις οποίες τα Αντικύθηρα ήταν ενωμένα κατά το Νεογενές. Επομένως, η απόθεση των αιολιανιτών δυνατόν να οφείλεται σε γενικότερα φυσικογεωγραφικά αίτια που καλύπτου ευρύτερη περιοχή από τη Νότια Πελοπόννησο μέχρι την Κρήτη. Άρα, η μελέτη του μηχανισμού απόθεσης των συγκεκριμένων ιζημάτων συμβάλλει στην κατανόηση των φυσικαγεωγραφικών συνθηκών που επέδρασν σε ένα ευρύτερο χώρο, μεταξύ Πελοποννήσου και Κρήτης.

Στη εργασία αυτή εξετάζεται η στρωματογραφική θέση των αιολιανιτών σε σχέση με τα παλαιότερα νεογενή ιζήματα, ο ορυκτολογικός και λιθοστρωματογραφικός χαρακτήρας των και η παλαιογρωγραφική θέση των.

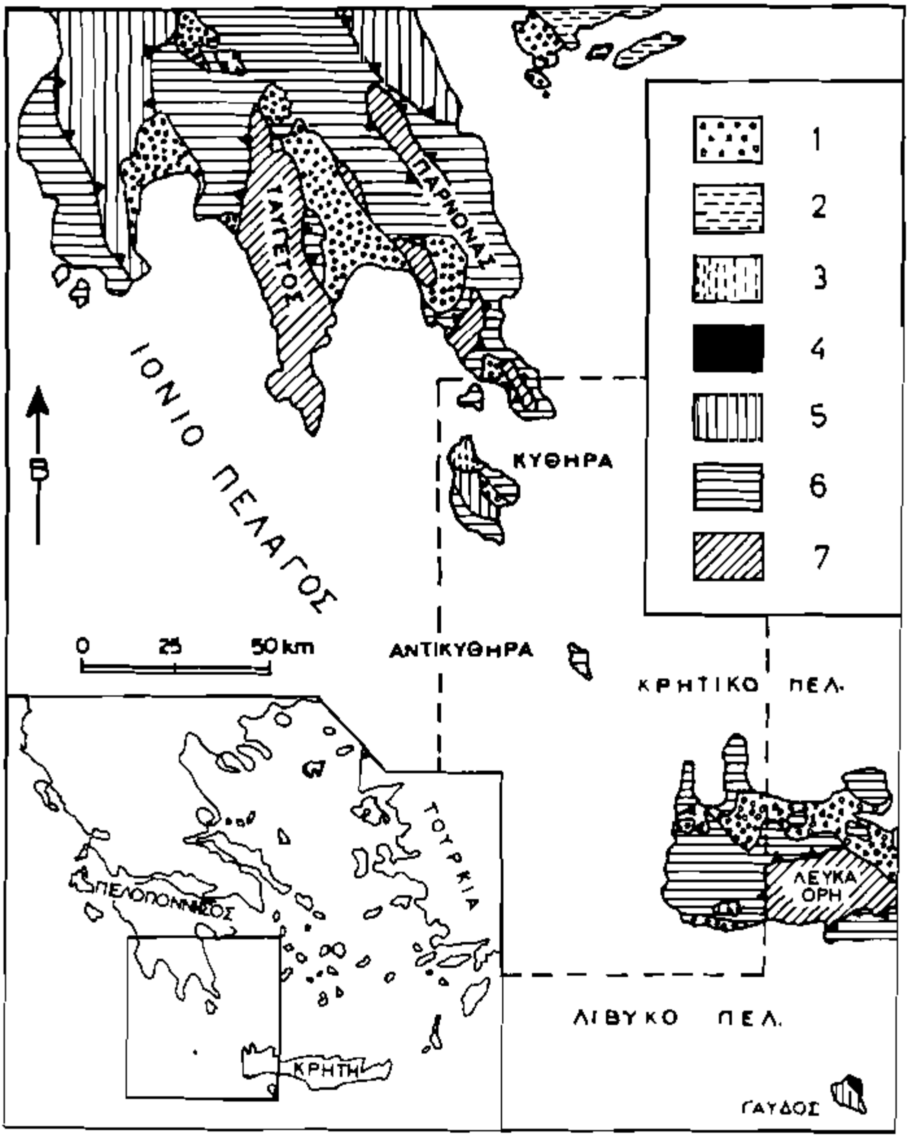
Γεωλογία

Τα Αντικύθηρα ευρίσκονται μεταξύ των Κυθήρων και της Κρήτης (πλάτος 35°49′, μήκος 23°19′) και έχουν έκταση 22 τετραγωνικά χιλιόμετρα (Σχ. 1).

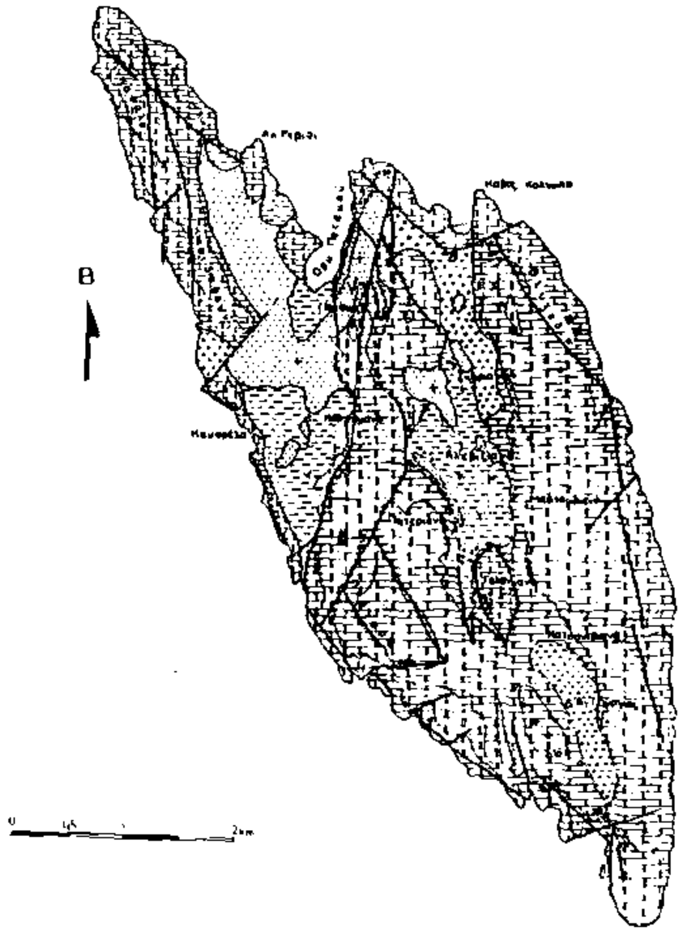
Οι Αλπικοί σχηματισμοί που απαντώνται στα Αντικύθηρα είναι κυρίως ασβεστόλιθοι, της ενότητας Τρίπολης, νεογενή θαλάσσια ιζήματα και τεταρτογενείς χερσαίες αποθέσεις εσωτερικών λεκανών, χαλαρά ιζήματα από κροκάλες, αργίλους και άμμους, που σχηματίζουν και τις ολοκαινικές αναβαθμίδες, και αποθέσεις ψαμμιτομαργαϊκών ασβεστολίθων (πώρος).

Οι ασβεστόλιθοι της ζώνης Τριπόλεως καλύπτουν τα 70% περίπου του νησιού και κυριαρχούν, κυρίως, στο νότιο τμήμα του νησιού (Σχ. 2).

Τα αρχαιότερα στρώματα της ζώνης Τριπόλεως είναι οι μεσοπλακώδεις ιπουριτοφόροι ασβεστόλιθοι, οι οποίοι, λόγω έντονου τεκτονισμού, παρουσιάζονται κατακερματισμένοι.



Σχ. 1. Τεκτονικό σκαρίφημα που δείχνει τη δομή των καλυμμάτων του Εξωτερικού Αιγαιοκού τόξου στην περιοχή Ν. Πελοποννήσου-Κρήτης. 1. Νεογενείς σειρές, 2. Σύστημα Αργολίδας, 3. Μεταμορφωμένες σιερές (Ιόνιος) των Κυθήρων, 4. Οφθιολιθικό κάλυμμα, 5. Ζώνη Πίνδου, 6. Ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως, 7. Ιόνιος Ζώνη.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Χαλαρές Τεταρτογενείς αποθέσεις και κορήματα κλιτύων
- Τεταρτογενής πώρος - ψαμμίτες - κροκαλοπαγή
- Νεογενές Μάργες - ψαμμίτες - κροκαλοπαγή
- Τριτογενές Ασβεστόλιθοι μεσοπλακώδεις έως λεπτοπλακώδεις
- Κρητιδικό Ασβεστόλιθοι μεσοπλακώδεις και δολομίτες της ενότητος Τριπόλεως
- Γεωλογικό όριο ορατό
- Ρήγμα ορατό
- Ρήγμα πιθανό

Στα στρώματα αυτό απαντούν τομές ιππουριτών ή και ολόκληρα άτομα. Οι ιππουριτοφόροι ασβεστόλιθοι συνεχίζουν τη δομή τους με ομοφώνως επικείμενους ασβεστόλιθους του Μαιστριχτίου.

Ακολούθως έχουμε στρώματα του Παλαιοκαίνου, με Τρηματοφόρα, και εν συνεχεία Ηωκαινικούς ασβεστολίθους με Νουμουλίτες.

Στο κεντρικό και βόρειο μέρος του νησιού υπάρχουν δύο τεκτονικές τάφροι.

Η τεκτονική τάφρος των Χαρχαλιανών με διεύθυνση Β-Ν, και η τεκτονική τάφρος των Μπατουδιανών με δύο κλάδους, ο ένας με διεύθυνση ΒΔ κατά μήκος της κοίτης του χειμμάρου Προπόταμος, και ο άλλος προεκτείνεται βόρεια μέχρι του κόβου Κολύμπα.

Σε μία πλήρη στρωματογραφική σειρά των στρωμάτων και των δύο τάφρων παρατηραύμε ότι ο ανώτερος ορίζοντας αποτελείται από ψαμμιτομαργαϊκές αποθέσεις που περιέχουν χερσαία γαστερόποδα (Helix). Οι αποθέσεις αυτές βρίσκονται σε ασυμφωνία με τα νεογενή στρώματα.

Ασβεστολιθικοί ψαμμίτες

Οι αποθέσεις των ασβεστιτικών ψαμμιτών (αιολιανιτών) στα Αντικύθηρα παρουσιαζουν μεγάλο παλαιογεωγραφικό ενδιαφέρον, διότι παρόμοιες αποθέσεις αναπτύσσονται τόσο στην Κρήτη, όσο και στην Ν. Πελοπόννησο.

Γίνεται σύνδεση των περιοχών Πελοπόννησος-Αντικύθηρα-Κρήτης και βλέπουμε τις παλαίογεωγραφικές συνθήκες που επικρατούσαν στην ευρύτερη περιοχή κατά το τέλος του Πλειστοκαίνου και αρχές Ολοκαίνου.

Οι αποθέσεις των ασβεστιτικών ψαμμιτών απαντώνται υπό μαρφή πόγκων στο βόρειο και κεντρικό τμήμα του νησιού, και συγκεκριμένα στις θέσεις Εκκλησία Ποταμού, και βόρεια της Καμαρέλλας (Σχ. 3, 4), σε υψόμετρα 60m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Στις λιθοστρωματογραφικές τομές που ακολουθούν, φαίνεται η διάταξη των στρωμάτων.

Αιολιανίτες

Οι ανθρακικοί αιολιανίτες αποτίθενται, συνήθως, υπό μορφή παρόκτιων σωρών άμμων (dunes) κοντά σε ακτές υψηλής ενέργειας σε θερμά κλίματα.

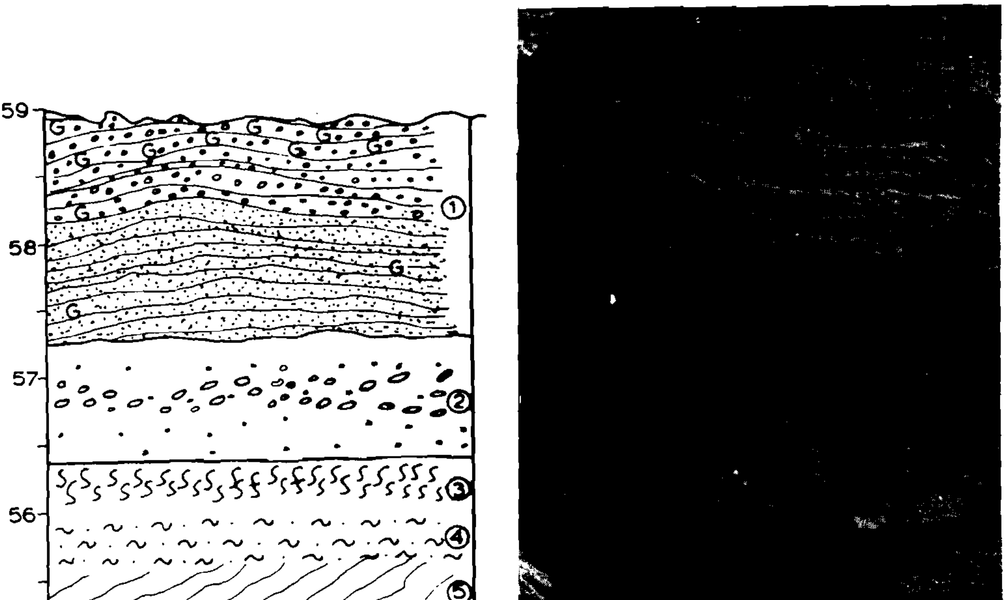
Γενικό, αποτελαύνται από καλά ταξινομημένους κλαστικούς ασβεστολίθους με διασταυρωμένες στρώσεις.

Τα συστατικά τους είναι, κυρίως, ανθρακικοί κόκκοι μεγέθους άμμου, που μεταφέρθηκαν από την ακτή σε πιο εσωτερικές ηπειρωτικές περιοχές, με αιολική δράση.

Τα συστατικά αυτά αντιπροσωπεύονται από ωοειδή, πελοειδή και ποικίλης προέλευσης σκελετικά θραύσματα, ενώ κατά θέσεις απαντούν και χαλαζιακοί κόκκοι.

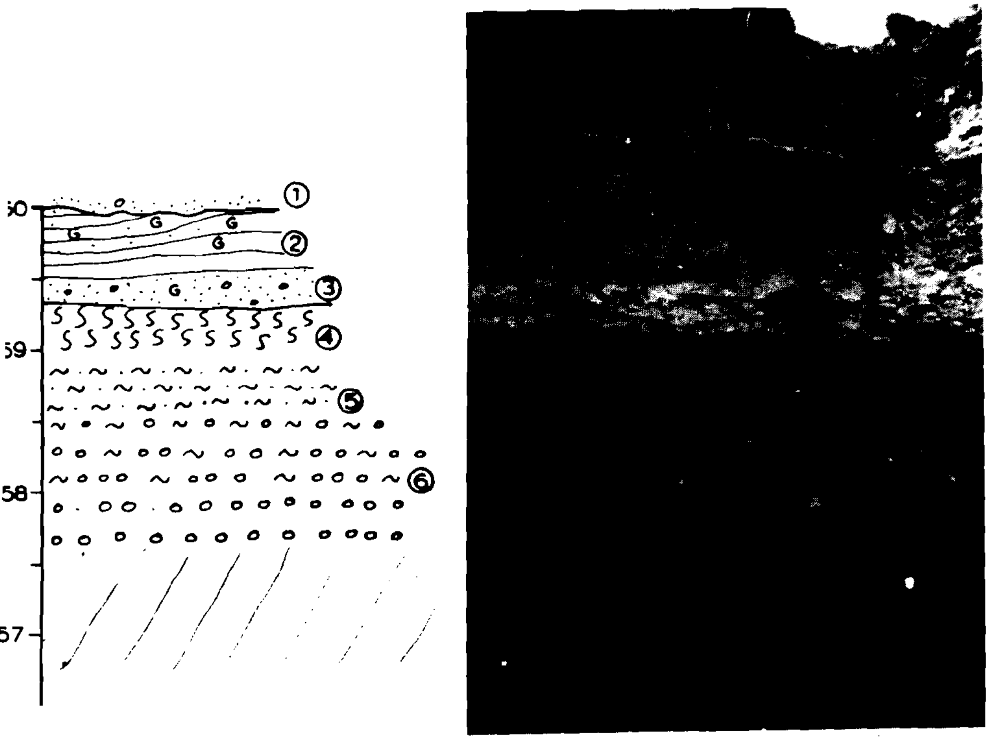
Η αναγνώριση του περιβάλλοντος απόθεσης των παράκτιων αιολιανιτών είναι σε αρκετές περιπτώσεις δύσκολη.

Οι χαρακτηριστικές ιστολογικές δομές των αιολιανιτών συχνά αναγνωρίζονται και σε άλλους σχηματισμούς διαφόρων περιβαλλόντων και ως εκ τούτου είναι δύσκολη η διάκρισή τους. Π.χ. χαρακτήρες όπως η σφαιρικότητα, η διάβρωση των κόκκων, και η στριλπνότητα προσδιορίζουν όχι μόνο τη φάση των αιολιανιτών, αλλά και των άλλων περιβαλλόντων.



Σχ. 3. Λιθοστρωματογραφική Τομή στη θέση Εκκλησία Ποταμού (Υψόμετρα απόλυτα από τη στάθμη της θάλασσας).

1. Μέτρια συνεκτικός λευκός ψαμμίτης με διάσπαρτα χερσαία γαστερόποδα, κυρίως στην οροφή. Η ασαφής στρώση που παρουσιάζεται, δημιουργείται από ορίζοντες με διαφορετική συνεκτικότητα. Πάχος 1,8-2,2 και κατά θέσεις μέχρι 3 m.
2. Χαλαρή άμμος με χερσαία γαστερόποδα. Στη μέση του ορίζονται εμφανίζονται μικρές κροκάλες 0,5-32 cm, με καλή αποστρογγύλωση.
3. Έδαφος χρώματος καφέ σκούρο, μικρού πάχους (15 cm), καλά ανεπτυγμένο.
4. Αργιλικός ορίζοντας χρώματος καφέ ανοικτού, πάχους 20 cm.
5. Νεογενείς μάργες, θαλάσσιας φάσεως σε ασυμφωνία.



Σχ. 4. Λιθοστρωματογραφική Τομή βόρεια Καμαρέλλας

1. Σύγχρονος αποσαθρωμένος μανδύας, πάχους10-20 cm.
2. Μέτρια συνεκτικός λευκός ψαμμίτης, πάχους 0,7-1 m. Κατά θέσεις έχει υποστεί διαγένεση. Εμφανίζονται διάσπαρτα χερσαία γαστερόποδα.
3. Άμμος ασύνδετη με σπάνιες κροκάλες μικρού μεγέθους.
4. Έδαφος αργιλικό χρώματος καφέ ερυθρό, με κομμάτια ασβεστολίθων Τριπόλεως.
5. Αργιλικός ορίζοντας καφέ ανοικτού χρώματος.
6. Κροκάλες μικρού μεγέθους με καλή αποστρογγύλωση. Συνδέονται με αργιλοαμμώδες υλικό καφέ ανοικτού χρώματος, χερσαίας προελεύσεως.

Ένας όμως, χαρακτήρας κοινό στο πλείστο των αποθέσεων των αιολιανιτών είναι τα **ίχνη ριζών**, που παρατηρούνται πολύ σπάνια σε παράκτιες ή άλλες θαλάσσιες αποθέσεις, παρατηρούνται σε αερόβιο, χερσαίο περιβάλλον.

Οι αιολιανίτες χαρακτηρίζονται από την απόθεση πρωϊμοδιαγενετικού συγκολλητικού υλικού, καθώς και από άλλους διαγενετικούς χαρακτήρες της ζώνης αερισμού (Vantoz).

Καθώς τα μετεωρικής προέλευσης διαλύματα διαπερνούν τα ανθρακικά ιζήματα, καθίστανται υπερκορεσμένα σε ανθρακικό ασβέστιο, λόγω

της μερικής διάλυσης του αραγωνίτη και του μαγνησιούχου ασβεστί
που αποτελούν τις ορυκτολογικές φάσεις των ανθρακικών κόκκων. Μ
ρος αυτού του ανθρακικού ασβεστίου εναποτίθεται ως πτωχό σε μ
γνήσιο ασβεστιτικού συγκολλητικού υλικού στους πόρους των ιζημ
των.

Κοκκομετρικές καμπύλες

Από τις κοκκομετρικές καμπύλες που κατασκευάστηκαν, φαίνεται
η μεγαλύτερη συχνότητα είναι 375 μ. (Σχ. 5).

Το υλικό είναι ασβεστολιθικό σε αναλογία μεγαλύτερη από 80%.

Παλαιογεωγραφία

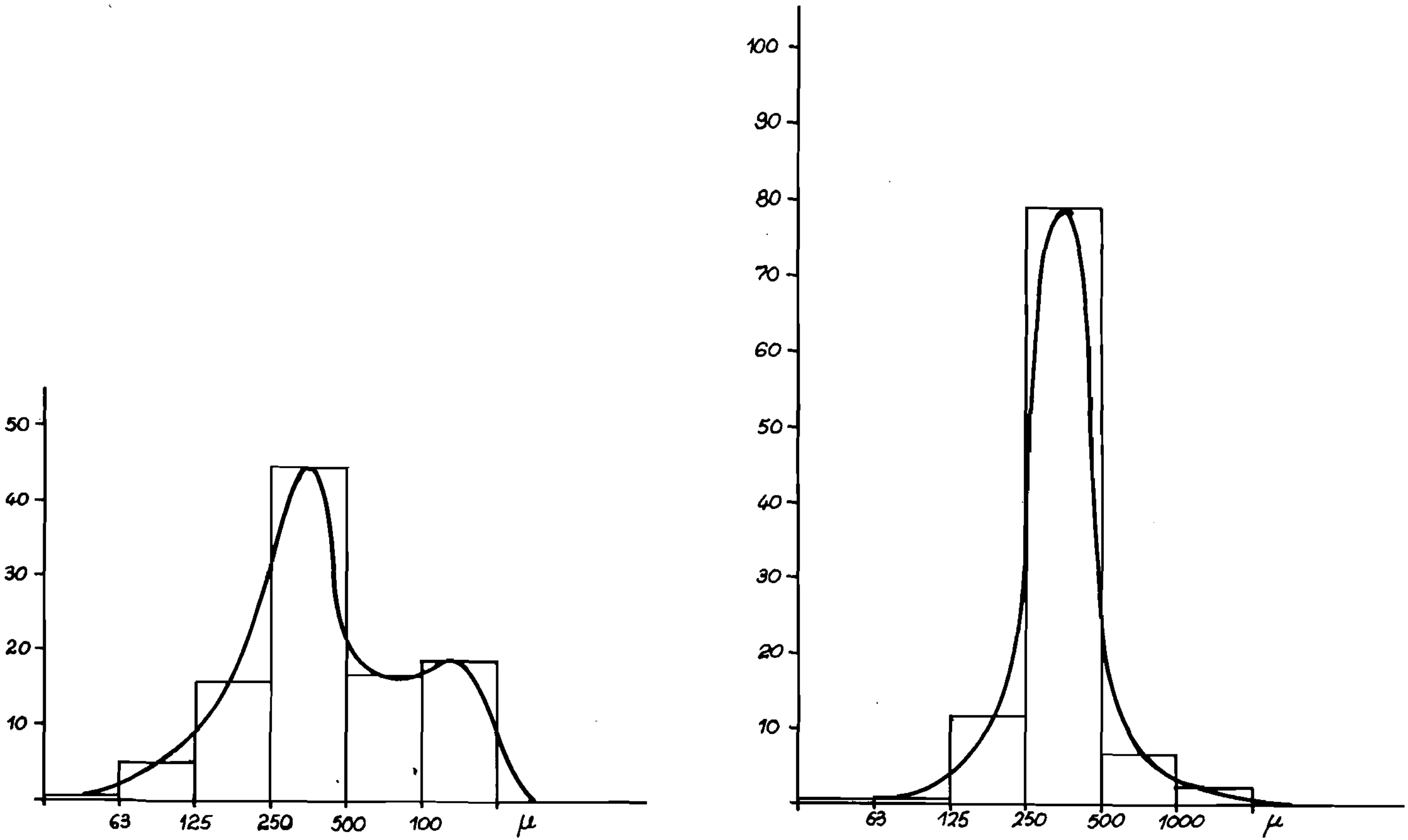
Ο χώρος μεταξύ Ακρωτηρίου Μαλέα της Πελοποννήσου και τ
Ακρωτηρίου Γραμβούσα της Κρήτης είναι γνωστό από προηγούμεν
έρευνες (M. Dermitzakis - P. Sonder, 1978 και Α. Παπαπέτρου - Ζαμά
1973) ότι αποτελούσε χερσαία γέφυρα σύνδεσης Πελοποννήσου
Κρήτης. Η ύπαρξη της Γέφυρας αυτής κατά το Νεογενές στηρίζεται ε
στημονικά έμμεσα από παρατηρήσεις μετανάστευσης πανίδων όσο
άμεσα από γεωλογικές και τεκτονικές ομοιότητες.

Επίσης είναι γνωστό ότι η περιοχή αυτή αναπτύσσεται παράλληλα
ένα τεκτονικά ενεργό χώρο, την Ελληνική τάφρο. Το γεγονός αυτό
ναι φυσικό να έχει επηρεάσει τη σημερινή μορφολογική έρευνα, τό
των χερσαίων, όσο και των υποθαλάσσιων τμημάτων της περιοχής.

Η περιοχή Μαλέα - Γραμβούσα παρουσιάζει μορφολικά χαρακτηριστ
που δείχνουν ότι τα επί μέρους τμήματα ακολούθησαν παρόμοια μορ
λογική εξέλιξη τουλάχιστον προς το τέλος του Νεογενούς και μέρ
του Πλειστοκαίνου.

Το κύριο μορφολογικό στοιχείο που συνδέει τα επιμέρους τμήματα
ναι η ύπαρξη της υποθαλάσσιας ράχης, η οποία διακρίνεται μετ
Ακρωτηρίου Μαλέα μέχρι τη Γραμβούσα.

Τα νησιά Κύθηρα, Αντικύθηρα, καθώς και η βραχονησίδα Ποντικον
είναι τα χερσαία τμήματα της ράχης, τα οποία παρουσιάζουν πολ
μορφολογικές ομοιότητες με το κορυφαίο τμήμα της υποθαλάσσιας
χης.



Σχ. 5. Κοκκομετρική καμπύλη της άμμου των θινών στη θέση Ποταμός.

Φωτ. 2. Καλά ταξινομημένοι κόκκοι αποτελούμενοι κυρίως από λιθοκλάστες και βιοκλάστες. Συχνή είναι η παρουσία βιοκλαστών κοραλλιογενών φυκών.
47.5X, II Nicols.

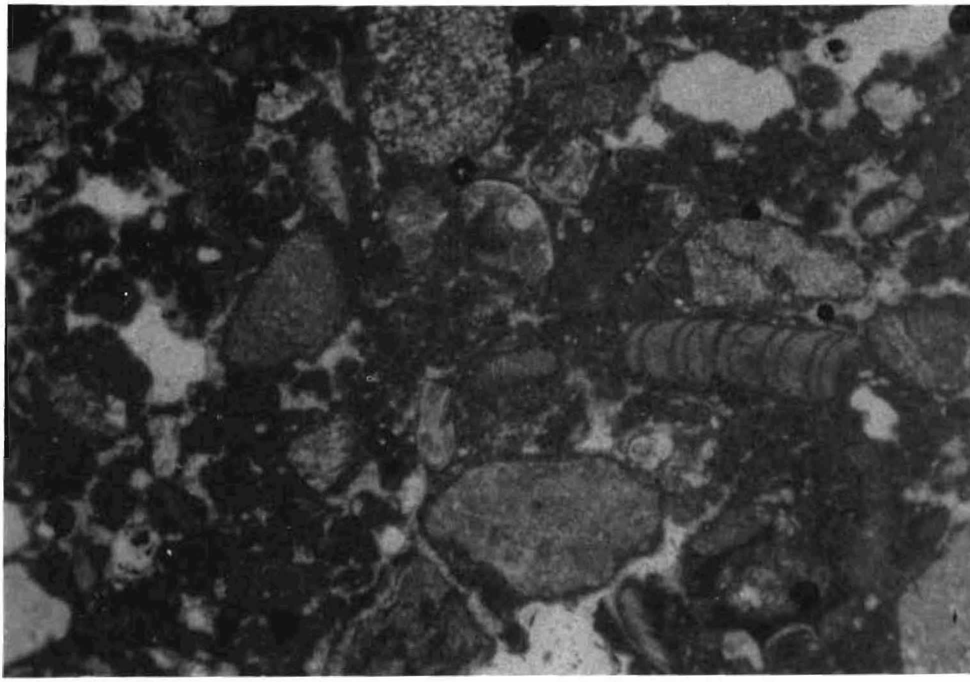
Pho. 2. Well-sorted grains represented mainly by lithoclasts and bioclasts. Corallinaceae bioclasts are common.
47.5X, II Nicols.

Παρατηρούνται διάφοροι τύποι φάσεων calice (callcrete), που αντιπροσωπεύουν διαδοχικά στάδια ωρίμανσης στη διεργασία της πεδογενετικής εξαλλοίωσης (Pomoni-Papaioannou, Ph. & Dorniepen, 1987-Pomoni-Papaioannou & Galeos, 1989).

Παρατηρήθηκαν οι ακόλουθοι τύποι φάσεων caliche:

a. **Pisolitic caliche:** Αποτελούνται από ελλειψοειδή πισοειδή (grainstone).

Ο πυρήνας των πισοειδών είναι ποικίλου μεγέθους, σχήματος και σύστασης (λιθοκλάστες, βιοκλάστες, κλαστικοί κόκκοι χαλαζία ή ασβεστίτη) και περιβάλλεται από διαδοχικές ασυνεχείς μικριτικές επιφλοιώσεις (Φωτ. 4).



Φωτ. 2. Καλά ταξινομημένοι κόκκοι αποτελούμενοι κυρίως από λιθοκλάστες και βιοκλάστες. Συχνή είναι η παρουσία βιοκλαστών κοραλλιογενών φυκών. 47.5X, II Nicols.

Pho. 2. Well-sorted grains represented mainly by lithoclasts and bioclasts. Corallinaceae bioclasts are common. 47.5X, II Nicols.

Παρατηρούνται διάφοροι τύποι φάσεων calice (callcrete), που αντιπροσωπεύουν διαδοχικά στάδια ωρίμανσης στη διεργασία της πεδογενετικής εξαλλοίωσης (Pomoni-Papaioannou, Ph. & Dorniepen, 1987 - Pomoni-Papaioannou & Galeos, 1989).

Παρατηρήθηκαν οι ακόλουθοι τύποι φάσεων caliche:

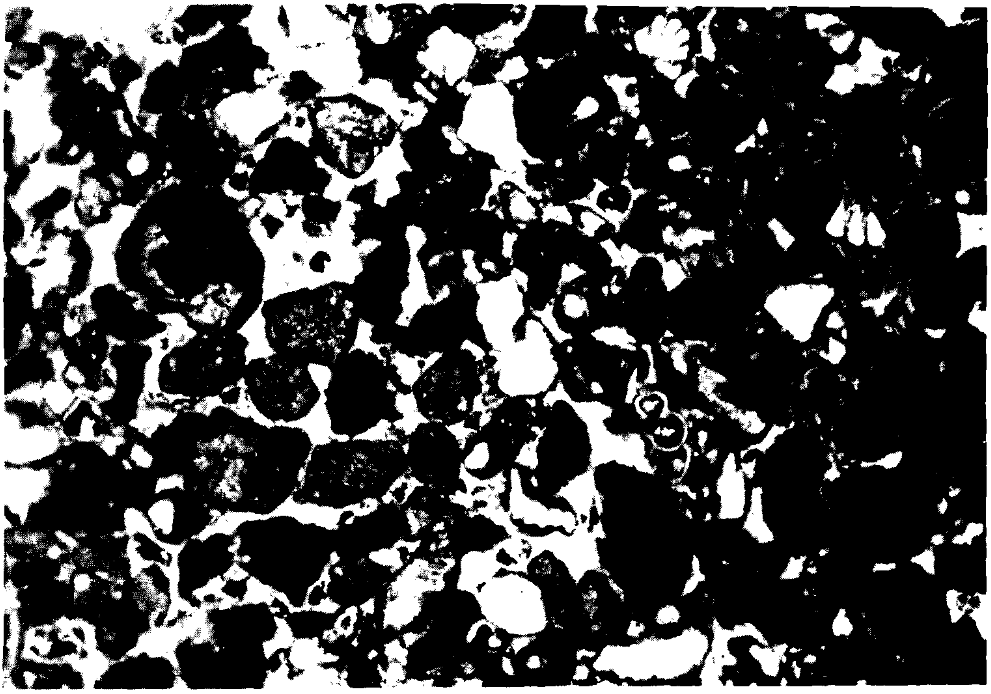
a. **Pisolitic caliche:** Αποτελούνται από ελλειψοειδή πισοειδή (grainstone).

Ο πυρήνας των πισοειδών είναι ποικίλου μεγέθους, σχήματος και σύστασης (λιθοκλάστες, βιοκλάστες, κλαστικοί κόκκοι χαλαζία ή ασβεστίτη) και περιβάλλεται από διαδοχικές ασυνεχείς μικριτικές επιφλοιώσεις (Φωτ. 4).

Μικροσκοπική ανάλυση Αιολιανιτών

Από τη μικροσκοπική ανάλυση προκύπτουν καλά ταξινομημένοι κόκκοι λιθοκλαστών και βιοκλαστών.

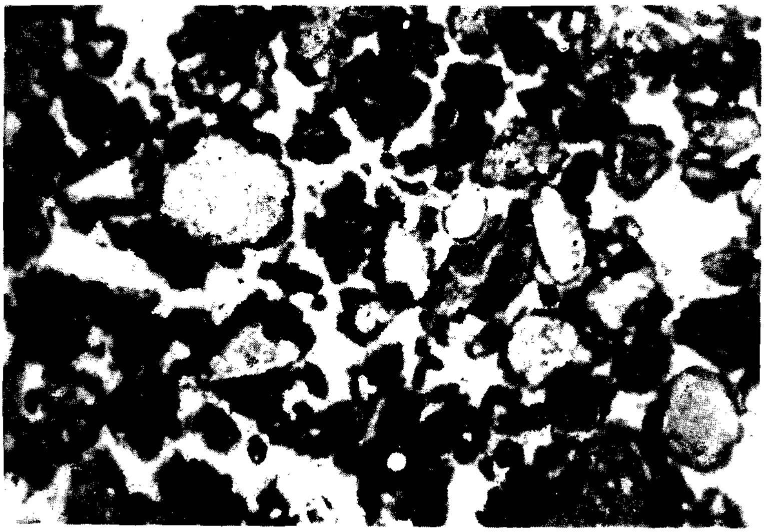
Οι βιοκλάστες αντιπροσωπεύονται από τρηματοφόρα, κοραλλιογενή φύκη, εχινόδερμα, μαλάκια και κατά θέσεις βρυόζωα.



Φωτ. 1. Καλά ταξινομημένοι κόκκοι αποτελούμενοι κυρίως από λιθοκλάστες και βιοκλάστες. Παρατηρούνται τομές από βελόνες εχινοδέρμων και άλλα μικροαπολιθώματα.
30X, II Nicols.

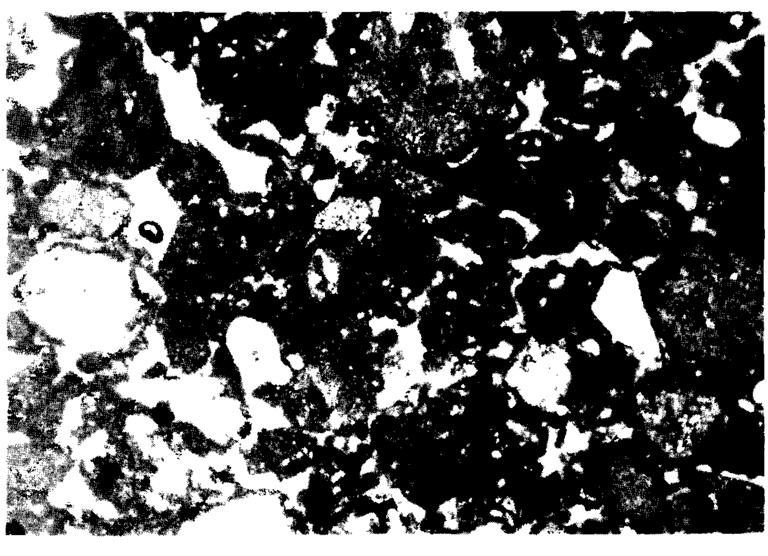
Pho. 1. Well-sorted grains represented mainly by lithoclasts and bioclasts. Note echinoderms and other microfossiles.
30X, II Nicols.

Οι λιθοκλάστες αντιπροσωπεύονται από κερατόλιθους και ιλυόλιθους (Φωτ. 2). Όλοι οι κόκκοι περιβάλλονται από λεπτή ανώμαλη πεδογενετική επιφλοίωση. Πρωϊούσης της εξαλλοίωσης δημιουργούνται χαρακτηριστικά εξογκώματα, που εξελίσσονται σε πελμικριτική φάση, που δημιουργεί γέφυρες μεταξύ των επιφλοιωμένων κόκκων (Φωτ. 3).



Φωτ. 3. Παρατηρείται ανάπτυξη μιας πελμικριτικής φάσης μεταξύ των κόκκων, που δημιουργεί γέφυρες. 47.5X, ΙΙ Nicols.

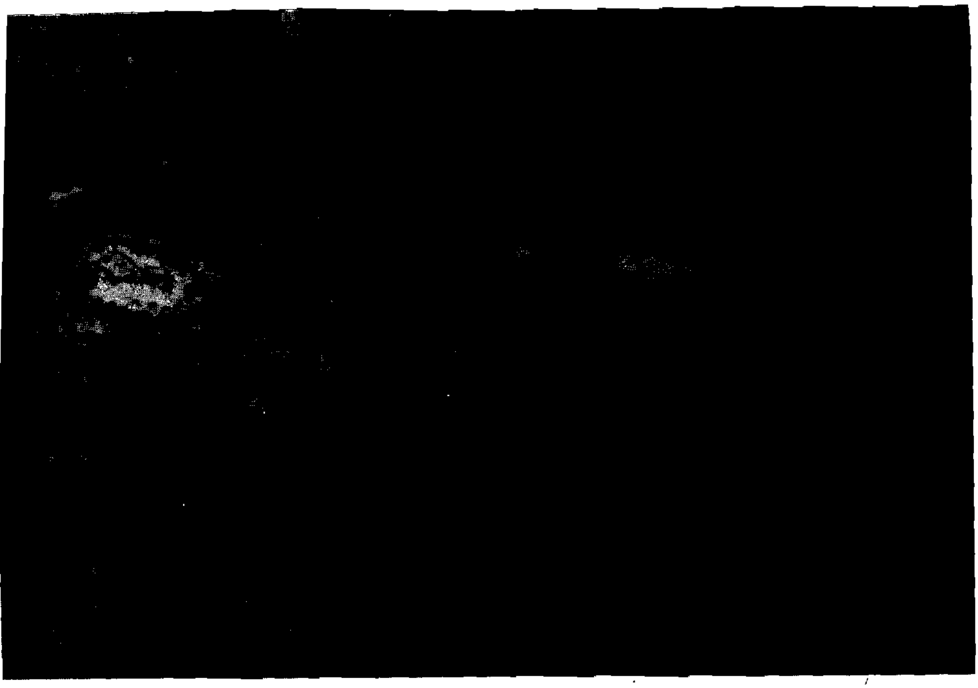
Pho. 3. Pelmicritic facies is grown between the componets forming bridges-like. 47.5X, II Nicols.



Φωτ 4. Πισοειδή αποτελούμενα από διαδοχικές μικριτικές ασυνεχείς επιφλοιώσεις. Πρωϊούσης της πεδογενετικής εξαλλοιώσεως, μία μικριτική μάζα σχηματίζεται μεταξύ των αλλοχημικών συστατικών.

Pho. 4. Pisoids start forming consisted of several micritic discontinuous calcitic coatings. By progresseive pedogenic alteratig a micritic matrix is generated, between allochey. 47.5X, II Nicols.

ɔ. **Trizoconcretionary caliche:** αποτελούμενη από χαρακτηριστικές σωληνοειδείς δομές, που αντιστοιχούν σε διόδους ριζών.
Παρατηρούνται ελλειψοειδείς-υποσφαιρικές οπές που περιβάλλονται από βελονοειδείς-ινώδεις ασβεστολιθικούς κρυστάλλους, που διατάσσονται παράλληλα προς τα τοιχώματα των οπών, δομή alveolar-septal. Οι ριζόλιθοι διασχίζουν προϋπάρχουσες φάσεις caliche χαμηλότερους επιπέδου ωρίμανσης (Φωτ. 5).



Φωτ. 5. Ριζόλιθος με χαρακτηριστική δομή "alveolar-septral". 47.5X, II Nicols.

Pho. 5. Rhizolite with characteristic "albeolar-septal" structure. 47.5X, II Nicols.

c. **Massive caliche:** αποτελούμενη από μικριτικό υλικό με διάσπαρτους κρυστάλλους ασβεστίτη (floating texture).
Η φάση αυτή αντιπροσωπεύει ένα στάδιο πιο ώριμο στη διαδικασία της πεδογενετικής εξαλλοίωσης.

d. **Laminated caliche:** στρωματολιθικού τύπου (terrestrial stromatolites) (Φωτ. 6).

Φωτ. 6. Λαμινώδης caliche στρωματολιθικού τύπου.
47.5X, II Nicols.

Pho. 6. Laminated caliche of stromatolitic structure (terrestial stromatolites).
47.5X, II Nicols.

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά για το υλικό των ψαμμιτομαργαϊκών ασβεστολίθων μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για υλικό που έχει μεταφερθεί από την παράκτια ζώνη, άρα προϋπόθεση είναι η ύπαρξη εκτεταμένων παραλιών σε σχέση με τις σημερινές, και αυτό προϋποθέτει χαμηλότερο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας.

Η απόθεση και ο σχηματισμός των αιολιανιτών προϋποθέτει ένα φυσικογεωγραφικό περιβάλλον κατάλληλο, τόσο από άποψη κλιματική, όσο και από την άποψη των γενικότερων ιζηματολογικών συνθηκών.

Αποδεικνύεται και μικροσκοπικά, με βάση συγκεκριμένους ιστολογικούς χαρακτήρες, ότι πρόκειται για τη φάση των αιολιανιτών και μελετήθηκε η περαιτέρω διαγενετική τους εξέλιξη στα πλαίσια της πεδογενετικής εξαλλοίωσης των σχηματισμών αυτών.

Παρόμοιες αποθέσεις αιολιανιτών υπάρχουν και στην Πελοπόννησο και Κρήτη.

Προγραμματίζεται ευρύτερη μελέτη και σύνδεσή τους.

Βιβλιογραφία

Βερύκιου-Παπασπυριδάκου, Ε. (1986). Γεωμορφολογική Μελέτη της Περιοχής Ακρωτηρίου Μαλέα-Ελαφονήσου-Κυθήρων-Αντικυθήρων-Γραμβούσας. *Διδακτορική Διατριβή*, Αθήνα.

Dermitzakis, M., Papanikolaou, D., Karotsieris, Z. (1977). The marine Quaternary deposits of SE Sakynthos island and their paleiographic implication. *VI Intern. Congress of Aegean Region*. Athens.

Pomoni-Papaioannou, F. & Dornsiepen, U. (1987). Post-Pliocene Clichified Solution-Collapse Breccia from Eastern Crete, Greece. *Facies, 18, 169-180.*

Pomoni-Papaioannou, F. & Galeos, A. (1989). Caliche crusts in islands of Southern & Eastern Aegean and of Southern Ionian Sea. *Bull. Geol. Soc. Greece,* Vol. XXIII/1, 145-169.

Scholle, P.A., Bebout, D.G., & Moore, C.H. (1983). Carbonate Depositional Enbironments. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Memoir, 33.*

Sorel, D. (1976). Étude Néotectonique dans l' arc Egéen Externe Occidental. Les îles Ioniennes de Kephallinia et Zakinthos et l' Elide Occidentale. *Acad. de Paris, Univ. de Paris XI, Centre d' Orsay.*

Underhill, J. (1985). Neogene and Quaternary and Sedimentation in Western Greece. *Ph. D. in Univ. of Wales.*

Γεωμορφολογικές και σεισμοτεκτονικές παρατηρήσεις στην ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης

Κ. Γάκη-Παπαναστασίου, Δ. Παπαναστασίου** και Χ. Μαρουκιάν**

** Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 157 84 Αθήνα.*
*** Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 118 10 Αθήνα.*

Περίληψη

Η περιοχή μελέτης, γεωμορφολογικά εξεταζόμενη, ευρίσκεται στην κοιλάδα του Ευρώτα που αποτελεί ένα ασύμμετρο τεκτονικό βύθισμα, οριζόμενο από τους ορεινούς όγκους του Ταϋγέτου και του Πάρνωνα και έχει πληρωθεί με χερσαίες και λιμναίες Πλειοπλειστοκαινικές αποθέσεις με περιοχή τροφοδοσίας κυρίως τον Πάρνωνα. Οι αποθέσεις αυτές μόνο στα δυτικά περιθώρια επικαλύπτονται από αλλουβιακά ριπίδια προερχόμενα από τον ορεινό όγκο του Ταΰγετου. Κατά το Πλειστόκαινο ο Πάρνωνας λόγω τεκτονικής δραστηριότητας αποτελούσε τον κύριο ορεινό όγκο στην περιοχή. Οι έντονες διεργασίες διάβρωσης έδωσαν εκτεταμένα ριπίδια στις δυτικές του παρυφές που κατέληγαν στην Πλειοκαινική λίμνη του βυθίσματος της Σπάρτης. Με τη συρρίκνωση της λίμνης κατά το μέσο Πλειστόκαινο αρχίζει να δημιουργείται το υδρογραφικό δίκτυο του Ευρώτα βρίσκοντας διέξοδο στη περιοχή Ποταμιάς. Ο Ταΰγετος αρχίζει να ανυψώνεται ώστε κατά την περίοδο του Μέσο-Άνω Πλειστοκαίνου η τεκτονική δραστηριότητα εντοπίζεται κυρίως σ' αυτόν δίδοντας τραπεζοειδείς και τριγωνικές κλιτείς αναπτυσόμενες μεταξύ των φαραγγιών καθώς και σειρά ριπιδίων στις ανατολικές παρυφές του. Τέλος ο Ευρώτας εγκυβωτίζεται στις Πλειστοκαινικές αποθέσεις των παλαιών ριπιδίων του Πάρνωνα.

Απο σεισμοτεκτονική άποψη, το ανατολικό μέτωπο του Ταϋγετου αποτελεί ένα ενεργό ρήγμα, με εμφανή μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά πρόσφατης δραστηριότητας, από τα πλέον σημαντικά της Πελοποννήσου. Οι μεγάλοι σεισμοί που κατέστρεψαν την αρχαία πόλη της Σπάρτης το 550 και το 464 π.Χ. πρέπει να οφείλονται στη δραστηριοποίηση του ρήγματος αυτού. Εν τούτοις η ενόργανη σεισμικότητα της περιοχής δεν είναι σημαντική. Μια νέα επαναδραστηριοποίησή του ρήγματος αυτού, αποτελεί το κυριότερο φυσικό κίνδυνο για τη σύγχρονη πόλη της Σπάρτης με όλες τις άμεσες και έμμεσες συνέπειες που συνοδεύουν ένα τέτοιο φαινόμενο.

Abstract

The study area, geomorphologically examined, is located in the Eurotas valley which is an asymmetric tectonic depression bounded by the mountain masses of Parnonas in the east and Taygetos in the west, filled by Plio - Pleistocene terrestrial and lacustrine sediments derived primarily from Parnonas. The Parnonas fanglomerates are overlain in the western part of the depression by the more recent Taygetos deposits.

During the Plio - Pleistocene, Parnonas formed the main mountain mass owed to tectonic activity. The intense erosional processes produced extensive alluvial fans along the western flanks of Parnonas reaching the shores of the Pliocene lake in the Sparta depression. As the lake shrank during the Middle Pleistocene, the drainage network of Eurotas river formed and found an exit through Potamia. At the same time, Taygetos had already started uplifting and from the Middle to Upper Pleistocene became the primary tectonically active area thus exhibiting trapezoidal and triangular facets between deep gorges and developing a series of alluvial fans along the eastern flanks of the mountain. Finally, the Eurotas was entrenched in the Pleistocene deposits of the Parnonas alluvial fans.

From a seismotectonic point of view, the eastern flank of Taygetos constitutes one of the most important active faults of Peloponnesus with conspicuous morphotectonic features of recent activity. The great earthquakes of 550 and 464 B.C. which destroyed the ancient city of Sparta should be attributed to the reactivation of this fault. However, the instrumental seismicity of this region is not significant. A new reacitivation of this fault constitutes the main natural hazard for the modern city of Sparta with all the direct and indirect implications entailed in such a phenomenon.

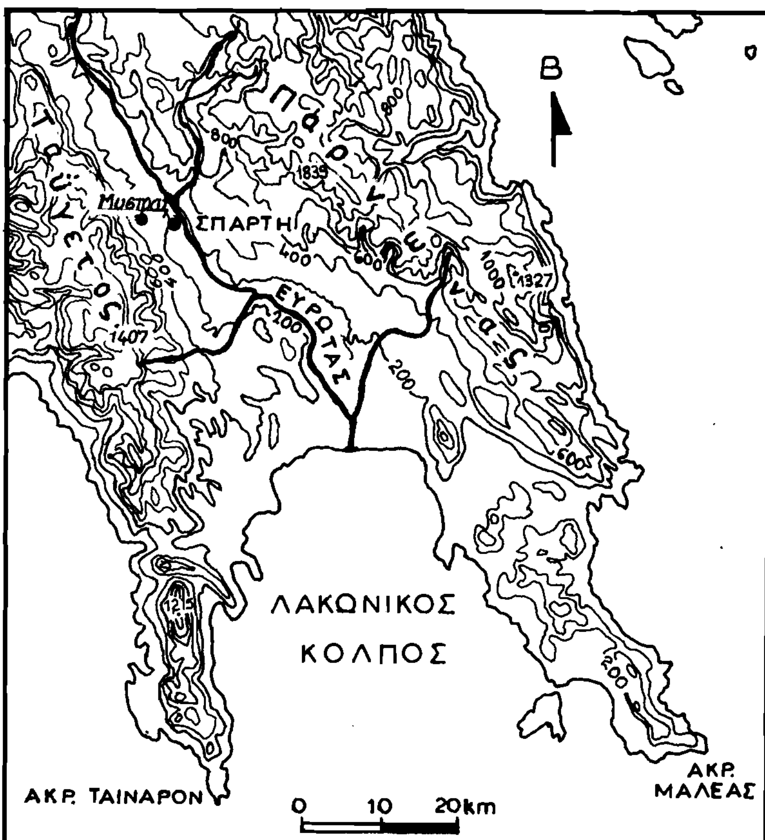
Εισαγωγή

Η ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης ευρίσκεται στην κοιλάδα του Ευρώτα, που ορίζεται από τους ορεινούς όγκους του Ταΰγετου (2407 m) στα δυτικά και του Πάρνωνα (1935 m) στα ανατολικά (Σχ. 1α).

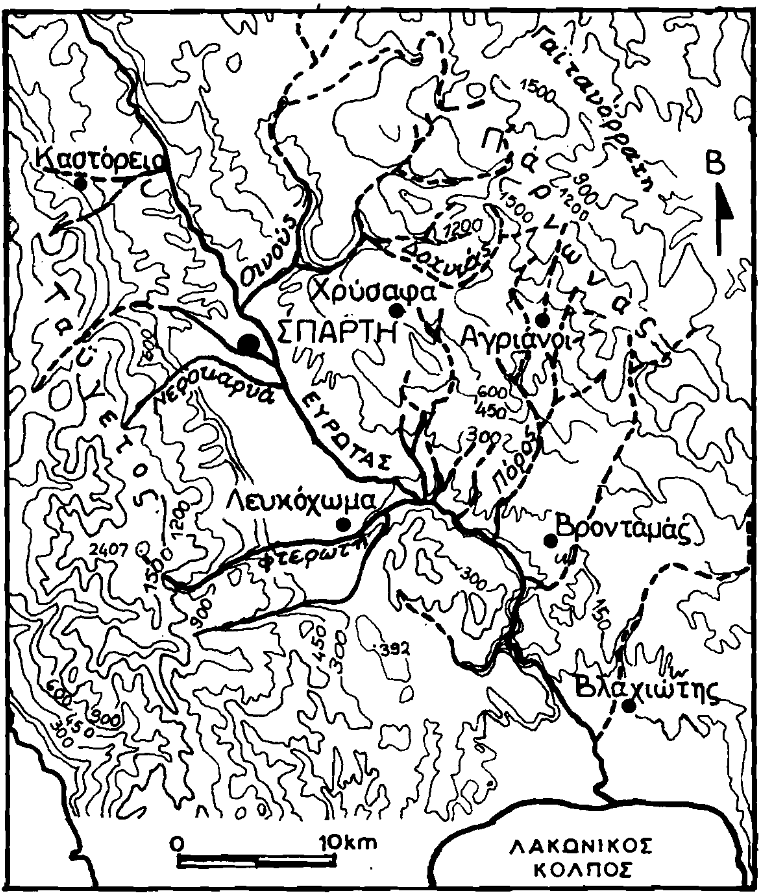
Οι ορεινοί αυτοί όγκοι αποτελούν τεκτονικά κέρατα εκτεινόμενα σε διεύθυνση ΒΒΔ - ΝΝΑ, καταλήγοντας στο νότο στα ακρωτήρια Ταίναρο και Μαλέας αντίστοιχα. Το οριζόμενο μεταξύ τους τεκτονικό βύθισμα έχει επιμηκυσμένη μορφή και διακρίνεται σε τρία τμήματα: α) στη λεκάνη του Ευρώτα, περιοχή της Σπάρτης, που εκτείνεται από το Καστόρειο στο βορά έως το Λευκόχωμα προς νότο, β) στη λεκάνη της περιοχής Βρονταμά εκτεινομένης από το Λευκόχωμα έως το Βλαχιώτη στο νότο, και γ) στο Λακωνικό κόλπο (Σχ. 1β).

Στην παρούσα μελέτη γίνεται μια προσπάθεια συσχέτισης γεωμορφολογικών και μορφοτεκτονικών στοιχείων με σκοπό μία πρώτη προσέγγιση της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης της περιοχής κατά το Τριτογενές-Τεταρτογενές.

Λόγω του ιδιαίτερου μορφοτεκτονικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει το ορεινό μέτωπο του Ταΰγετου, αυτό εξετάζεται λεπτομερέστερα και συσχετίζεται με την ιστορική σεισμικότητα της περιοχής.



Σχ. 1α. Τοπογραφικός χάρτης της ΝΑ Πελοποννήσου.

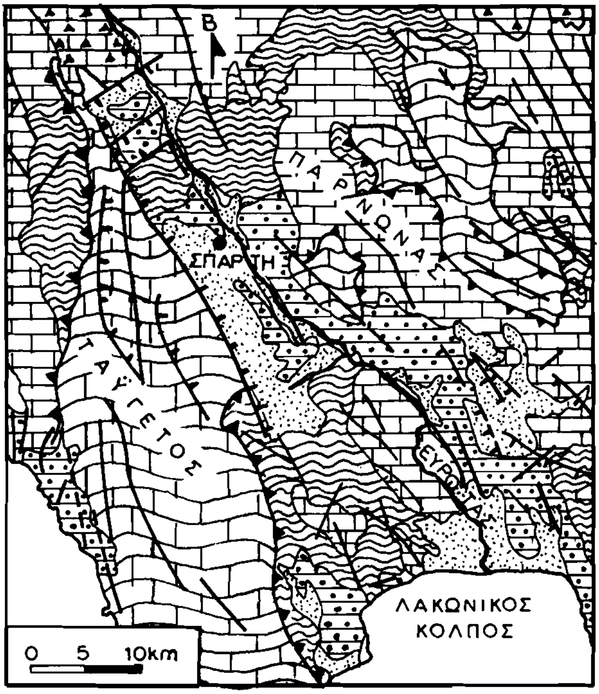


Σχ. 16. Τοπογραφικός χάρτης της μελετηθείσης περιοχής.

Γεωλογικά-Τεκτονικά Στοιχεία της Περιοχής

Τη γεωλογία και στρωματογραφία της περιοχής έχουν μελετήσει πολλοί ερευνητές, με σπουδαιότερους τους Philippson (1892), Ktenas (1924), Ψαριανός (1955), Bizon & Thiebault (1974), Dufaure (1975), Μαριολάκος (1976), Λέκκας (1978), Φυτρολάκης (1980), Fleury (1980), Σκαρπέλης (1982), Thiebault (1982), Παπανικολάου (1986).

Και στους δύο ορεινούς όγκους τα ανώτερα τμήματα των στρωματογραφικών στηλών είναι αυτά της ενότητας της Τριπόλεως (Σχ. 2). Στον Πάρνωνα δεν παρατηρήθηκαν άλλα παλαιότερα. Αυτό δεν συμβαίνει στον Ταΰγετο που αποτελεί ένα γεωλογικό παράθυρο και εμφανίζονται και παλαιότερες ενότητες.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Κώνοι κορημάτων- ριπίδια.
Αλλουβιακές αποθέσεις (Τεταρτογενές)

Λιμναίες αποθέσεις-Ριπίδια
Μάργες, άμμοι, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή.
(Πλειόκαινο-Κάτω Πλειστόκαινο)

Ασβεστόλιθοι της ζώνης Ωλονού Πίνδου
(Κρητιδικό)

Ασβεστόλιθοι και δολομίτες της Ζώνης Τριπόλεως
(Μεσοζωϊκό)

Φυλλίτες
(Πέρμιο - Κατ. Τριαδικό)

Μάρμαρα-κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι
(Μεσοζωϊκό)

Επώθηση ή εφίππευση

Ρήγμα κανονικό

Ρήγμα κανονικό- Ενεργό

Σχ. 2. Γεωτεκτονικός χάρτης της μελετηθείσης περιοχής.

Η κατώτερη ενότητα στη δομή του Ταΰγετου είναι η ενότητα της άνης, που παλαιότερα ονομαζόταν Plattenkalk. Η στρωματογραφική ις στήλη μοιάζει με αυτή της Ιονίου. Στη βάση της υπάρχει το φυλλιτι-) υπόβαθρο ηλικίας Περμίου - κάτω Τριαδικού, με παρεμβολές ψαμμι- ών. Ακολουθούν πετρώματα του Μεσοζωικού όπως σχηματισμοί μαρ- ίρων (Παντοκράτορα), πυριτικοί σχιστόλιθοι, πλακώδεις κρυσταλλικοί σβεστόλιθοι (Βίγλα). Στον βόρειο Ταΰγετο συναντάται ελαφρά μετα- ορφωμένος φλύσχης του Ηωκαίνου - Ολιγοκαίνου.

Ακολουθεί η μεταμορφωμένη ζώνη της Αρνας, αποτελούμενη κυρίως πο εναλλαγές φυλλιτών και σχιστολίθων, και η οποία αναπτύσσεται τό- ο στον δυτικό Ταΰγετο όσο και στον βορειοδυτικό Πάρνωνα.

Επωθημένη στην ενότητα της Αρνας ευρίσκεται η ενότητα της Τρί- ιολης που εμφανίζεται κυρίως στόν Πάρνωνα, χαρακτηριζόμενη απο ιία συνεχή ιζηματογένεση από το Τριαδικό μέχρι το Ηώκαινο, αποτε- ιούμενη από ασβεστολίθους και δολομίτες. Στη βάση της ενότητας αυ- :ής υπάρχει ένα Νεοπαλαιοζωϊκό σύμπλεγμα, των στρωμάτων Τυρού, ηλικίας Περμίου - κάτω Τριαδικού που συνίσταται απο μια κλαστική σειρά στρωμάτων ασθενώς μεταμορφωμένων και μια ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά.

Ακολουθεί η επωθημένη ενότητα της Ωλονού - Πίνδου με μικρές εμ- φανίσεις τόσο στον Ταΰγετο όσο και στον Πάρνωνα, αποτελούμενη απο ασβεστολίθους με ενστρώσεις πυριτιολίθων του Κρητιδικού Τουρωνίου - Μαιστριχτίου και απο φλύσχη του Παλαιοκαίνου.

Στους αλπικούς σχηματισμούς του υποβάθρου επικάθηνται ασύμφωνα τα μεταλπικά ιζήματα που είναι:

- Πλειοπλειστοκαινικές λιμναίες αποθέσεις με αργίλους, άμμους και τε- φρές ως κιτρινόμαυρες ψαμμιτικές μάργες, συνεκτικά κροκαλοπαγή με εναλλαγές μαργών και ψαμμιτών.
- Πλειστοκαινικές αποθέσεις σε μορφή ριπιδίων και κώνων κορημάτων, καθώς και
- Ολοκαινικές αλλουβιακές αποθέσεις, κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα.

Η περιοχή είναι τεκτονικά ενεργή και τα κύρια ρήγματα που έχουν διαμορφώσει το ανάγλυφο κατά το Νεογενές - Τεταρτογενές είναι κα- νονικά, διεύθυνσης ΒΒΔ - ΝΝΑ. Τα ρήγματα αυτά στον Ταΰγετο κλίνουν προς ανατολάς, ενώ στον Πάρνωνα προς δυσμάς. Επιπλέον παρατη- ρείται και μία δευτερεύουσα ομάδα ρηγμάτων, κάθετη στην προηγούμε- νη, διεύθυνσης ΑΒΑ - ΔΝΔ.

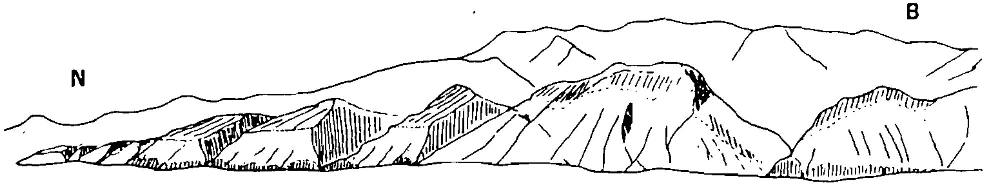
Γεωμορφολογικά Στοιχεία

Στην ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης, επικρατούσες γεωμορφές είναι οι ορεινοί όγκοι του Ταΰγετου στα Δυτικά και του Πάρνωνα στα Ανατολικά και τα ενδιάμεσα ευρισκόμενα ριπίδια στην επιμηκυσμένη τεκτονική τάφρο του Ευρώτα.

Ο Πάρνωνας χαρακτηρίζεται από σχετικά ήπιο καρστικοποιημένο ανάγλυφο, του οποίου τα υψόμετρα κυμαίνονται μεταξύ 500 m - 1800 m. Διατέμνεται από καλά αναπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο δενδριτικού τύπου, το οποίο ελέγχεται ως ένα βαθμό από την τεκτονική της περιοχής. Οι κυριότεροι παραπόταμοι ακολουθούν διεύθυνση ΒΒΔ - ΝΝΑ, ενώ οι ανώτερης τάξης κλάδοι τέμνουν την παραπάνω διεύθυνση δίνοντας μία μορφή που πλησιάζει τον ορθογώνιο - δενδριτικού τύπου δίκτυο. Το ότι οι κύριοι κλάδοι, όπως τα ρέματα Οινούς, Δοχνιάς και Πόρος, τέμνουν την επικρατούσα διεύθυνση (ΒΒΔ - ΝΝΑ) των ρηγμάτων, είναι ένδειξη της σχετικής παλαιότητας αυτών. Στα δυτικά περιθώρια του Πάρνωνα παρατηρούνται δύο επιφάνειες επιπέδωσης, στην περιοχή Χρύσαφα σε υψόμετρο 800 m, και στην περιοχή Αγριάνοι 1100 m.

Αντίστοιχα, ο ορεινός όγκος του Ταΰγετου χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο, κυμαινόμενο από 300 m έως 2300 m, παρουσιάζοντας στα μεγάλα υψόμετρα μορφολογία η οποία έχει επηρεαστεί από την τελευταία παγετώδη περίοδο με την ύπαρξη μικρών λιθώνων. Διατέμνεται απο υδρογραφικό δίκτυο παράλληλου τύπου, με διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ (Gaki-Papanastassiou et al., 1996). Οι κύριες κοίτες παρουσιάζονται επιμηκυσμένες, ενώ οι παραπόταμοί τους έχουν περιορισμένη ανάπτυξη. Ο κύριος υδροκρίτης του Ταΰγετου εκτείνεται σε διεύθυνση Β - Ν, ενώ το ανατολικό ορεινό μέτωπο σε διεύθυνση ΒΒΔ - ΝΝΑ, με συνέπεια οι προς Νότο αναπτυσσόμενοι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου να είναι μεγαλύτεροι σε μήκος π.χ. Φτερωτή ρέμα 14 km, και να φθάνουν σε μεγαλύτερα υψόμετρα (2000 m), ενώ στο βόρειο τμήμα (περιοχή Μυστρά), π.χ. Νεροκαρυά ρέμμα, να έχει ανάπτυξη μόνο σε μήκος 5,5 km και να φθάνει σε υψόμετρο 1500 m. Οι λεκάνες απορροής παρουσιάζουν έντονο ανάγλυφο, με χαρακτηριστική την έντονη κατά βάθος διάβρωση στους κύριους κλάδους, σχηματίζοντας φαράγγια.

Η νεότητα του περιγραφομένου αναγλύφου οφείλεται στην πρόσφατη τεκτονική δραστηριότητα της ρηξιγενούς ζώνης των ανατολικών περιθωρίων του Ταΰγετου. Κατά μήκος της ρηξιγενούς αυτής ζώνης παρατηρούνται τραπεζοειδείς και τριγωνικές κλιτύες, αναπτυσσόμενες μεταξύ των φαραγγιών, οι οποίες διακρίνονται ανάλογα της μορφολογικής τους κλίσης σε τρεις κατηγορίες. Οι υψηλότερα ευρισκόμενες έχουν μέση κλίση 20°, οι μέσες 30°, και οι κατώτερες και πλησιέστερες προς την ενεργή βάση του ρήγματος 40° (Σχ. 3). Τα ρέματα, εξερχόμενα του ορεινού μετώπου, έχουν δώσει ριπίδια τα οποία εκτείνονται σε απόσταση 3,5 km, καταλήγοντας στον Ευρώτα. Διακρίνονται δύο γενιές ριπιδίων τα παλαιότερα και πλέον εκτεταμένα παρουσιάζουν μικρότερη μορφολογική κλίση 4-5% και μεγαλύτερη συνεκτικοποίηση του υλικού. Τα νεώτερα παρουσιάζουν μεγαλύτερη μορφολογική κλίση 5-10%, είναι περιορισμένα σε έκταση, και ευρίσκονται πλησιέστερα στη ρηξιγενή ζώνη, παρουσιάζοντας μικρότερη συνεκτικοποίηση. Η πλευρική συνένωση των ριπιδίων δίνει μορφή Bahadas. Σε ορισμένες θέσεις, και ειδικότερα στο νότιο τμήμα, παρατηρούνται κώνοι με περιορισμένη ανάπτυξη, πολύ μεγαλύτερης κλίσης 10-15% με αδρομερές, γωνιώδες υλικό και απουσία λεπτόκοκκου, σε άμεση επαφή με το ορεινό μέτωπο. Η μορφολογία και το είδος του υλικού συνηγορούν στη νεότητα του σχηματισμού αυτού και μπορεί να θεωρηθούν ως αρχή σχηματισμού μιας τρίτης γενιάς ριπιδίων.



Σχ. 3. Σκαρίφημα του νότιου τμήματος του ανατολικού μετώπου του Ταΰγετου.

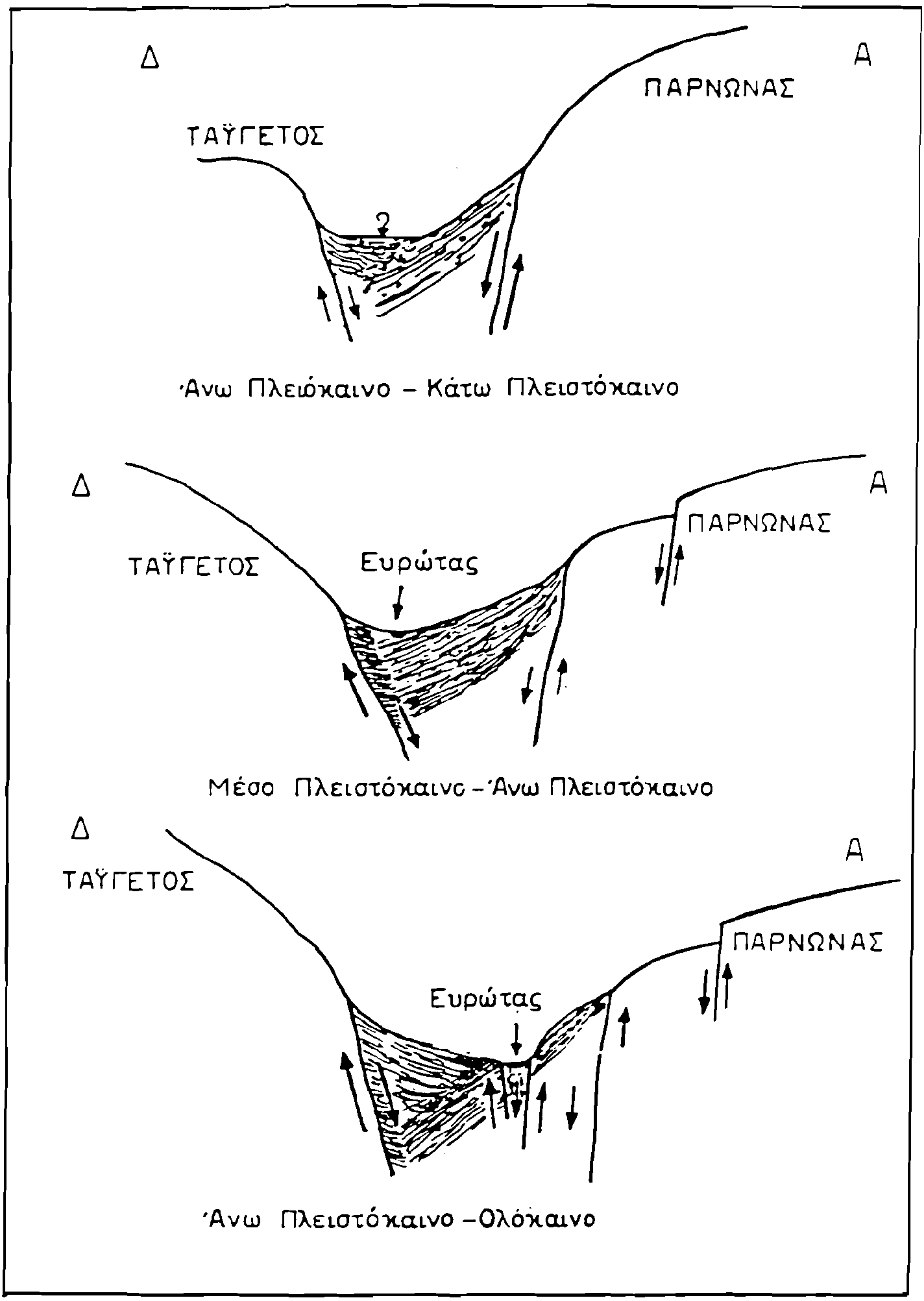
Τα ριπίδια του Πάρνωνα εκτείνονται μέχρι τον Ευρώτα με μορφολογική κλίση 3%, παρουσιάζοντας μία κύρια ζώνη ανάπτυξης, εύρους 5-6 km, μήκους 15 km. Υπολείμματα αυτών των ριπιδίων απαντώνται δυτικά του Ευρώτα, όπως στην περιοχή Αμυκλών, σε υψόμετρα 210 m. Η κοίτη του Ευρώτα ευρίσκεται σε υψόμετρο 150 m, έχοντας εγκυβωτιστεί μέσα στις αποθέσεις των ριπιδίων του Πάρνωνα. Η επιφάνεια των ριπιδίων παρουσιάζεται διαβρωμένη με ανάπτυξη σ' αυτά ακτινωτού υδρογραφικού δικτύου, σε σχέση με την κορυφή του μεγαλύτερου ριπιδίου που ευρίσκεται σε υψόμετρο 520 m (Μονή Άγιοι Τεσσαράκοντα, 7 km ΒΑ της Σπάρτης). Η λεκάνη απορροής του ρέματος Σοφρώνης (Δοχνιάς) που έδωσε κυρίως τις αποθέσεις του μεγαλύτερου ριπιδίου, φθάνει σε υψόμετρο 1800 m (περιοχή Γαϊτανορράχη-Κεντρικός Πάρνωνας). Στις αποθέσεις των ριπιδίων η ύπαρξη κροκαλών από ασβεστολίθους της ζώνης Τρίπολης, η οποία απαντάται κυρίως στον ορεινό όγκο του Πάρνωνά, είναι μία επιπλέον απόδειξη της προέλευσης του υλικού των Πλειο-Πλειστοκαινικών ριπιδίων. Η παλαιότητα δε αυτών υποδεικνύεται επίσης από την καλή συνεκτικοποίηση του υλικού τους. Στη θέση Μενελάιον, όπου ο Ευρώτας τέμνει τις απολήξεις των Πλειοπλειστοκαινικών ριπιδίων του Πάρνωνα, διακρίνονται πλευρικές μεταβάσεις σε Πλειοκαινικές μάργες, υποδηλώνοντας την ύπαρξη μιας Πλειο-Πλειστοκαινικής λίμνης.

Παλαιογεωγραφική Εξέλιξη

Κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο οι ορεινοί όγκοι του Ταΰγετου και Πάρνωνα είχαν μία τελείως διαφορετική μορφολογία, εξαιτίας της τεκτονικής που ήταν πιο ενεργή στον Πάρνωνα, δίνοντας ένα υψηλότερο ανάγλυφο σ' αυτόν, σε αντίθεση με τον τότε χαμηλότερο Ταΰγετο (Σχ. 4α). Στον Πάρνωνα, η έντονη διάβρωση είχε σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό εκτεταμένων ριπιδίων στο δυτικό του μέτωπο ενώ στο τεκτονικό βύθισμα της Σπάρτης υπήρχε επιμηκυσμένη κατά το Ανω Πλειόκαινο λίμνη, εκτεινόμενη προς τον Ταΰγετο, εξαιτίας της μεγάλης ανάπτυξης των ριπιδίων του Πάρνωνα.

Κατά το Κάτω-Μέσο Πλειστόκαινο ακολούθησε περίοδος σχετικής τεκτονικής ηρεμίας, με αποτέλεσμα το σχηματισμό στον Πάρνωνα καρστικοποιημένης επιφάνειας επιπέδωσης. Κατά την ίδια περίοδο θα πρέπει, λόγω της ανάπτυξης των ριπιδίων του Πάρνωνα, η λίμνη να συρρικνώθηκε ή το πιθανότερο να βρήκε διέξοδο προς νότο, στη σημερινή περιοχή της Ποταμιάς. Τη θέση αυτής καταλαμβάνει ο Ευρώτας, επιμηκύνοντας την κοίτη του προς νότο, και συγκεντρώνοντας τα προϋπάρχοντα ρέματα, που κατέληγαν στη λίμνη, αρχίζει να δημιουργεί ένα οργανωμένο υδρογραφικό δίκτυο.

Κατά την περίοδο Μέσο-Άνω Πλειστόκαινο (Σχ. 4β) αρχίζει νέα δραστηριοποίηση των ρηγμάτων ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης. Στον Πάρνωνα, συνέπεια αυτής είναι ο τεμαχισμός της επιφάνειας επιπέδωσης, όπως παρατηρείται στις περιοχές Χρύσαφα και Αγριάνοι. Ο Ταΰγετος, αρχίζει να ανυψώνεται με ταχύτερους ρυθμούς, με αποτέλεσμα την έντονη κατά βάθος διάβρωση και το σχηματισμό ριπιδίων στο ανατολικό μέτωπό του, τα οποία, αναπτυσσόμενα, καλύπτουν τις δυτικές απολήξεις των παλαιότερων ριπιδίων του Πάρνωνα μετατοπίζοντας τον Ευρώτα προς τα ανατολικά. Η κατά βάθος διάβρωση συνεχίζεται με έντονους ρυθμούς, δίνοντας βαθιά φαράγγια, ενώ τα ριπίδια συνέχισαν να αναπτύσσονται προς τα ανατολικά. (Σχ. 4γ). Ο Ευρώτας καταλαμβάνει τη σημερινή του θέση εγκυβωτιζόμενος, λόγω της δραστηριοποίησης μικροτέρων ρηγμάτων διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ. Αυτό πιστοποιείται από την ύπαρξη σειράς λοφίσκων στα δυτικά του Ευρώτα, σε υψόμετρα 204, 206, 213, 214 m, που είναι υπολείμματα των Πλειοπλειστοκαινικών απολήξεων των ριπι-



Σχ. 4. Σκαρίφημα της Παλαιογεωγραφικής εξέλιξης του βυθίσματος της Σπάρτης από το Ανω Πλειόκαινο έως σήμερα.

δίων του Πάρνωνα. Η σειρά αυτών των λοφίσκων, σε διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, παρουσιάζει μέτωπο τύπου «κρημνού γραμμής ρήγματος» προς τα ανατολικά, ορίζοντας τα δυτικά περιθώρια της εγκυβωτισμένης κοιλάδας του Ευρώτα, ενώ αντίστοιχα, τα ανατολικά του περιθώρια ορίζονται από ευθύγραμμο μέτωπο του ιδίου τύπου, τέμνοντας τα Πλειοπλειστοκαινικά ριπίδια του Πάρνωνα, σε υψόμετρα 231, 241 και 251 m.

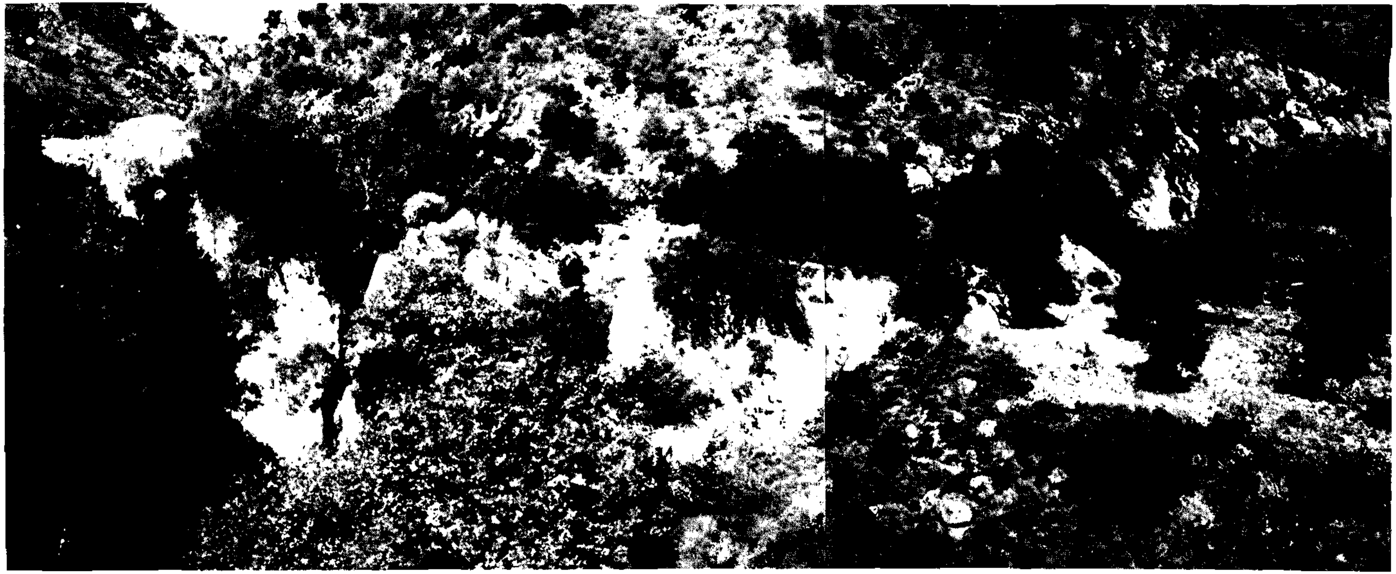
Κατά το Ολόκαινο (Σχ. 4γ) η τεκτονική δραστηριότητα του ανατολικού μετώπου του Ταυγέτου συνεχίζεται δίνοντας την κατώτερη κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος και τη νεώτερη γενιά των κώνων που αναπτύσσονται πλησιέστερα αυτού.

Σεισμοτεκτονικές - Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στο ανατολικό μέτωπο του Ταΰγετου

Το ανατολικό μέτωπο του Ταΰγετου (Σχ. 3), ρήγμα της Σπάρτης, αποτελεί, από μορφοτεκτονική άποψη, μία από τις εντυπωσιακότερες μορφές της Ελλάδας. Στη βάση του μετώπου αυτού και σε μήκος περίπου 20 km παρατηρείται η κατοπτρική επιφάνεια ρήγματος, το οποίο στο κεντρικό τμήμα του φθάνει σ'ένα ύψος 12 m. Επιπλέον το μέτωπο αυτό διασχίζεται από βαθειές χαράδρες με χαρακτηριστική μορφή φαραγγιού wine glass canyon, ενώ οι κατά μήκος τομές των χειμάρρων που τις διαρρέουν παρουσιάζουν μεγάλη κλίση και, ενώ λίγο πριν την έξοδό τους παρατηρείται σημείο κάμψης που φθάνει σε ύψος 2-10 m. (Φωτ. 1). Στο μεταξύ των χειμάρρων τμήμα του μετώπου έχουν δημιουργηθεί τριγωνικές και τραπεζοειδείς επιφάνειες, ενώ στη βάση των κλιτύων παρατηρούνται πλευρικά κορήματα και κώνοι. Στη συνέχεια αναπτύσσονται ριπίδια διαφορετικών γενεών που φθάνουν έως τον Ευρώτα. Σε πολλά σημεία του καθρέπτη, υπολείμματα του τεκτονικού λατυποπαγούς είναι ακόμα ορατά, ενώ σε άλλες θέσεις το ρήγμα έχει διαρρήξει συνεκτικά πλευρικά κορήματα που σε μορφή πρίσματος ευρίσκονται σε επαφή με την κατοπτρική επιφάνεια. Όλα τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά συνηγορούν σε πρόσφατη δραστηριοποίηση του ρηξιγενούς αυτού μετώπου.

Σεισμικότητα της περιοχής

Για τη μελέτη της σεισμικότητας συγκεντρώθηκαν αφ' ενός μεν ιστορικές πληροφορίες αφ' ετέρου δε εξετάσθηκαν τα αρχεία του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για την ενόργανη σεισμικότητα της περιοχής.



Φωτ. 1. Εξοδος του ρέμματος Μαρουσώ. Διακρίνεται η κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος και το σημείο κάμψης που έχει δημιουργηθεί απο πρόσφατες δραστηριοποιήσεις.

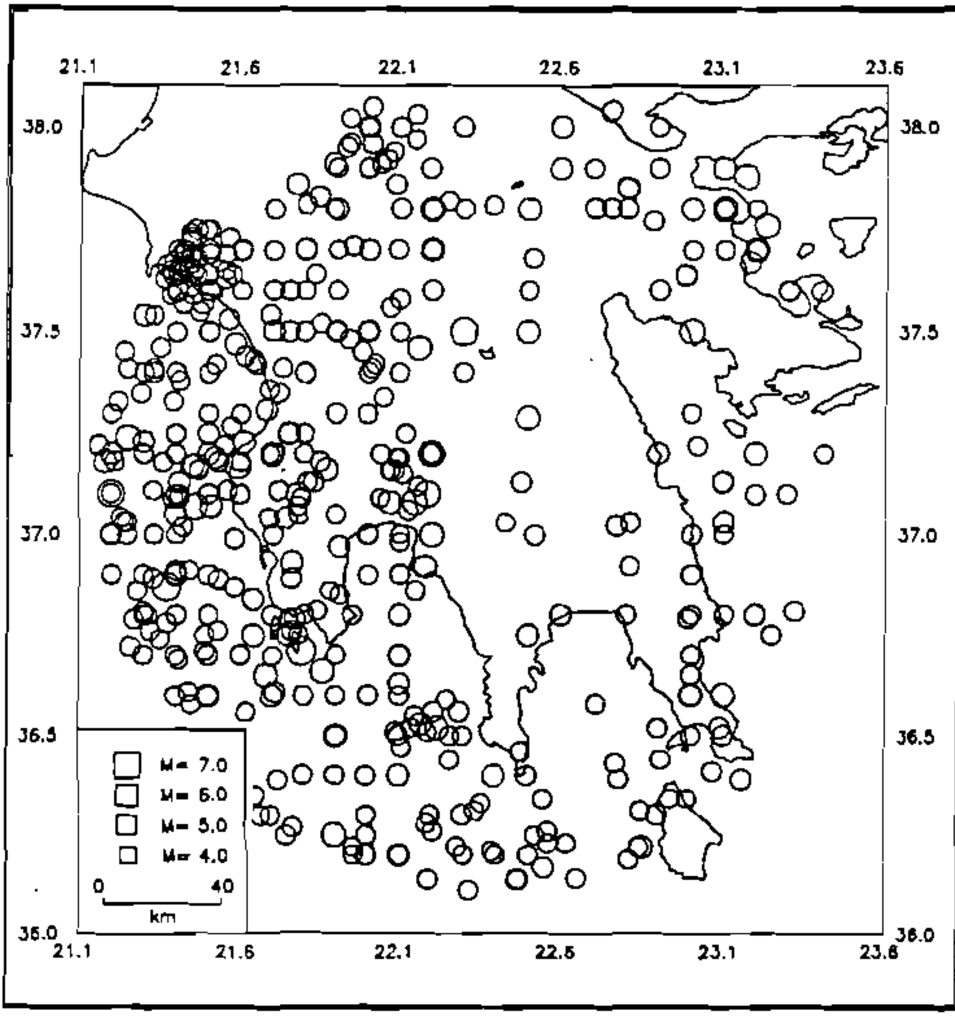
Εξετάζοντας την ιστορική σεισμικότητα της περιοχής (Γαλανόπουλος 1955, Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1989), διαπιστώνεται ότι κατά τη διάρκεια των 6ου και 5ου π.Χ. αιώνα ήταν πολύ έντονη. Κατά το διάστημα αυτό αναφέρονται αρκετοί καταστροφικοί σεισμοί όπως το 550, 496 και 464 π.Χ. Από αυτούς, ο σεισμός του 464 π.Χ. αναφέρεται από πάρα πολλούς ιστορικούς, όπως το Θουκυδίδη (στον Πελοποννησιακό πόλεμο), τον Παυσανία (στα Λακεδαιμονικά), τον Εύφορο, το Διόδωρο το Σικελό, τον Κικέρωνα, το Στράβωνα, τον Πλίνιο, τον Πλούταρχο (στον Κίμωνα), ακόμη από τον Αριστοφάνη (στη Λυσιστράτη και στους Αχαρνείς).

Ο σεισμός ήταν καταστροφικότατος για την πόλη της Σπάρτης. Μόνο 5 οικίες δεν κατέρρευσαν και σκοτώθηκαν περισσότεροι από 20.000 άνθρωποι. Σε γυμναστήριο που εγυμνάζονταν έφηβοι και παιδιά, εξαιτίας του σεισμού κατέρρευσε το γυμναστήριο, σκοτώνοντας τους εφήβους, ενώ τα παιδιά γλύτωσαν γιατί λίγο πριν το σεισμό βγήκαν έξω για να κυνηγήσουν έναν λαγό που είχε εμφανιστεί. Ο τάφος των εφήβων ονομάστηκε «Σεισματίας». Ο σεισμός αυτός, πέρα από τις μεγάλες υλικές ζημιές που προξένησε στην πόλη της Σπάρτης, προκάλεσε και μεγάλη κοινωνική αναστάτωση. Οι είλωτες βρήκαν την ευκαιρία και έφυγαν προς τη Μεσσηνία, όπου οι Μεσσήνιοι είχαν επαναστατήσει κατά των Λακεδαιμονίων, αναγκάζοντας τους Σπαρτιάτες να ζητήσουν βοήθεια από τους Αθηναίους.

Οι Armijo et al., (1992), θεωρούν ότι ο σεισμός του 464 π.Χ. πρέπει να συσχετιστεί με την πιο πρόσφατη δραστηριοποίηση της ρηξιγενούς αυτής ζώνης. Αυτό σημαίνει ότι ο ρυθμός επανάληψης της δραστηριότητας αυτής είναι περισσότερο από 2.500 χρόνια.

Στο Σχ. 5 φαίνονται τα επίκεντρα των σεισμών με εστιακό βάθος μικρότερο των 20 km , που καταγράφηκαν απο το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο τον παρόντα αιώνα και συνέβησαν σε απόσταση 110 km, δηλαδή μίας γεωγραφικής μοίρας, από την πόλη της Σπάρτης. Είναι φανερό ότι η σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής της Σπάρτης συγκρινόμενη με αυτή άλλων περιοχών της Πελοποννήσου, όπως της Ηλείας, της βόρειας Πελοποννήσου, των παραλίων της νοτιοδυτικής Πελοποννήσου και της περιοχής των Κυθήρων, είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Εξετάζοντας τους σεισμούς που έγιναν ιδιαίτερα αισθητοί στην περιοχή της Σπάρτης και οι οποίοι προκάλεσαν ζημιές (Πίν. 1) προκύπτει ότι προέρχονται είτε από γειτονικές περιοχές όπως οι σεισμοί του 1898, 1899 και 1965 (Αρκαδία και Μεσσηνία) είτε από τον Λακωνικό κόλπο και τα Κύθηρα έχοντας όμως ενδιάμεσα εστιακά βάθη (βάθος εστίας μεταξύ 60-120 km). Τέτοιοι ήταν οι σεισμοί του 1903, 1926 και του 1927. Οι σεισμοί της 17 Σεπτεμβρίου 1949, με μέγεθος M = 5.2, και της 13 Απριλίου 1955, με μέγεθος M = 5.7, προκάλεσαν σημαντικές ζημιές παρ' όλο το μικρό τους μέγεθος, πρέπει να προέρχονται από κάποια κοντινή σεισμική εστία χωρίς όμως να είναι δυνατόν αυτή να συνδεθεί με τη ρηξιγενή ζώνη του Ταΰγετου ή με κάποια άλλη που ευρίσκεται στον Πάρνωνα.

Γίνεται επομένως φανερό ότι μία νέα επαναδραστηριοποίηση του ρήγματος αυτού, αποτελεί τον κυριότερο φυσικό κίνδυνο για τη σύγχρονη πόλη της Σπάρτης με όλες τις άμεσες και έμμεσες συνέπειες που συνοδεύουν ένα τέτοιο φαινόμενο.



Σχ. 5. Χάρτης όπου φαίνονται οι ενόργανα κατεγραμμένοι σεισμοί, M4 ≥ 0, που συνέβησαν τον παρόντα αιώνα σε απόσταση 110 km απο την Σπάρτη.

Ημερομηνία	Ώρα, λεπτά	Παρατηρήσεις
2-6-1898	23:45	Μετρίως ισχυρή δόνηση. Όλοι οι κάτοικοι εξήλθον των οικιών. Το επίκεντρο τοποθετείται στην Αρκαδία.
22-1-1899	09:45	Τρεις δονήσεις εκ των οποίων οι δύο πρώτες ισχυρές και η τρίτη ασθενής. Δημιουργήθηκαν ρωγμές μόνο στους δυτικούς και ανατολικούς τοίχους. Το ρολόι της εκκλησίας σταμάτησε. Τα επίκεντρα των δονήσεων τοποθετούνται στη Μεσσηνία.
11-8-1903	05:55	Ισχυρή δόνηση. Ρωγμές στους ανατολικούς τοίχους των σπιτιών. Το επίκεντρο της δόνησης τοποθετείται στα Κύθηρα.
30-8-1926	11:38	Ισχυρότατη δόνηση, ενδιομέσου βάθους, μεγέθους Μ = 7.0, εντάσεως VIII-IV βαθμών, με επίκεντρο την περιοχή Νεαπόλεως της Λακωνίας (36° - 90 Β - 23° - 25 Α). Προηγήθηκε ελαφρό δόνηση. Στη Σπάρτη 18 σπίτια υπέστησαν σοβαρές ζημιές και άλλα 60 ελαφρές. Στις γειτονικές περιοχές αρκετά σπίτια υπέστησαν σημαντικές ρωγμές, στην πλειονότητα κατακόρυφες και μερικά έπεσαν. Επίσης βράχοι αποσπάστηκαν από την ανατολική πλευρά του Ταΰγετου και κύλισαν προς τα χαμηλότερα.
1-7-1927	08:20	Ισχυρή δόνηση εντάσεως VII-VIII βαθμών, με επίκεντρο την Δυτική Λακωνία, Οίτυλο, (36° - 75 Β - 22° - 25 Α), ενδιομέσου βάθους και μέγεθος Μ = 6.9. Παρατηρήθηκαν ελαφρές ρωγμές σε τοίχους σπιτιών, η καμινάδα ενός εργοστασίου έπεσε και σημειώθηκαν μικρές κατολισθήσεις στις κλιτείς του Μενελαίου.
17-9-1949	11:30	Ισχυρή δόνηση Μ = 5.2, με επίκεντρο την Γραμμούσα, σημερινό Αμπελοχώριο, (37° - 00 Β - 22° - 75 Α). Του σεισμού προηγήθηκε 2 ώρες πριν ισχυρός προσεισμός. 8 οικίες της Γραμμούσης κατέρρευσαν και πολλές άλλες υπέστησαν σοβαρές ρωγμές. Οι μετασεισμοί στην περιοχή αυτή εξακολούθησαν με ελαφρές δονήσεις και μετά την 10η Μαρτίου του επομένου έτους.
13-4-1956	20:46	Ισχυρή δόνηση με επίκεντρο τη περιοχή βόρεια της Σπάρτης, (37° - 25 Β - 22° - 25 Α), Μ = 5.7. Αισθητή στη Σπάρτη με ένταση VIII βαθμών. Ο σεισμός προκόλεσε σημαντικές ζημιές στα χωριά Κυπαρίσσι, Λογγανίκος, Βεργαδέικα, Φουντέικα, Γεωργίτσι, Αγίας Κωνσταντίνας και Περιβόλια όπου αρκετές οικίες κατέρρευσαν και πολλές κατέστησαν ακατοίκητοι. Στο χωριό Κυπαρίσσι κατεστράφησαν εντελώς οκτώ οικίες ενώ άλλες οκτώ υπέστησαν σοβαρές ζημιές, στον Λογγανίκο υπέστησαν σοβαρές ζημιές επτά οικίες, στο Βεργαδέικο κατέρρευσε μία οικία ενώ υπέστησαν σοβαρές ζημιές τρεις οικίες, στα Περιβόλια κατέρρευσαν τέσσερες οικίες ενώ κατέστησαν ακατοίκητοι είκοσι.
5-4-1965	03:12	Δόνηση με επίκεντρο την Αρκαδία (37° - 80 Β - 22° - 00 Α), Μ = 5.4. Αισθητή στη Λακωνία με ένταση IV βαθμών στη Σπάρτη και το Μυστρά, σε 4 περιοχές του νομού 10 σπίτια καταστράφηκαν, 21 υπέστησαν σοβαρές ζημιές και 8 ελαφρές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Σεισμικές δονήσεις του παρόντα αιώνα οι οποίες έγιναν πολύ αισθητές και προκάλεσαν ζημιές στην ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα μελέτη εξετάσθηκε η ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης απο γεωμορφολογική και σεισμοτεκτονική άποψη. Γίνεται φανερό ότι πρόκειται για μία ενεργή περιοχή η οποία έχει υποστεί μία σειρά εξελικτικών φάσεων κατά το Τεταρτογενές.

Κατά το Πλειο-Πλειστόκαινο ο Πάρνωνας παρουσίαζε έντονη τεκτονική δραστηριότητα με συνεπαγόμενες έντονες διεργασίες διάβρωσης και δημιουργία εκτεταμένων ριπιδίων στις δυτικές παρυφές του. Αντίθετα η τεκτονική δραστηριότητα απο το Μέσο Πλειστόκαινο έως σήμερα εντοπίζεται στον Ταΰγετο με χαρακτηριστική εμφάνιση ενεργού μετώπου με χαρακτηριστικές τραπεζοειδείς και τριγωνικές κλιτείς, φαραγγιών, σημείων κάμψης, ριπιδίων και κώνων κορημάτων ενώ στη βάση του εντοπίζεται το ενεργό ρήγμα του Ταΰγετου.

Αν και η ενόργανη σεισμικότητα της περιοχής δεν είναι σημαντική, εν τούτοις τα μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά του ανατολικού μετώπου του Ταΰγετου και η ιστορική σεισμικότητα του ρήγματος υποδεικνύουν ότι επαναδραστηριοποίηση του ρήγματος του Ταΰγετου αποτελεί ίσως τον μεγαλύτερο φυσικό κίνδυνο για την πόλη της Σπάρτης.

Βιβλιογραφία

Armijo, R., H. Lyon-Caen and D. Papanastassiou. (1991). A possible normal fault rupture for the 464 B.C. Sparta earthquake, Nature, 351, 137-139.

Bizon, G., and F. Thiebault. (1974). Donnés nouvelles sur l' âge des marlbes et quarzites du Taygéte (Péloponnése meridional, Grèce), C.R. Acad. Sc. Paris, 278, 9-12.

Γαλανόπουλος, Α. (1955). Σεισμική γεωγραφία της Ελλάδος. Αθήνα.

Dercourt, J. (1964). Contribution à l' ètude géologique d' un secteur du Péloponnèse septentrional. Ann. Geol. Pays Hellen., 15, 1-418.

Dufaure, J.J. (1975). Le relief du Péloponnése. These, Paris.

Fleury, J.J. (1980). Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grèce continental et Péloponnése du Nord). Evolution d' une plateforme et d' un bassin dans le carde alpin. Publ Soc. Geol. Nord, 4.

Gaki-Papanastassiou, K., Papanastassiou D. and H. Maroukian. (1996). Geomorphic and archaeological-historical evidence of past earthquakes in Greece. Annali di Geofisica, 34, 3, 589-601.

Jacobshagen, V. (1979). Structure and geotectonic evolution of the Hellenides. VII Coll. Geol. Aegean Region, Athens 1977, 3, 1355-1367.

Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ). (1989). Σεισμοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας, κλίμακας 1:500.000,

Ktenas, C. (1924). Formation primaires semimétamorphiques au Péloponnèse central, C.R. somm. Soc. Geol. France, 61-63.

Λέκκας, Σ. (1978). Συμβολή στη γεωλογική δομή της περιοχής ΝΑ Τριπόλεως. Διδακτορ. Διατρ. Παν/μιο Αθηνών.

Μαριολάκος, Η. (1976). Σκέψεις και απόψεις επί ωρισμένων προβλημάτων της Γεωλογίας και Τεκτονικής της Πελοποννήσου. Ann Geol. Pays Hellen. 27, 215-313.

Παπονικολάου, Δ. (1986). Γεωλογία της Ελλάδας.

Παποζάχος, Β.Κ. και Κ.Β. Παπαζάχου. (1989). Οι σεισμοί της Ελλάδας, 356 σ., Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη,

Psarianos, P. (1965). Beitrage zur Kenntnis des Neogenes des Peloponnes (Lakonia). Ann Geol. Pays Hellen. 6, 151-184.

Philippson, A. (1892). Der Peloponnes, Verlag Friiedlander, 642, Berlin.

Σκαρπέλης, Ν. (1982). Μεταλλογένεση συμπαγών θειούχων μεταλλευμάτων και πετρολογία της εξωτερικής μεταμορφικής τεκτονικής ζώνης των Ελληνίδων (ΝΑ, Πελοπόννησος) Διδακτορ. Διατρ. Παν/μιο Αθηνών.

Thiebault, F. (1977). Etablissement du caractère Ionien de la série des calcshistes et marbles (plattenkalk) en fenêtre dans le massif du Taygète (Péloponnèse, Grèce), C.R. somm. Soc. Geol. France 3, 159-161.

Φυτρολάκης, Ν. (1980). Η γεωλογική δομή της Κρήτης. Διατριβή για Υφηγεσίο ΕΜΠ.

Ψαριανός, Π. (1955). Συμβολή εις την γνώσιν του Νεογενούς της Πελοποννήσου (Λακωνία). Διατριβή επί Υφηγεσία, Αθήνα.

Landform evolution using Discrete Markov chains

Th. Gournellos

Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολαγίας Πανεπιστημιούπολη, 15784 Αθήνα

Περίληψη

Σε αυτό το άρθρο παρουσιάζεται ένα μοντέλο εξέλιξης του γήινου αναγλύφου βασισμένο στη θεωρία των πιθανοτήτων. Οι κύριες παράμετροι που λαμβάνονται υπ' όψιν είναι η διάβρωση, η ανύψωση της περιοχής και ο χρόνος.

Έτσι το ανάγλυφο μπορεί να ταξινομηθεί σε μερικά περιγραφικά στάδια εξέλιξης, τα οποία θεωρούνται διάφορες καταστάσεις (states) ενός συστήματος.

Η ανάλυση του παραπάνω συστήματος γίνεται χρησιμοποιώντας τις διακριτές αλυσίδες Markov. Οι εξαγάμενοι πίνακες μας δίνουν όλα τα στοιχεία για την εξέλιξη του συστήματος στον χρόνο.

Abstract

In this paper I present a model for a long term landform evolution based on a *probability* theory. The main factors which were taken into account were the erosion, the magnitude of uplift and the *time*. Based on these factors the landforms can be classified into numerous descriptive stages, which are treated as the stages of a system. The analysis of the above system is achieved by using discrete Markov chains. The resulting matrices give a *clear* picture of the system evolution.

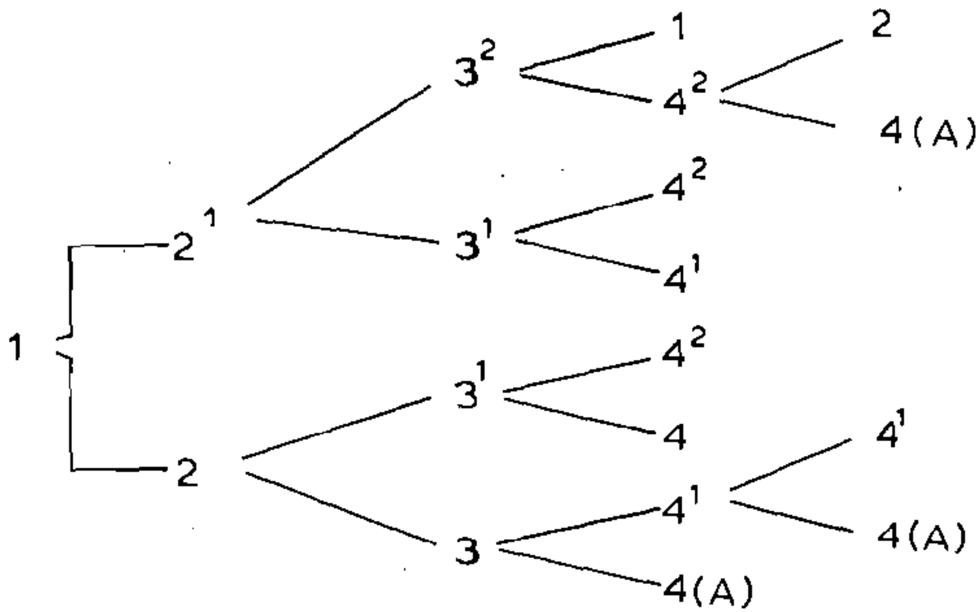
Introduction

The most *influential* long-term landscape models are certainly those proposed by Davis (1698) and Penck (1924). Nowadays our knowledge about the factors which are responsible for the landform development is much better than in the past.

We dispose a vast data concerning exogenic or endogenic processes, but even now the extreme interrelations between the different factors and process render probability models more appropriate to formulate.

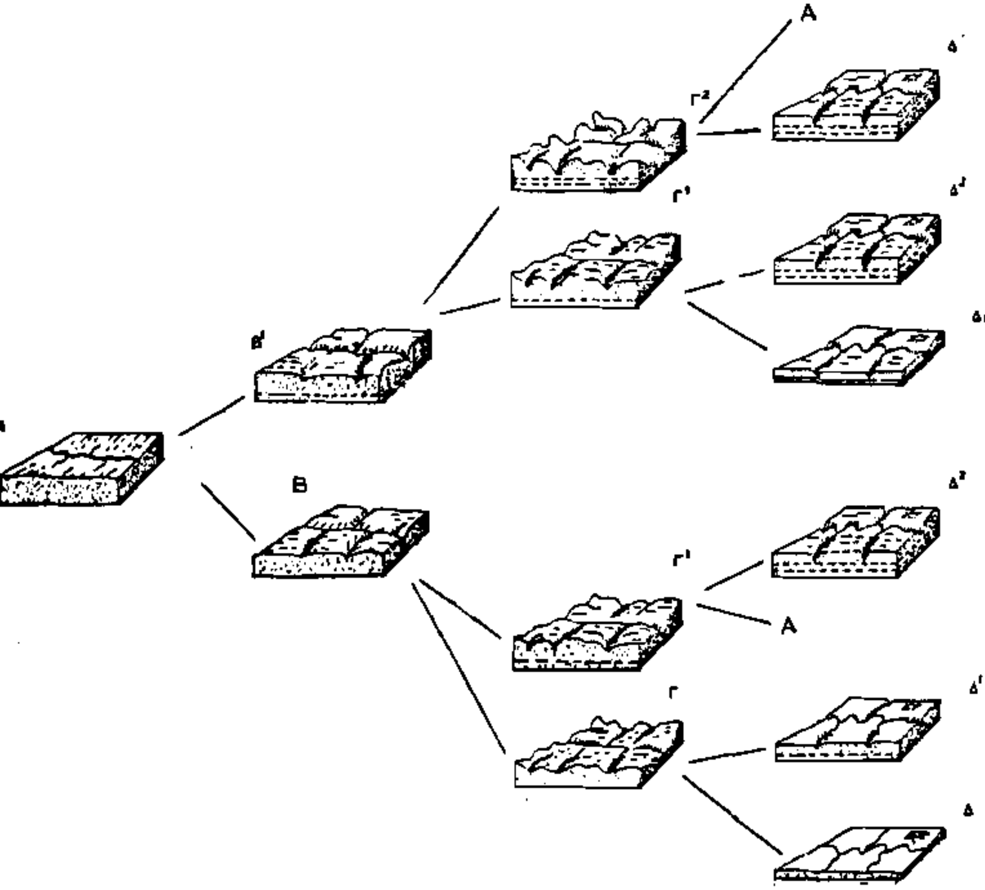
A Markov chain Model

In this paper we suppose that the landforms can be classified into numerous descriptive stages mainly of erosion, the magnitude of the uplift and subsidence, and the time. Supposedly the climate has to be humid-temperate, but with few modifications the proposed model can be applied to different climatic conditions. Some geometric stages are shown in Fig. 1. I assume an evolutionary sequence of stages (Fig. 2), this means that from an initial relatively flat relief (stage 1) there are two possibilities. First a normal evolution without an uplift to stage 2 with probability P(t) and second, a contemporaneous uplift and the passage to stage 2^1, with probability q(t), (Fig. 3).



Σχ. 1. The evolutionary sequence of the used stages.

In this scheme (Fig.1, 2) the numbers 1, 2, 3 and 4 represent normal evolution of the Landform, the upper index (ex. 21) shows the periods of uplift. Finite Markov chains have been studied by many authors as FRECHET (1938), CHUNG (1967), FELLER (1968), IOSIFESCU (1979), BHAT (1972).



Σχ. 2. The Landform development of the geomorphological stages.

To apply discrete Markov chains to Landform development we firstly define the states (stages) of the system. Fig. 1 contains all the stages and their mutual transitions. It must be noted that we assumed that there is an upper limit for the uplift movement (reflective state), meaning that the landform can not grow infinitely. The second step is to analyze this process and to formulate the transition matrix and put it in its canonical form.

$$A = [P_{ij}] \qquad A = \begin{bmatrix} I & O \\ R & Q \end{bmatrix}$$

	4	1	2	2^1	3	3^1	3^2	4^1	4^2
4	1								
1			p	q					
2					p	q			
2^1						p	q		
3	p							q	
3^1								p	q
3^2		q							p
4^1	p							q	
4^2	p		q						

$p = 0{,}6 \qquad q = 0{,}4$

$$I-Q = \begin{bmatrix} 1 & -0{,}6 & -0{,}4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -0{,}6 & -0{,}4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -0{,}6 & -0{,}4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -0{,}4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -0{,}6 & -0{,}4 \\ -0{,}4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -0{,}6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}6 & 0 \\ 0 & -0{,}4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad M_1 = \begin{bmatrix} 4.67127 \\ 3.16239 \\ 4.43458 \\ 1.66667 \\ 2.90598 \\ 4.22748 \\ 1.66667 \\ 2.26946 \end{bmatrix} \qquad L_1 = \begin{bmatrix} 0{,}98 \\ 0{,}99 \\ 0{,}98 \\ 0{,}99 \\ 0{,}98 \\ 0{,}98 \\ 0{,}99 \\ 0{,}96 \end{bmatrix}$$

$p = 0{,}4 \qquad q = 0{,}6$

$$I-Q = \begin{bmatrix} 1 & -0{,}4 & -0{,}6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -0{,}4 & -0{,}6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -0{,}4 & -0{,}6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -0{,}6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -0{,}4 & -0{,}6 \\ -0{,}6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -0{,}4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}4 & 0 \\ 0 & -0{,}6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad M_2 = \begin{bmatrix} 6.79717 \\ 4.54082 \\ 6.63474 \\ 2.50000 \\ 4.23469 \\ 6.56810 \\ 2.50000 \\ 3.72449 \end{bmatrix} \qquad L_2 = \begin{bmatrix} 0{,}98 \\ 0{,}99 \\ 0{,}99 \\ 0{,}99 \\ 0{,}99 \\ 0{,}99 \\ 1 \\ 0{,}99 \end{bmatrix}$$

Σχ. 4. The final matrices of the two examples.

Where, I : the identity matrix which corresponds to the unique absorbing state,

Q : the matrix of probabilities of transient states,

R : the matrix of probabilities from transients to recurrent state.

We can now proceed to find the fundamental matrix M.

Two simple examples:

The fundamental problem to apply such a model is to construct a transition probability matrix which better represents the geotectonic position of a Landform. This means to assign the appropriate values of probabilities to the above evolutionary scheme.

In the first application we assume that $P(t) = 0{,}6$ $q(t) = 0{,}4$. This example refers to an area where erosion dominates and uplift movements are less important.

The resulting fundamental matrix is: M_1 and the matrix L_1 (Fig. 4) gives the expected number of states the system spent in the transient states prior to absorption (the total denudation of the relief).

In the second example we assume that $P(t) = 0{,}4$ $q(t) = 0{,}6$. In this case we assume a high probability for uplift movements and low probabilities for erosion. Here the fundamental matrix is M_2 and the matrix giving the expected number of changes before the chain enters the absorbing state is L_2 (Fig. 4).

Conclusions

From the above two simple applications it is obvious that in the first case where erosion is more probable than uplift a rapid decay of relief will result. The matrices M1 and L1 suggest that the whole process will finish relatively rapidly, the number of changes at states are relatively small. The same is valid also for the variety of relief forms. On the contrary in the second case, where the uplift movements dominate, a repeated constructional process will be present. The results from the matrices, show that the whole system will pass from many Landform stages, before its total denudation.

Bibliography

Bhat, U.N. (1972). Elements of applied stochastic process. New York: Wiley.

Chung, K.L. (1967). Markov Chains, Part I. New York: Springer-Verlag.

Davis, W.M. (1899). The geographical cycle. Geographical Journal 14, 4811-504.

Feller, W. (1968). An introduction to probability theory and its applications, 3rd ed. New York: J. Wiley and Sons.

Frechet, M. (1938). Recherches theoriques modernes sur le calcul des probabilites. Second livre. Methodes des fonctios arbitraires. Theorie des evenements en chaine dans le cal d' un nombre fini d'etats possible. Paris, Hermann. (Reprinted in 1952 with a new supplement and a note of Paul Levy).

Iosifescu M. (1979). Finite Markov processes and their applications, New York: J. Wiley and Sons, p. 289.

Penck. (1924). Die Morphologiche Analyse; ein Kapital der Physikalischen Geologie. Stuttggart. Trans. CZECH, H. and BOSWELL, K.C. (1954). Morphological analysis of landforms. London.

Γεωμορφολογική μελέτη της Θήρας - Σύνθεση Παλαιοανάγλυφου

Θ. Γκουρνέλλος, Δ. Βαϊόπουλος*, Α. Βασιλόπουλος** και Ν. Ευελπίδου****

Τομέας Γεωγραφίας - Κλιματολογίας

**Πανεπιστημιούπολις, 157 84 Αθήνα.*

*** Τυμφρηστού 56, Χαλάνδρι, 152 34 Αθήνα.*

**** Μαιάνδρου 59, Ν. Φιλαδέλφεια, 143 41 Αθήνα.*

Περίληψη

Το νησί της Θήρας αποτελείται από ένα υπόβαθρο ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων και μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Το υπόβαθρο αυτό καλύπτεται από μία σειρά ηφαιστειακών σχηματισμών. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα που άρχισε πριν 1,6 εκατομμύρια χρόνια, συνεχίζεται ακόμα και είναι κυρίως υπεύθυνη για την υπάρχουσα τοπογραφία. Σκοπός αυτής της εργασίας, είναι η μελέτη των γεωμορφών των νησιών της Σαντορίνης. Δεδομένης της περιπλοκότητας αυτής της ηφαιστειακής δραστηριότητας χρησιμοποιήσαμε στατιστικές μεθόδους για την ανάλυση των ποικίλων γεωμορφολογικών ενοτήτων και διάφορα λογισμικά προγράμματα υπολογιστών, για να αναπαραστήσουμε τις διαφοροποιήσεις του αναγλύφου.

Abstract

The island of Thera consists of a basement of recrystallized limestones and metamorphosed rocks. This basement is covered by a sequence of volcanic formations. The volcanic activity which started about 1.6 m.y. ago, is still operating and is mainly responsible for the actual topography.

The aim of this paper is to study the landforms of the islands of Santorini. Given the complexity of this volcanic evolution, we have used statistical methods to analyze the various geomorphological units and different software programs to visualize the differences of the relief.

Εισαγωγή

Το νησί της Θήρας έχει αποτελέσει αντικείμενο πάρα πολλών εργασιών, σε ένα ευρύ φάσμα επιστημών (Lacroix 1896, Padang 1936, Marinatos 1972, Ninkovich 1965, Galanopoulos 1958, 1971, Heinek-Mac-Coy 1984, 1994, Fytikas et al. 1984, Velitzelos (1986), Skarpelis Liati (1987), Lagiow (1989). Παρ' όλα αυτά οι γεωμορφαλογικές αναφορές σπανίζουν.

Από στρωματογραφική άποψη το σύμπλεγμα των νήσων της Σαντορίνης αποτελείται κυρίως από δύο κατηγορίες πετρωμάτων. Έτσι το υπόβαθρο της Θήρας αποτελείται από Τριαδικούς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθαυς και Δολομίτες (Παπασταματίου, 1958), από Ηωκαινικούς φυλλίτες (Τάταρης, 1964) και μία Μειοκαινική γρανιτική διείσδυση (Σκαρπέλης και Liati, 1987). Η δεύτερη κατηγορία πετρωμάτων που καθολικά κυριαρχεί στη Θήρα είναι μία συνεχή σειρά ηφαιστειακών πραϊόντων, που ξεκινά από 1,6 περίπου εκατομμύρια χρόνια (Ferrara et al., 1980) και φτάνει μέχρι τη σύγχρονη εποχή.

Η ηφαιστειακή σειρά της Σαντορίνης χαρακτηρίζεται από μία εναλλαγή ηφαιστειακών λαβών και κίσσηρης (Pichler and Kussmaul 1980, Druit et al., 1989). Γενικά οι διάφοροι συγγραφείς διακρίνουν τρεις ορίζοντες κίσσηρης, την λεγόμενη κάτω, μέση και άνω σειρά κίσσηρης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ανώτερη σειρά κίσσηρης είναι αποτέλεσμα της Μινωϊκής έκρηξης που χρονολογείται γύρω στα 1500 π.Χ. (Γαλανόπουλος, 1958, Seward, 1980, κ.ά.).

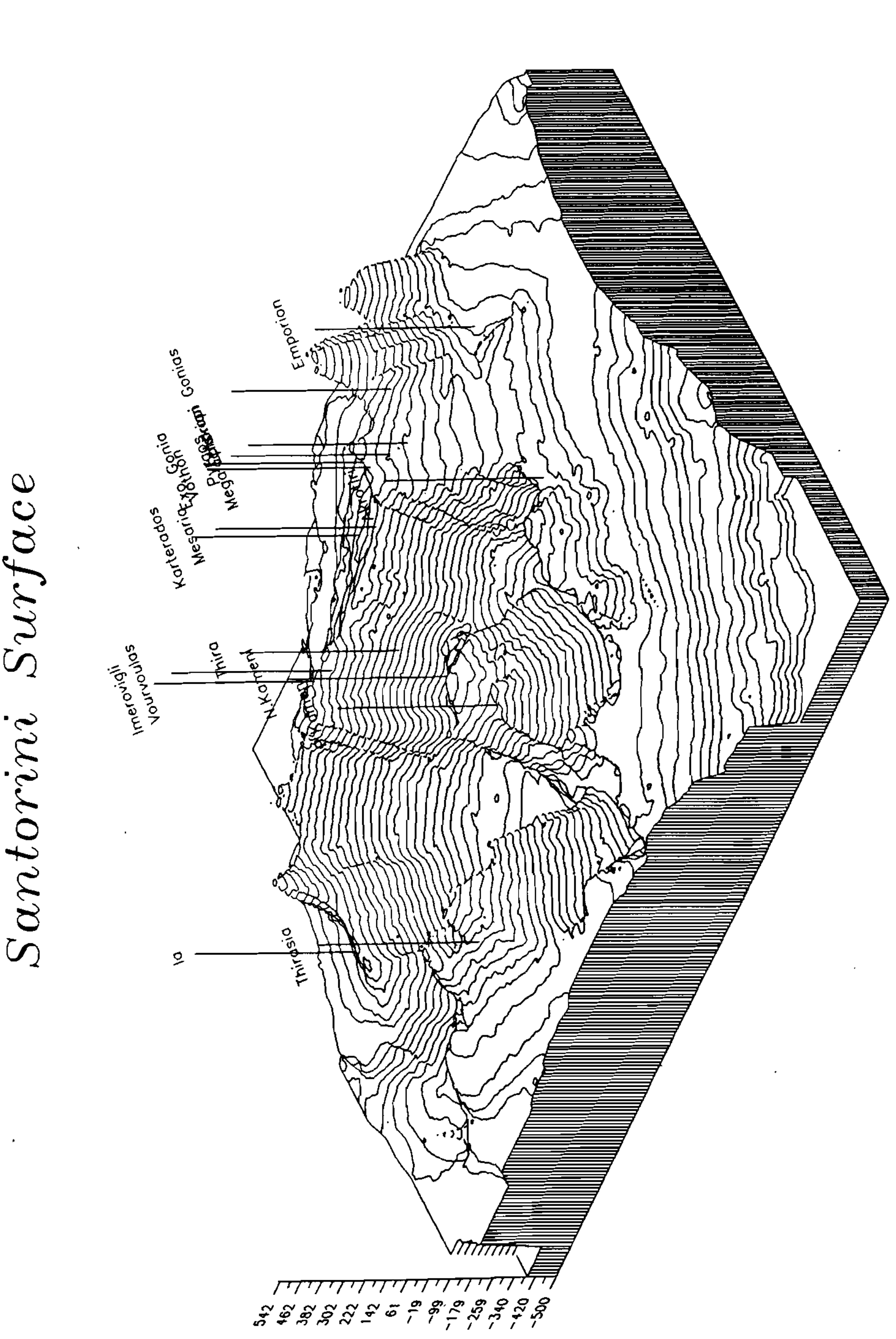
Γεωμορφολογική Ανάλυση

Για την μελέτη της γεωμορφολογίας της Σαντορίνης πέρα από την έρευνα υπαίθραυ έγινε ψηφιοποίηση του τοπογραφικαύ χάρτη της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:50.000 (έγινε εισαγωγή 80.000 σημείων). Έτσι με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή επιτεύχθηκε αφ' ενός μεν υψομετρική ανάλυση των διάφορων γεωμορφολογικών ενοτήτων και αυτόματη χάραξη τοπογραφικών τομών, αφ' ετέρου δε τρισδιάστατη απεικόνιση του αναγλύφου της Σαντορίνης (Σχ. 1) καθώς και των υποθαλάσσιων λεκανών της (Σχ. 2).

Οι κύριες γεωμορφολογικές ενότητες της Σαντορίνης είναι:

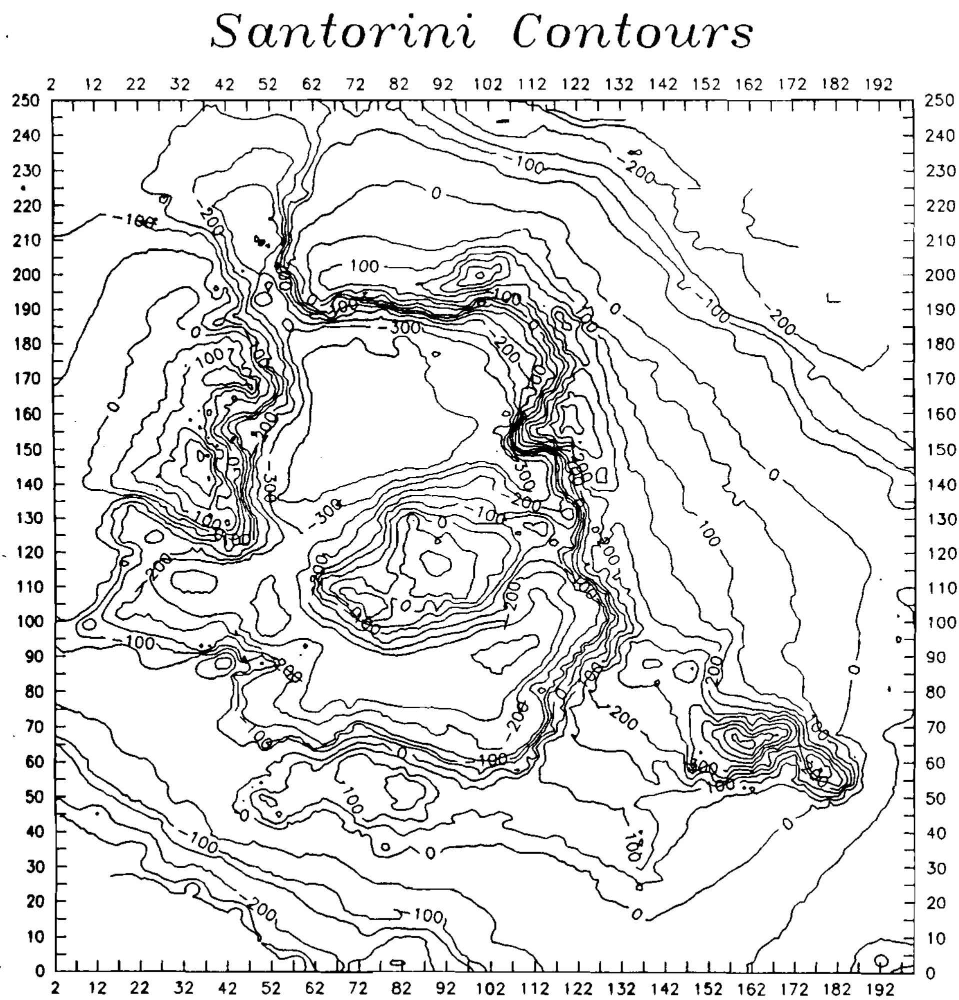
– **Η Ασβεστολιθική ενότητα** (Προφήτη Ηλία - Βλυχάδα)

Πρόκειται για σχηματισμό που βρίσκεται στα νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου, αποτελούμενο κύρια από κρυσταλλικούς ασβεστολίθους, δο-



Σχ. 1. Τρισδιάστατη απεικόνιση του αναγλύφου της Σαντορίνης.

λομίτες και φυλλίτες που αντιπροσωπεύουν το προηφαιστειακό ανάγλυφο της Θήρας.



Σχ. 2. Οι ισοβαθείς της Σαντορίνης που οριοθετούν τις υποθαλάσσιες λεκάνες.

– **Τα ηφαιστειακά συμπλέγματα** (Μ. Βουνό - Μικρού Προφήτη Ηλία - Σκάρου) που διακρίνονται στο Βόρειο τμήμα της νήσου και αποτελούνται κύρια από ανδεσιτικές λάβες.

– **Η Ασβεστολιθική ενότητα** (Προφήτη Ηλία - Βλυχάδα)

Πρόκειται για σχηματισμό που βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου, αποτελούμενο κύρια από κρυσταλλικούς ασβεστολίθους, δολομίτες και φυλλίτες που αντιπροσωπεύουν το προηφαιστειακό ανάγλυφο της Θήρας.

– **Τα ηφαιστειακά συμπλέγματα** (Μ. Βουνό - Μικρού Προφήτη Ηλία - Σκάρου) που διακρίνονται στο Βόρειο τμήμα της νήσου και αποτελούνται κύρια από ανδεσιτικές λάβες)

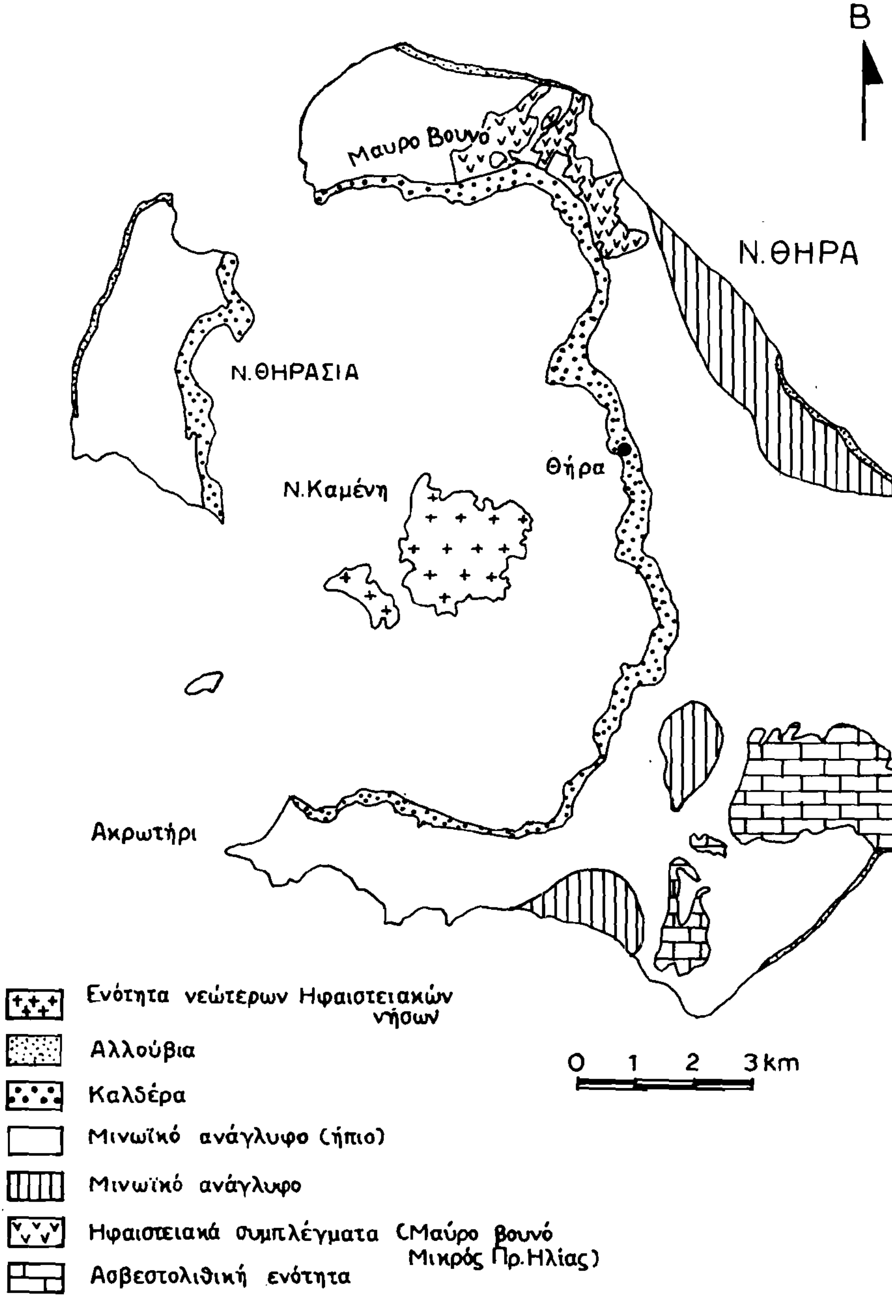
– **Το Μινωϊκό ηφαιστειακό ανάγλυφο** που πρόκειται για ημισελινοειδή μορφή που είναι η κύρια μορφή της Θήρας καθώς και της Θηρασίας. Το διακρίνουμε σε δύο υποενότητες:
α) Ένα σχετικά έντονο ανάγλυφο όπως φαίνεται στο Σχ. 3
β) Ένα σχετικά ήπιο ανάγλυφο Σχ. 3.

– **Η ενότητα των νεώτερων ηφαιστειακών νήσων** που πρόκειται για την πιο πρόσφατη ηφαιστειότητα που εκδηλώθηκε με την δημιουργία των νήσων Παλαιά και Νέα Καμμένη.

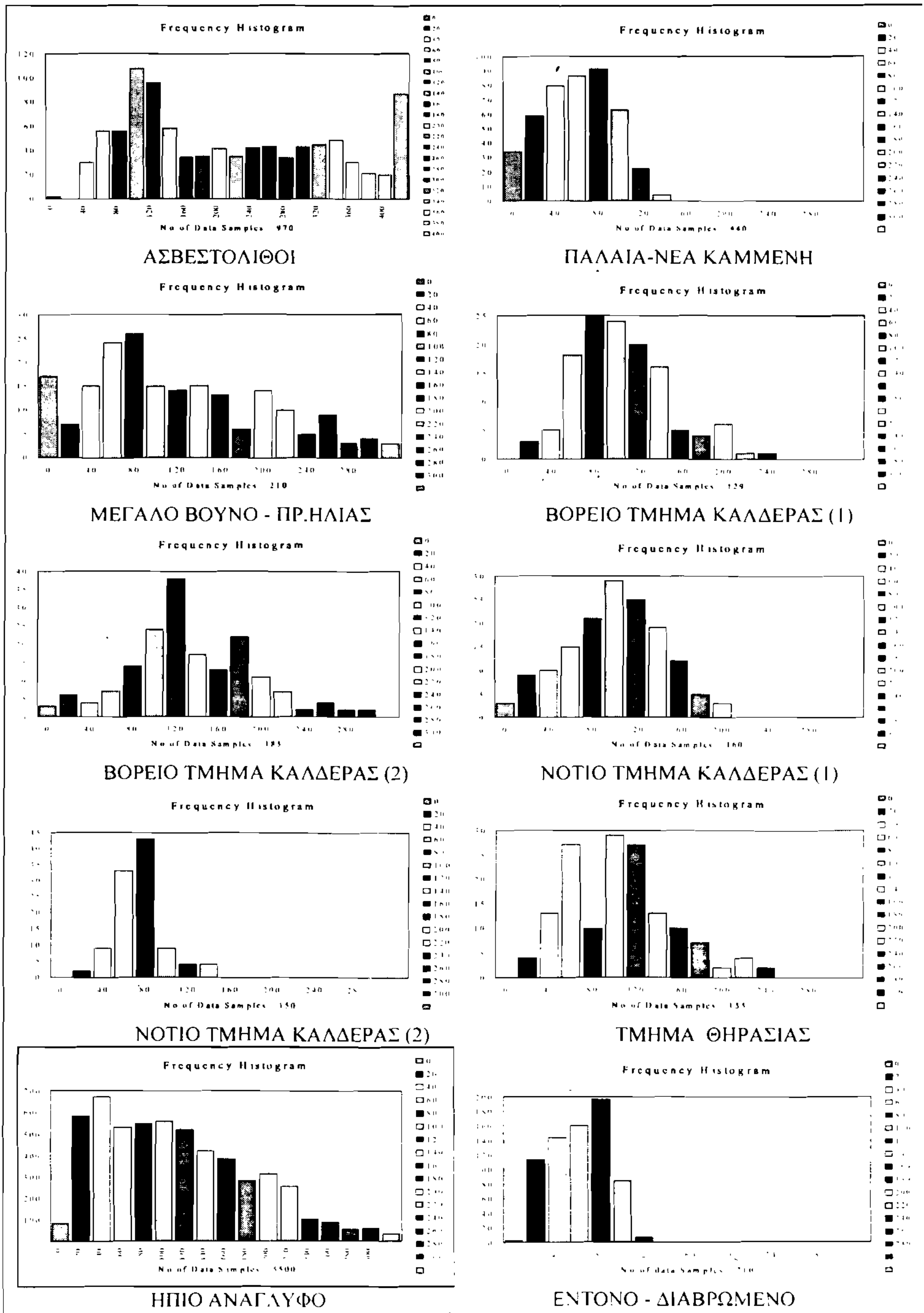
– **Η περιοχή της Καλδέρας** που απετέλεσε την πιο εντυπωσιακή γεωμορφή της Σαντορίνης και υπήρξε το αντικείμενο μελέτης πάρα πολλών ερευνητών.

Για την καλύτερη μελέτη των παραπάνω γεωμορφολογικών ενοτήτων έγινε στατιστική ανάλυση των υψομέτρων της κάθε ενότητας (Σχ. 4). Έτσι η κατανομή των υψομέτρων της ενότητας των ασβεστολίθων παρουσιάζει ένα μέσο όρο γύρω στα 206 μέτρα με μέγιστη απόκλιση 108 μέτρα. Δηλαδή παρατηρούμε, ένα σχετικά μεγάλο, για την περιοχή, μέσο ύψος με μεγάλη διασπορά υψομέτρων εκατέρωθεν. Τα ηφαιστειακά συμπλέγματα του Μ. Βουνού - Μικρού Προφήτη Ηλία έχουν μέσο υψόμετρο 111 μέτρα και διασπορά υψομέτρων γύρω στα 68 μέτρα. Πάντως γενικά οι τιμές των υψομέτρων τείνουν σε μια μάλλον καμπύλη κανονικής κατανομής δηλαδή όπως και της ενότητας Παλαιάς - Νέας Καμμένης. Οι δύο υποενότητες του Μινωϊκού ηφαιστειακού αναγλύφου διακρίνονται η μεν πρώτη του Ήπιου ηφαιστειακού αναγλύφου έχει μέσο υψόμετρο 101 μέτρα και μεγάλη διασπορά υψομέτρων, αντίθετα η άλλη υποενότητα έχει μέσο υψόμετρο 50 μέτρα και διασπορά 21 μέτρα. Η ύπαρξη του διαβρωμένου αναγλύφου οφείλεται κύρια στη μεγάλη καταβάθος διάβρωση των αντίστοιχων περιοχών.

Τέλος, για την περιοχή της καλδέρας έγινε λεπτομερής στατιστική ανάλυση. Έτσι κατασκευάστηκαν ιστογράμματα υψομέτρων για 5 πριοχές της καλδέρας της Σαντορίνης ήτοι δύο για το Βόρειο τμήμα της Θήρας, 2 για το νότιο τμήμα και μία για τη Θηρασία.



Σχ. 3. Οι ενότητες έντονου και του σχετικά ήπιου αναγλύφου της Θήρας.

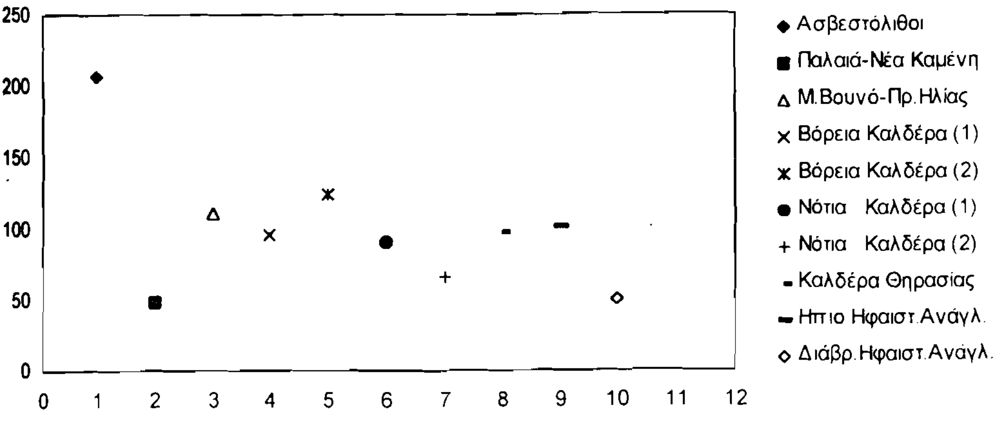


Σχ. 4. Ιστογράμματα κατανομής υψομέτρων της κάθε ενότητας.

Από την κατανομή των υψομέτρων της καλδέρας προκύπτει ότι το μέσο ύψος της καλδέρας για την περιοχή της Θηρασίας, το Βόρειο τμήμα 1 της θήρας και το νότιο τμήμα 1 της Θήρας (Σχ. 5) είναι 90-95 μέτρα με αποκλίσεις γύρω στα 35 μέτρα.

Χαρακτηριστική διαφοροποίηση παρατηρείται στο Βόρειο τμήμα 2 της Θήρας όπου παρατηρείται μέσο υψόμετρο γύρω στα 111 μέτρα με αποκλίσεις γύρω στα 68 μέτρα και οφείλεται στην παρουσία των ηφαιστειακών κέντρων της περιοχής (Μικρός Προφήτης Ηλίας-Μεγάλο Βουνό), επίσης στο τμήμα 2 του νότιου τμήματος το μέσο υψόμετρο είναι σαφώς χαμηλότερο των υπολοίπων τμημάτων. Αυτή η παρατήρηση συνηγορεί στην εκδοχή μιας σταδιακής δημιουργίας των τμημάτων της καλδέρας.

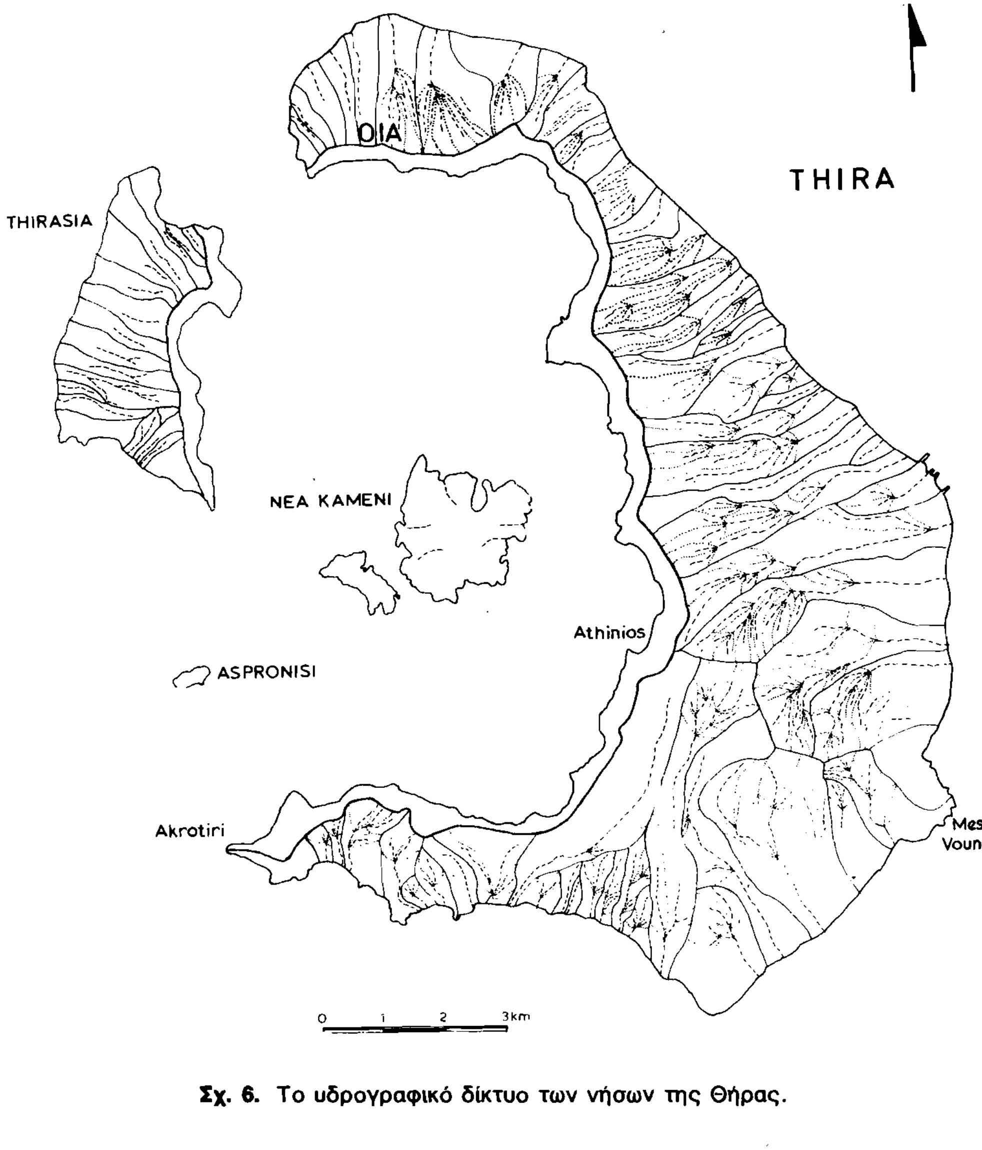
Οι μέσες τιμές κατανομής των υψομέτρων των ανωτέρων περιοχών συνοψίζονται στο Σχήμα 5.



Σχ. 5. Μέσες τιμές κατανομής υψομέτρων των ενοτήτων.

Το υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο των νήσων της Θήρας και της Θηρασίας είναι σε γενικές γραμμές ακτινωτό (Σχ. 6). Οι υδροκρίτες επίσης είναι περίπου ίδιας διάταξης, εκτός από την περιοχή του Προφήτη Ηλία. Η μεγάλη καταβάθος διάβρωση και οι μεγάλες τιμές υδρογραφικής πυκνότητας παρατηρούνται κύρια στην ενότητα του «σχετικά έντονου διαβρωμένου αναγλύφου» αντίθετα στην ενότητα του ομαλού αναγλύφου το υδρογραφικό δίκτυο είναι ελάχιστα ανεπτυγμένο, σε μερικές περιοχές. Το προ-Μινωϊκό ανάγλυφο έπαιξε καθοριστικό ρόλο στον τρόπο απόθεσης των Μινωϊκών ιζημάτων. Εκεί που σήμερα παρατηρούνται μεγάλα πάχη των νεώτερων ηφαιστειακών ιζημάτων εκεί παρουσιάζεται έντονη διάβρωση. Από τον πίνακα 1 της κατανομής των τιμών της υδρογραφικής πυκνότητας για τις κυριώτερες γεωμορφολογικές ενότητες, παρατηρούμε ότι:



Σχ. 6. Το υδρογραφικό δίκτυο των νήσων της Θήρας.

1) οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται στους κλάδους πρώτης τάξης στην ενότητα του Μ. Βουνού-Προφήτη Ηλία

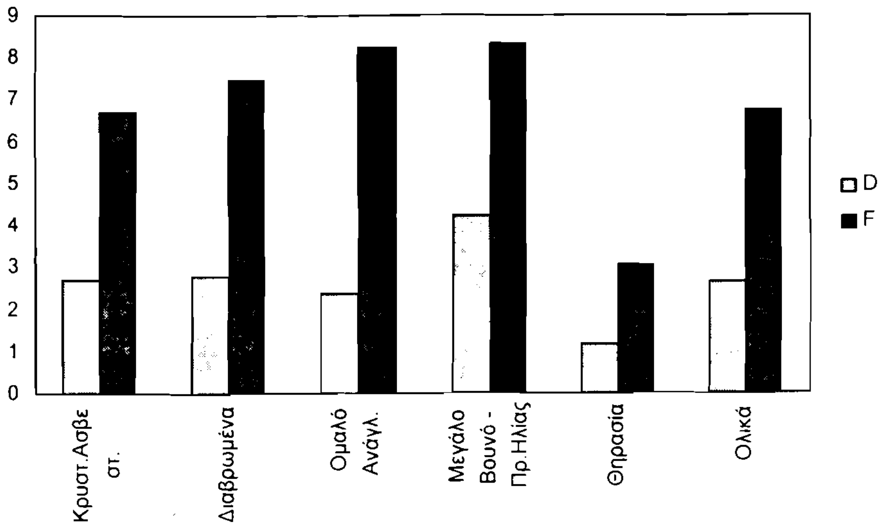
2) Το διαβρωμένο τμήμα σε όλες τις τάξεις παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το ομαλό τμήμα της ευρύτερης ηφαιστειακής ενότητας.

Μέσες τιμές πυκνότητας D

Τάξεις	Κρυσταλλικοί Ασβεστόλιθοι	Διαβρωμένο τμήμα	Ομαλό Ανάγλυφο	Μεγάλο Βουνό και Προφήτης Ηλίας
1η	3,45	4,42	4,03	5,31
2η	3,12	3,54	2,99	3,17
3η	1,51	0,45	0,16	

Μέσες Ολικές Τιμές D και F

	Κρυσταλλικοί Ασβεστόλιθοι	Διαβρωμένο τμήμα	Ομαλό Ανάγλυφο	Μεγάλο Βουνό και Προφήτης Ηλίας	Ολικά F-D Θήρας
D	2.69	2.80	2.39	4.24	4.24
F	6.71	7.47	8.25	8.33	7.69



Σχ. 7.

Συμπεράσματα

Το προ-Μινωϊκό ανάγλυφο της Σαντορίνης προκύπτει από αφαίρεση των Μινωϊκών αποθέσεων. Επρόκειτο για ένα σχετικά πιο τραχύ ανάγλυφο. Μερικές γεωλογικές τομές, αποκαλύπτουν τις παλαιοκοιλάδες, στις αντίσταιχες περιοχές στα Νάτια της νήσου Θήρας (περιοχή Ακρωτηρίου) και στην περιοχή του ηφαιστείου του Σκάρου. Το πάχος των Μινωϊκών αποθέσεων αντανακλά την παλαιοτοπογραφία κάθε περιαχής. Έτσι η περιοχή μεταξύ καλδέρας και Προφήτη Ηλία, αποτέλεσε ένα είδος «παγίδας» των ηφαιστειακών αποθέσεων και πληρώθηκε. Γι' αυτό το λόγο το πάχος των ηφαιστειακών ιζημάτων σε αυτή την περιοχή είναι μεγάλο. Επίσης και η περιοχή του ακρωτηρίου παρουσίαζε σχετικά έντονη απογύμνωση της υδρογραφικής της λεκάνης που έφτανε μέχρι την παραλία. Έτσι εξηγούνται οι μεγάλου πάχους αποθέσεις Μινωϊκών ιζημάτων, στην παράκτια περιοχή του ακρωτηρίου. Επίσης, η κατά βάθος διάβρωση των περιοχών που προαναφέρθηκε είναι ένα ακόμα ενδεικτικό στοιχείο των όσων υποστηρίζουμε.

Γενικά η σημερινή γεωμορφολογία της Σαντορίνης, είναι αποτέλεσμα της υπάρχαυσας προ-Μινωϊκής τοπογραφίας και της μετέπειτα ηφαιστειακής δράσης, η οποία βέβαια χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ένταση πλησίον του ηφαιστειακού κέντρου και μειώνεται εκθετικά όσο απομακρυνόμαστε από αυτό.

Βιβλιογραφία

Doumas, C.G. (1978). Thera and the Aegan World I, London.

Doumas, C.G. (1980). Thera and the Aegan World II, London.

Doumas, C.G. (1983). Thera: Pompeii of Ancient Aegan, London.

Druitt, T.M., Mellors, R.A., Pyle, D.M., and Sparks, R.S.J. (1989). Explosive vollcanism on Santorini, Greece, Geol. Mag. 126, 95-126.

Ferrara, G., Fytikas, M., Giuliani, O., and Marinelli, G. (1980). Age of the formation of the Aegan active volcanic arc, in C. Doumas (ed.), Thera and the Aegan World II, 49-56.

Fytikas, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. and Villari, L. (1984). Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegan region, in J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (eds), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (Geol. Soc. London Spec. Publ. 17), 687-699.

Friedrich, W. and Velitzelos, E. (1986). Bemerkungen zur spatquartaren Flora von' Santorini/Griechenland, Courier Forschungs, Inst. Senckenberg 86, 387-395.

Galanopoulos, A. G. (1958). Zur Bestimmung des Alters de Santorini-Kaldera. Annales geol. Pays hell, 9, 185-188.

Galanopoulos, A.G. (1971). The Eastern Mediterranean Trilogie in the Bronze Age, Acta Ist internatl. Sci. Congr. Volcano thera 1969, 184-210.

Heiken, G. and McCoy, F. (1984). Caldera development during the Minoan eruption, Thera, Cyclades, Greece, Jour. Geophys. Res 89, 8441-8462.

Lagios, E. and Tzanis, A. and Hipkin, R. (1989). Surveillance of Thera Volcano, Greece: Monitoring of the local gravity field, Thera and the Aegean World III-Volume Two, 3rd International Congress 1989.

Marinatos, S. (1972). Thera: Key to the riddle of Minos, Nat. Geographic 141, 702-726.

Ninkovich, D. & Heezen, B.C. (1965). Santorini Tephra, In, W.F. Whittaard & R. Bradshaw (editors) Submarine Geology and Geophysics, 413-453.

Padang, M.N. van (1936). Die Geschichte des Vulkanismus Santorins von Ihren Anfanfen bis zum zerstorenden Bimssteinausbruch um die Mitte des 2, Jahrtausends v, Chr, In, H. Reck, Santorin, Der Werdegang eines Inselvulkans und sein Ausbruch 1925-1928 1, 1-72.

Papastamatiou, I.N. (1958). The age of crystalline limestones of Thera island, Jour Geol. Soc. Greece III-1, 104-113.

Pichler, H. and Friedrich, W. (1980). Mechanism of the Minoan eruption of Santorini, in C. Doumas (ed.), Thera and the Aegan World II, 15-30.

Pichler, H. and Kussmaul, S. (1980). Comments on the geological map of the Santorini Islands, in C. Doumas (ed.), Thera and the Aegan World II, 413-427.

Pichler, H. and Kussmaul, S. (1980). Comments on the geological map of the Santorini islands, in C. Doumas (ed.), Thera and the Aegan World II, 4113-426.

Seward, D., Wagner, G. and Pichler, H. (1980). Fission-track ages of Santonrini volkanics (Greece), in C. Doumas (ed.), Thera and the Aegan World II, 101-1108.

Skarpelis, N. and Liati, A. (1987). Granite intrusion, skarn formation and mineralization in the metamorphic jbasement of Thera, Cyclades, Greece, 5th meeting European Geological Societies, Dubrovnic.

Tataris, A.A. (1964). The presence of Eocene in the semimetamorphic basement on Thera's island, Jour. Geol. Soc. of Greece VI-1, 232-236.

Οι γεωμορφές των Μετεώρων

Μ. Δερμιτζάκης και Χ. Ντρίνια
Τομέας Ιστορικής Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας,
Πανεπιστήμιο Αθηνών, 157 84 Αθήνα

Περίληψη

Τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων (Ακουιτάνιο - Βουρδιγάλιο) εμφανίζονται στα όρια της Θεσσαλικής πεδιάδας, στο νότιο άκρο της Μεσοελληνικής αύλακας. Δύο κύριες ενότητες ιζηματογενών αποθέσεων αναγνωρίζονται στα κροκαλοπαγή των Μετεώρων: α) σφηνοειδείς αποθέσεις οι οποίες ερμηνεύονται ως δελταϊκές αποθέσεις τύπου Gilbert και β) καναλοειδείς αποθέσεις κάθετες στον άξονα προελάσεως του δέλτα. Η τεκτονική, η διάβρωση εξαιτίας των ρεόντων υδάτων καθώς και η αιολική διάβρωση θεωρούνται οι υπεύθυνοι μηχανισμοί δημιουργίας των σημερινών γεωμορφών των Μετεώρων.

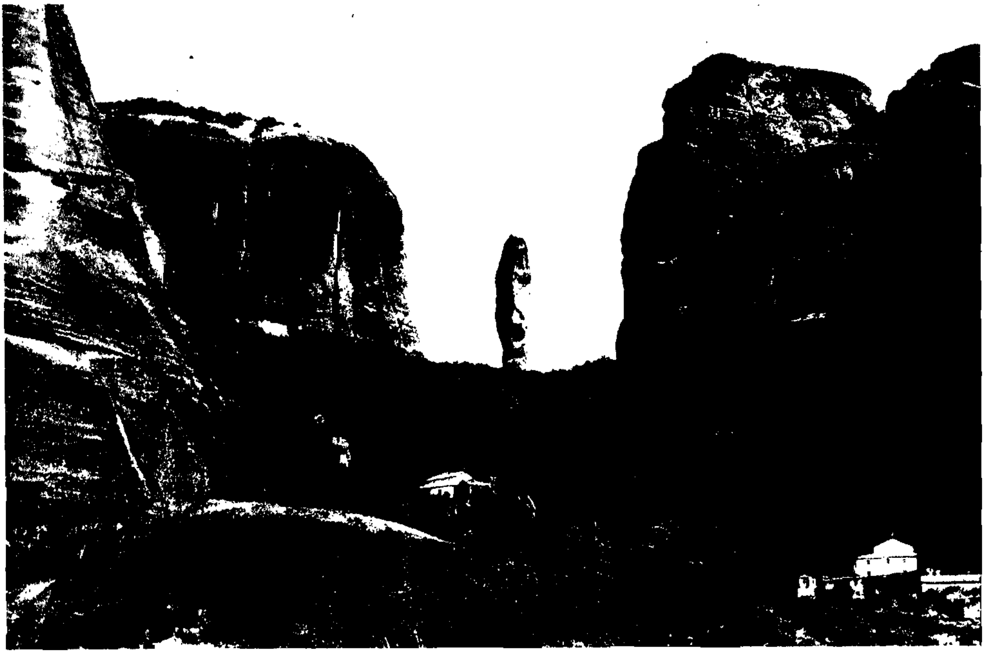
Abstract

The Meteora conglomerates (Aquitanian - Burdigalian) are exposed at the border of the Thessali plain, at the southern tip of the Mesohellenic basin. Two main kinds of sedimentary bodies are recognized in the Meteora conglomerates: a) wedge - shaped bodies which are consistent with an interpretation as a Gilbert - type delta model and b) channelled bodies which are perpendicular to the progradation axis of the delta. Tectonics, erosion due to water flow and eolian erosion are considered the responsible mechanisms for the formation of the present geomorphes of Meteora conglomerates.

Εισαγωγή

Τα Μετέωρα βρίσκονται πλησίον της Καλαμπάκας στην έξοδο του Πηνειού ποταμού από την ορεινή περιοχή Αντιχασίων - Χασίων - Κόζιακα προς την πεδινή Θεσσαλία.

Η χαρακτηριστική και μοναδική μορφολογία των απόκρημνων βράχων που αποτελούν τα Μετέωρα, εξήψε τη φαντασία του ανθρώπου ο οποίος έπλασε διάφορους μύθους σχετικά με τη δημιουργία τους, παρατηρώντας και συγκρίνοντας τις μεγαλειώδεις πρωτότυπες γεωμορφές, που δίνουν την εντύπωση παλαιών και εγκαταλελλειμένων πύργων, μέσα στις καταπράσινες γειτονικές ορεινές περιοχές (Φωτ. 1).



Φωτ. 1. Άποψη των γεωμορφών των Μετεώρων.

Τα αδρομερή ιζήματα έχουν τύχει αξιοσημείωτης προσοχής και σημαντική πρόοδος έχει συντελεστεί τελευταία προς την κατανόησή τους (Dainelli, 1910, Riedl, 1974, Zamani, 1980, Breling, 1984, 1994, Sotiriades, 1994, Carangunis, 1995).

Οι περισσότερες από τις πρόσφατες έρευνες έχουν ως κύριο αντικείμενο τις ιζηματογενείς φάσεις καθώς και τις μικρής έως μεσαίας κλίμακας ιζηματοδομές, ενώ υπάρχουν σχετικά λίγες αναφορές που αφορούν μεγάλης κλίμακας ιζηματοδομές.

Τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων εμφανίζονται στο νότιο τμήμα της Μεσοελληνικής αύλακας στην κεντρική ηπειρωτική Ελλάδα. Μεγάλες ποσότητες κροκαλών με μικρό ποσοστό αδρομερούς υλικού μεταφέρθηκαν μέσα στη λεκάνη με αποτέλεσμα την απόθεση αρκετών εκατοντάδων μέτρων κροκαλοπαγών σε αλλουβιακά έως δελταϊκά περιβάλλοντα. Κατακόρυφοι κρημνοί καθιστούν ικανή την παρατήρηση μεγάλης κλίμακας δομών με ποικίλους προσανατολισμούς, καθώς και την τρισδιάστατη απεικόνιση των κροκαλοπαγών αυτών. Μεγάλης κλίμακας χαρακτηριστικά των κροκαλοπαγών των Μετεώρων περιέχουν ασυνήθεις δελταϊκές φάσεις και καναλοειδείς αποθέσεις οι οποίες δεν είναι δυνατόν να κατανοηθούν μόνο με τη χρήση σύγχρονων περιβαλλόντων ως αναλόγων τους.

Τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων εμφανίζονται ως γεωμορφές ύψους 100 - 200 μέτρων και εύρους 300 - 1000 μέτρων. Αν και ο τύπος του τοπίου διευκολύνει τις παρατηρήσεις μεγάλης κλίμακας η εκ του πλησίον παρατήρηση και οι μετρήσεις τομών είναι δύσκολες.

Γεωλογικό καθεστώς - Η μεσοελληνική αύλακα

Στον Ελληνικό χώρο διαπιστώθηκαν τρεις αύλακες που πληρώθηκαν με μολασσικά ιζήματα: η αύλακα του Έβρου, με ηλικία σχηματισμού Μειόκαινο - Ολιγόκαινο, του Αξιού στο Α. Μειόκαινο και η Μεσοελληνική αύλακα στο Α. Ηώκαινο - Μ. Μειόκαινο (Σχ. 1).

Η σπουδαιότερη από τις αύλακες αυτές που είναι και η σχετικά νεώτερη, είναι η Μεσοελληνική αύλακα η οποία διατηρεί μία πλήρη δομή και στρωματογραφία. Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί κατά το παρελθόν με θέμα τη δομή και την εξέλιξη της Μεσοελληνικής αύλακας (Philippson, 1897, 1950, Aubouin, 1959, Bizon et al., 1968, 1969, 1972, Despraires & Vergely, 1977, Soliman & Zygojannis, 1979, 1980, Zygoyannis & Sidiropoulos, 1981a, Zygoyannis & Muller, 1982).

Η διεύθυνση αναπτύξεως της Μεσοελληνικής αύλακας είναι ΒΔ - ΝΑ και συμπίπτει με τη διεύθυνση του Ελληνικού ορογενετικού τόξου. Αρχιζε από την περιοχή της Αλβανίας και επεκτεινόταν προς νότο στις περιοχές Καστοριάς - Γρεβενών - Καλαμπάκας, διέτρεχε το σημερινό Κρητικό Πέλαγος και έφθανε μέχρι τη Μ. Ασία.

Η Μεσοελληνική αύλακα (Ολιγο - Μειόκαινο) βρίσκεται στο κέντρο των Ελληνίδων μεταξύ των γεωτεκτονικών ζωνών της Πίνδου και της Πελαγονικής. Το υπόβαθρο της αύλακας αποτελείται από φλύσχη της Πίνδου (Ηώκαινο), Μεσοζωϊκούς ασβεστολίθους και οφιολίθους καθώς και παλαιότερα μεταμορφωμένα πετρώματα (Brunn, 1956). Το βαθύπεδο στην ευρύτερη περιοχή των Μετεώρων, είχε διαστάσεις 60 km × 15 km και είναι επιμεμηκυσμένο κατά τη διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ κατά μήκος των Ελληνίδων. Παλαιορεύματα που παρατηρήθηκαν στο σύνολο του βαθυπέδου υποδηλώνουν μιά γενική μεταφορά προς νότον των ιζημάτων κατά μήκος του άξονα του βαθυπέδου. Το βόρειο άκρο του βαθυπέδου συνορεύει με τη Βόρεια Ήπειρο και δεν γνωρίζουμε πολλά γι' αυτό το τμήμα. Στον κυρίως Ελλαδικό χώρο, το βαθύπεδο έχει πληρωθεί με κλαστικά ιζήματα, αλλουβιακά έως βαθειάς θαλάσσης. Τα θαλάσσια ιζήματα είναι τα πλέον άφθονα. Προς τα νότια, τα Ολιγο-Μειοκαινικά ιζήματα υπόκεινται των Πλειοπλειστοκαινικών ιζημάτων της Θεσσαλικής πεδιάδας (Zamani, 1980, Sotiriadis, 1991). Τα τελευταία αποτέθηκαν σε μιά μεταορογενετική εκτεταμένη λεκάνη η οποία πληρώθηκε με εκατοντάδες μέτρων αλλουβίων αποθέσεων (Caputo & Pavlides, 1991). Η Μεσοελληνική αύλακα είναι ελαφρώς παραμορφωμένη και τα στρώματα παρουσιάζουν μία κλίση 10°-30° προς δυσμάς.

Σχ. 1. Παλαιογεωγραφικός Χάρτης της Ελλάδος κατά τη διάρκεια του Κατωτέρου Μειοκαίνου, περίπου πριν από 23-20 εκατομμύρια χρόνια, όπου εικονίζονται το παλαιογεωγραφικό περίγραμμα της Μεσοελληνικής αύλακας κατά την απόθεση των μολασσικών ιζημάτων.

Σύμφωνα με τους Filbrandt et al. (1985), οι γεωτεκτονικές ζώνες της Πίνδου και της Πελαγονικής έχουν επωθηθεί προς δυσμάς, γεγονός που παρήγαγε μία συμπίεση 300 km μεταξύ του Α. Κρητιδικού και του Α. Καινοζωϊκού. Έτσι, οι ιζηματογενείς αποθέσεις της Μεσοελληνικής αύλακας εμφανίζονται να ακολουθούν την προς Δυσμάς κίνηση του υποβάθρου τους.

Τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων εμφανίζονται στα όρια της Θεσσαλικής πεδιάδας, στο νότιο άκρο της Μεσοελληνικής αύλακας. Τα αλλούβια της Θεσσαλικής πεδιάδας, εμποδίζουν να διευκρινισθεί αν συνεχίζονται προς νότον τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων. Η στρωματογραφική διάρθρωση της Μεσοελληνικής αύλακας στην περιοχή των Μετεώρων συνοψίζεται στο Σχ. 2. Η πλήρωση της λεκάνης ξεκινά με μιά επικλυσιγενή ενότητα, τις «μάργες του Επταχωρίου», η οποία συντίθεται από κροκαλοπαγή και ψαμμίτες που διαβαθμίζονται προς τα άνω σε πηλίτες. Το κατώτερο και αδρομερέστερο τμήμα της ενότητας περιέχει αποθέσεις δελταϊκές και υφαλοκρηπίδας και επίκειται ασυμφώνως των «ιζημάτων Κρανιάς». Δυστυχώς η επαφή με τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων εμφανίζεται σε πολύ μικρό βαθμό. Όμως φαίνεται να είναι απότομη, υποδηλώνοντας την παρουσία στρωματογραφικού κενού.

Οι διαφορετικές φάσεις των μολασσικών αποθέσεων επιτρέπουν την διάκριση στρωματογραφικών ενοτήτων εντός της Μεσοελληνικής αύλακας, (Brunn, 1956), από τις παλαιότερες προς τις νεώτερες (Σχ. 2):

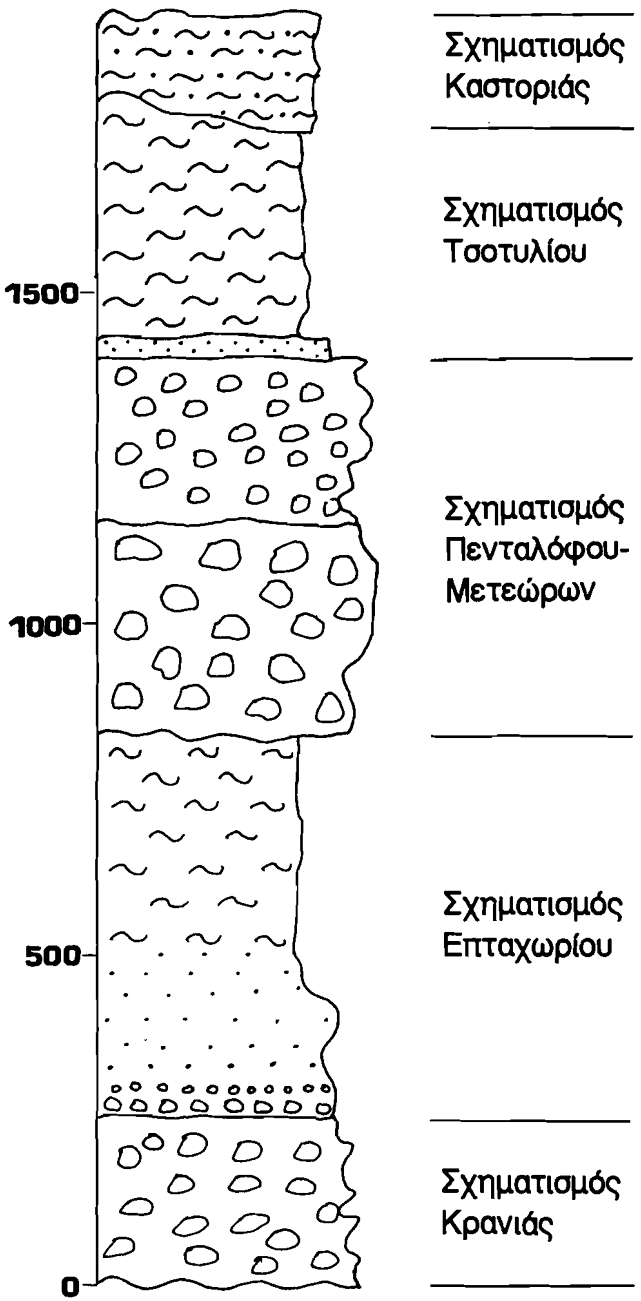
1. **Σχηματισμός Κρανιάς.** Τα πρώτα μολασσικά ιζήματα είναι κροκαλοπαγή και λατυποπαγή, θαλάσσια επικλυσιγενή που επίκεινται των αλπικών πετρωμάτων που αποτελούν το υπόβαθρο και είναι κυρίως οφιόλιθοι ηλικίας Ανωτέρου Ηωκαίνου, με πάχος μεγαλύτερο των 200 μέτρων.

2. **Σχηματισμός Επταχωρίου.** Ο σχηματισμός επίκειται ασυμφώνως του προηγουμένου και αποτελείται από στρώματα μαργών, ψαμμιτών, κροκαλοπαγών με λιγνιτικές ενδιαστρώσεις (Φωτ. 2). Το συνολικό πάχος του σχηματισμού φθάνει τα 600 μέτρα και η ηλικία αποθέσεως είναι του Ανωτέρου Ολιγοκαίνου περίπου 26 - 24 εκατομμύρια χρόνια.

3. **Σχηματισμός Πενταλόφου - Μετεώρων.** Πρόκειται για την κυρίως ενότητα των Μετεώρων με κροκαλοπαγή και ψαμμίτες του Κατωτ. Μειοκαίνου (Ακουιτανίου - Βουρδιγαλίου), (περίπου 22 εκατομμυρίων ετών). Είναι σημαντικού πάχους με γενικά χαρακτηριστικά θαλάσσιας και ποταμοχειμάρριας φάσεως. Τα κατώτερα στρώματα του σχηματισμού παρουσιάζουν και διασταυρωμένη στρώση και πιθανώς να πρόκειται για υποθαλάσσιους κώνους (Σχ. Φωτ. 3).

4. **Σχηματισμός Τσοτυλίου.** Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται από μάργες λιμναίας φάσεως με ενδιαστρώσεις λιγνιτικές ηλικίας Ανωτέρου Ακουιτανίου (περίπου 20 εκατομ. ετών).

5. **Σχηματισμός Καστοριάς ή Όντρια.** Τέλος ακολουθεί ο σχηματισμός Καστοριάς που περιλαμβάνει ψαμμίτες, ασβεστολίθους, μάργες, ψαμμιτομαργαϊκούς ασβεστολίθους με παρεμβολές λιγνιτών λιμναίας φάσεως και ηλικίας Μέσου Μειοκαίνου (περίπου 12 - 14 εκατομ. ετών).



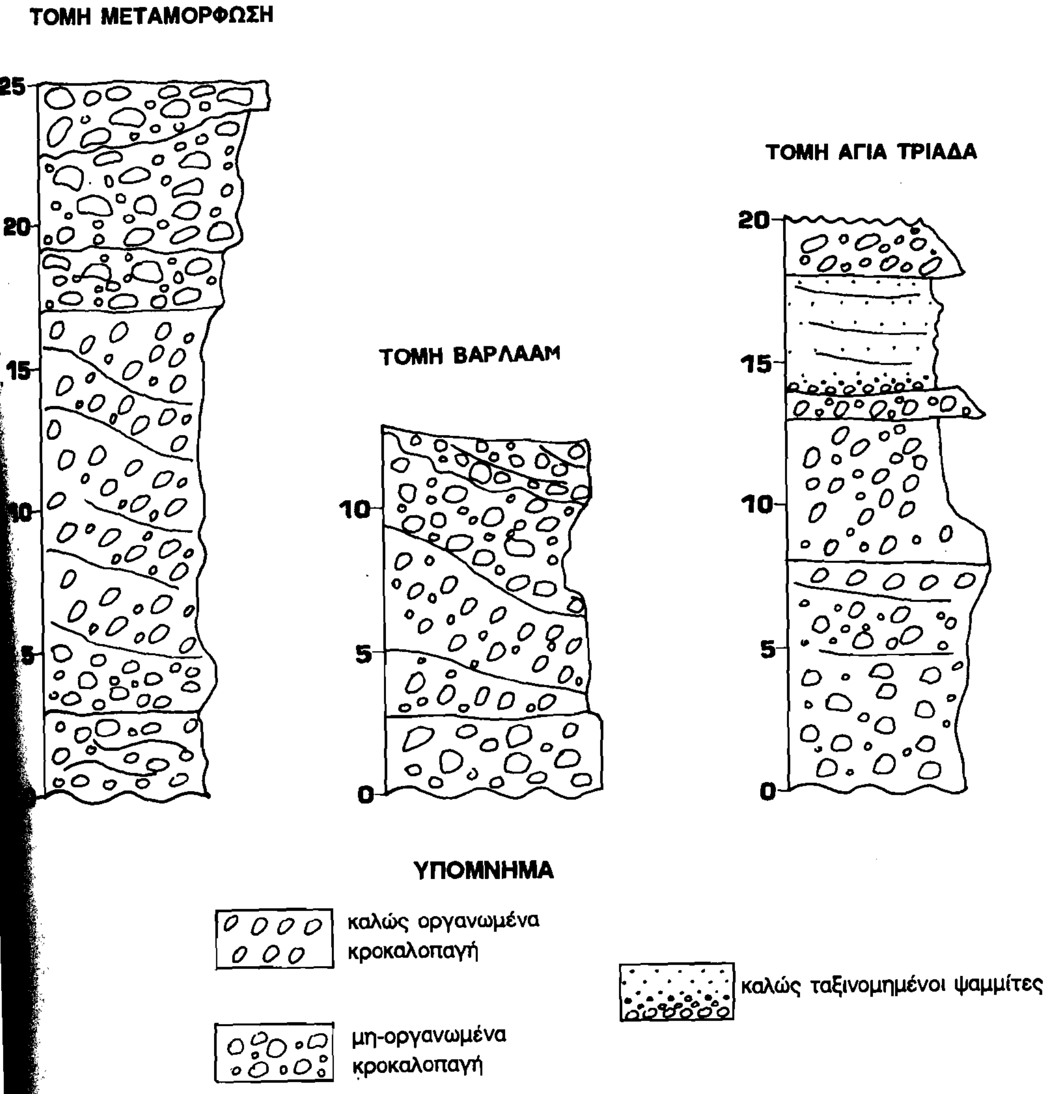
Σχ. 2. Στρωματογραφική διάρθρωση της Μεσοελληνικής αύλακας στην περιοχή των Μετεώρων.

Φωτ. 2. Άποψη των μαργων του σχηματισμού Επταχωρίου.

Φωτ. 3. Τα κροκαλοπαγή του σχηματισμού Πενταλόφου.

Ο σχηματισμός των Μετεώρων

Οσον αφορά στο σχηματισμό των Μετεώρων, αυτός έχει αποτεθεί ασυμφώνως επί του σχηματισμού Επταχωρίου. Μιά γωνιώδης ασυμφωνία (20° - 30°) διαιρεί τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων σε δύο ενότητες – την κατώτερη πάχους 300 μέτρων και την ανώτερη πάχους 250 μέτρων,



Σχ. 3. Στρωματογραφική διάρθρωση του σχηματισμού των Μετεώρων.

(Σχ. 3). Η κατώτερη ενότητα είναι λίγο αδρομερέστερη από τα κυρίως κροκαλοπαγή των Μετεώρων αλλά η σύνθεση των κλαστών είναι παρόμοια.

Επιπλέον, η κατώτερη ενότητα αποτελείται από πολύμεικτα κροκαλοπαγή όπου επικρατούν οι γνευσιακές κροκάλες, συμμετέχουν όμως και ασβεστολιθικές, μεταμορφωμένες και οφιολιθικές κροκάλες. Παρουσιάζουν διασταυρούμενη στρώση, γεγονός που αποδεικνύει ποτάμια προέλευση και ως προς την ηλικία ανήκουν στο Κατώτ. Μειόκαινο.

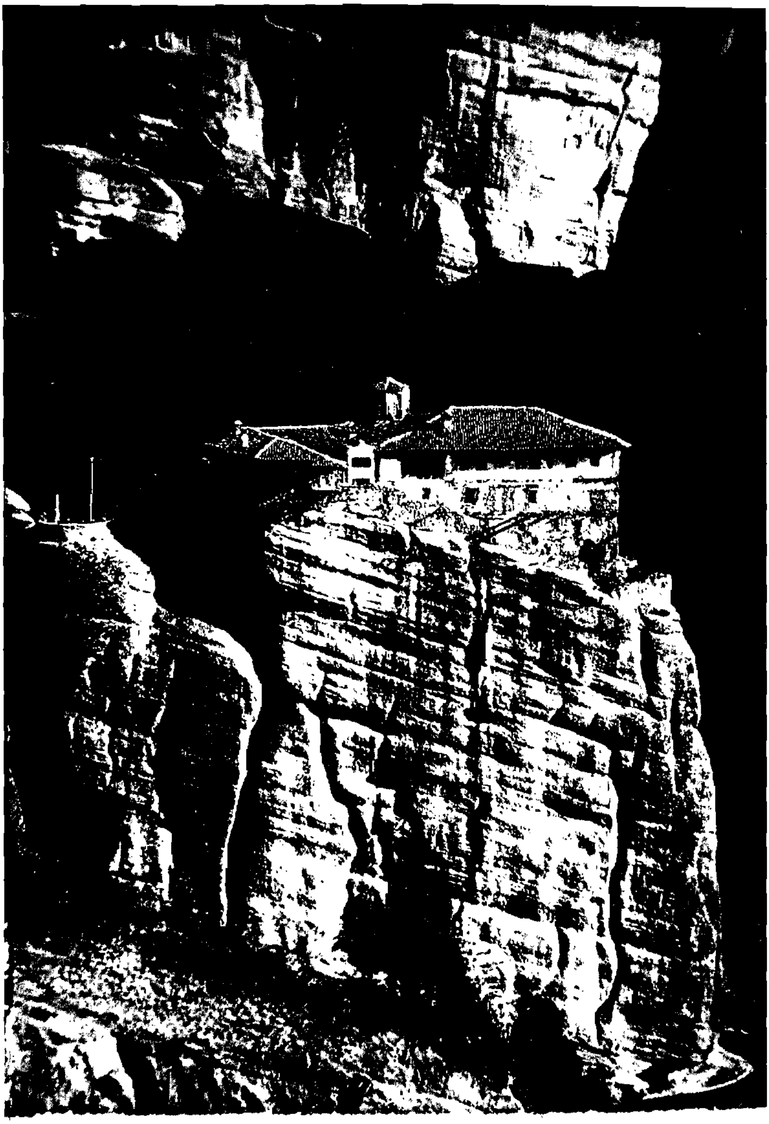
Επάνω στη κατώτερη ενότητα των Μετεώρων αποτέθηκαν σε ασυμφωνία τα στρώματα της ανώτερης. Διαφέρουν από τα πρώτα ως προς το μέγεθος των κροκαλών που είναι μικρότερο και ως προς το βαθμό συνδέσεως που είναι χαλαρότερος. Οι κροκάλες είναι κυρίως γνευσιακές και μεταξύ τους υπάρχουν ενστρώσεις μαργών και ψαμμιτών. Η ασυμφωνία μεταξύ των δύο ενοτήτων μαρτυρεί ότι έλαβαν χώρα τεκτονικά γεγονότα που έδωσαν την ευκαιρία στον παράγοντα διάβρωση να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην εν γένει εξέλιξη της περιοχής.

Στην κορυφή ενός απ' τους υψηλότερους βράχους των Μετεώρων εμφανίζονται 10-20 μέτρα καλώς εστρωμμένοι ψαμμίτες, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν το ανώτερο τμήμα των κροκαλοπαγών των Μετεώρων, το οποίο όμως δεν έχει μελετηθεί λεπτομερώς ακόμη. Πάντως η παρουσία των κροκαλοπαγών αυτών υποδηλώνει μια πλέον σύνθετη ιστορία ιζηματογενέσεως.

Τα κροκαλοπαγή και οι χαλικώδεις ψαμμίτες συνιστούν το 95% των κροκαλοπαγών των Μετεώρων με τους αδρομερείς ψαμμίτες να αποτελούν το υπόλοιπο 5%. Οι ιλυόλιθοι αντιπροσωπεύουν τη συνδετική ύλη στα περισσότερο «αποδιοργανωμένα» κροκαλοπαγή. Ως μεμονωμένα στρώματα οι ιλυόλιθοι αποτελούν λιγότερο απ' το 0.01% των στρωμάτων. Εμφανίζονται κατά περίπτωση ως λεπτά στρώματα πάχους ολίγων εκατοστών. Η στρώση τους κλίνει ελαφρώς προς δυσμάς, ακολουθώντας τις δομές του υποβάθρου (Φωτ. 4).

Εντός των κροκαλοπαγών των Μετεώρων μερικές ενδοϊζηματογενείς ασυμφωνίες είναι ορατές. Οι ασυμφωνίες αυτές είναι περισσότερο αξιοσημείωτες προς τα ανατολικά, υποδηλώνοντας επαναλαμβανόμενες ανοδικές κινήσεις του ανατολικού περιθωρίου της λεκάνης. Τέτοιες ασυμφωνίες έχουν αναγνωρισθεί και σε άλλες λεκάνες και αποδίδονται σε μικρά συμπιεστικά τεκτονικά συμβάντα. Δύο κύριες ενότητες ιζηματογενών αποθέσεων αναγνωρίζονται στα κροκαλοπαγή των Μετεώρων: i) σφηνοειδείς αποθέσεις και ii) καναλοειδείς αποθέσεις.

Και οι δύο αυτές αποθέσεις μπορεί να εμφανίζουν σύνθετη εσωτερική δομή και να επιδεικνύουν ποικιλότητα φάσεων.



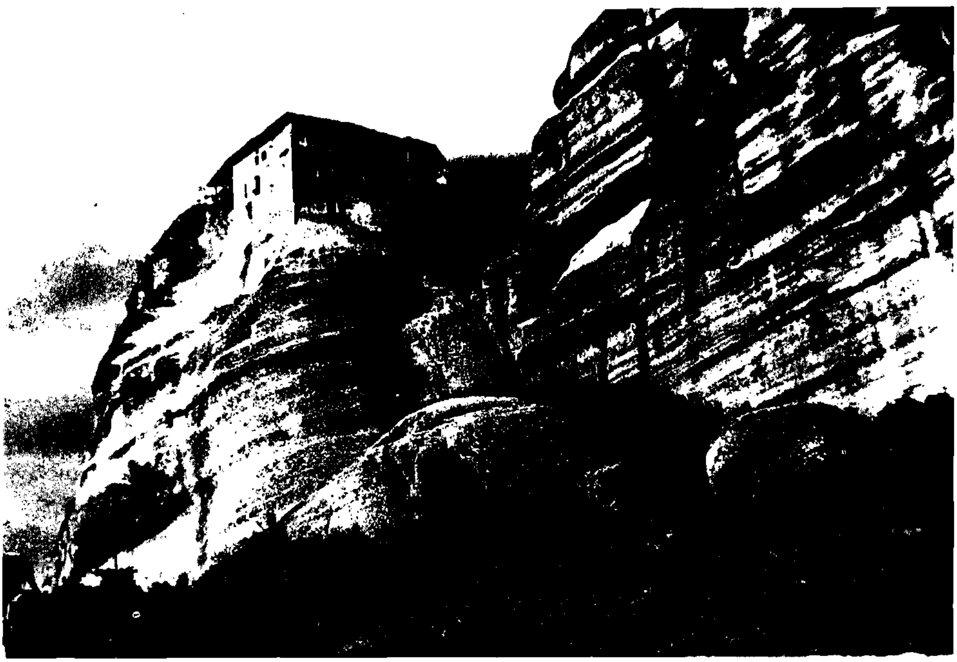
Φωτ. 4. Γενική άποψη των κροκαλοπαγών στρωμάτων των Μετεώρων.

Σφηνοειδείς αποθέσεις

Η εξωτερική γεωμετρία του τύπου αυτού των σωμάτων είναι προφανώς σφηνοειδής οφειλόμενη σε σύγκλιση και απόθεση των βασικών διαχωριστικών επιφανειών. Εσωτερικά τα σώματα αυτά συντίθενται από σύνολα στρωμάτων τα οποία παρουσιάζουν μικρή γωνία κλίσεως και μπορούν ν' αποδοθούν με τους όρους στρώματα στη βάση (bottomset), μετωπικά στρώματα (foreset) και στρώματα στην οροφή (topset).

Το εύρος στα πάχη κυμαίνεται από 10-15 μέτρα στα ανατολικά έως 20-30 μέτρα στα δυτικά. Τα κροκαλοπαγή κυριαρχούν, το μέγιστο μέγεθος κλαστών είναι περίπου 0.20-0.25 μέτρα, όμως μερικοί κλάστες έχουν παρατηρηθεί σε μέγεθος έως και ενός μέτρου.

Εσωτερικά τα απλά στρώματα είναι συνεχή πλευρικά κι έτσι μπορούν να ανιχνευθούν σ' όλο το σύνολο. Βέβαια η γωνία κλίσεως και η διεύθυνση των μετωπικών στρωμάτων ποικίλει σύμφωνα με τον προσανατολισμό των εμφανίσεων. Καθέτως προς τα παλαιορεύματα τα μετωπικά στρώματα είναι οριζόντια ή κλίνουν με πολύ μικρή γωνία (1°-3°). Παράλληλα στα παλαιορεύματα τα μετωπικά στρώματα παρουσιάζουν μιά αρκετά ομοιόμορφη συμπεριφορά κλίνοντας 13°-18° προς δυσμάς (Φωτ. 5).



Φωτ. 5. Γενική άποψη των μετωπικών στρωμάτων των Μετεώρων.

Δύο κύριοι λιθολογικοί τύποι αναγνωρίστηκαν στα στρώματα της βάσεως και στα μετωπικά στρώματα.

i) «οργανωμένα» κροκαλοπαγή και χαλικώδεις ψαμμίτες.

ii) «μη οργανωμένα» κροκαλοπαγή με ποικίλα ποσοστά συνδετικού υλικού από ιλύ.

Ο πρώτος λιθολογικός τύπος κυριαρχεί σε ποσοστό 70-80%. Τα «οργανωμένα» κροκαλοπαγή είναι καλώς εστρωμμένα (απλά στρώματα πάχους 0.1-0.5 μέτρων, των οποίων οι βάσεις μπορεί να είναι προοδευτικές ή απότομες), οι χάλικες είναι μετρίως διαβαθμισμένοι και πλέουν μέσα σε κλαστικό ή αμμώδες υλικό.

Ο τύπος της διαβαθμίσεως μέσα στα στρώματα είναι δύσκολο να αναγνωρισθεί εκεί όπου οι επαφές είναι προοδευτικές αλλά όπου εμφανίζονται απότομες επαφές, μόνο κανονική διαβάθμιση έχει παρατηρηθεί.

Τα μη-οργανωμένα κροκαλοπαγή είναι χαοτικά, μετρίως διαβαθμισμένα, με ένα μεγάλο ποσοστό αμμώδους ή ιλυώδους συνδετικού υλικού. Τα στρώματα είναι φακοειδή και παρουσιάζουν απότομο δάπεδο. Το πάχος τους κυμαίνεται από 0.2-1 μέτρο. Κατακόρυφοι κλάστες είναι παρόντες στα πλέον «μη οργανωμένα» κροκαλοπαγή. Σπάνια έχει παρατηρηθεί ανάστροφη διαβάθμιση στο κλαστικό υλικό.

Τα στρώματα της οροφής είναι οριζόντια και η επαφή τους με τα υποκείμενα μετωπικά στρώματα είναι συνήθως απότομη. Αναγνωρίστηκαν δύο κύριες λιθοφάσεις:

α) καναλοειδείς αποθέσεις πάχους 0.5-9 μέτρα και

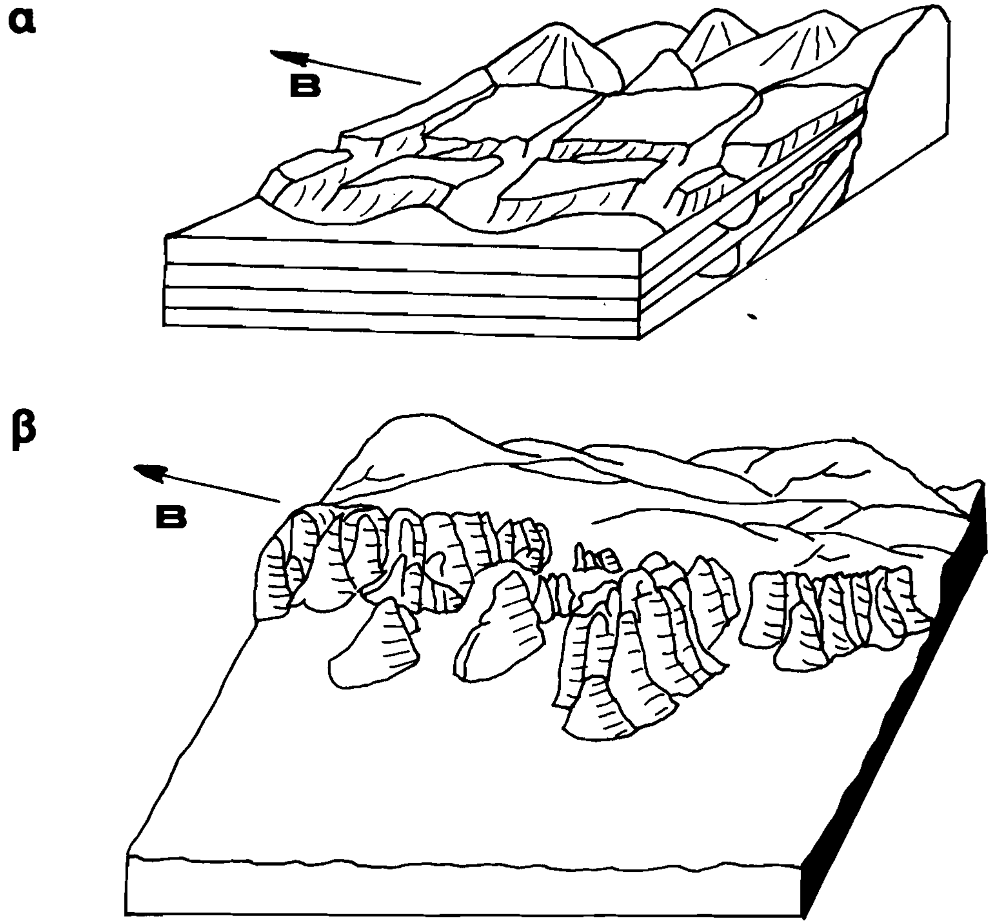
β) καλώς ταξινομημένα και ενστρωμμένα κροκαλοπαγή και αδρομερείς ψαμμίτες.

Οι καναλοειδείς αποθέσεις αποτελούνται από συμπαγή, οργανωμένα και μη-οργανωμένα κροκαλοπαγή με ή χωρίς συνδετικό υλικό.

Τα καλώς ταξινομημένα κροκαλοπαγή της δεύτερης λιθοφάσης είναι οριζόντια, παράλληλα και πλευρικώς συνεχή, πάχους 0.1-0.3 μέτρα και παρουσιάζουν προοδευτικές επαφές.

Τα γενικά χαρακτηριστικά των σφηνοειδών αποθέσεων, ειδικά η οργάνωση των στρωμάτων της οροφής, των μετωπικών και της βάσεως, ερμηνεύονται με το μοντέλο Gilbert δέλτα (Ori & Roveri, 1987, Σχ. 4α, β).

Η ιδανική μορφή ενός δέλτα Gilbert (Gilbert, 1890) αποτελείται από τρία τμήματα, το ανώτερο (topset) το δελταϊκό μέτωπο (delta face) και το κατώτερο (bottomset). Τα στρώματα τα οποία αποτελούν το ανώτερο τμήμα του δέλτα παρουσιάζουν μια μικρή ομαλή κλίση προς το κέντρο της λεκάνης και οφείλουν την απόθεσή τους στην μετατόπιση των κοιτών των ποταμών που υπάρχουν στο προαπαιτούμενο αλλουβιακό ριπίδιο. Ένα μέρος του ιζήματος μεταφέρεται με τη βοήθεια ελκτικών ρευμάτων και αποτίθεται στο δελταϊκό μέτωπο το οποίο χαρακτηρίζεται από μια κλίση 10°-25° η οποία εξαρτάται από τις ιδιότητες του ιζήματος. Το λεπτομερέστερο υλικό μεταφέρεται εν αιωρήσει πέρα από το δελταϊκό μέτωπο και αποτίθεται στο κατώτερο τμήμα του δέλτα σχηματίζοντας μικρής κλίσεως στρώματα.



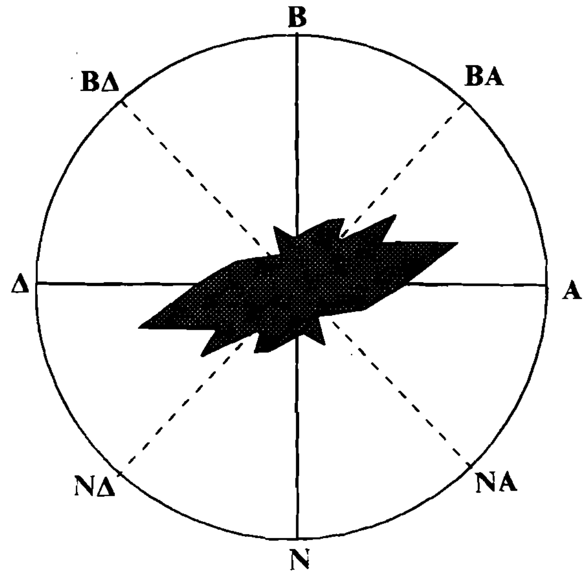
Σχ. 4α, β. Στερεοδιαγράμματα που αναπαριστάνουν τον σχηματισμό των Μετεώρων.

Ποικιλία ιζηματογενών χαρακτηριστικών όπως επιφάνειες ολισθήσεως, επίπεδη στρώση και μεγάλης κλίσεως αποθετική κατωφέρεια παρατηρούνται σε αυτού του είδους τις δελταϊκές αποθέσεις.

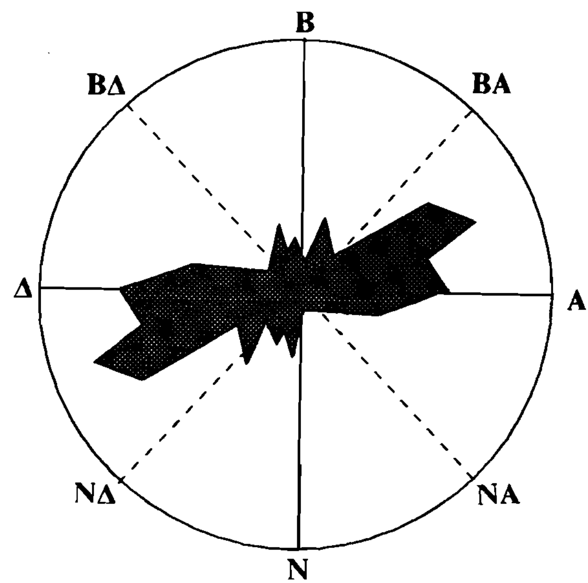
Τα δέλτα τύπου Gilbert παρουσιάζουν υψηλό δυναμικό διατηρήσεως και παρατηρούνται εκεί όπου λαμβάνει χώρα ταπείνωση του περιθωρίου μιας λεκάνης οφειλόμενη είτε σε τεκτονικές κινήσεις είτε σε κατολισθήσεις.

Στον Σχηματισμό Μετεώρων η σχέση μεταξύ της κλίσεως των μετωπικών στρωμάτων και των χαλικιών, υποδηλώνει ότι τα υλικά αυτά προσχώθηκαν προς τη λεκάνη από τα Βορειοδυτικά προς Νοτιοανατολικά (Σχ. 5α και β).

α



β



Σχ. 5 α, β. α) Διεύθυνση των ασυνεχειών (ρηγμάτων, διακλάσεων) κατά μήκος των οποίων σχηματίσθηκαν οι κοιλάδες των Μετεώρων (σύμφωνα με Σωτηριάδη, 1994).
β) Ροδόγραμμα των διευθύνσεων των κοιλάδων και των ρευμάτων σε σχέση προς το ροδόγραμμα των τεκτονικών ασυνεχειών (σύμφωνα με Caputo & Παυλίδη, 1990).

Οι καλώς ταξινομημένες φάσεις των στρωμάτων της κορυφής, είναι πολύ παραπλήσιες με εκείνες που περιγράφηκαν από τους Nemec & Steel (1984) και ερμηνεύονται ως αποθέσεις σε παράκτια περιβάλλοντα. Η πλευρική συνέχεια των στρωμάτων και η καλή ταξινόμηση είναι τυπικό χαρακτηριστικό της δράσεως των κυμάτων.

Ο προσανατολισμός των χαλικιών είναι αντίθετος μ' αυτόν που βρέθηκε στο κύριο σώμα των δελταϊκών σφηνών. Ο προσανατολισμός των λατυπών κλίνει προς τη θάλασσα στη ζώνη εκπλύσεως και ακόμη βαθύτερα στην παραλία (Bluck, 1967, Nemec & Steel, 1984). Η επανεπεξεργασία των στρωμάτων κορυφής έχει πραγματοποιηθεί λόγω της δράσεως των κυμάτων. Στα Μετέωρα (δέλτα τύπου Gilbert) η διαδικασία της μαζικής ροής κυριαρχεί στην κορυφή του δέλτα όπου οι πιο οργανωμένες αποθέσεις με προσανατολισμένα χαλίκια εμφανίζονται στην κατωφέρεια των μετωπικών στρωμάτων, συνιστώντας μια πλέον τουρβιδιτική ροή.

Καναλοειδείς αποθέσεις

Αυτές αποτελούνται από μεγάλης κλίμακας επιπεδόκοιλα φακοειδή σώματα τα οποία αποκόπτουν τα σφηνοειδούς σχήματος σώματα. Εμφανίζονται στο ανώτερο τμήμα της λεκάνης όπου είναι και ευμεγέθη. Περίπου δώδεκα κανάλια του τύπου αυτού έχουν παρατηρηθεί. Κάθετα προς τον άξονα των καναλιών οι αποθέσεις παρουσιάζουν αμυδρή επιπεδόκοιλη συμμετρική βάση. Οι εμφανίσεις παραλλήλως προς τον άξονα των καναλιών παρουσιάζουν επίπεδα σχήματα. Οι βάσεις των καναλιών είναι βαθμιαίες ενώ οι κορυφές είναι απότομες και οριζόντιες. Τα κανάλια πρέπει να ήταν 15-35 μέτρα βαθειά και να είχαν εύρος 80-100 μέτρα. Το υλικό με το οποίο πληρώθηκαν περιέχει πολύ αδρομερή κροκαλοπαγή. Το μέγιστο μέγεθος κλαστών φθάνει το 1 μέτρο αλλά υπάρχουν κατά τόπους και πλέον ευμεγέθεις κλάστες.

Ο πλέον συχνός τύπος εσωτερικής στρώσεως είναι η σταυρωτή στρώση (μέγιστη κλίση 30°-40°) και εκτείνεται σ' όλο το πάχος της αποθέσεως. Τα μετωπικά στρώματα συναντούν τις κατώτερες διαβρωσιγενείς επιφάνειες με μεγάλη γωνία. Οι αδρομερέστεροι κλάστες απαντώνται κοντά ή στη βάση των μετωπικών στρωμάτων, παράγοντας πιο λεπτομερείς προς τα άνω ακολουθίες. Στο ανώτερο τμήμα η κλίση των μετωπικών στρωμάτων μειώνεται. Η στρώση είναι λιγότερο αναγνωρίσιμη κάθετα στις διευθύνσεις των παλαιορευμάτων. Οι αποθέσεις συνίστανται σε αμυδρή έως μετρίως ταξιθετημένα κροκαλοπαγή με κυριαρχούσα την άμμο ως συνδετικό υλικό. Τα όρια των στρωμάτων είναι απότομα έως βαθμιαία. Εσωτερικά η διαβάθμιση δεν είναι εμφανής αλλά κατά τόπους μία προοδευτική διαβάθμιση είναι παρούσα. Σε δύο τοποθεσίες τα κανάλια έχουν πληρωθεί με μεσαίας κλίμακας (σύνολο πάχους 0.2 - 0.5 μέτρα) σταυρωτή στρώση.

Σε μια εμφάνιση το πληρωθέν υλικό του καναλιού αποτελείται από αμυδρώς ταξινομημένους, οριζοντίως εστρωμμένους ψαμμίτες. Τα στρώματα έχουν πάχος 0.3 μέτρα και παρουσιάζουν απότομες βάσεις. Είναι παχύτερα στο κεντρικό τμήμα του καναλιού και γίνονται βαθμιαία πιο λεπτά στα περιθώρια του καναλιού. Η εμφάνιση είναι αδύνατο να πλησιασθεί. Έτσι δεν μπορεί να γίνει μια λεπτομερής περιγραφή.

Η καναλοειδείς φύση των στρωμάτων αποδεικνύεται από το επιπεδόκοιλο σχήμα των βάσεών τους όταν αποκόπτονται κάθετα στα παλαιορεύματα και από το πλακοειδές σχήμα των σωμάτων όταν αποκόπτονται παράλληλα στα παλαιορεύματα.

Η εσωτερική σταυρωτή στρώση αποδεικνύει ότι τα κανάλια πληρώθηκαν με μεγάλης κλίμακας στρώματα.

Η μεσαίας κλίμακας σταυρωτή στρώση και η οριζόντια στρώση του πληρωθέντος υλικού των καναλιών οφείλεται σε χαμηλής ενέργειας ιζηματογένεση.

Η διατηρηθείσα διατομή των καναλιών αποδεικνύει ότι δεν «μετανάστευσαν» πλευρικά. Το γεγονός αυτό, μαζί με το βάθος τους δηλώνει ότι τα κανάλια περιχαρακώθηκαν στις προϋπάρχουσες αποθέσεις. Η σχέση μεταξύ των σφηνοειδούς σχήματος και των σωμάτων των καναλιών είναι παντού διαβρωσιγενής.

Η «περιχαράκωση» των καναλιών μπορεί να ερμηνευθεί οτι συνέβη κατά τη διάρκεια ταπεινώσεως του βασικού επιπέδου η κατά τη διάρκεια ανοδικής κινήσεως της πηγής τροφοδοσίας (βλ. Heward, 1978). Όταν αυτό συμβαίνει, η ενέργεια των ρευμάτων αυξάνει και καθιστά δυνατή τη μεταφορά και την ιζηματογένεση αδρομερέστερων κλαστικών υλικών.

Η ερμηνεία αυτή ενισχύει την θεωρία της «περιχαρακώσεως» καθ' όσον το μέγεθος των κλαστών είναι σημαντικά μεγαλύτερο από εκείνο των σωμάτων σφηνοειδούς σχήματος. Η σύνθεση των κλαστών είναι παρόμοια και στους δύο τύπους ιζηματογενών σωμάτων. Σύγχρονος τεκτονισμός (ανοδική κίνηση της πηγής τροφοδοσίας) αποδεικνύεται από την παρουσία στις αποθέσεις δέλτα τύπου «Gilbert» μερικών μεγάλων ενδοϊζηματογενών ασυμφωνιών. Δυστυχώς δεν είναι δυνατόν να συσχετισθούν με τις «καναλιζαρισμένες» ενότητες.

Η διαφοροποίηση μεταξύ των καναλιών στα κορυφαία στρώματα των δέλτα τύπου "Gilbert" και των μεγάλης κλίμακας σωμάτων των καναλιών που περιγράφονται εδώ στηρίζεται:

i) στο μεγαλύτερο μέγεθος των σωμάτων των καναλιών

ii) στην παρουσία συνόλων διασταυρούμενης στρώσεως στα σώματα των καναλιών

iii) τα κανάλια στα κορυφαία στρώματα πάντα κείνται επί της κορυφής στρωμάτων σταυρωτής στρώσεως, ενώ τα «περιχαρακωμένα» σώματα των καναλιών αποκόπτουν παλαιότερες αποθέσεις.

Παλαιογεωγραφική εξέλιξη

Κατά τη διάρκεια της αλπικής ορογενέσεως δημιουργήθηκαν τεκτονικές ασυνέχειες με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Σε γενικές γραμμές οι ασυνέχειες (ρήγματα, διακλάσεις) διαφορετικής ηλικίας δεν έχουν ορισμένο προσανατολισμό (Caputo & Pavlides, 1991). Επικρατεί όμως η διεύθυνση Α-Δ περίπου, δηλαδή οι ασυνέχειες που προέρχονται από τις δύο τελευταίες εφελκυστικές τάσεις f_2 (διεύθυνση εφελκυσμού ΒΑ-ΝΔ) και f_3 (διεύθυνση εφελκυσμού Β-Ν). Συγκρίνοντας τον γενικό προσανατολισμό των κοιλάδων που αναπτύχθηκαν στους σχηματισμούς των Μετεώρων διαπιστώνεται μια ταύτιση με τον προσανατολισμό των ασυνεχειών (Σχ. 5α, β).

Απ' τις παραπάνω περιγραφές και ερμηνείες εξάγεται μια απλή παλαιογεωγραφική εικόνα. Τα δέλτα τύπου "Gilbert" προελαύνουν από τα Ανατολικά μέσα στη λεκάνη η οποία ήταν πολύ στενή στην περιοχή αυτή.

Η πηγή τροφοδοσίας όπως εμφανίζεται σήμερα προμήθευε τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων καθώς το ανώτερο κροκαλοπαγές αμέσως υπέρκειται της κορυφής των μαργών του Επταχωρίου καθώς και παλαιότερων πετρωμάτων.

Κατά τη διάρκεια της δελταϊκής προελάσεως τεκτονικές ανοδικές κινήσεις παρήγαγαν ενδοϊζηματογενείς ασυμφωνίες. Είναι πιθανόν κατά τη διάρκεια του τεκτονισμού τα δελταϊκά ιζήματα να παραμορφώθηκαν μερικώς και να διαβρώθηκαν. Πάντως οι αποθέσεις, προϊόντα των διαβρωσιγενών αυτών γεγονότων, δεν έχουν ακόμη πιστοποιηθεί, γιατί εάν υπάρχουν θα κείνται στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης ή ακόμη νοτιώτερα όπου οι συνθήκες των εμφανίσεων δεν επιτρέπουν λεπτομερείς αναλύσεις.

Συζήτηση

Τα κροκαλοπαγή των Μετεώρων ερμηνεύονται ως μια παλαιά ακολουθία δέλτα τύπου "Gilbert", με μεγάλα κανάλια «περιχαρακωμένα» κάθετα στους άξονες προελάσεως των δέλτα. Παρουσιάζουν έναν αριθμό χαρακτηριστικών τα οποία δεν μπορούν να αναγνωρισθούν επαρκώς σε πολλά Τεταρτογενούς ηλικίας παραδείγματα αυτού του τύπου δέλτα:

i) Η συνολική εξωτερική γεωμετρία των αποθέσεων δέλτα τύπου "Gilbert" είναι σφηνοειδούς σχήματος.

ii) Το δέλτα καθίσταται πιο παχύ προς τη λεκάνη, και τα εσωτερικά μετωπικά στρώματα ακολουθούν την τάση αυτή με μειούμενη γωνία κλίσεως.

iii) Τεράστια κανάλια είναι πληρωμένα με κροκαλοπαγή με σταυρωτή στρώση που σχηματίσθηκαν κατά την μετανάστευση των μετωπικών φραγμάτων.

Η περιχαράκωση των καναλιών μπορεί να οφείλεται: α) στην τεκτονική ανύψωση της πηγής τροφοδοσίας, β) στην πτώση του βασικού επιπέδου (σε αυτή την περίπτωση πιθανώς της θαλάσσιας στάθμης) και γ) σε κλιματικές μεταβολές με μία αύξηση της διαβρώσεως.

Στην περίπτωση των κροκαλοπαγών των Μετεώρων οι ενδοϊζηματογενείς ασυμφωνίες και οι αλλαγές των αξόνων αποθέσεως υποδηλώνουν ότι ο τεκτονισμός πρέπει να ήταν η αιτία (Φωτ. 6).

Φωτ. 6. Άποψη των στρωμάτων των ψαμμιτοκροκαλοπαγών, των δέλτα τύπου Gilbert, στα Μετέωρα.

Η δελταϊκή απόθεση πιθανώς παρήχθη από μία «σταθερή» τεκτονική κίνηση του περιθωριακού ρήγματος. Η κίνηση του ρήγματος μπορεί να συνίσταται σε έναν αριθμό μικρών αυξήσεων, η κάθε μία των οποίων παρήγαγε το σχηματισμό αποθέσεων τύπου "Gilbert". Στον σχηματισμό των δελταϊκών αυτών αποθέσεων τύπου "Gilbert" συνηγόρησε και η ύπαρξη περιορισμένων υδάτινων συνθηκών με ενδείξεις παράκτιου περιβάλλοντος όπως αυτές πιστοποιήθηκαν από τους Zygojannis & Sidiropoulos (1981a), Zygojannis & Muller (1982), Beining (1984) και Raptis (1984).

Οι κατακόρυφες κινήσεις του Πλειοκαίνου, είχαν σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθούν οι ταφροειδείς λεκάνες της Λάρισσας στην Ανατολική Θεσσαλία και των Τρικάλων-Καρδίτσας στη Δυτική με ταυτόχρονη απόθεση λιμναίων και ποταμοχειμμαρίων Πλειοκαινικών ιζημάτων, τα οποία σήμερα συναντώνται σε πολλά σημεία (Zamani, 1980).

Κατά τις αρχές του Πλειστοκαίνου, έλαβε χώρα εκ νέου καταβύθιση και δημιουργία της σημερινής ταφροειδούς λεκάνης της Δυτ. Θεσσαλίας, ενώ τα περιθώριά της, συμπεριλαμβανομένων και των μολασσικών αποθέσεων, ανυψώθηκαν.

Το γεγονός αυτό, έδωσε τη δυνατότητα στην έντονη διαβρωτική διεργασία των ευαίσθητων σημείων των μολασικών αποθέσεων, όπως ήταν οι διάφορες τεκτονικές ασυνέχειες (ρήγματα, διακλάσεις) και οι χαλαρές από πλευράς πετρωμάτων περιοχές. Έτσι κατά μήκος των ασυνεχειών η διάβρωση ήταν έντονη, σε συνδυασμό με την χαλαρότητα, οπότε τα ενδιάμεσα τμήματα μεταξύ των ασυνεχειών άντεξαν στη διάβρωση με αποτέλεσμα να σχηματιστούν οι σημερινές μορφές.

Η διαμόρφωση των γεωμορφών των Μετεώρων, οφείλεται:

α) Σε τεκτονικά συμβάντα (καταβύθιση λεκάνης, ανύψωση μολασσικών σχηματισμών, δημιουργία ασυνεχειών στους μολασσικούς σχηματισμούς) και β) Στη διάβρωση εξαιτίας κυρίως των ρεόντων υδάτων.

Η αιολική διάβρωση έχει διαδραματίσει δευτερεύοντα ρόλο στη σημερινή μορφολογία των Μετεώρων, με τη δημιουργία σπηλαιωδών σχηματισμών λόγω στροβιλισμού των διαφόρων υλικών εντός αυτών με τη μηχανική δράση των ανέμων. Η παρουσία των αιολικών αυτών μορφών μόνο σε ορισμένες κατακόρυφες επιφάνειες των Μετεώρων φανερώνει και την επικρατούσα διεύθυνση των ανέμων.

Συμπεράσματα

Η ιζηματολογική μελέτη που έλαβε χώρα στα κροκαλοπαγή των Μετεώρων κατέδειξε ότι αυτά αποτέθηκαν σε ένα δελταϊκό σύστημα τύπου Gilbert όπου υπήρχαν μεγάλα κανάλια περιχαρακωμένα καθέτως του άξονα προελάσεως του δέλτα.

Οι κύριες ενότητες ιζηματογενών αποθέσεων που αναγνωρίστηκαν στα κροκαλοπαγή των Μετεώρων είναι α) οι σφηνοειδείς αποθέσεις οι οποίες θεωρούνται αποθέσεις σε παράκτια περιβάλλοντα και ερμηνεύονται με το μοντέλο "Gilbert-type" δέλτα και β) οι καναλοειδείς αποθέσεις οι οποίες θεωρούνται ότι δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια ταπεινώσεως του βασικού επιπέδου ή κατά τη διάρκεια ανοδικής κινήσεως της πηγής τροφοδοσίας.

Η διαμόρφωση των γεωμορφών των Μετεώρων οφείλεται α) σε τεκτονικά συμβάντα, β) στη διάβρωση εξαιτίας των ρεόντων υδάτων και γ) σε μικρότερο ποσοστό στην αιολική διάβρωση.

Βιβλιογραφία

Aubouin, J. (1959). Contribution a l' etude geologique de la Grece septentrionale: les confins de l' Epire et de la Thessalie. *Ann. Geol. pays Hellen.*, 10, p. 1-525.

Beining, G. (1984). Geologie und Palaogeographie der tertiaren Molasse im sudostlichen Randgebiet der Mesohellenischen Senke (Thessalien, Nordwest-Griechenland). *Univeroff. Dipl.-Arbeit.*, 81S., Munster.

Bizon, J.J., Lalechos, N. & E. Savoyat (1968). Presence de l' Eocene transgressif en Thessalie. Incidence sur la paleogeographie regionale. *Bull. Soc. Geol. France*, 10, p. 36-38, Paris.

Bluck, B.J. (1967). Sedimentation of beach gravels examples From South Wales. Journ. *Sedim. Petrol.*, 37, p. 128-156.

Breling, M. (1984). Petrographie und fazielle Entwicklung der Meteora-Konglomerate Thessaliens, Nordwest-Griechenland: *unveroff. Diplom-Arbeit*, Munster.

Breling, M. (1994). Sedimentologieund fazielle Entwicklung der Meteora-Konglomerate Thessalien, Nordwest-Griechenland. *Munster. Forsch. Geol. Palaont.*, 76, S. 389-406.

Brunn, J.H. (1956). Etude geologique du Pinde septentional et de la Macedoine occidentale. *Ann. Geol. Pays. Hellen.* t. 7, (1956), p. 1-358.

Caputo, R., & Σ. Παυλίδης (1991). Νεοτεκτονική δομή και εξέλιξη της Θεσσαλίας. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, XXV/3 (1991).

Dainelli, G. (1910). Le Meteore di Tessaglia. *Memorie Geographiche, Suplemento alla Rivista Geographica Italiana.* Firenze

Dalloni, M. (1923). Contribution a l' etude des terrains tertiaires de la Thessalie et de l' Epire. *Soc. Geol. France*, Bull. (4), vol. 32, p. 284-294.

Despraires, A. & P. Vergely (1977). Le sillion Mesohellenique et la zone pelagonienne. In: J. Dercourt, J. Aubouin, E. Savoyat et al., (Eds), "Reunion extraordinaire de la Societe geologique de France en Grece". *Compte rendu, Bull. Soc. Geol. France*, 19, p. 28-34, Paris.

Dermitzakis, M. (1990). Paleogeography, Geodynamics, Processes and event Stratigraphy During Late Cenozoic of the Aegean arera. *Intern. Symposium on "Biogeografical aspects of Insularity", Rome, 18-22 May 1987, Accademia Nazionale dei Lincei*, vol. 85, p. 263-288, 1990, Rome.

Filbrandt J.B., Grderhill, J.R. & G.D. Williams (1985). Tectonic and foreland basin evolution in the Hellenides. *IAS SEPM., Intern. Symposium on Foreland Basins*, 55, Friburg, Switzerland.

Gilbert, G.K. (1890). Lake Bonneville. Mem: Grit. Stat. Geol. Survey, 1, 438 ps.

Nemec, W. & R.J. Steel (1984). Alluvial and coastal conglomerates. Their significant features and same comments on gravelly mass-flow deposits. *In Sedimentology: of Gravels and Conglomerates, Calgary* 10, p. 1-31.

Ori, G.G. & M. Roveri (1987). Geometries of Gilbert type deltas and large channels in the Meteora Conglomerate, Meso-Hellenic basin (Oligo- Miocene) central Greece. *Sedimentology*, 34, p. 845-859.

Philippson, A. (1897). Die Meteora-Kloster in Thessalien "Uber Land und Meer". *Deutsche Illustr. Zeitung.*

Philippson, A. (1950). Die Griechischen Landschaften. Eine Landeskunde. Verlag V. Klostermann.

Raptis, A. (1984). Fazies und Petrographie des Miozans nordlich von Trikala (Thessalien in Griechenland).- *Unveroff. Dipl.-Arb.*), Munster.

Riedl, H. (1974). Beitrage zur Initialgenese des Gebietes der Meteora in Thessalien. *Die Hahle. Zeitschr. fur Karst- und Hahlenkunde, Heft* 3.

Soliman, H.A. & N. Zygojannis (1979). Palaeogeographical features during Oligocene-Miocene transition and their bearing on Oligocene-Miocne Foraminifera in the Mesohellenic Basin, Norhern Greece. *Ann. Geol. pays Hellen.*, hors ser., 3, p. 1113-1122, Athens.

Soliman, H.A. & N. Zygojannis (1980). Geological and paleontological studies in the Mesohellenic Basin, Northern Greece: I. Oligocene smaller Foraminifera. II. Eocnene smaller Foraminifera. *Geol. Geophys. Research*, 22, p. 1-66, Athens.

Sotiriades, L. (1994). Formation and evolution of Meteora land-forms, Trikala.

Ζαμάνη, Α. (1980). Συμβολή εις την ερμηνείαν της δημιουργίας και της εξελίξεως των Γεωμορφών των Μετεώρων. *Ann. Geol. des Pays Hell.* XXX/1, σελ. 281-290.

Zygojannis, N. & Sidiropoulos, D. (1981a). Schwermineralverteilungen und palaogeographische Grundzuge der tertiaren Molasse in der Meso-hellenischen Senke, Nordwest-Griechenland. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.* 1981 (2): 100-128, Stuttgart.
Zygojannis, N. & C. Muller (1982). Nannoplankton-Biostratigraphie der tertiaren Mesohellenischen Molasse (Nordwest-Griechenland). *Z. dt. Geol. Ges.*, 113, p. 445-455, Hannover.

Γεωμορφολογική και Σεισμοτεκτονική μελέτη στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης Βουλιαγμένης, Χερσόνησος της Περαχώρας

Χ. Μαρουκιάν, Δ. Παπαναστασίου** και Κ. Γάκη - Παπαναστασίου**

** Τομέας Γεωγραφίας - Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 15784 Αθήνα*

*** Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 118 10 Αθήνα*

Περίληψη

Ο ανατολικός Κορινθιακός κόλπος είναι μία έντονα τεκτονισμένη περιοχή με υψηλή σεισμικότητα. Στη χερσόνησο της Περαχώρας, που εκτείνεται ΒΔ του Λουτρακίου, οι τεκτονικές κινήσεις έχουν αποτυπωθεί σε παράκτιες γεωμορφές, όπως σε ακτόλιθους, θαλάσσιες εγκοπές, θαλάσσια σπήλαια καθώς και σε αρχαιολογικές θέσεις.

Κατά τη γεωμορφολογική μελέτη του παραθαλάσσιου περιβάλλοντος της λίμνης Βουλιαγμένης, ΒΔ άκρο της χερσονήσου της Περαχώρας, ευρέθησαν ανυψωμένες ακτές με αντίστοιχες εμφανίσεις ακτολίθων σε ύψ 0.4 m, 1 m, 2 m και 3 m. Επιπλέον στις θέσεις Ηραίο και Σκάλωμα παρατηρήθηκαν στους ασβεσταλίθους αντίστοιχες θαλάσσιες εγκοπές ευρι σκόμενες 10 - 20 cm ηψηλότερα απο τους αντίστοιχους ακτόλιθους. Στ εσωτερικό της λίμνης Βουλιαγμένης παρατηρήθηκε εγκοπή σε ύψος 1.2 m και ακτόλιθος σε ύψος 1.7 m υποκείμενος Πρωτοελλαδικού οικισμού.

Η θέση αρχαιολογικών κατασκευών ως προς τη στάθμη της θάλασσας καθώς και η ύπαρξη αρχαιολογικών οστράκων (κεραμικών) μέσα στους ακτολίθους των 2 m, βοηθούν στη χρονολόγηση των πρόσφατω τεκτονικών κινήσεων και συνεισφέρουν σημαντικά στην κατανόηση τη γεωμορφολογικής εξέλιξης και της σεισμικής ιστορίας της περιοχής τη λίμνης της Βουλιαγμένης κατά το Ολόκαινο.

Abstract

The eastern Corinthiakos gulf is an area with intense tectonism an high seismicity. In the peninsula of Perachora, which extends NW o Loutraki, the tectonic movements have left their imprints in the form o coastal landforms such as raised shorelines, beachrocks, sea cave marine notches, as well as coastal archaeological sites.

During the geomorphological investigations of the coastal environment of lake Vouliagmeni, four raised shorelines were recognized with the corresponding beachrocks at elevations of about 0.4 m, 1 m, 2 m and 3 m. In addition, marine notches were observed, carved in limestone and having heights 10-20 cm higher than the beachrocks in the area of Heraeon and Skaloma. Around the lake shores a notch was found at 1.2 meters, while a beachrock at an elevation of 1.7 m was observed, underlying a prehistoric settlement.

The position of the archaeological structures in relation to sea level as well as the presence of archaeological sherds in the 2 m beachrock assist in the dating of recent tectonic movements and contribute significantly in the understanding of the geomorphological evolution and the seismic history of the lake Vouliagmeni area during the Holocene.

Εισαγωγή

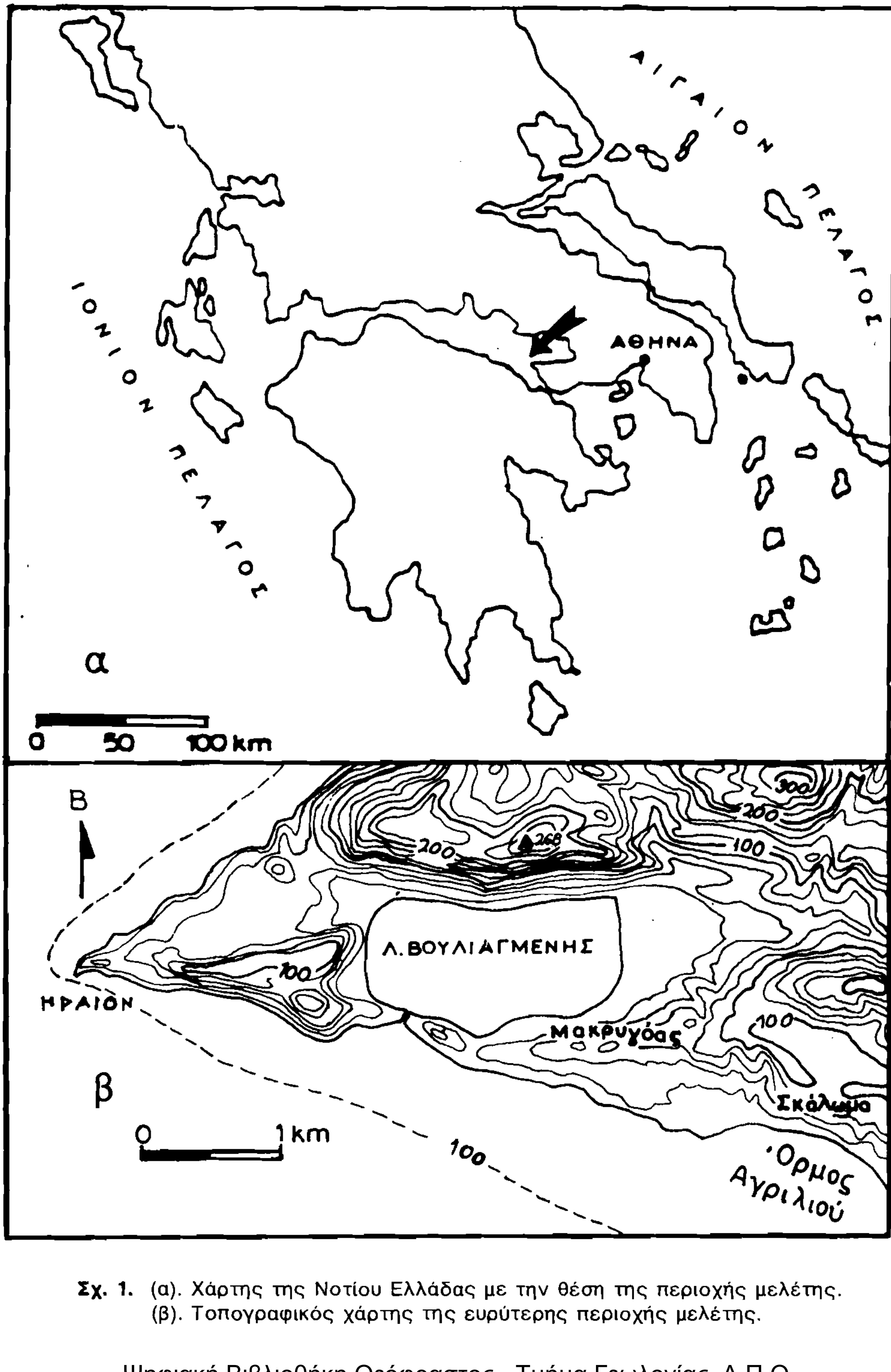
Το ανάγλυφο του Ελληνικού χώρου αντικατοπτρίζει την πρόσφατη έντονη τεκτονική και την υψηλή σεισμική δραστηριότητά του.

Ο Κορινθιακός κόλπος (Σχ. 1α) αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων νεοτεκτονικών διεργασιών (Armijo et al., 1996), ενώ οι επακόλουθες γεωμορφές συνιστούν αντικείμενο μελέτης για την κατανόηση της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης του. Ειδικώτερα στην χερσόνησο της Περαχώρας, ανατολικός Κορινθιακός, (Σχ. 1β) στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης Βουλιαγμένης, απο το ακρωτήριο του Ηραίου έως τον όρμο του Αγριλιού, παρατηρούνται παράκτιες γεωμορφές και ανυψωμένες Τυρρήνιες αποθέσεις.

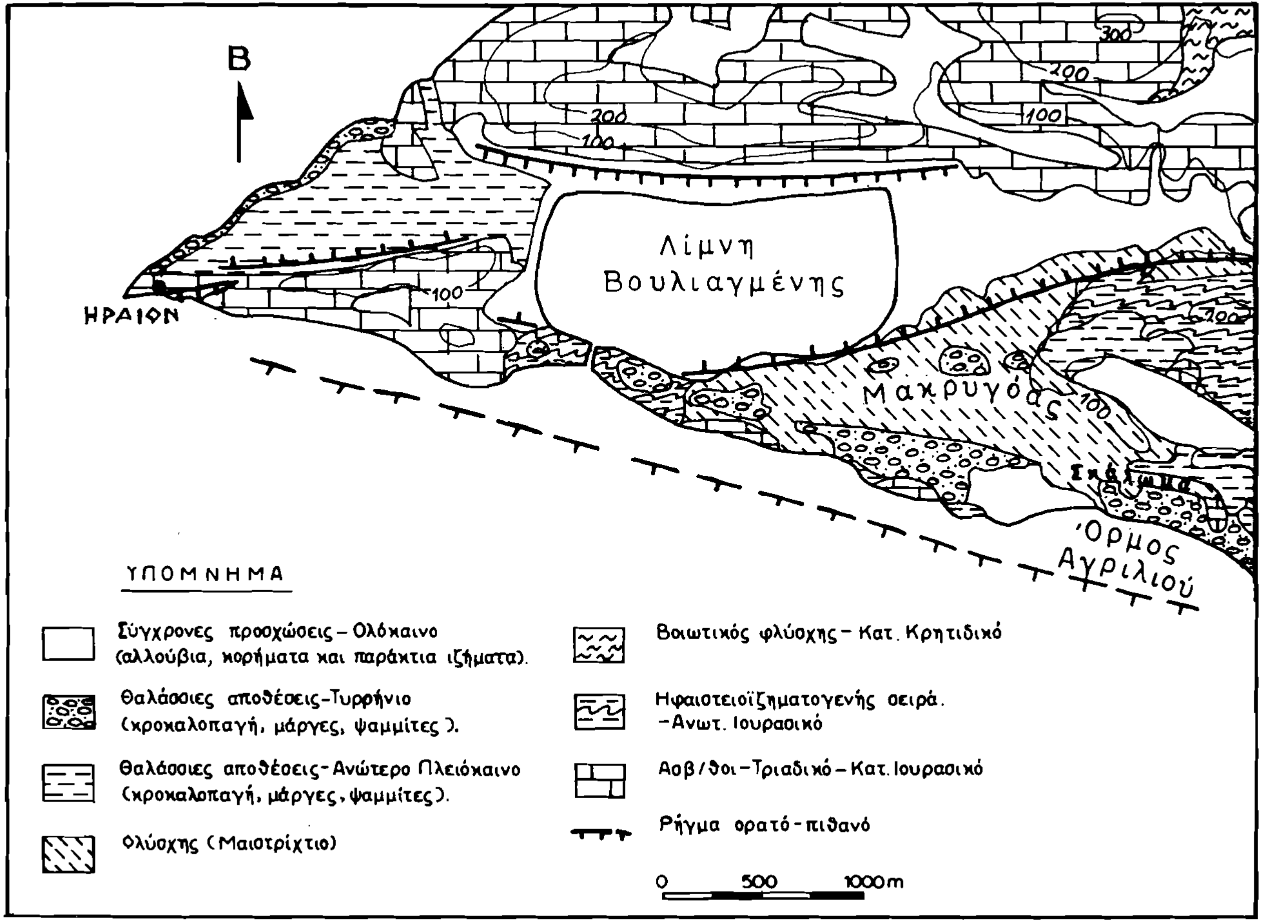
Αυτό τα μορφολογικό χαρακτηριστικά συνδυάζονται με τα τεκτονικά δεδομένα και συχετίζονται με τη σεισμική ιστορία της περιοχής ώστε να συναχθούν συμπεράσματα γιο την γεωμορφολογική και σεισμοτεκτονική εξέλιξη της περιοχής στο ανώτερο Πλειστόκαινο - Ολόκαινο.

Γεωλογία

Το αλπικό υπόβαθρο της χερσονήσου της Περαχώρας εντάσσεται στη Βοιωτική ζώνη (Celet et al., 1976; Παπανικολάου, 1986; Κατσικάτσος, 1992) σύμφωνα επίσης και με τη γεωλογική χαρτογράφηση του Ι.Γ.Μ.Ε (Γεωλογικός χάρτης 1:50.000, φύλλο Περαχώρα, 1984).



Σχ. 1. (α). Χάρτης της Νοτίου Ελλάδας με την θέση της περιοχής μελέτης.
(β). Τοπογραφικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης.



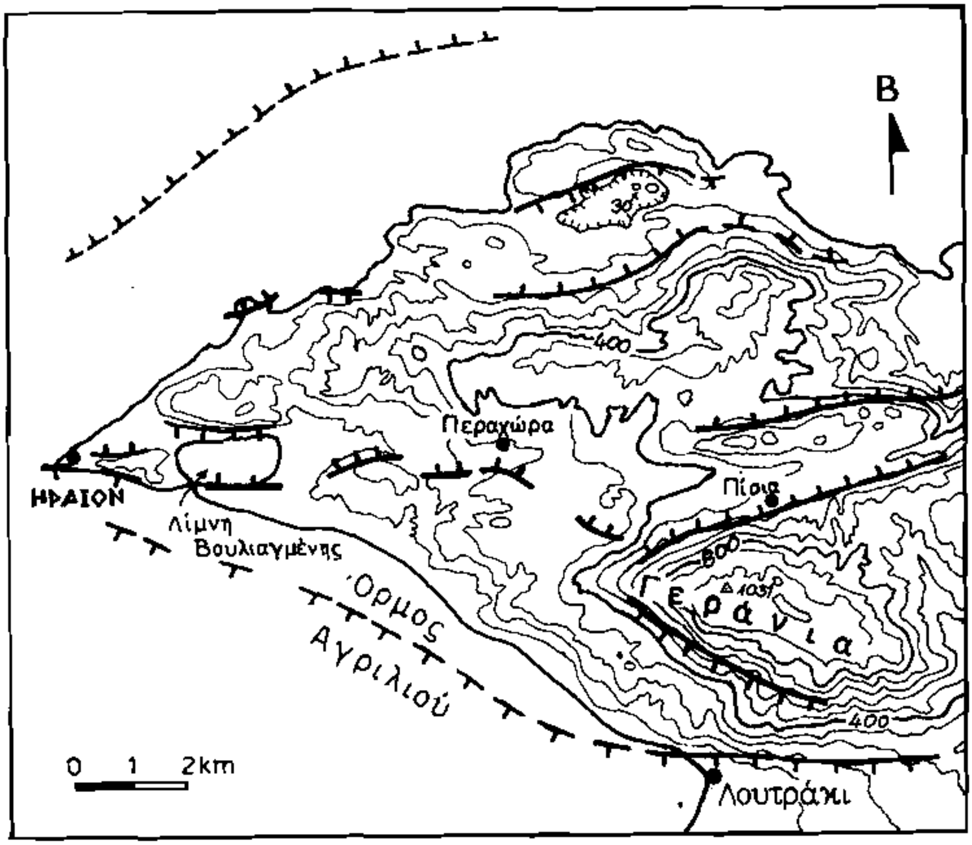
Σχ. 2. Γεωλογικός χάρτης της μελετηθείσης περιοχής.

Οι παλαιότεροι σχηματισμοί που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης είναι τεφροί παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι του Τριαδικού - Κάτω Ιουρασικού, στη συνέχεια η μικτή ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά του Ανώτερου Ιουρασικού, αποτελούμενη κυρίως από βασικά πετρώματα και ψαμμίτες, καθώς και πλακώδεις ασβεστόλιθους. Ο Βοιωτικός φλύσχης του Κατώτερου Κρητιδικού συνίσταται, κυρίως, από ραδιολαρίτες με εναλλαγές ερυθρών πηλιτών, μαργαικών ασβεστολίθων και ψαμμιτών. Ο φλύσχης του Μαιστριχτίου αποτελεί μια ρυθμική σειρά από εναλλαγές ψαμμιτών και μαργών. Στη βάση της σειράς αυτής παρατηρούνται εμφανίσεις Ανω Κρητιδικών ασβεστολίθων.

Επί του αλπικού υποβάθρου αναπτύσσεται το Ανώτερο Πλειόκαινο με θαλάσσιες αποθέσεις από κροκαλοπαγή, μάργες και ψαμμίτες. Οι Πλειστοκαινικές αποθέσεις συνίστανται από τις θαλάσσιες του Τυρρηνίου και χερσαίες. Τα Τυρρήνια στρώματα αποτελούνται, κυρίως, από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες και ασβεστοαρενίτες, δίνοντας αναβαθμίδα σε ύψος ~28 m, στην περιοχή Ακρωτήριο Ηραίου έως τον όρμο του Αγριλιού (Mitzopoulos 1933; Marcopoulou-Diakantoni, 1983). Στην περιοχή Μακρυγάας, νοτιοανατολικά της λίμνης Βουλιαγμένης, παρατηρήθηκον κατά θέσεις θαλάσσιες αποθέσεις, σε κορυφές λόφων, σε υψόμετρα έως 100 m, οι οποίες σύμφωνα με την γεωλογική χαρτογράφιση του Ι.Γ.Μ.Ε. είναι τυρρήνιοι σχηματισμοί. Οι χερσαίες αποθέσεις είναι συνεκτικές κώνων και πλευρικών κορρημάτων. Οι Ολοκαινικές αποθέσεις συνίστανται από κώνους κορρημάτων, κορρήματα, αλλούβια και παράκτια ιζήματα.

Τεκτονική

Η ευρύτερη περιοχή της χερσονήσου της Περαχώρας χαρακτηρίζεται από μια έντονη τεκτονική. Τα κύρια ρήγματα (Σχ. 3) έχουν διευθύνσεις Α. ΒΑ - Δ. ΝΔ και κλίνουν προς Β. ΒΔ, καθώς και Δ. ΒΔ - Α. ΝΑ που κλίνουν προς Ν. ΝΔ. Γίνεται φανερό ότι η ευρύτερη περιοχή της λίμνης Βουλιαγμένης παρουσιάζεται πολύπλοκη από τεκτονικής άποψης, δεδομένου ότι υφίσταται την επίδραση τάσο καθοδικών, όσο και ανοδικών τεκτονικών κινήσεων, που εξαρτώνται κάθε φορά από το ποιο ρήγμα δραστηριοποιήθηκε. Ετσι, η δραστηριοποίηση των υποθαλάσσιων ρηγμάτων που εκτείνονται κατά μήκος των ΒΔ και των ΝΔ παραλίων μπορεί να προκαλέσουν ανύψωση της χερσονήσου, ενώ η δραστηριοποίηση των ρηγμάτων που εκτείνονται στα βάρεια των Γερανίων δύναται να προκαλέσει βύθισή της. Η λίμνη της Βουλιαγμένης γίνεται φανερό ότι είναι ένα τεκτανικό βύθισμα οφειλόμενο στη δραστηριοποίηση τοπικών ρηγμάτων μέσης διεύθυνσης Α - Δ. Η ολοκαινική επαναδραστηριοποίηση των ευρισκομένων στην ξηρά ρηγμάτων πιστοποιείται από την ύπαρξη πρόσφατης ρηξιγενούς επιφάνειας στη βάση τους.



Σχ. 3. Χάρτης με τα κυριότερα ρήγματα της περιοχής μελέτης.

Λαμβάνοντας υπόψη τις ανυψωμένες Τυρρήνιες αποθέσεις και τις παράκτιες γεωμορφές, γίνεται φανερό ότι κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο - Ολόκαινο η επικρατούσα τεκτονική κίνηση είναι ανοδική.

Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις

Στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης της Βουλιαγμένης πραγματοποιήθηκε γεωμορφολογική χαρτογράφηση για την αναγνώριση παλαιών παράκτιων γεωμορφών, όπως θαλάσσιων εγκοπών (notches, enconches), θαλάσσιων σπηλαίων και παλαιών ακτογραμμών, που αντιστοιχούν σε παλαιότερες στάθμες θάλασσας.

Ειδικότερα, οι εμφανίσεις του Τυρρηνίου στις περιοχές Σκάλωμα - Μακρυγόας παρατηρήθηκαν μέχρι του υψομέτρου των 100 m, ενώ στην παράκτια ζώνη ΒΑ ταυ Ακρωτηρίου του Ηραίου φθάνουν μέχρι τα 28 m.

Στην περιοχή της Μακρυγόας εντοπίσθηκαν παλαιοκρημνοί σε ύψος 18 - 20 m και 40 m. Δυτικά της τεχνητής εισόδου της λίμνης Βουλιαγμένης (κανάλι), παρατηρήθηκαν σπηλαιώδεις μορφές, σε ύψος 8 m.

Χαρακτηριστική είναι η εμφάνιση τριών διακριτών σχηματισμών ακτολίθων στο 0.4 m, 1 m και στα 2 m δυτικά και ανατολικά της εισόδου της λίμνης Βουλιαγμένης (Φωτ. 1), ενώ στο εσωτερικό της υπάρχει ακτόλιθος σε ύψος 1,70 m που υπόκειται οικιστικού στρώματος πρωτοελλαδικού οικισμού (Fossey, 1986). Ο παράκτιος ακτόλιθος των 2 m εμπεριέχει αρχαιολογικά όστρακα, που σύμφωνα με τον Αρχαιολόγο R. Thomlinson, Διευθυντή της Αγγλικής Αρχαιαλογικής Σχολής, (προσωπική επικοινωνία), προέρχονται από τον παρακείμενο οικισμό.

Φωτ. 1. Ανυψωμένοι ακτόλιθοι δυτικά της διώρυγας της λίμνης της Βουλιαγμένης.

Στην περιοχή Σκάλωμα παρατηρήθηκαν εμφανίσεις ακτολίθων στα 0.4 m 1 m, 2 m και 3 m. Η ανάπτυξη των ακτολίθων των 0.4 m και του

1 m είναι οι μεγαλύτερες και απαντώνται σε όλο το μήκος της ακτής από τη λίμνη Βουλιαγμένης μέχρι το Σκάλωμα, ενώ των 2 m και 3 m, αντίστοιχα, εμφανίζονται λόγω διάβρωσης κατά θέσεις.

Σημαντική είναι η παρουσία θαλάσσιων εγκοπών στους ασβεστολίθους στις περιοχές Ηραίο και Σκάλωμα στα 1 m, 2 m και 3 m (Φωτ. 2), αντίστοιχη σε ύψος με τους περιγραφέντες ακτολίθους, ενώ στο εσωτερικό της λίμνης παρατηρείται μόνο η εγκοπή του 1,2 m. Μικρότερη σε έκτοση εμφάνιση θαλάσσιων εγκοπών διακρίνονται σε ύψος 0.40-0.50 m.

Φωτ. 2. Ανυψωμένες θαλάσσιες εγκοπές στην περιοχή Σκάλωμα.

Σεισμικότητα

Αρχαιολογικές ενδείξεις, ιστορικές αναφορές και ενόργανες καταγραφές αποδεικνύουν ότι η ευρύτερη περιοχή της χερσονήσου της Περαχώρας (Σχ. 3) έχει υποστεί την επίδραση πολλών καταστροφικών σεισμών οι οποίοι οφείλονται στο ενεργό τεκτονικό καθεστώς της.

Ειδικότερα οι αρχαιολογικές ανασκαφές στον πρωτοελλαδικό-αρχαϊκό οικισμό της λίμνης Βουλιαγμένης έδειξαν στρώματα καταστροφής που αποδίδονται στο τέλος της Πρωτοελλαδικής περιόδου ΕΗΙΙ και οφείλονται σε σεισμό. Επίσης αρχαιολογικές ενδείξεις για μεγάλους σεισμούς προέκυψαν από τις ανασκαφές του ιερού της Ηρας (Ηραίου) και αποδίδονται σε σεισμικά γεγονότα κατά τον 8ο π.Χ., 4ο π.Χ., 1ο π.Χ. και 2ο μ.Χ. αιώνες.

Συγκεντρώνοντας όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες που προέρχονται απο γραπτές αναφορές ιστορικών, απο αρχαιαλαγικά ευρήματα και ενδείξεις, καθώς και απο σύγχρονες αναφορές και ενόργανες καταγραφές οι σεισμοί οι οποίοι είχαν επίκεντρα στον ανατολικό Κορινθιακό κόλπο και έπληξαν την ευρύτερη περιοχή προκαλώντας σημαντικές καταστροφές στις παράλιες περιοχές ήταν του 8ου π.Χ., 420 π.Χ., 227 π.Χ., 77 μ.Χ. 524, 543, 580, 1857, 1887, 1928 και του 1981.

Ο συσχετισμός των προηγουμένων σεισμών με κάποιο απο τα ρήγματα της περιοχής δεν είναι δυνατός αφενός μεν λόγω της πληθώρας των μεγάλων ενεργών ρηγμάτων που υφίστανται στην περιοχή, αφετέρου δε λόγω της ύπαρξης μεγάλων υποθαλάσσιων ρηγμάτων.

Απο τους προαναφερθέντες σεισμούς, για τους οποίους υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις και μπορούν να αποδοθούν σε δραστηριοποίηση κάποιου απο τα ρήγματα της εξεταζόμενης περιοχής είναι του 227 π.Χ., του 6ου μ.Χ., του 1887, του 1928 και του 1981, (Jackson et al., 1982; Gaki-Papanastassiou et al., 1996; Hubert et al., 1996; Maroukian et al., 1996). Επίσης υπάρχουν ενδείξεις ότι μετά τον 9ο μ.Χ. αιώνα πρέπει να δραστηριοποιήθηκε το μεγάλο υποθαλάσσιο ρήγμα ευρισκόμενο ΒΔ της Περαχώρας, (Gaki-Papanastassiou et al., 1996; Maroukian et al., 1996).

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από έντονη τεκτονική και υψηλή σεισμικότητα. Κατακόρυφες τεκτονικές κινήσεις που συνόδευσαν την εκδήλωση μεγάλων σεισμών έχουν αφήσει τα αποτυπώματά τους σε διάφορες γεωμορφές. Οι γεωμορφολογικές και σεισματεκτονικές παρατηρήσεις έρχονται να βοηθήσουν στην κατανόηση της εξέλιξης της περιοχής. Εξαιτίας όμως του πολύπλοκου τεκτονικού καθεστώτος και των διαφορετικών κατακόρυφων κινήσεων που έχει υποστεί, είναι δύσκολο να εξαχθούν συμπεράσματα για την εξέλιξή της στηριζόμενοι μόνο σε αυτές τις παρατηρήσεις. Προς αποσαφήνιση τέτοιων προβλημάτων απαιτούνται απόλυτες χρονολογήσεις. Οι ραδιοχρονολογήσεις που έχουν δοθεί για την υπό μελέτη περιοχή από τους Vita Finzi and King (1985), καθώς και απο τους Pirazzoli et al., (1994) οι οποίες δίνονται στον Πίν. 1, παρουσιάζουν μεταξύ τους σημαντικές αποκλίσεις, έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη με μεγάλη προσοχή.

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

ΘΕΣΗ	ΥΨΟΣ (m)	C14 Χρόνια πριν από σήμερα	ΑΝΑΦΟΡΑ
Ηραίο	23	32.000	V.F. and K.
	20	34.000	V.F. and K.
	8	32.000	V.F. and K.
	3.2	6.400	P. et al
	2.6	4.400	P. et al.
	1.1	1.800	P. et al.
Λίμνη Βουλιαγμένης	23.5	32.000	V.F. and K.
	1.7	6.700	V.F. and K.
Σκόλωμα	7.5	36.000	V.F. and K.

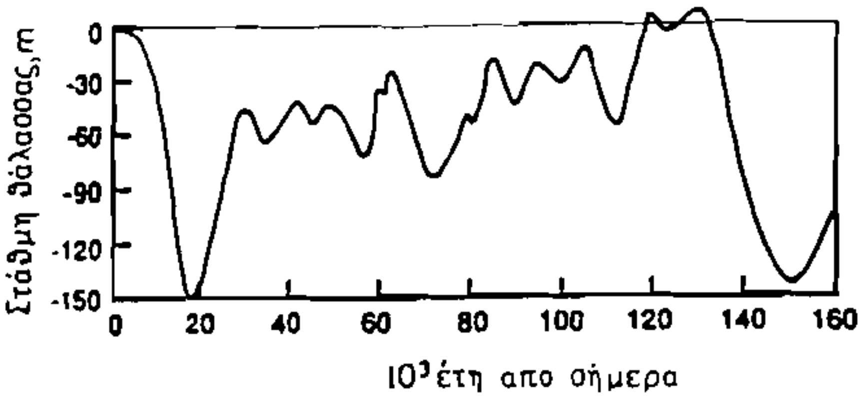
ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Χρονολογήσεις στην περιοχή μελέτης από τους Vita Finzi and King, (1985), (V.F. and K.), και από τους Pirazzoli et al., (1994), (P. et al.).

Η εμφάνιση των Τυρρηνίων αποθέσεων, ανατολικά της λίμνης στα 100 m, και στην παράκτια ζώνη του Ηραίου στα 28 m μπορεί να αποδοθεί σε πιθανή διαφορική δραστηριοποίηση τοπικών ρηγμάτων.

Η γένεση της λίμνης της Βουλιαγμένης ανάγεται στην τελευταία Παγετώδη περίοδο και δεν θα πρέπει να είχε επικοινωνία με την πολύ χαμηλότερη στάθμη θάλασσας αυτής της εποχής (Σχήμα 4), (Aharon and Chappell, 1986).

Η ύπαρξη παράκτιων αρχαιολογικών θέσεων σε συνδυασμό με τις λεπτομερείς γεωμορφολογικές παρατηρήσεις επέτρεψαν την εξαγωγή των πιο κάτω συμπερασμάτων.

Το γεγονός ότι η διώρυγα τέμνει τον Πρωταελλαδικό οικισμό, καθώς και το απάτομο των τοιχωμάτων της δείχνουν το πρόσφατο της διάνοιξής της που σύμφωνα με τον Μηλιαράκη (1888), έγινε τις τελευταίες δεκατίες του προηγουμένου αιώνα.

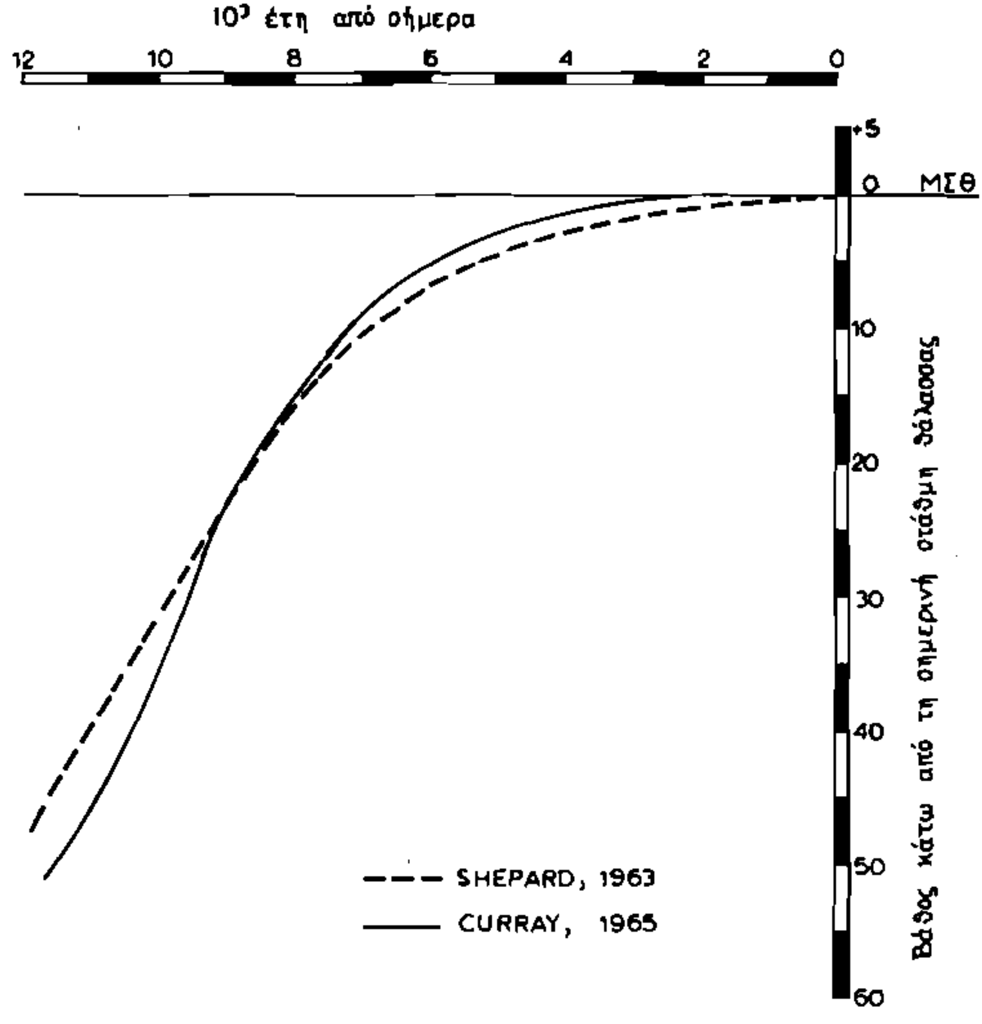


Σχ. 4. Καμπύλη μεταβολής της ατάθμης της θάλασσας κατά το Ανώτερο Τεταρτογενές, (Aharon P. and J. Chappell, 1986).

Λαμβάνοντας υπόψη την έκταση του Πρωτοελλαδικού-Αρχαϊκού οικισμού της λίμνης Βουλιαγμένης, και ότι το παρόχθιο τμήμα του οικισμού επίκειται σε υπολειμματική (μικρή) εμφάνιση ακτολίθου σε ύψος 1.7 m, συμπεραίνεται ότι ο ακτόλιθος μπορεί να είναι παλαιότερος του οικισμού ή σύγχρονος των πρώτων φάσεών του. Η έκταση του ακτολίθου δεν είναι δυνατόν να μελετηθεί, διότι λόγω της κατασκευής παραλίμνιου δρόμου, η προς τη λίμνη πλευρά έχει καταστραφεί, ενώ η τυχόν προς τη χέρσο προέκτασή του απαιτεί ανασκαφική εργασία.

Σύμφωνα με τη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας κατά το Ολόκαινο, (Rapp and Gifford, 1985), (Σχ. 5) καθώς και με τις υπάρχουσες ραδιοχρονολογήσεις Pirazzoli et al., (1994), που δίδουν ηλικίες 4400 και 1800 χρόνια πριν απο σήμερα στις ανυψωμένες θαλάσσιες εγκοπές των 2.6 m και 1.1 m αντίστοιχα, για την παράκτια ζώνη Ηραίου-Σκόλωμα προκύπτει ένας μέσος ρυθμός ανύψωσης 0.6 mm/έτος. Στηριζόμενοι στον ρυθμό αυτό, συνάγεται ότι ο ακτόλιθος των 2 m που περιέχει τα πρωτοελλαδικά όστρακα πριν 3300 χρόνια αντιστοιχούσε στην τότε ακτογραμμή. Στη συνέχεια ανυψώθηκε στη σημερινή θέση των 2 m απο τρία τουλάχιστον μεγάλα σεισμικά γεγονότα κατά 1 m, 0.6 m και 0.4 m, που να αιτιολογούν και την ανύψωση των ακτολίθων του 1 m. και του 40 cm.

Απο τα προαναφερθέντα γίνεται φανερό οτι σημαντικός παράγων στην εξέλιξη της περιοχής είναι η τεκτονική με χαρακτηριστικές κατακόρυφες κινήσεις αποτυπωμένες σε γεωμορφές στην παράκτια ζώνη. Για την χρονολόγηση των κινήσεων και τον συσχετισμό τους με αντίστοιχα σεισμικά γεγονότα προφανώς απαιτούνται περισσότερες χρονολογήσεις τόσο σε αριθμό, όσο και σε θέσεις.



Σχ. 5. Καμπύλη μεταβολής της στάθμης της θάλαασας κατά τα Ολόκαινο, (Rapp G. and J. Gifford, 1985).

Βιβλιογραφία

Aharon, P., and J. Chappell. (1986). Oxygen isotopes, sea level changes and the temperature history of a coral reef environment in New

Guinea over the last 105 years. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 56, 337-379.

Ambraseys, N.N. and J.A. ,Jackson. (1990). Seismicity and associated strain of Central Greece between 1890 and 1988. *Geophys. J. Int.*, 101, 663-709.

Armijo, R., Meyer B., King, G., Rigo, A. and D. Papanastassiou (1996). Quaternary evolution of the Corinth Rift and its implications for the Late Cenozoic evolution of the Aegean. *Geophys. J. Int., 126, 11-53.*

Celet, P., Clement, B. and J. Ferriere (1976). La zone Béotienne en Grèce: Implications Paléogéographiques et structurales. *Eclogae Geol. Helv.* 69, 577-599.

Collier, Re.L., Leeder, M.R., Rowe, P.J., Atkinson, T.C. (1992). Rates of tectonic uplift in the Corinth and Megara basins Central Greece. *Tectonics, 11/6: 1159-1167.*

Fossey, J.M. (1969). The pre-historic settlement by Lake Vouliagmeni, Perachora. *Ann. Br. Sch. Athens, 64, 53-69.*

Gaki-Papanastassiou, K., Papanastassiou, D., and H. Maroukian (1996). *Geomorphic and Archaeological-Historical evidence for past earthquakes in Greece.*, Annali di Geofisica, 39/3, 589-601.

Hubert, A, King, G, Armijo, R., Meyer B. and D. Papanastassiou (1996). *Fault re-activation, stress interaction and rupture propagation of the 1981 Corinth earthquake sequence,* Earth and Planet. Science Letters, 142, 3-4, 573-586.

Jackson, J., Gagnepain, J., Housemena, G., King, G.C.P., Papadimitriou, P., Soufleris, G. and Virieux, J. (1982). Seismicity, normal faulting and the geomorphological development of the Gulf of Corinth (Greece): The Corinth earthquake of February 1981. *Earth Planet. Sci. Lett., 57, 377-397.*

Κατσικάτσος, Γ. (1992). Γεωλογία της Ελλάδας. Αθήνα.

Marcopoulou-Diacantoni, A. (1983). Observations paléoècologiques basées sur l'association faunistique des couches Pleistocènes inferières de la presqu' ile de Pérachora (Grèce Méridionale). *Rapp. Comm. int Mer Medit.,* 18, 4, 243-245.

Maroukian, H., Gaki-Papanastassiou, K. and D. Papanastassiou (1996) *Coastal changes in the broader area of Corinth, Greece*. Υπο δημοσίευση στα πρακτικά του RES MARITIMAE: Cyprus and the Eastern Mediterranean; Prehistory through the Roman period, Cities on the Sea". Organised by the Cyprus American Archaeological Research Institute, 18-22 October 1994, Nicosia, Cyprus.

Μηλιαράκης Α., (1888). Γεωγραφική πολιτική νέα και αρχαία του νομού Αργολίδας και Κορινθίας, Αθήνα.

Mitzopoulos, M. (1933). La Quarternaire marin (Thyrhènien) dans la presque'ile Pérachora. *Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών*, 8, 286 - 292.

Παπανικολάου, Δ. (1992). Γεωλογία της Ελλάδας. Αθήνα.

Payne, H. (1940). Perachora, The sanctuaries of Hera Akraia and Limenia, *Oxford, Clarendon Press*.

Pirazzoli, P.A., Stiros S.C., Arnold M., Laborel J., Laborel-Deguen F. and S. Papageorgiou (1994). Episodic uplif deduced from Holocene shorelines in the Perachora Peninsula, Corinth area, Greece. *Tectonophysics, 229, 201 - 209*.

Rapp, G. and J. Gifford (1985). Archaeological Geology. Yale University Press, New Haven, USA.

Vita-Finzi, C. and G.C.P. King (1985). The seismicity, geomorphology and structural evolution of the Corinth area of Greece. *Philos. Trans. R. Soc. London ,Ser. A, 314, 379 - 407*.

Ο υγροβιότοπος του Δέλτα Σπερχειού

Αξίες και απειλές για τον μοναδικό υγροβιότοπο της Στερεάς Ελλάδας

Μ. Μποναζούντας, Δ. Καλλιδρομίτου και Ι. Ζαχαρίας
Ταμέας ΥΠΥΘΕ, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
Ηρ. Πολυτεχνίου 9, 15780 Αθήνα

Περίληψη

Το Δέλτα του Σπερχειού. Ένα μοναδικό φυσικό μωσαϊκό ποικιλόμορφων υγροτοπικών οικοσυστημάτων χτισμένο πάνω στο δυναμικό και συνεχώς μεταβαλλόμενο πεδία προσχώσεων του Μαλιακού κόλπου, προσφέρει σήμερα ζωή και καταφύγιο σε πολλά και σπάνια είδη πουλιών και ζώων.

Η εύφαρη πεδιάδα και τα άφθονα νερά είναι πλούσια πεδία παραγωγικής εκμετάλλευσης για τους ντόπιους γεωργαύς, κτηνοτρόφους και ψαράδες.

Αυτό το αρμονικό σύστημα εκπέμπει σήμερα σήμα κινδύνου. Πλημμύρες, διάβρωση, ρύπανση νερών από αστικά, βιομηχανικά και γεωργικά απόβλητα, ευτροφισμός, απαψιλώσεις, κυνήγι, ψάρεμα είναι μερικές από τις απειλές για τον μοναδικό υγροβιόταπο της Στερεάς Ελλάδας.

Abstract

The Sperchios river basin is a source of life for the Fthiotida region. The basin is located at the NE part of Sterea Hellas in Central Greece. The river catchment extends over approximately 1900 km^2. The river length from west to east is 82 km. The mountain fringed valley of Sperchios opens only eastwards to a tongue shaped Delta in the Maliakos Gulf and is characterized by strong morphologic contrasts resulting from a close proximity of the base level and mountainous areas of various levels. The annual runoff is 500 million m^3 in Maliakos gulf.

Over 2.650.000 m^3 of the detritus eroded from the uplands has been deposited to form the Sperchios plain and Delta, which have been extended into the Maliakos gulf within historic times. It is estimated that this process is continued today with a rate of 1.100.000 m^3/y. The sedimentation in the delta favors biotopes like beachrocks, islands and, marshes. Beachrocks appear at Raches and intense erosion between Agia Marina and Stylis. Deposition is common South from Achladi to Agia

Ο υγροβιότοπος του Δέλτα Σπερχειού

Αξίες και απειλές για τον μοναδικό υγροβιότοπο της Στερεάς Ελλάδας

Μ. Μποναζούντας, Δ. Καλλιδρομίτου και Ι. Ζαχαρίας
Τομέας ΥΠΥΘΕ, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
Ηρ. Πολυτεχνίου 9, 15780 Αθήνα

Περίληψη

Το Δέλτα του Σπερχειού. Ένα μοναδικό φυσικό μωσαϊκό ποικιλόμορφων υγροτοπικών οικοσυστημάτων χτισμένο πάνω στο δυναμικό και συνεχώς μεταβαλλόμενο πεδίο προσχώσεων του Μαλιακού κόλπου, προσφέρει σήμερα ζωή και καταφύγιο σε πολλά και σπάνια είδη πουλιών και ζώων.

Η εύφορη πεδιάδα και τα άφθονα νερά είναι πλούσια πεδία παραγωγικής εκμετάλλευσης για τους ντόπιους γεωργούς, κτηνοτρόφους και ψαράδες.

Αυτό το αρμονικό σύστημα εκπέμπει σήμερα σήμα κινδύνου. Πλημμύρες, διάβρωση, ρύπανση νερών από αστικά, βιομηχανικά και γεωργικά απόβλητα, ευτροφισμός, αποψιλώσεις, κυνήγι, ψάρεμα είναι μερικές από τις απειλές για τον μοναδικό υγροβιότοπο της Στερεάς Ελλάδας.

Abstract

The Sperchios river basin is a source of life for the Fthiotida region. The basin is located at the NE part of Sterea Hellas in Central Greece. The river catchment extends over approximately 1900 km^2. The river length from west to east is 82 km. The mountain fringed valley of Sperchios opens only eastwards to a tongue shaped Delta in the Maliakos Gulf and is characterized by strong morphologic contrasts resulting from a close proximity of the base level and mountainous areas of various levels. The annual runoff is 500 million m^3 in Maliakos gulf.

Over 2.650.000 m^3 of the detritus eroded from the uplands has been deposited to form the Sperchios plain and Delta, which have been extended into the Maliakos gulf within historic times. It is estimated that this process is continued today with a rate of 1.100.000 m^3/y. The sedimentation in the delta favors biotopes like beachrocks, islands and, marshes. Beachrocks appear at Raches and intense erosion between Agia Marina and Stylis. Deposition is common South from Achladi to Agia

Marina and north from Kamena Vourla to Agia Triada. The deposition rate is about 140 str/y.

Floods are very common and the destruction huge. There were no victims in the past, but the loss of property and social problems created in villages like Anthili, are really serious. The economy is not so well developed as expected. There are many social and economic problems besides the environmental ones.

Εισαγωγή

Ο Υγροβιότοπος του Δέλτα Σπερχειού βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του Νομαύ Φθιώτιδας κάτω από την Εθνική οδό Αθηνών-Λαμίας και τις Κοινότητες Ροδίτσας και Ανθήλης, και Βόρεια των Κοινοτήτων Δαμάστας, Θερμοπυλών και Αγίας Τριάδας.

Η λεκάνη απορροής του Σπερχειού περικλείεται από τους ορεινούς όγκους Βαρδουσίων, Όρθρυος, Οίτης και Καλλιδρόμου. Ο Σπερχειός ποταμός πηγάζει από τον Τυμφρηστό και μετά από 82,5 χλμ. πορείας σε μεγάλες κλίσεις και πεδινά τμήματα χύνει στον Μαλιακό κόλπο τα νερά που συλλέγει το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής του (Σχ. 1).

Σχ. 1. Ψηφιακή απεικόνιση δορυφορικης φωταγραφίας LANDSAT.

Η λεκάνη σχηματίσθηκε στην πρόσφατη γεωλογική ιστορία με διαδικασίες αποσάθρωσης, διάβρωσης, μεταφοράς και απόθεσης χαλαρών υλικών στα χαμηλότερα, δημιουργώντας μια προσχωσιγενή έκταση 450 km^2.

Η έκταση του υγροβιότοπου του Δελταϊκού πεδίου εκβολών του Σπερχειού ποταμού είναι 100.000 στρέμματα περίπου. Σε πρόσφατη μελέτη του Εθνικού Κέντραυ Θαλασσίων Ερευνών, Αυγούστου 1994, που εκπονήθηκε για την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, υπολογίσθηκε ότι η επιφανειακή απορροή οδηγεί περίπου 500 εκατομμύρια κυβικά γλυκού νερού στον Μαλιακό.

Μεγάλοι όγκοι φερτών υλών, περίπου 2.650.000 κυβικά το χρόνο, μεταφέρονται μέσω των ποταμών και χειμάρρων στο Δέλτα και στα όρια της ακτής και της θάλασσας, δημιουργώντας συνεχείς προσχώσεις στο βυθό του Μαλιακού, ενώ 1.100.000 κυβικά περίπου αποτίθενται κάθε χρόνο περίπου στην παράκτια ζώνη. Έτσι, έχουμε μια εντυπωσιακή και συνεχή διαμόρφωση του προσχωσιγενούς πεδίου του Σπερχειού ποταμού και αλλαγή της ακτογραμμής του Μαλιακού με επέλαση της ξηρός σε βάρος της θάλασσας. Είναι, ίσως, μοναδική στην Ελλάδα η δυναμική και εξέλιξη αυτού του συστήματος.

Η απόθεση των ιζημάτων αυτών (λόσπης, άμμου, αργίλλου) στις εκβολές ευνοεί τον σχηματισμό βιότοπων όπως αμμώδεις νησίδες, έλη, βάλτους και αλίπεδα.

Στερεοποιημένες αμμώδεις παραλίες, τα λεγόμενα beachrocks, εμφανίζονται στην παραλία Ραχών, ενώ έντονη είναι η διόβρωση των ακτών μεταξύ της Αγίας Μαρίνας και της Στυλίδας, που απειλεί ακόμη και κτίσματα πάνω στην παραλία.

Η πρόσχωση των ακτών είναι πιο έντονη στα νότια από το Αχλάδι έως την Αγία Μαρίνα και Βόρεια από τα Καμμένα Βούρλα έως την Αγία Τριάδα.

Χαρακτηριστικά υπολογίστηκε ότι έχουμε μια αύξηση του Δελταϊκού πεδίου του Σπερχειού της τάξης των 10 km^2 από το τέλος του προηγουμένου αιώνα μέχρι περίπου το 1970. Αυτό ισοδυναμεί με 140 στρέμματα περίπου το χρόνο.

Εκτιμήθηκε ακόμη, ότι την εποχή του Ομήρου, η θάλασσα έφτανε μέχρι τα Καλύβια δυτικά της Λαμίας, δηλαδή 15 περίπου χιλιόμετρα από τη σημερινή ακτογραμμή, ενώ από την αρχαία Ελληνική ιστορία είναι γνωστό ότι την εποχή της Μάχης των Θερμοπυλών οι τότε εκβολές του Σπερχειού ποταμού βρίσκονταν στα στενά των Θερμοπυλών, εκεί που σήμερα είναι το χωριό Θερμοπύλες.

Φυσικές αιτίες όπως η γεωμορφολογία και η υδρογραφία της λεκάνης ευνόησαν αυτό το φαινόμενο. Άλλοι λόγοι είναι κατά πρώτον οι αλλαγές χρήσεων γης, η αποψίλωση των δοσών και η διάβρωση των ορεινών όγκων της λεκάνης απορροής που αφήνουν τεράστιες ποσότητες πολύτιμου εδάφους να εκπλυθεί με την πρώτη πλημμύρα και να μεταφερθεί στις εκβολές. Σημαντική αιτία είναι και η έλλειψη φραγμάτων άναντη των εκβολών ώατε να αναχαιτίζεται εν μέρει η ροή νερού και φερτών.

Οικολογική αξία

Το Δέλτα Σπερχειού θεωρείται ο σημαντικότερος υγροβιότοπος στην Στερεά Ελλάδα ιδίως μετά την αποξήρανση της Κωπαΐδας και της Κάρλας, ιδιαίτερα για τη διαχείμανση και στάθμευση της υδρόβιας ορνιθοπανίδας.

Το 1992 εκπονήθηκε για το ΥΠΕΧΩΔΕ μελέτη απο ομάδα του εργαστηρίου οικολογίας της Κτηνιατρικής Σχολής του ΑΠΘ με υπεύθυνο τον Καθηγητή Στέλιο Κιλικίδη, για να αξιολογηθεί η δυνατότητα ένταξης του βιότοπου στο Κοινοτικό δίκτυο Περιοχών Ειδικής Προστασίας του άρθρου 4 της Οδηγίας 79/409 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη διατήρηση της άγριας ορνιθοπανίδας.

Η μελέτη παρέχει σημαντικό υλικό και τεκμηριώνει επαρκώς τη μεγάλη οικολογική αξία του υγροβιότοπου. Στα 100.000 περίπου στρέμματα του Δέλτα, ο πυρήνας έχει προσδιορισθεί σε 3195 στρέμματα.

Το Δελταϊκό πεδίο των εκβολών του Σπερχειού, από την Αγία Τριάδα έως την Αγία Μαρίνα περίπου, συντίθεται από ένα εντυπωσιακό μωσαϊκό οικότοπων όπως αμμώδεις νησίδες στην κοίτη και τις εκβολές, αλιπέδα, λασπώδεις παραλίες, πλημμυριζόμενες εκτάσεις και εγκαταλελειμένες κοίτες ποταμού με μοναδικές εναλλαγές βλάστησης και ποικιλία χλωρίδας.

Η φυσική βλάστηση κατά μήκος της κοίτης, στο ύψος των γεωργικών καλλιεργειών δημιουργεί φυσικούς φράχτες από ιτιές, λεύκες, βάτα, λυγαριές, νεροκάλαμο και ψαθί, ενώ κατά μήκος του ποταμού ατο ύψος των επιπέδων αλιπέδων κυριαρχείται από νεροκάλαμο και ξηρότερες φυτοκοινωνίες βούρλων, αρμυρικίων και αρμυριθρών.

Η πυκνή υδρόβια βλάστηση είναι καταφύγιο για πολλά αμφίβια και ερπετά όπως βατράχια, χελώνες, νεροχελώνες, σαύρες, νερόφιδα, οχιές, αλλά και για θηλαστικά που βρίακουν τροφή στον υγροβιότοπο όπως ποντίκια, λαγοί, σκίουροι, νυχτερίδες, αλεπούδες, νυφίταες, κουνάβια, ασβοί.

Πιο σημαντική, όμως, είναι η σημασία του υγροβιότοπου για τη διαχείμανση και στάθμευση της μεταναατευτικής ορνιθοπανίδας.

Το Δέλτα Σπερχειού, ως ο σημαντικότερος βιότοπος της Στερεάς Ελλάδας στο μεσαίο διάδρομο μετανάστευσης της ορνιθοπανίδας, έχει μεγάλη οικολογική αξία κυρίως λόγω του ικανοποιητικά μεγάλου πληθυσμού πάπιων, περίπου 10.000 τον χειμώνα, που φιλοξενεί κυρίως στα ρηχά θαλάσσια νερά και τις αβαθείς παράκτιες ζώνες, αλλά και στο μέγιστο πληθυσμό αβοκέτας (1300 άτομα που διαχειμάζουν), σημαντικού παρυδάτιου πουλιού, από όλους τους ελληνικούς υγρότοπους.

30-40 ειδη νεροχελίδονων έχει παρατηρηθεί ότι φωλιάζουν στο Δέλτα και ακόμη 20 ζευγάρια πελαργών, που είναι η τελευταία σημαντική συγκέντρωση του είδους Ciconia στην Ανατολική Στερεό Ελλάδα. Οι πελαργοί μάλιστα φωλιάζουν σε συστάδες πεύκων και σε στύλους στη ΒΔ γωνιά του Δέλτα και στην Ανθήλη.

Ο υγροβιότοπος φιλοξενεί αρκετά άλλα υδρόβια και παρυδότια πουλιά, όπως τσικνιάδες, ποταμογλάρονα, νανογλάρονα κ.λπ., ενώ αρπακτικά όπως γεράκια και καλαμόκιρκοι, κυνηγούν στο Δέλτα. 10 είδη από τα πουλιά της περιοχής προστατεύονται από την Κοινοτική Οδηγία 79/409 και Διεθνείς Συμβάσεις.

Τα πουλιά βρίσκουν άφθονη τροφή στα αλίπεδα και τις λασπώδεις εκτάσεις της παράκτιας ζώνης, τα ρηχά θαλάσσια νερά, τις ορυζοκαλλιέργειες και τους φυτοφράχτες των καλλιεργειών.

Το Λιβάρι είναι ένα σημαντικό οικοσύστημα στο Δέλτα του Σπερχειού. Είναι αβαθής (0-8 μ.), θαλάσσια έκταση 5.000 στρεμμάτων περίπου που μοιάζει με λιμνοθάλασσα και επηρεάζεται έντονα από τις παλίρροιες.

Στην περιοχή αυτή από τη Σκάλα Σκαλιστήρη έως τις εκβολές του Σπερχειού στη θέση Κασίδι απαγορεύεται με το Π.Δ. 144/86 η αλιεία, καθ' όσον εκεί υπάρχει πλούσιο ιχθυοαπόθεμα γόνου και κυπρίνων που περνούν τα πρώτα στάδια της ζωής τους πριν καταλήξουν στο Μαλιακό κόλπο.

Ο Μαλιακός σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του ΕΚΘΕ, κατατάσσεται σαν «μεσοτροφική έως δυνητικό ευτροφική θάλασσα με ευμετάβλητο οικολογικό χαρακτήρα».

Στην περιοχή του Δέλτα ακόμη, υπάρχει ένα καταφύγιο θηραμότων ορισμένο το 1987 από το Υπουργείο Γεωργίας που καταλαμβάνει έκταση 12.250 στρέμματα.

Η περιοχή του υγροβιότοπου δυστυχώς δεν έχει κανένα καθεστώς προστασίας σήμερα, παρότι υπάρχει πρόταση οριοθέτησης ζωνών προστασίας και ένταξης στο δίκτυο των περιοχών ειδικής προστασίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στις καρστικές πηγές της Αγίας Παρασκευής, εκτός της προς οριοθέτηση ζώνης υγροβιότοπου, ζει εδώ και 20 εκατομμύρια χρόνια (!) το σπάνιο και μοναδικό είδος ψαριού γλυκού νερού με την τοπική ονομασία «ελληνοπυγόστεο». Η προστασία του είδους αυτού θεωρείται άμεσης προτεραιότητας, γι' αυτό και με ειδικό πρόγραμμα του Υπουργείου Γεωργίας γίνονται προσπάθειες καθαρισμού των πηγών από απορρίψεις μπαζών και επιχωματώσεις, αλλά και απορρύπανσης στο σημείο πηγής κάτω από το Υδραγωγείο όπου λόγω της συνεχούς παροχής του νερού, γίνεται πλύση οικιακών σκευών με απορρυπαντικά. Ο χώρος πρόκειται να περιφραχθεί ενώ το όλο πρόγραμμα προβλέπει ενημέρωση του κοινού, εντοπισμό άλλων οικοθώκων του ψαριού και προσαρμογή του είδους σε συνθήκες ενυδρείου για αναπαραγωγή.

Επιπλέον, στα θερμά νερά των Θερμοπυλών ζει το ψαράκι γλυκού νερού Τιλάπια Νιλότικα, μοναδικό στην Ευρώπη με εξάπλωση στην Αφρική.

Δραστήριότητες - Κοινωνικός Χώρος

Πολύ κοντά είναι το αστικοβιομηχανικό κέντρο της πόλης της Λαμίας με 44.000 κατοίκους. Ο πληθυσμός στην περιοχή του Δέλτα Σπερχειού είναι περίπου 9.000 κάτοικοι, με βασικές δραστηριότητες την γεωργική καλλιέργεια και την αλιεία. Οι καλλιέργειες στην πολύ εύφορη λεκάνη απορροής του Σπερχειού είναι κυρίως σιτηρά (100.000 στρ.), βαμβάκι (90.000 στρ.), ελιές (40.000 στρ.), καλαμπόκι, μηδική, καπνός, εσπεριδοειδή και ρύζι. Ειδικά στην περιοχή των βιότοπων του Δέλτα, κυριαρχεί η ορυζοκαλλιέργεια από το 1950 περίπου, ιδιαίτερα στις Κοινότητες Ανθήλη και Ροδίτσας.

Πάνω από τη μισή γεωργική γη είναι αρδευόμενη από τα ολοκληρωμένα αρδευτικά δίκτυα Ανθήλης - Μεγάλης Βρύσης, Ζηλευτού - Αμαρίου, Βίστριζας και Μεξιατών - Κομποτάδων. Αποστραγγιστικά δίκτυα στραγγίζουν τα περίσια αρδευτικά νερά μέσω αγωγών στις εκβολές, μεταφέροντας όμως αρκετές ποσότητες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στο Μαλιακό κόλπο, μαζί με υπολείμματα εντομοκτόνων από αεροψεκασμούς που έχει προταθεί να καταργηθούν στην περιοχή.

Η περιοχή εμφανίζει ακόμη μεγάλες δυνατότητες ιχθυοπαραγωγικής και αλιευτικής αξιοποίησης. Η αλιεία που είναι συνήθως ελεύθερη ή συνεταιριστική, γίνεται κυριως με δίκτυ και παραγάδι.

Δυο μεγάλοι Αλιευτικοί Συνεταιρισμοί, ο «Μαλιακός» και η «Στυλίδα», έχουν δυναμικότητα 322 αλιευτικών σκαφών συνολικά με παραγωγή πάνω από 2000 τόννους ψαριών το χρόνο. Τα αλιεύσιμα είδη είναι οι κέφαλοι, κοκκάλια, γλώσσες, λαυράκια.

Η Στυλίδα είναι το σημαντικότερο αλιευτικό κέντρο στη περιοχή, ενώ σημαντικά ψαροχώρια θεωρούνται ο Καραβόλυμος, ο Μώλος, ο Άγιος Κωνσταντίνος, η Γλύφα και τα Καμμένα Βούρλα.

Τα τελευταία χρόνια έχει ακόμα αναπτυχθεί σημαντικά, ως εναλλακτική μορφή αλιευτικής εκμετάλλευσης και η οστρακοκαλλιέργεια. Σήμερα 8 μονάδες βγάζουν πάνω από 500 τόννους μυδιών, στρειδιών και κυδωνιών το χρόνο.

Απειλές

Τα σημαντικότερα προβλήματα, απειλές και κίνδυνοι για τον υγροβιότοπο του Δέλτα Σπερχειού που έχουν καταγραφεί είναι:

- Οι αποψιλώσεις και οι πυρκαγιές στους ορεινούς όγκους της λεκάνης απορροής που συμβάλλουν στη διάβρωση των εδαφών, έκπλυσή τους από τα νερά των βροχών και μεταφορά των φερτών υλών στα αβαθή των εκβολών με συναλική διαταραχή της οικολογικής ισορροπίας.
- Οι καταστρεπτικές πλημμύρες.
- Ο ευτροφισμός των παράκτιων ζωνών και αβαθών εκτάσεων λόγω της απόπλυσης των φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στις γεωργικές καλλιέργειες.
- Η επέκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων σε βάρος των δελταϊκών οικοσυστημάτων.
- Η ρύπανση από τα αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα που προέρχονται κυρίως από την πόλη της Λαμίας.
- Η λαθροθηρία και η λαθραλιεία, αλλά και η υπεραλίευση κυπρίνων στις σούδες των ορυζώνων της Ανθήλης και γόνου στο προστατευόμενο Λιβάρι.
- Οι αεροψεκασμοί για την καταπολέμηση των κουνουπιών και του δάκου της ελιάς.
- Η υπερβόσκηση στα ορεινά και στον πυρήνα του υγροβιότοπου, αλλά και το καταφύγιο θηραμάτων.
- Η απόληψη νερών, κυρίως για άρδευση και υλικών από τις κοίτες των ποταμών.

Είναι λίγο πολύ γνωστές οι βασικές πηγές ρύπανσης του υδάτινου συστήματος της λεκάνης του Σπερχειού.

Συγκεκριμένα, ο Σπερχειός ποταμός δέχεται ανεπεξέργαστα οικιακά λύματα από τις Κοινότητες Αγ. Γεωργίου, Μακρακώμης, Σπερχειάδας και Λουτρών Υπάτης, αλλά και βιομηχανικά απόβλητα από την ΕΛΚΕ, τη Χαρτοποιΐα Φθιώτιδας, τη Βιομηχανία Βαφής Υφασμάτων, και 67 ελαιοτριβεία της ευρύτερης περιοχής.

Είναι ακόμη αποδέκτης γεωργικών απόβλητων από την αποστράγγιση και απόπλυση των καλλιεργούμενων εδαφών που έχουν δεχθεί εντατική χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.

Παρά την ύπαρξη όμως διαφόρων πηγών ρύπανσης και των συγκεκριμένων ρυπαντικών διεργασιών, η ποιότητα νερών στον τελικό αποδέκτη, όπως μετρήθηκε από το ΕΚΘΕ, είναι ικανοποιητική. Βαρέα Μέταλλα και φυτοφάρμακα ανιχνεύθηκαν στα ιζήματα, αλλά είναι σε χαμηλά επίπεδα. Ο Μαλιακός σήμερα, φαίνεται πως διατηρεί σημαντική δυνατάτητα αυτοκαθαριομού. Παρ' όλα αυτά, η συνεχάμενη χρόνια επιβάρυνση μπορεί να αλλάξει τη σημερινή εικόνα και να αυξήσει τα επίπεδα ρύπανσης.

Βιολογικός καθαρισμός

Η πόλη της Λαμίας είναι αναμφίβολα η μεγαλύτερη σημειακή πηγή ρύπανσης του Σπερχειού ποταμού και του Μαλιακού κόλπου.

Η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης - Αποχέτευσης Λαμίας έχει την ευθύνη και τη διαχείριση της εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού λυμάτων της Λαμίας, του μεγαλύτερου έργου υποδομής του Νομού Φθιώτιδας.

Το έργο που χρηματοδοτείται από το Κοινοτικό πρόγραμμα ENVIREG, σήμερα είναι σε δοκιμαστική λειτουργία και προβλέπεται να καλύψει τις ανάγκες έως το έτος 2000 για 64.000 κατοίκους που εξυπηρετούνται από αποχετευτικό δίκτυο και 25.000 που χρησιμοποιούν βόθρους.

Η εγκατάσταση χωροθετείται σε πεδινή αγροτική περιοχή, στη θέση που καταλήγει ο Κεντρικός Αποχετευτικός Αγωγός της πόλης, μακριά από κατοικημένες περιοχές.

Η ΔΕΥΑΛ, προβλέπει με τη λειτουργία του βιολογικού, βελτίωση της ποιότητας νερών του Μαλιακού κόλπου κατά 30% σε άζωτο και 40% σε φωσφόρο, αλλά και ορθολογικότερη διαχείριση των αστικών αποβλήτων και των υδατικών πόρων της ευρύτερης περιοχής.

Πλημμύρες

Οι πλημμύρες είναι συνηθισμένο επαναλαμβανόμενο φαινόμενο στη λεκάνη του Σπερχειού και συμβαίνουν κάθε χρόνο. Η ένταση και η έκταση των ζημιών εξαρτάται από την εποχή του έτους και το μέγεθος της πλημμυρικής παροχής. Σημαντικές ζημιές προκαλούνται στις γεωργικές καλλιέργειες και τους οικισμούς, όπως στην Ανθήλη και τη Ραδίτσα που βρίσκονται στις χαμηλές κυρίως εκτάσεις του Δέλτα.

Οι πρόσφατες καταστροφικές πλημμύρες του Οκτωβρίου 1994 που έπνιξαν στην κυριολεξία το Λεκανοπέδιο της Αττικής, την Καρδίτσα και άλλες περιοχές της χώρας, έπληξαν και τη λεκάνη του Σπερχειού. Η ορμητική χειμαρρική ροή του Σπερχειού ποταμού μετέφερε τεράστιες ποσότητες φερτών υλών στις εκβολές και το Δέλτα, δημιουργώντας νέο πεδίο προσχώσεων στο Μαλιακό κόλπο.

Η υπέρβαση της παλιάς και της νέας κοίτης του Σπερχειού από τα νερά πλημμυρών και το ύψος βροχής κατέκλυσαν τους αρυζώνες και άλλες σημαντικές καλλιέργειες στην περιοχή, ενώ πλημμύρισαν δρόμοι και σπίτια στον οικισμό Ανθήλης, προξενώντας μεγάλες ζημιές.

Σήμερα, αντιπλημμυρική προστασία στην περιοχή παρέχεται από:

α. την Γερμανική Τάφρο ή Τάφρο Λαμίας, όπως λέγεται, που αποχετεύει τα νερά που κατακλύζουν τις πεδινές περιοχές και εκβάλλει στη νέα κοίτη,

β. τη νέα κοίτη εκτροπής του Σπερχειού ποταμού,

γ. την παλιά κοίτη της Αλαμάνας,

δ. τα προστατευτικά αναχώματα της κοίτης και ορισμένα τοπικά αντιπλημμυρικά έργα προστασίας των παρόχθιων εκτάσεων.

Οι υφιστάμενες κοίτες και τάφροι, όμως, δεν παρέχουν επαρκή αντιπλημμυρική προστασία στην περιοχή ενώ οι συνεχόμενες προσχώσεις στις εκβολές εντείνουν τις πλημμυρικές καταστάσεις.

Το Πρόγραμμα LIFE

Η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, χρηματοδοτήθηκε για το 1995 με κονδύλι ύψους 850.000 ECU, από το πρόγραμμα LIFE της 11ης Γενικής Διεύθυνσης Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, για να εκπονήσει ένα εφαρμοσμένο ερευνητικό πρόγραμμα για την ολοκληρωμένη διαχείριση της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση και το σχέδιο δράσης LIFE αποβλέπει στη βιώσιμη ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος της λεκάνης του Σπερχειού. Στο Πρόγραμμα θα χρησιμοποιηθούν νέες τεχνολογίες αιχμής, όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, την ψηφιακή ανάλυση δορυφορικών εικόνων και αριθμητικό μοντέλα, προκειμένου να αποτυπώσουν την περιβαλλοντική εικόνα της περιοχής σε βάση δεδομένων, να τεκμηριώσουν τα προβλήματα να προτείνουν και προγραμματίσουν χρονικά και οικονομικά συγκεκριμένα έργα και δράσεις.

Το δεύτερο στάδιο του σχεδίου διαχείρισης περιλαμβάνει την υλοποίηση μικρών εφαρμογών «πιλότων» οικολογικής αναβάθμισης του Σπερχειού με:

- Οριοσήμανση των σημαντικών οικοσυστημάτων και του υγροβιότοπου,
- κατασκευή κέντρου περιβαλλοντικής ενημέρωσης στη Λαμία,
- κατασκευή περιβαλλοντικού πάρκου στην Αγ. Παρασκευή για την προστασία ταυ ψαριού «ελληνοπυγόστεο»

Το ολοκληρωμένο στρατηγικό πρόγραμμα έργων μακροπρόθεσμης πνοής που προβλέπει το LIFE, θα συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη και περιβαλλοντική αναβάθμιση της λεκάνης του Σπερχειού.

Στόχοι ανάπτυξης

Κύριοι στόχοι σήμερα για τη βιώσιμη ανάπτυξη και περιβαλλοντική αναβάθμιση της λεκάνης του Σπερχειού πρέπει να είναι:

- Η σταδιακή μείωση των ρύπων στα νερά και ο έλεγχος των πηγών ρύπανσης.
- Η χωραταξική οργάνωση των χρήσεων γης στην περιοχή.
- Η οριοθέτηση των ζωνών προστασίας του υγροβιότοπου του Δέλτα, του Λιβαρίου, των πηγών Αγ. Παρασκευής και Θερμοπυλών.
- Η νομοθετική διαφύλαξη και ορθολογική διαχείριση της προστατευόμενης περιοχής.
- Η σταθεροποίηση της γεωργικής και αλιευτικής παραγωγής στα σημερινά επίπεδα και η ενθάρρυνση εναλλακτικών παραγωγικών δυνατοτήτων ανάπτυξης όπως π.χ. των γεωργικών ιχθυοκαλλιεργειών στους ορυζώνες.
- Η ολοκληρωμένη επεξεργασία και ο βιολογικός καθαρισμός των αποβλήτων των ελαιοτριβείων βάσει της διαχειριστικής μελέτης που συντάχθηκε το 1994 για την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας.
- Η οριστική διάθεση των στερεών απορριμμάτων της ευρύτερης περιοχής, βάσει της μελέτης χωροθέτησης για το Νομό Φθιώτιδας που εκπονήθηκε το 1994 για την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας.
- Η υλοποίηση των προγραμματισμένων έργων υποδομής ύδρευσης, αποχέτευσης και αντιπλημμυρικής προστασίας, και τέλος, η ολοκλήρωση και λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού της Λαμίας.

Ο υγροβιότοπος του Δέλτα Σπερχειού μπορεί και πρέπει να προστατευθεί σαν πρότυπο αειφόρου ανάπτυξης ήπιων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και σύγχρονης οικολογικής προστασίας των πόρων της περιοχής.

Βιβλιογραφία

Ολοκληρωμένη Διαχείριση Ποταμιού Οικοσυστήματος Σπερχειού, (1995). ΕΜΠ.

Υδρογεωλογικά προβλήματα χώρων διάθεσης απορριμμάτων στον Ελλαδικό χώρο

Ν. Ξενάκης και Α. Αλεξούλη - Λειβαδίτη***

** Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Πατησίων*

*** Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Τμήμα Μηχανικών Μεταλ. Μεταλουργών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Αθήνα*

Περίληψη

Η διαχείριση των απορριμμάτων και κυρίως η διάθεσή τους προκαλεί σοβαρά προβλήματα για το περιβάλλον, ιδιαίτερα όταν οι χώροι που χρησιμοποιούνται δεν καλύπτουν όλες τις προβλεπόμενες προδιαγραφές. Στην εργασία αυτή διερευνώνται τα προβλήματα που δημιουργούνται στα υπόγεια νερά και προτείνονται μέτρα πρόληψης ή ελαχιστοποίησης των δυσμενών επιπτώσεων.

Abstract

The management of solid wastes and especially their disposal, cause serious problems to the environment, if they do not satisfy certain requirements. This paper deals with the investigation of the problems of ground water. Finally, certain proposals and special measures are suggested to avoid or minimize the action of the pollution.

Εισαγωγή

Η διάθεση των απορριμμάτων αποτελεί κύριο μέλημα όλων των πόλεων με τεράστιο κόστος για τον προγραμματισμό και την επίλυσή του. Η διαχείριση των απορριμμότων και ιδιαίτερα η διάθεσή τους είναι τόσο δύσκολο και πολύπλοκο πρόβλημα, εξ' αιτίας των πολλαπλών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Οι επιπτώσεις είναι άμεσες στη μόλυνση και ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών και του εδάφους. Επίσης αλλοιώνουν την αισθητική του χώρου, προκαλούν δυσοσμία, αυταναφλέξεις κ.λπ. Στην εργασία αυτή θα ασχοληθούμε με τα υδρογεωλογικά προβλήματα των χώρων διάθεσης.

Η διάθεση των απορριμμάτων στην Ελλάδα γίνεται με διάφορους τρόπους όπως:

1) Απόρριψη σε ανοικτούς χώρους. Είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος κυρίως σε οικισμούς με λίγους κατοίκους. Η μέθοδος αυτή διαφοροποιείται από χώρο σε χώρο. Σε μερικούς γίνεται περιοδική επικάλυψη και συμπίεση των απορριμμάτων, σε άλλους γίνεται απλή συσσώρευση και σε άλλους καύση για να μειωθεί ο όγκος τους. Στους χώρους αυτούς δεν έχει γίνει έλεγχος καταλληλότητας και δεν λαμβάνονται ουσιώδη μέτρα για την πρόληψη των οχλήσεων και τους κινδύνους που διατρέχει η δημόσια υγεία. Ο τρόπος αυτός διάθεσης έχει απαγορευτεί.

2) Υγειονομική ταφή. Συνίσταται στην εναλλασσόμενη απόθεση και συμπίεση με επικάλυψη στρωμάτων απορριμμότων με στρώμα εδάφους. Είναι ασφαλής, αν τηρούνται όλες οι προϋποθέσεις που ορίζονται, απλή και οικονομική.

3) Καύση ή βιοσταθεροποίηση, έχουν λειτουργήσει πολύ περιορισμένα και πειραματικά. Απαιτείται υψηλή τεχνολογία, και είναι πολύ δαπανηρές.

Σε όλες τις περιπτώσεις σε κάποια φάση τα απορρίμματα έρχονται σε επαφή με το έδαφος.

Ρύπανση υπόγειων νερών

Τα στερεά απορρίμματα, κατά τη διάρκεια του χρόνου εναπόθεσης υπόκεινται σε αλλαγές που τροποποιούν την αρχική τους δομή. Η βιολογική αποσύνθεση των απορριμμάτων παράγει τα στραγγίσματα. Η αποσύνθεση παρουσία του ατμοσφαιρικού οξυγόνου παράγει σταθερά προϊόντα όπως CO_2, NO_3^-, $SO_4^=$ και H_2O, ενώ οι αναερόβιες διαδικασίες παράγουν CO_2, NH_2, NH_4^+, H_2, αλκοόλες και οργανικά οξέα. Η ποσότητα των στραγγισμάτων και το ρυπαντικό φορτίο, εξαρτώνται από την υγρασία που περιέχεται στα απορρίμματα και την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που διεισδύουν.

Τα νερά που έρχονται σε επαφή με τα απορρίμματα μπορούν να μεταφέρουν στο υπέδαφος και φυσικά και στον υδροφόρο ορίζοντα ρυπογόνα στοιχεία. Αυτό εξαρτόται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες των γεωλογικών σχηματισμών, που αποτελούν το δάπεδο των χώρων και κυρίως την υδροπερατότητά τους. Για χώρους, στους οποίους η διάθεση των απορριμμότων θα διαρκέσει πολλά χρόνια, οι γεωλογικοί σχηματισμοί θα πρέπει να έχουν τις ακόλουθες ιδιότητες:

1. **Χαμηλή περατότητα.** Αυτή απαιτείται γιατί πρέπει να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή απομόνωσή των απορριμμάτων από τον υδροφόρο ορίζοντα.

2. **Ικανότητα δέσμευσης χημικών στοιχείων.** Οι λιθολογικοί σχηματισμοί της περιοχής πρέπει να έχουν μεγάλη ικανότητα δέσμευσης χημικών στοιχείων. Η δέσμευση αυτή εγγυάται την ύπαρξη ενός χημικού τείχους, το οποίο εμποδίζει την ανταλλαγή των ιόντων εκτός του χώρου διάθεσης.

3. **Πλαστική συμπεριφορά**. Αυτή παίζει σημαντικό ρόλο, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις καταπόνησης του χώρου διάθεσης, που μπορεί να προέρχεται, είτε από σεισμοτεκτονικά γεγονότα, είτε από ανθρωπογενείς επιδράσεις.

Τα προαναφερθέντα αποτελούν κοινά χαρακτηριστικά πολλών αργιλικών σχηματισμών. Οι διάφοροι λιθολογικοί σχηματισμοί εμπειρικά έχει αποδειχθεί ότι παρουσιάζουν ορισμένες χαρακτηριστικές ιδιότητες, όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία. Οι ιδιότητες αυτές μπορεί να αποτελέσουν κριτήριο για την καταλληλότητα των εδαφών. Από τη διεθνή εμπειρία και βιβλιογραφία διακρίνουμε τρεις κατηγορίες σχηματισμών, αι οποίες πληρούν τις προαναφερθείσες προδιαγραφές. Με βάση τις ιδιότητες αυτές συντάχθηκε ο πιο κάτω πίνακας (Πίν. 1):

1. ΑΡΓΙΛΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	Πλαστική συμπεριφορά: υψηλή Ικανότητα ανταλλαγής ιόντων: πολύ καλή. Περατότητα: πάρα πολύ χαμηλή
2. ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ (κυρίως γρανίτες)	Πλαστική συμπεριφορά: μηδέν Ικανότητα ανταλλαγής ιόντων: μέση Πρωταγενής περατότητα: πολύ χαμηλή (η δευτερογενής περατότητα μπορεί να είναι πολύ υψηλή εξαιτίας διακλάσεων)
3. ΕΒΑΠΟΡΙΤΕΣ	Πλαστική συμπεριφορά: πολύ υψηλή Ικανότητα ανταλλαγής ιόντων: καλή Περατότητα: πολύ χαμηλή Διαλυτότητα: υψηλή

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μηχανική και χημική συμπεριφορά λιθολογικών σχηματισμών (Ξένος - Ξενάκης, 1995)

Τα πετρώματα ανάλογα με το συντελεστή υδροπερατότητας (Κ) κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, υδροπερατά, ημιπερατά και υδροστεγανά. Από τις προδιαγραφές που προβλέπονται για την καταλληλότητα μιας περιοχής για δημιουργία χώρου εναπόθεσης απαιτούνται πετρώματα υδροστεγανά δηλ. με πολύ μικρό συντελεστή (K), προκειμένου να επιτυγχάνεται πλήρης διαχωρισμός των απορριμμάτων από τα υποκείμενα πετρώματα. Παραθέτουμε ένα πίνακα που δίνονται η πρωτογενής και η δευτερογενής περατότητα μερικών πετρωμάτων (Πίν. 2) κατά Beavis, 1985, (από Ξένο - Ξενάκη, 1995).

Πέτρωμα	Πρωτογενής υδροπερατότητα (cm/sec)	Δευτερογενής υδροπερατότητα (cm/sec)
Γρανίτης	$2,3 \times 10^{-10}$	$1,2 \times 10^{-3}$
Ψαμμίτης	$1,3 \times 10^{-7}$	$1,2 \times 10^{-3}$
Αργιλικός σχιστόλιθος	$6,8 \times 10^{-7}$	$3,4 \times 10^{-4}$
Φυλλίτης	$8,2 \times 10^{-10}$	$5,6 \times 10^{-5}$
Ασβεστόλιθος	$7,3 \times 10^{-10}$	$2,4 \times 10^{-3}$
Δολομίτης	$4,8 \times 10^{-9}$	$8,8 \times 10^{-4}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Πρωτογενείς και δευτερογενείς υδροπερατότητες πετρωμάτων. (Κατά Beavis, 1985).

Στην κατηγορία των χώρων, που ρυπαίνουν τα υπόγεια νερά περιλαβάνονται αυτοί που η απόθεση γίνεται πάνω σε ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθους-μάρμαρα), σε αποθέσεις κροκαλών, άμμων κ.ά. Τα ανθρακικά πετρώματα λόγω της έντονης τεκτονικής τους καταπόνησης και της καρστικοποίησης που έχουν υποστεί στην πλειονότητά τους στον ελληνικό χώρο, πρέπει να θεωρηθούν ως πολύ υδροπερατά. Εξ' αιτίας των διακλάσεων και των ρηγμάτων, παρουσιάζουν αδυναμία κατακράτησης ρύπων σε αντίθεση με άλλα υδροπερατά πορώδη πετρώματα. Στις πιο πάνω περιπτώσεις πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη, ότι εκτός από τους υδροφορείς που βρίσκονται στους ασβεστόλιθους, σε περιπτώσεις εντοτικής άντλησης, κινδυνεύουν από τη ρύπανση και οι υδροφορείς που βρίσκονται σε παρακείμενους Πλειο-Πλειστοκαινικούς σχηματισμούς, γιατί τροφοδοτούνται από τους ασβεστόλιθους. Ρύπανση των υπάγειων νερών προκαλεί επίσης η απόρριψη σε έλη, ή σε κοίτες ποταμών. Παραθέτουμε πίνακα που παρουσιάζει τους βασικούς μηχανισμούς ρύπανσης των νερών που διέρχονται από το χώρο εναπόθεσης απορριμμάτων Νέων Λιοσίων κατά Α. Παπαδόπουλο, 1994, (Πίν. 3).

Απορρίμματα	Διάλυση διαλυτών συστατικών που υπάρχουν αρχικά στο χώρο, όπως PO_4^{3-}, Cl^-, SO_4^{2-}, μερικά οργανικά (χουμικά και φουλβικά οξέα, σάκχαρα κ.λπ.). Διάλυση οργανικών παραγώγων που σχηματίζονται κατά τη βιοαποδόμηση σύνθετων οργανικών ενώσεων (καρβοξυλικά οξέα, αλκοόλες, αμινοξέα, σάκχαρα). Διάλυση οργανικών παραγώγων που σχηματίζονται κατά τις χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρο στη χωματερή (σύνθετες χουμικές ενώσεις κ.λπ.). Διάλυση αμμωνιακών που σχηματίζονται κατά τη βιοαποδόμηση αζωτούχων οργανικών ενώσεων και την αναγωγή νιτρικών και νιτρωδών. Διάλυση φωσφορικών που σχηματίζονται κατά τη βιοαποικοδόμηση σύνθετων οργανικών που περιέχουν φώσφορο (φωσφολιπίδια κ.λπ.). Διάλυση των ευδιάλυτων Fe^{2+} που σχηματίζονται κατά την αναγωγή των Fe^{3+}. Απλή εκχύλιση δυσδιάλυτων ή αδιάλυτων οργανικών συστατικών (πολυσακχαρίτες, ανώτερα λιπαρά οξέα, πρωτεΐνες, πεπτίδια, φαινόλες, απλές και πολυκυκλικές αρωματικές ενώσεις κ.λπ.). Έκπλυση λεπτομερών σωματιδίων και κολλοειδών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Βασικοί μηχανισμοί ρύπανσης νερών που διέρχονται από το χώρο εναπόθεσης Νέων Λιοσίων. (Κατά Α. Παπαδόπουλο, 1994)

Ρύπανση υπόγειων νερών

Τα υπόγεια νερά είναι πηγή παροχής υψηλής ποιότητας πόσιμου νερού με μεγάλη οικονομική σημασία. Έχει υπολογισθεί ότι η χρήση τους αυξάνει κατά 25% ανά δεκαετία και απ' αυτά υδρεύεται ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού των προηγμένων κρατών.

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, τα υπόγεια νερά της Ελλάδας έχουν μολυνθεί εκτός των άλλων και εξ' αιτίας του μη συστηματικού και τεχνολογικά ανεπαρκούς τρόπου διάθεσης, απόθεσης και ταφής απορριμμάτων. Σε προηγούμενη εργασία μας (Α. Αλεξούλη - Ν. Ξενάκης, 1989) καταγράψαμε 297 χώρους εγγεκριμένους από τις κατά τόπους νομαρχίες και διαπιστώσαμε ότι το 47,8% των χώρων βρίσκεται σε υδροπερατά πετρώματα, το 18,85% σε ημιδιαπερατά και μόνο το 33,3% σε στεγανά πετρώματα.

Ο βαθμός ρύπανσης των υπόγειων νερών κυμαίνεται από μικρού βαθμού αλλοίωση της ποιότητας του νερού σε διαύγεια και γεύση μέχρι την παρουσία τοξικών ουσιών, βαρέων μετάλλων και οργανικών συστατικών (Λοϊζίδου κ.ά. 1990).

Οι βασικότερες δυσκολίες ελέγχου ρύπανσης των υπόγειων νερών είναι (Ξενάκης, 1995):

α) η έλλειψη φρεάτων ελέγχου στους χωρους εναπόθεσης.

β) η μη αντιληπτή ύπαρξης της ρύπανσης για μεγάλο χρονικός διάστημα, εξαιτίας της μικρής ταχύτητας κίνησης του νερού (1 m/day), και κατά συνέπεια η καθυστέρηση εντοπισμού δειγμάτων νερού από πηγάδια και επιφανειακά νερό, που έχουν υποστεί ρύπανση.

γ) η συνέχιση εξόπλωσης της ρύπανσης στο υδροφόρο στρώμα ακόμη και μετά από την παύση εκπομπής ρύπων από την πηγή ρύπανσης.

δ) η δύσκολη, μακροχρόνια και δαπανηρή προσπάθεια μείωσης των ρύπων και επαναφορά της ποιότητας του νερού σε αποδεκτό όρια, το οποίο έχει γίνει ακατάλληλο για ύδρευση επί δεκαετίες και πιθανόν αιώνες. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι σχεδόν πάντα η μόλυνση των υπόγειων νερών δεν γίνεται αντιληπτή παρά μόνον όταν κάποια πηγή πόσιμου νερού παρουσιάσει πρόβλημα.

Στην Ελλάδα, όπως διαπιστώσαμε από αυτή και την προηγούμενη έρευνά μας (Αλεξούλη - Ξενάκης, 1989), δεν έχουν γίνει έργα υποδομής για υγειονομική ταφή σε κανένα σχεδόν από τους χώρους απορριμμάτων που λειτουργούν (Χ.Δ.Α.), αλλά πληρούν μόνο μερικές από τις προδιαγραφές καταλληλότητας. Η ρύπανση των υπόγειων νερών από τα απορρίμματα γίνεται με τα στραγγίσματα. Είναι σημαντικό να διαπιστώσουμε αν τα στραγγίσματα των Χ.Δ.Α. βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία με τα υπόγεια νερά.

Τα υπόγεια νερά ρυπαίνονται με δύο τρόπους, άμεσο και έμμεσο. Άμεσο, όταν τα στραγγίσματα κατεισδύουν μέσα από ρωγμές ή υδροπερατά πετρώματα στον υποκείμενο υδροφόρο ορίζοντα. Έμμεσα, όταν τα στραγγίσματα ρέουν επιφανειακά ή καταλήγουν σε χειμάρρους, ποτάμια κ.λπ. και στη συνέχεια κατεισδύουν στον υδροφόρο ορίζοντα από τις κοίτες. Τα στραγγίσματα είναι συνέπεια της συμπίεσης, της βιοσταθεροποίησης και της αποσύνθεσης των απορριμμάτων.

Η ποσότητα των παραγομένων στραγγισμάτων, εξαρτόται από την ποσότητα του νερού που διεισδύει στους χώρους ταφής απορριμμάτων, περνώντας από τα υπερκείμενα στρώματα εδάφους. Για να γίνει σωστός υπολογισμός του νερού, που διεισδύει και των στραγγισμάτων, που παράγονται, πρέπει να υπολογισθεί ισοζύγιο νερού, με βάση τον υδρολογικό κύκλο του συγκεκριμένου χώρου. Για το λόγο αυτό λαμβάνουμε υπόψη τα ακόλουθα:

Την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι) που φτάνουν στο έδαφος.

Την εξατμισοδιαπνοή, η οποία αναφέρεται στο νερό που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με εξάτμιση από το έδαφος. Την επιφανειακή διαφυγή, η οποία περιλαμβάνει την ποσότητα του νερού που ρέει επιφανειακά και τελικά καταλήγει εκτός χώρου διάθεσης. Η συσχέτιση των παραπάνω στους χώρους διάθεσης είναι η εξής:

Ένα μέρος των κατακρημνισμάτων διεισδύει στο υπερκείμενο στρώμα εδάφους που καλύπτει τα απορρίμματα. Το ποσό της διείσδυσης εξαρτάται από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας καθώς και την υδροπερατότητα του υλικού επικάλυψης. Η ποσότητα αυτή του νερού είναι μεγαλύτερη, όταν το στρώμα απορριμμάτων είναι ακάλυπτο ή έχει καλυφθεί με αμμώδες, ή κοκκώδες υλικό. Ένα άλλο μέρος των κατακρημνισμάτων επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής και το υπόλοιπο ρέει στην επιφάνεια (επιφανειακή απορροή). Το νερό που καταφέρνει να διεισδύει στο έδαφος, προστίθεται στο νερό που ήδη υπάρχει υπό την μορφή υγρασίας στα απορρίμματα. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι νερό μπορεί να σχηματισθεί και σαν παραπροϊόν της βιοαποδόμησης της οργανικής ύλης των απορριμμάτων, αλλά η ποσότητα αυτή είναι αρκετά μικρή για να ληφθεί υπ' όψη στο ισοζύγιο νερού μιας χωματερής.

Η κατείσδυση του νερού (άρα και η εμφάνιση των στραγγισμάτων) πραγματοποιείται όταν ξεπεραστεί η ικανότητα συγκράτησης υγρασίας από τα διαδοχικά στρώματα, εδαφικό υλικό-απορρίμματα. Τότε το νερό κινείται προς το κάτω με την επίδραση της βαρύτητας. Σε κορεσμένους χώρους διάθεσης σημαντικό ρόλο έχει το πρώτο στρώμα εδάφους που καλύπτει τα απορρίμματα και του οποίου η διαπερατότητα, η κλίση και η βλάστηση (αν υπάρχει) καθορίζουν το πόσο εύκολα ή όχι το νερό θα έρθει σε επαφή με τα στρώματα των απορριμμάτων. Είναι φανερό ότι η κατείσδυση εξαρτάται και από το βαθμό συμπίεσης των απορριμμάτων, αφού με τη συμπίεση ελαττώνεται ο ρυθμός διήθησης των στραγγισμάτων.

Η υγρασία των απορριμμάτων εξαρτάται κυρίως από την ποιότητά τους και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες πριν και κατά την διάρκεια της ταφής τους. Η συμπίεση των απορριμμάτων ελαττώνει την αρχική τους υγρασία αυξάνοντας έτσι την ικανότητα κατακράτησης νερού. Το αντίθετο συμβαίνει όταν η αρχική υγρασία είναι αυξημένη.

Στην κατηγορία των περατών-ημιπερατών εδαφών κατατάσσονται οι Πλειστοκαινικοί σχηματισμοί με εναλλαγές υδροπερατών και αδιαπέρατων στρωμάτων καθώς και οι προσχώσεις. Αν οι περιοχές αυτές έχουν μικρές εδαφικές κλίσεις, τα στραγγίσματα που διεισδύουν, ανάλογα με το συντελεστή διαπερατότητας, υφίστανται κάποια διήθηση. Η ρύπανση που προκαλείται στην περίπτωση αυτή είναι περιορισμένη σε έκταση, ως προς τα επιφανειακά νερά και τα εδάφη. Μπορεί όμως να ρυπάνουν το φρεάτιο υδροφόρο ορίζοντα και να τον καταστήσουν ακατάλληλο. Είναι απαραίτητο σε όλες τις περιπτώσεις να ελέγξουμε αν τα στραγγίσματα των Χ.Δ.Α. βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία με τα υπόγεια νερά.

Εκτός από τη ρύπανση που προέρχεται από τους Χ.Δ.Α., ρύπανση μπορεί να προκύψει από διάφορες αιτίες, όπως βόθρους, κτηνοτροφικές μονάδες, βιομηχανικά απόβλητα, κ.λπ. Ο βαθμός ρύπανσης επηρεάζεται από το ρυπαντικό φορτίο, τις βροχοπτώσεις και τη στάθμη των υπόγειων νερών. Απορρίμματα που είναι κορεσμένα με νερό και που η στάθμη των υπόγειων νερών είναι υψηλά, επιτρέπουν την εύκολη διάλυση του ανάργανου υλικού και ευνοούν τις αναεράβιες διαδικασίες.

Μικρές επιφανειακές μονάδες ρύπανσης μπορεί να προκαλέσουν περιοδική ρύπανση των υπόγειων νερών, που εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες. Κατά τη θερινή περίοδο, λόγω ξηρασίας, οι ρύποι απορροφώνται από τα πετρώματα και δεν φθάνουν στον υδροφάρο ορίζοντα, ενώ αντίθετα το χειμώνα με τις βροχές ξεπλένονται τα εδάφη και οι ρύποι παρασύρονται προς τον υδροφόρο αρίζοντα, τον οποίο και ρυπαίνουν. Παραθέτουμε πίνακα υδροχημικών αναλύσεων των υπόγειων νερών της περιοχής Μαντουδίου-Προκοπίου (από Φυτρολάκη και άλλους, 1988), (Πίν. 4).

Από τις χημικές αναλύσεις φαίνεται ότι παρουσιάζουν εποχικά πρόβλημα μόλυνσης και ρύπανσης ως προς κάποια τουλάχιστον από τις παραμέτρους που εξετάσθηκαν που οφείλονται σε αποχετεύσεις και σε οικιακά ή βιομηχανικά απόβλητα.

Υπάρχουν περιπτώσεις, που η διάθεση των στερεών απορριμμάτων γίνεται σε χειμμάρους ή σε κοίτες ποταμών. Οι περιοχές αυτές είναι υψηλής ρυπαντικής επιδεκτικότητας ως προς όλους τους αποδέκτες. Έτσι προκαλείται ρύπανση στα εδάφη, τα επιφανειακά νερά και στον υδροφόρο ορίζοντα, ο οποίος συνήθως είναι πολύ αβαθής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Υδροχημικές αναλύσεις υπόγειων νερών περιοχής Μαντουδίου - Προκοπίου (Κατά Φυτρολάκη κ.ά., 1988)

Αρ. Δείγματος	Δ3π	Δ5π	Δ10φ	Δ11π	Δ12φ	Δ15	Δ18π	Δ21φ	Δ23φ	Δ24π	Δ25φ	όριο Φ.Τ.
Θερμοκρασία	15,0	17,1	15,2	16,7	18,2	20,3	18,6	19,7	18,9	17,7	19,6	–
pH	6,15	6,79	7,75	7,95	7,57	7,38	7,13	7 63	7,38	7,18	7	6,5 - 7,5
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	360	300	645	592	675	710	580	660	660	540	800	1000
Διαλελυμένο οξυγόνο (ppm)	11	9	3	9	8	4	9	7	4	10	5	2
NO^{3-} (ppm)	3,09	2,65	2,21	8,84	42	12,37	31,82	12,37	7,96	5,30	19,89	50
NH_3 (ppm)	0,048	0,036	0,244	0,146	0,085	0,061	0,036	0,134	0,097	0,036	0,158	–
NH4 (ppm)	0,051	0,038	0,258	0,154	0,090	0,064	0,038	0,141	0,103	0,038	0,167	0,5
Ολική σκληρότητα (ppm)	241	203	458	433	447	401	367	418	376	336	415	500
Χρώμα	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Θολερότητα (F.T.U.)	8	2	4	0	4	0	0	9	0	2	2	–
Cl^{-} (ppm)	22	24	59	40	42	63	29	31	29	38	24	–
Οσμή	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
C.O.D. (ppm)	4,6	9	28	17	3	4	1,5	3,6	1	5	5	–
$B.O.D_5$ (ppm)	0,9	1,8	7,4	3,6	0,8	0,9	0,5	1	0,2	1,2	1,4	–

Αρ. Δείγματος	Δ3	Δ5	Δ10	Δ11	Δ12	Δ15	Δ18	Δ21	Δ23	Δ24	Δ25
Θερμοκρασία °C	15,7	18,8	18,2	19,3	21,2	21,6	19,9	17,6	16,8	16,4	17,9
pH	7,41	7,81	7,82	7,95	6,47	7,47	7,64	7,8	7,68	7,52	7,61
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	310	300	650	605	640	600	530	540	525	560	575
Διαλελυμένο οξυγόνο (ppm)	6	9,5	3	6	8,5	10	8	6,5	4	4	3
NO^{3-} (ppm)	4,89	4,68	3,98	7,90	39,34	12,38	35,80	25,64	14,14	10,1	22,54
NH_3 (ppm)	0	0	0,268	0,098	0,073	0,012	0,012	0,061	0,049	0,03	0,98
NH4 (ppm)	0	0	0,284	0,103	0,077	0,013	0,013	0,064	0,052	0,02	0,103
Ολική σκληρότητα (ppm)	241	214	435	448	435	383	374	499	397	447	420
Χρώμα	0	0	25	0	0	0	0	0	0	8	0
Θολερότητα (F.T.U.)	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl^- (ppm)	32	68	69	63	54	72	63	44	48	42	52
Οσμή	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
C.O.D. (ppm)	2	12,2	2	5	4	2	7,1	1	3	1	12,2
$B.O.D_5$ (ppm)	1,2	2,5	0,4	1	0,4	0,7	2,1	0,2	0,3	0,4	2,8

Δπ = Δείγμα από πηγή, Δφ = Δείγμα από φρέατα

Τέτοια φαινόμενα εμφανίζονται έντονα στους χώρους διάθεσης των αποσυρόμενων φρούτων. Η εναπόθεσή τους δεν γίνεται σε συγκεκριμένους χώρους αλλά, ανάλογα με την ποσότητά τους σε χώρους που καθορίζονται κάθε χρόνο σύμφωνα με τις ανάγκες των συναιτερισμών και σε συνεργασία με την Δ/νση Γεωργίας.

Κάθε χρόνο περί τους 750.000 τόννους ροδάκινα αποσύρονται και καταλήγουν στις χωματερές. Εκτός από τα ροδάκινα και άλλα φρούτα όπως πορτακάλια (Ν. Άρτας περίπου 60.000 τάννοι/ετησίως), σταφύλια (Ν. Καβάλας περίπου 14.500 τόννοι/ετησίως) αποσύρονται και διατίθενται ανεξέλεγκτα δημιουργώντας τεράστια προβλήματα στη δημόσια υγεία και το οικοσύστημα. Το πρόβλημα της ρύπανσης, από την ανεξέλεγκτη διάθεση των στερεών απορριμμάτων, των αποσυρθέντων φρούτων (350.000 τόννοι στο νομό Πέλλας και 280.000 τόννοι στο νομό Ημαθίας για το 1994), καθώς επίσης και τα υγρά απόβλητα από τις γεωργικές βιομηχανίες (κονσερβοποιΐα) που λειτουργούν χωρίς εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, μετά από επιτόπιο έλεγχο αποδείχθει ότι έχουν άμεσες επιπτώσεις στα επιφανειακά και υπόγεια νερά των νομών (Ξενάκης, 1995).

Η παρατεταμένη ανομβρία των τελευταίων χρόνων, σε συνδιασμό με τις αυξημένες ανάγκες για νερό άρδευσης, έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ροής των νερών κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου και τη μείωση, τελικά, της ικανότητάς τους για αντιμετώπιση, μέσω διεργασιών αυτοκαθαρισμού, της ρύπανσης που δέχανται. Η μείωση του ρυπαντικού φορτίου στην πηγή, δηλαδή πριν οδεύσει προς οποιονδήποτε τελικό αποδέκτη, μπορεί να μας γλυτώσει από σημαντικές πρόσθετες εργασίες και έξοδα για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται, στη συνέχεια, από την υπέρβαση της φέρουσας ικανότητας των αποδεκτών και την ικανότητα που έχουν για αυτοκαθαρισμό και αφομοίωση της ρύπανσης.

Για τη σωστή αντιμετώπιση των προβλημάτων των υπόγειων νερών πρέπει να ληφθούν μέτρα προστασίας και εξυγίανσης. Για τα λόγο αυτό προτείνονται τα ακόλουθα:

- Μείωση των ρυθμών άντλησης στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στα σημεία των χώρων διάθεσης απορριμμάτων και γενικά σε σημεία όπου υπάρχουν ενδείξεις ρύπανσης από τα στραγγίσματα των Χ.Δ.Α.
- Κατασκευή δικτύου γεωτρήσεων για την πληρέστερη υδρογεωλογική μελέτη και παρακολούθηση της ποιότητας των υπόγειων νερών, έστω και αν ο χώρος διάθεσης σταματήσει να λειτουργεί.
- Εκτέλεση χημικών αναλύσεων για τη διαπίστωση και παρακολούθηση της ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Πέραν αυτών θα πρέπει να απομακρυνθούν οι Χ.Δ.Α. οι οποίοι βρίσκονται σε περατά εδάφη, δεδομένου ότι οι χώροι αυτοί δεν πληρούν την απαραίτητη προϋπόθεση στεγανοποίησης. Πρέπει επίσης να γίνεται επικάλυψη των Χ.Δ.Α., με αργιλικό υλικό πάχους τουλάχιστον 50 cm και να δοθεί στην επιφάνειά τους μια κλίση όχι μικρότερη του 5% έτσι ώστε να απομονωθούν τα απορρίμματα από τα επιφανειακά νερά και να διευκολύνουμε τη ροή τους εκτός του χώρου απόθεσης.

Στους νέους χώρους, που πιθανόν θα χρησιμοποιηθούν ως Χ.Δ.Α., θα πρέπει να γίνει υποχρεωτικά υδρογεωλογική μελέτη και να κατασκευαστούν τα απαραίτητα έργα υποδομής για την προστασία των υπόγειων και των επιφανειακών νερών.

Τρόποι διάδοσης της ρύπανσης

Τα νερά που έρχονται σε επαφή με τα απορρίμματα μπορούν να μεταφέρουν στο υπέδαφος ρυπογόνα στοιχεία. Η προστασία από τους κινδύνους ρύπανσης των υπόγειων νερών με την εκτέλεση κατάλληλων τεχνικών έργων, μας διασφαλίζει προσφέροντας λύσεις σε αυτό το πρόβλημα. Είναι δυνατόν να οριοθετηθούν οι περιοχές που έχουν υποστεί ρύπανση και απαγορευτεί η χρήση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα για ύδρευση, ανάλογα με τον βαθμό ρύπανσης, που αυτός έχει υποστεί.

Σήμερα, με τη στεγανοποίηση των χώρων διάθεσης, προσπαθούμε να αποκλείσουμε την ενδεχόμενη άμεση ή έμμεση επαφή των ρυπογόνων ουσιών με το υδροφόρο ορίζοντα, του οποίου η χρήση είναι συνήθως η ύδρευση. Σε αντίθετη περίπτωση, είναι απαραίτητο να επέμβουμε άμεσα με κατάλληλο τρόπο για την εξυγίανση του υδραφόρου ορίζοντα, μέχρις ότου απομονωθεί η πηγή ρύπανσης. Έτσι αποτρέπουμε την εξάπλωση της διάχυσης των ρύπων στην υπόλοιπη λεκάνη του υδραφόρου ορίζοντα. Η επιφάνεια της ρύπανσης παίρνει ελλειψοειδές σχήμα, το οποίο μοιάζει με το σχήμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Beretta G.P. 1985). Τα υπόγεια νερά ρέουν στο υπέδαφος με ταχύτητα λίγων m/ημέρα (σε πλευρικά κορήματα και ποταμοχειμμαρώδεις αποθέσεις), ενώ σε καρστικούς αγωγούς με ταχύτητα μερικών km/ημέρα.

Με υδροχημικές μεθόδους είναι πολύ εύκολο να διαπιστώσουμε την ρύπανση από ένα χώρο διάθεσης. Αυτό συμβαίνει γιατί στα δείγματα νερού που μπορούμε να πάρουμε από γεωτρήσεις και από πηγάδια ελέγχου είναι αυξημένη η συγκέντρωση σε CO_2, SO_4, NH_4, NO_2, χλωριόντα και η σκληρότητα.

Η ανάλυση της ρύπανσης γίνεται με υδροχημική μέθοδο και συμπεριλαμβάνει τον προσδιορισμό των ρυπαντών, των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής και τον εντοπισμό του άξονα ρύπανσης. Όταν ολοκληρωθεί η έρευνα, μπορούμε να επιλέξουμε τον τρόπο επέμβασης, έχοντας ως γνώμονα τις τοπικές γεωλογικές και ιδιαίτερα τις υδρογεωλογικές συνθήκες.

Για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε την ταχύτητα διάχυσης της ρύπανσης γύρω από ένα χώρο διάθεσης απορριμμάτων προτείνουμε την εφαρμογή της μεθόδου G. Beretta (1985). Στον υπολογισμό που γίνεται ορίζονται τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος από πηγάδια εξυγίανσης, τα οποία με την άντλησή τους σχηματίζουν ένα υδραυλικό τείχος ενάντια στην διάχυση των ρύπων. Αυτός ο τρόπος επέμβασης μπορεί να γίνει σε όλους τους χώρους διάθεσης, όταν γνωρίζουμε τον τρόπο διάχυσης των ρύπων στο υπέδαφος (σε μίκρο και μακροσκοπική κλίμακα) και ιδιαίτερα εκτιμώντας την επίδραση που θα υποστεί ο υδροφόρος ορίζοντας από την άντλησή του, σε σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του σημείου ρύπανσης.

Οι διαλελυμένες ουσίες που προέρχονται από τα απορρίμματα καταλήγουν στα υπόγεια νερά και κυκλοφορούν μαζί τους. Η κυκλοφορία των ρύπων, διέπεται από τους νόμους της υδροδυναμικής που εφαρμόζονται σ' ένα συνεχές, ομογενές και ισότροπο σώμα. Εάν όμως οι γεωλογικοί σχηματισμοί από τους οποίους αποτελούνται οι υπόγειες λεκάνες είναι ανισότροποι ή ετερογενείς, τότε πρέπει να ορισθεί ως συντελεστής διαπερατότητας ο μέσος όρος των συντελεστών διαπερατότητας των πετρωμάτων, που δομούν το χώρο, λαμβανομένου υπ' όψη και τον όγκο του κάθε σχηματισμού. Έτσι, τα φαινόμενα θα εκφράζονται με τρόπο ομογενή και ισότροπο.

Το φαινόμενο της ρύπανσης των υπόγειων νερών είναι πολύ σύνθετο και είναι αποτέλεσμα της διάθεσης ρύπων πάνω σε περατούς γεωλογικούς σχηματισμούς. Σε περίπτωση εισροής ρύπων σημαντικό ρόλο για την εξάπλωσή τους παίζει η ποσότητα, ενώ αντίθετα σε περίπτωση εισροής ρύπων σε μη κορεσμένες περιοχές, εκτός της λιθολογίας, σημαντικός παράγοντας είναι και ο χρόνος (η διάρκεια κατά την οποία οι ρύποι διοτίθενται στο υπέδαφος). Η διάχυση των ρύπων στο χώρο καθορίζεται από την πυκνότητα και την ταχύτητα ροής των ρύπων, ενώ η ταχύτητα των υπόγειων νερών καθορίζει το χρόνο εξάπλωσης της ρύπανσης.

Η ταχύτητα διήθησης των ρύπων στο έδαφος από την εστία ρύπανσης έως τον υδροφόρο ορίζοντα, ορίζει το «χρόνο επικινδυνότητας», που είναι ο απαιτούμενος χρόνος για να φθάσει μια ρυπογόνος ουσία από το σημείο παραγωγής της στην επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα (Beretta, 1985).

Τρόποι προστασίας των υπόγειων νερών σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων

Σε περίπτωση, που λόγω έλλειψης στεγανοποίησης, τα υγρά διαστάλλαξης εξέλθουν του χώρου διάθεσης, τότε είναι απαραίτητο να υπάρχει σύστημα ελέγχου. Αυτό το σύστημα θα στηρίζεται στα πιεζόμετρα που θα έχουν τοποθετηθεί κατά μήκος της ροής των υπογείων νερών και τα οποία θα επιτρέπουν την επέμβασή μας σε περίπτωση που η διάχυση των ρύπων επεκταθεί σε μεγαλύτερη ακτίνα των υπόγειων νερών.

Οι γεωτρήσεις αυτές θα πρέπει αφενός μεν να προϋπάρχουν της αρχικής διάθεσης, να έχουν γίνει δηλαδή κατά τη διάρκεια της μελέτης ούτως ώστε να έχουμε στενή και πλήρη γνώση των πιο κάτω στοιχείων:

1. την ύπαρξη του υδροφόρου ορίζοντα και τη γεωμετρία του
2. την υπάρχουσα ρύπανση και τους κινδύνους ρύπανσης από τον χώρο διάθεσης
3. τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των υπογείων νερών
4. τη σχέση επικαινωνίας των υπογείων νερών
5. τη χαρτογράφηση των μορφολογικών και γεωλογικών χαρακτηριστικών των γεωτρήσεων γύρω από το χώρο διάθεσης

Όσον αφορά στην εξυγίονση των υπόγειων νερών, θα πρέπει να εφαρμόζουμε δύο είδη τεχνικών έργων:

α) Έργα αντιρρύπανσης (γίνεται προσπάθεια μείωσης ή ακόμα και εξάλειψης των ρυπογόνων ουσιών στα υπόγεια νερά).

β) Έργα ικανά να σταματήσουν τις εκπομπές της πηγής ρύπανσης π.χ. απομόνωση του χώρου διάθεσης από το περιβάλλον του ή και κλείσιμο του χώρου διάθεσης. (Επιτυγχάνεται με στεγανοποίηση της επιφάνειας, δημιουργίας περιφερειακής τάφρου ομβρίων κ.λπ.).

Υλικά στεγανοποίησης

Σε κάθε χώρο διάθεσης απορριμμάτων κρίνεται απαραίτητο να γίνει τεχνητή στεγανοποίηση του πυθμένα, με τη χρήση κατάλληλων υλικών για το σκοπό αυτό, για να διασφαλιστούν τα εδάφη και τα υπόγεια νερά από τη ρύπανση ή τη μόλυνση. Για το σκοπό αυτό προτείνουμε να χρησιμοποιηθούν αργιλικά υλικά και γεωμεμβράνες, που καλύπτουν τις προδιαγραφές καταλληλότητας, τα οποία περιγράφουμε πιο κάτω.

Το στεγανό αυτό υλικό θα πρέπει να είναι άργιλος ή μαργαϊκή άργιλος με LL = 25-30 και δείκτη πλαστικότητας έως 10 ή 12 αποκλεισμένων των συμπιεστών αργίλων, των διογκούμενων αργίλων, των αργίλων υψηλού ορίου υδαρότητας >30, καθώς επίσης και των οργανικών αργίλων.

Κατάλληλοι άργιλοι για το σκοπό αυτό είναι: CL ή SC ή GC, δηλαδή ανόργανη άργιλος, αμμώδης ή χαλικώδης ή καθαρή άργιλος με LL 20 έως 30 το πολύ και συντελεστή υδροπερατότητας K έως 10^{-8} cm/sec.

Πολύ καλό υλικό για το σκοπό αυτό είναι ο μπεντονίτης, ο οποίος από πολλά χρόνια χρησιμοπαιείται στη γεωτεχνική. Ο μπεντονίτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ανάμιξη με άλλα υλικά σε διάφορες αναλογίες και αποτελεί πολύ αποτελεσματικό και μεγάλης διάρκειας στεγανοποιητικό υλικό.

Το πάχος της αργιλικής στρώσης θα πρέπει να υπολογιστεί συναρτήσει του ύψους των υγρών, που θα τοποθετηθούν πάνω στη στεγανωτική άργιλο.

Για τον τάπητα στεγανότητας μπορεί να χρησιμοποιηθούν γεωμεμβράνες κατάλληλων προδιαγραφών.

Η επιλογή της γεωμεμβράνης του υποκείμενου στεγανοποιητικού φάσματος θα γίνει από διαθέσιμα είδη που κυκλοφορούν στην Ελληνική αγορά με δύο βασικά κριτήρια κατά τη φάση σχεδιασμού.

- Μηχανική αντοχή, έτσι ώστε να καλύπτει όλες τις απαιτήσεις τάσεων - παραμορφώσεων και μέτρου ελαστικότητας σε στατική ή και δυναμική επιφόρτιση (ερπυσμός)
- Χημική συμβιβαστότητα, με τις ουσίες που δημιουργούντοι πρωτογενώς ή δευτερογενώς (κατά τη διάρκεια της ζύμωσης των αποβλήτων), έτσι ώστε να εμφανίζει την ελάχιστη δυνατή μείωση των αρχικών μηχανικών χαρακτηριστικών μετά από πολυετή παραμονή σε χημικώς δραστήριο περιβάλλον (π.χ. οι γεωμεμβράνες PVC εμφανίζουν απομείωση αντοχής στη μακροχρόνια επίδραση αλάτων και βάσεων κατά 30% περίπου σε αντίθεση με τις γεωμεμβράνες HDPE οι οποίες διατηρούν αμείωτες τις αρχικές τους μηχανικές ιδιότητες στο περιβάλλον αυτό).

Πολλές φορές κρίνεται απαραίτητος ο συνδυασμός γεωσυνθετικού υλικού με κατάλληλη στρώση αδιαπέρατου υλικού, έτσι ώστε να μειώνει στο ελάχιστο τις πιθανότητες διαρροών δια μέσου κάποιων σημείων αδυναμίας της γεωμεμβράνης, τα οποία ενδέχεται να εμφανισθούν είτε προς το τέλος του χρόνου σχεδιασμού του έργου, είτε εξαιτίας διαρρήξεων λόγω σεισμικής δραστηριότητας. Ως υλικό στεγανοποίησης είναι σκόπιμο να επιλεγεί αργιλικό υλικό (μπεντονίτης ακατέργαστος), που έχει την ιδιότητα επούλωσης των ρωγμών και διατήρησης της στεγανότητας του χώρου.

α) Υποκείμενο Στεγανοποιητικό Φράγμα έναντι οιασδήποτε διεισδύσεως υγρών ή αερίων σε οποιαδήποτε ποσότητα στον περιβάλλοντα εδαφικό ημίχωρο. Ιδιαίτερα τονίζεται το γεγονός ότι η λειτουργία αυτού του υποκειμένου φράγματος πρέπει να εξασφαλίζεται όχι μόνον κατά τη φάση απόθεσης αλλά κυρίως κατά τη φάση λειτουργίας και χώνευσης για όλη τη διάρκεια ζωής του χώρου.

Ο τάπητας στεγάνωσης μπορεί να περιλαμβάνει συνδυασμό γεωμεμβρανών με κατάλληλη προστασία και αδιαπεράτων εδαφικών στρώσεων, π.χ. αργιλικά υλικά, όπως αυτά προαναφέραμε. Η πολλαπλότητα του συστήματος εξαρτάται από την τοξικότητα των αποβλήτων, τις ιδιότητες (διαπερατότητα και συμπύκνωση) των αργιλικών στρώσεων αλλά και την ποιότητα και το πάχος της γεωμεμβράνης που επιλέγεται.

Αν κριθεί σκόπιμος ο συνδυασμός γεωσυνθετικού υλικού με κατάλληλη αδιαπέρατη στρώση υλικού υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής α) απλού συστήματος στεγάνωσης το οποίο πρέπει να περιλαμβάνει συγχρόνως μια αργιλική στρώση και μια γεωμεμβράνη με κατάλληλη προστασία και β) δημιουργίας τάπητα στεγάνωσης διατομής σάντουιτς σε δύο στρώσεις αργίλου αναλόγου πάχους. Αυτές οι στρώσεις θα διαχωρίζονται από γεωμεμβράνη κατάλληλων προδιαγραφών.

β) Στεγανό Επιφανειακό Κάλυμμα. Ο σκοπός του είναι να εμποδίσει οποιαδήποτε κατείσδυση ή διείσδυση ή διήθηση εξωτερικών επιφανειακών (ομβρίων) νερών μέσα στο χώρο, αλλά συγχρόνως να επιτρέπει την απρόσκοπη απομάκρυνση των αερίων σε επιλεγμένα σημεία. Το κάλυμμα αυτό θα δημιουργηθεί με το τέλος λειτουργίας του χώρου και την αποκατάσταση προκειμένου να εμποδίζει την κατείσδυση του νερού.

γ) Σύστημα αποστράγγισης των νερών που προέρχονται από τα ατμοσφαιρικό κατακρημνίσματα και τα στραγγίσματα των απορριμμάτων κατά τη φάση λειτουργίας του χώρου διάθεσης. Το σύστημα αποστράγγισης θα κατευθύνει τα στραγγίσματα προς το κέντρο επεξεργασίας λυμμάτων για καθαρισμό.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την ασφαλή λειτουργία ενός χώρου διάθεσης είναι η εγκατάσταση ενός συστήματος ελέγχου διαρροών το οποίο θα περιλαμβάνει δίκτυο διάτρητων σωλήνων και ηλεκτρονικό έλεγχο για άμεση λήψη μέτρων σε περίπτωση εξακρίβωσης κάποιας διαρροής.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή διερευνώνται τα προβλήματα, που δημιουργούνται στα υπόγεια νερά από τη λειτουργία χώρων διάθεσης απορριμμάτων.

Η ασφαλής λειτουργία των χώρων διάθεσης απορριμμάτων πρέπει να γίνεται με σωστά οργανωμένους και κατάλληλους χώρους σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία. Για την επιλογή και την οργάνωση των ελεγχόμενων χώρων έχουν θεσπιστεί προδιαγραφές που περιγράφουν και καθορίζουν τα κριτήρια, τα οποία είναι γεωγραφικά, μορφολογικά, γεωλογικά, υδρογεωλογικά και γεωτεχνικά. Γεωλογικά και υδρογεωλογικό κριτήρια αποτελούν η γεωλογική δομή, η λιθολογία, η αποσάθρωση, η περατότητα των γεωλογικών σχηματισμών, η πιεζομετρία κ.λπ.

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες των γεωλογικών σχηματισμών και η μορφολογία του χώρου σε σχέση με τον τύπο των απορριμμάτων, που πρόκειται νο διατεθούν είναι καθοριστικά.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν τους χώρους διάθεσης απορριμμάτων, οι οποίοι πρόκειται να λειτουργήσουν για πολλά χρόνια πρέπει να έχουν: Χαμηλό συντελεστή υδροπερατότητας $K \leq 10^{-7}$cm/sec, που εξασφαλίζει τη μεγαλύτερη δυνατή απομόνωση των απορριμμάτων από τον υδροφόρο ορίζοντα, ικανότητα δέσμευσης χημικών στοιχείων (ιοντοαλλαγή) και πλαστική συμπεριφορά.

Πετρώματα με υψηλή διαπερατότητα, επιτρέπουν στους ρύπους να διεισδύουν μαζί με τα νερά, στα πετρώματα και να ρυπαίνουν τον υδροφόρο ορίζοντα. Από τους χώρους διάθεσης απορριμμάτων που λειτουργούν στην Ελλάδα, ελέγξαμε τους 297 απ' αυτούς και διαπιστώσαμε ότι το 47,8% βρίσκεται σε υδροπερατά πετρώματα, το 18,85% σε ημιπερατά και μόνο 33,3% σε στεγανά πετρώματα.

Ο βαθμός ρύπανσης των υπόγειων νερών ποικίλει και κυμαίνεται από μικρού βαθμού αλλοίωση της ποιότητας του νερού σε διαύγεια, μέχρι την παρουσία τοξικών ουσιών και βαρέων μετάλλων. Υπάρχουν δυσκολίες στον έλεγχο ρύπανσης των υπόγειων νερών που οφείλεται σε διάφορες αιτίες, όπως έλλειψη φρεάτων ελέγχου, καθυστέρηση της διαπίστωσης της ρύπανσης, συνέχιση εξάπλωσης της ρύπανσης μετά τη διακοπή εκπομπής των ρύπων. Ο έλεγχος γίνεται με υδροχημικές μεθόδους και περιλαμβάνει ταν προσδιορισμό των ρυπαντών και των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής και τον άξονα ρύπανσης.

Τα υπόγεια νερά ρυπαίνουν με δύο τρόπους: άμεσο και έμμεσο. Αιτία ρύπανσης είναι τα στραγγίσματα που κατεισδύουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Η ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να προκύψει από διάφορες αιτίες, όπως Χ.Δ.Α., βόθρους, κτηνοτροφικές μονάδες, βιομηχανίες, κ.λπ. Ο βαθμός ρύπανσης εξαρτάται από το ρυπαντικό φορτίο, τις βροχοπτώσεις και τη στάθμη των υπόγειων νερών.

. Για τη σωστή αντιμετώπιση των προβλημάτων πρέπει να ληφθούν μέτρα προστασίας και κατάλληλη υποδομή και στους καινούργιους χώρους. Πρέπει να γίνεται απαραίτητα στεγανοποίηση των δαπέδων. Για το σκοπό αυτό προτείνουμε αργίλους με LL = 25-30 και δείκτη πλαστικότητας έως 10 ή 12, αποκλειομένων των συμπιεστών αργίλων, των διογκουμένων αργίλων, των οργανικών και αυτών με υψηλό όριο υδαρόητας >30. Κατάλληλοι άργιλοι είναι: CL ή SC ή GS με LL 20 έως 30 K έως 10^{-8} cm/sec. Πολύ καλό υλικό θεωρείται ο μπεντονίτης σε ανάμιξη με άλλα υλικά σε συγκεκριμένες αναλογίες. Τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθούν γεωμεμβράνες και γεωυφάσματα σε συνδιασμό με αδιαπέρατο υλικό α) σε απλό σύστημα στεγάνωσης, που θα περιλαμβάνει συγχρόνως αργιλική στρώση και γεωμεμβράνη και β) σε διατομή σάντουιτς σε δύο στρώσεις αργίλου αναλόγου πάχους, που θα διαχωρίζονται από γεωμεμβράνη.

Τέλος πρέπει να υπάρχει σύστημα αποστράγγισης των στραγγισμάτων.

Discussion - Conclusions

In this paper the problems of the underground water due to the existence of solid waste disposal sites, are investigated.

The safe operation of those sites must take place in properly organised and suitable sites according to the current legislation. For the selection and organization of controlled sites there have been determined specifications and standards that describe and define the criteria in terms of geography, morphology, climatology, geology, hydrogeology and geotechnical engineering. Geological and hydrogeological criteria consist of geological structure, the lithology, the erosion, the permeability etc. The physicochemical qualities of the geological formations and the morphology of the site in relation to the type of the wastes that are to be disposed of constitute a definite criterion.

The geological formations which constitute the solid water disposal sites, that will be in operation for many years should be characterized by: 1) a low coefficient of permeability, $K \leq 10^{-7}$ cm/sec, which ensures the maximum separation of the waste from the ground water, 2) a capacity to absorb elements (ion exchange) and 3) plastic behaviour. Rocks of high permeability allow the pollutants to penetrate along with the water and to pollute the water bearing strata.

From the solid waste disposal sites that are in operation in Greece, 297 were investigated. We found out that 47,8% are on permeable rocks, 18,85% are on semipermeable and only 33,3% on impermeable rocks.

Pollution degree of ground water varies from a low level alteration of water transparency, to the presence of toxic substances and heavy metals. The ground water pollution in difficult to be investigated because of a) the lack of observation wells, b) delay of understanding of the pollution and c) the continuation of pollution spread after the pollutant substances emission stops. Pollution is checked by hydrochemical methods and includes the determination of the pollutant substances, the hydrogeological conditions and settings of the region and the pollution path.

Ground water contaminates with direct and indirect ways. The cause of contamination is the leach that percolates to the water table.

Pollution of the water table is a result of several causes, such as the waste disposal sites, septic tanks, industries, etc. The degree of pollution depends on the pollutant load, the rainfall and the depth of the piezometric surface of the ground water.

To assure the safe function of the sites we must take the appropriate infrastructure work. The site bottom must be water-proof and we suggest clays of LL = 25-30 and plasticity index up to 10 or 12. Consolidated clays, swelling clays, organic clays and those with high liquid limit >30 are excluded. Suitable clays for this purpose are clays which are classified according to international unification system of soil classification as CL or SC or GS with LL 20 to 30 and K up to 10^{-8} cm/sec.

A very suitable material is bentonite mixed in certain proportions with other materials. At last geomembranes and geotextiles could be used in combination with impermeable materials a) in single water-proof system which includes a combination of a layer of clay and geomembrane and b) in sandwich profile in two layers of clays of a proper thickness which will be separated by a geomembrane.

Finally there must be a well developed drainage system for the leaches.

Βιβλιογραφία

Αλεξούλη-Λειβαδίτη, Α., Ξενάκης, Ν. (1989). Περιβαλλοντικά προβλήματα στις περιοχές διάθεσης απορριμμάτων στον ελληνικό χώρο. 2ο Πανελλ. Γεωγρ. Συνέδρ. Αθήνα, σ. 417-437.

Andretta, D., Chiantore V., Chiaravalli F., Dotti D. (1990). Discariche di rifinti convenzionale a strategici: Methodologie geologiche per l' individuazione e la caratterizzazione dei siti Geologia tecnica 1/90, 4-13.

Bear, S.M. (1972). The dynamics of fluid in porous media. Elsevier, New York, 746.

Beretta, G.D. (1985). Sistemi di intervento per il risanamento di falde compromesse dallo smaltimento sul terreno dei rifinti solidi.

Bookter, T.J., Ham, R.K. (1982). Stabilization of solid waste in lanfills, journal of the Environmental Engineering Division.

Bouchard, D.C., Lavy, T.L. (1985). Hexazione adsorption-desorption studies with soil and argani adsorbents. J. Environ. Qual., 2, 181-186.

Bourg, A.C.M., Sauly, S.D. (1987). Can the distribution coefficent (kd) concept account succesfully for the adsorption of pollutants in hydrodynamic mass transfer models? In: Vuluerability of soil and groundwater to pollutants, 911-921.

Bratley, K.J. (1977). A description of comparative performance test of mobile plant on a mazor landfill site. Solid wastes, 20, 60-66.

Campbell, D.J.V., Parker, A. (1980). Density of refuse after decomposition using various landfill techniques Solid Wastes, 23, 435-440.

Cancelli, A. (1983). Caracterisation geotechnique d' un melange impermebilisant solibetouite. Coll. Etancheite Superficielle, Paris, I, 250/1-6 ed. Cemagref.

CEC-Commission of the European Communities (1980). Geological confinement of radioactive waste within the European Community EUR 6891 E.

Cheyney, A.C. (1983). Settlement of landfill Proceedings Harwell Symposium on Lanfill Completion, 25 May.

Φυτρολάκης, Ν., Αλεξούλη-Λειβαδίτη, Α., Λειβαδίτης, Γ., Κυρούσης, Ι. (1988). Γεωμορφολογική έρευνα και παρατηρήσεις σχετικές με την υδροφορία και την μόλυνση των επιφανειακών κα υπόγειων νερών στην λεκάνη των ποταμών Κηρέα και Νηλέα (ΒΑ Εύβοια). Δελτίο Ε.Γ.Ε., τομ. XX/3.

Hillel, D. (1971). Soil and water physical principles and processes. Academic Press, New York, 288.

Kozak, J., Weber, S.B., Sheets, T.S. (1983). Adsorption of prometryn and metolachlor by selected Soil organic walter traction, Soil Science, 2, 94-101.

Λοϊζίδου, Μ., Χέλμης, Κ., Κούσης, Α., Δάλας, Δ. (1990). Μελέτη ρύπανσης των υπόγειων υδάτων από τα στραγγίσματα της χωματερής Άνω Λιοσίων. Ερευν. Πρόγραμμα Ε.Μ.Π.

Ξενάκης, Ν., Αλεξούλη-Λειβαδίτη, Α. (1989). Φυσικογεωλογικά κριτήρια για την επιλογή χώρων διάθεσης στερεών αποβλήτων. 2ο Πανελλ. Γεωγραφικό Συνέδριο.

Ξένος-Ξενάκης, Ν. (1986). Μεθοδολογία Επιλογής χώρων γεωλογικά κατάλληλων για διάθεση των στερεών αποβλήτων. ΥΠΕΧΩΔΕ Αθήνα.

Ξένος-Ξενάκης, Ν. (1995). Γεωλογική έρευνα, επιλογή, οργάνωση και εξυγίανση χώρων διάθεσης απορριμμάτων. Διδ. Διατριβή, Ε.Μ.Π.

Παπαδόπουλος, Α. (1994). Ανάπτυξη μεθόδων για την επεξεργασία στραγγισμάτων από το χώρο ταφής οικιακών απορριμμάτων. Διδ. Διατριβή, Ε.Μ.Π.

Ress, J.F. (1982). Landfill management and leachate quality. Effluent and Water Treatment Journal, 22, 12, 457-463.

Skordilis, A. (1986). Household waste Analysis in the Greater Athens Region, using generally acceptable statistical Methods.
Σκορδίλης, Α. (1988). Βιολογική διαδικασία αποικοδόμησης των απορριμμάτων και παραγωγή στραγγισμάτων, 8, 1, 43-45. Τεχνικά Χρονικά.
Σκορδίλης, Α. (1993). Η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων. Έκδοση ΙΩΝ.
Sowers, G.F. (1973). Settlement of Waster Disposal Fills. Proc. 8th IC SMFE, Moscow, 2-2, 207-210.
Wentz, C.A. (1989). Hazardous waste mangement. Mc Graw-Hill int. edit.

Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στις περιοχές Λειβαδίου και Μαραντοχωρίου της νήσου Λευκάδας

Κ. Παπαδοπούλου και Ε. Βερυκίου
Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 15784 Αθήνα

Περίληψη

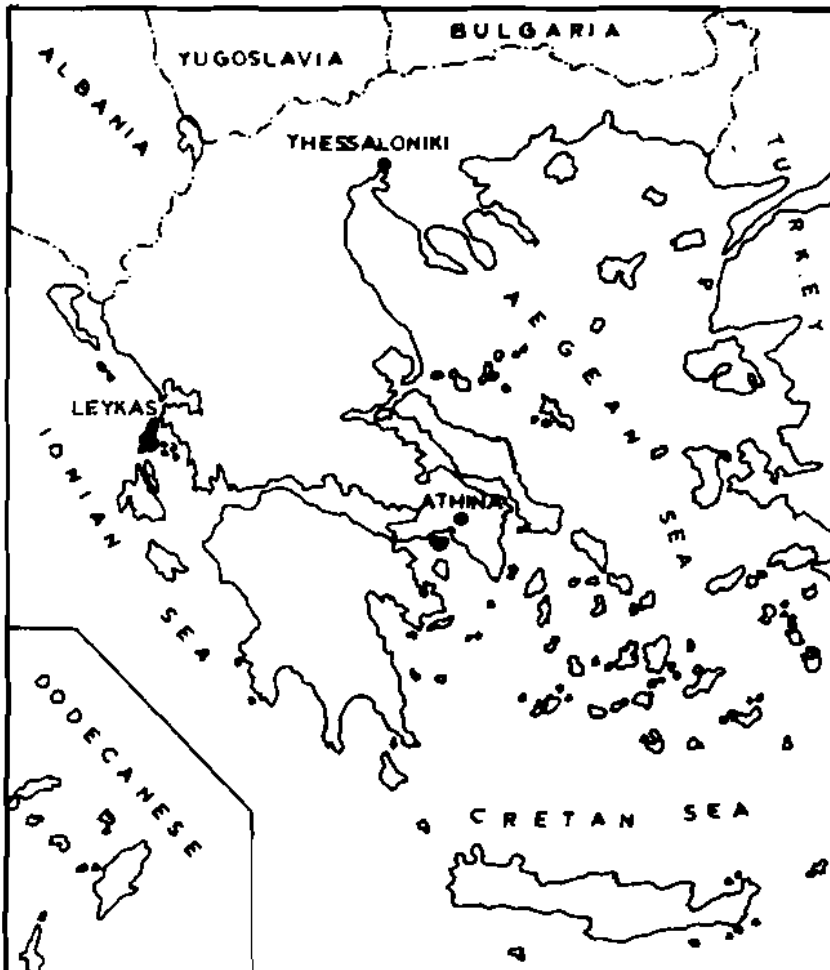
Η νήσος Λευκάδα, στο Ιόνιο Πέλαγος δομείται κατά το ήμισυ σχεδόν από ασβεστολίθους, κατ' εξοχήν παχυστρωματώδεις διαφόρων ηλικιών. Η γεωλογική της δομή σε συνδυασμό με ευνοϊκές και κλιματολογικές συνθήκες είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ποικίλων γεωμορφών και δηκαρστικών. Οι γεωμορφές στις περιοχές Λειβαδίου, στο βόρειο τμήμα του νησιού και Μαραντοχωρίου στο νότιο είναι πολύ ιδιόμορφες. Η μορφογενετική μελέτη αυτών, που έγινε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας απέδειξε ότι πρόκειται για πολυγενετικές μορφές, αρχέγονες μορφές των οποίων αποτελούν οι τεκτονικές λεκάνες που δημιουργήθηκαν στις περιοχές αυτές κατά το Κατώτερο Μειόκαινο.

Abstract

The island of Leukada in the Ionian Sea, is structured, by half, from limestones mostly thick-bedded and of various ages. The combination of its geological structure as well as the favourable tectonic and climatological conditions resulted in the creation of various landforms and karstic ones. The landforms at the areas of Livadiou in the nothern part of the island and Marantohori in the southern part, are very peculiar. The tectonic basins which were created in these areas during the Lower Miocene are the primitive forms of these features, which as the morphogenetic research that took place within this study has proven, are polygenetic landforms.

Εισαγωγή

Η νήσος Λευκάδα, στο Ιόνιο Πέλαγος, (Σχ. 1) έχει έκταση 293 m^2, είναι ορεινή, με μικρές μόνον πεδιάδες και πολλούς χειμάρρους. Ανήκει στην Ιόνιο ζώνη με εξαίρεση το ΝΔ άκρο της, το οποίο ανήκει στη ζώνη Παξών. Δομείται αποκλειστικά από ιζηματογενή πετρώματα, αλπικά, που εμφανίζονται μόνο ΒΑ και Ν. Τα ανθρακικά ιζήματα, παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι και δολομίτες ως επί το πλείστον συχνά καρστικοποιημένοι, καταλαμβάνουν περισσότερο από το ήμισυ του νησιού.



Σχ. 1. Περιοχή μελέτης.

Στην παρούσα εργασία μελετώνται ενδεικτικά δύο περιοχές του νησιού οι οποίες αναπτύσσανται κύρια σε ανθρακικά πετρώματα. Στο βόρειο τμήμα του νησιού η περιοχή Λειβαδίου μεταξύ των χωριών Καρυάς και Αλεξάνδρου σε υψόμετρο 326. Στο νότιο τμήμα αυτού η περιοχή, που εκτείνεται βόρεια και νότια του χωριού Μαραντοχώρι στα 112 m και 65 m αντίστοιχα.

Περιοχή Λειβαδίου

Γενικά

Εδώ παρατηρείται μια πεδινή έκταση με κλίση 0-3%, 5.250 στρεμμάτων με πολυσχιδές σχήμα, πρανή ΝΔ απόκρημνα με κλίση 31-45%, Δ και ΒΔ, με κλίση 15%, Α και ΝΑ με κλίση 16-30%, (Kesseltal κατά τον A. Philippson, 1958).

Οι δύο μεγάλοι άξονες αυτής με διεύθυνση ΒΔ και ΑΔ έχουν το ίδιο περίπου μήκος ήτοι 2000 m έκαστος. Ένας υπολλειματικός λόφος τύπου Hum εμφανίζεται στα ΒΔ της. Μικροί χείμαρροι που καταλήγουν σ' αυτή δημιουργούν αρκετά καλά αναπτυγμένους κώνους απόθεσης κύρια στα ΒΔ. Επιφανειακή απορροή δεν παρατηρείται. Η αποστράγγισή της πργματοποιείται εν μέρει μέσω δύο καταβοθρών (Σχ. 2) μέ αποτέλεσμα μεγάλο τμήμα αυτής κατά τήν περίοδο Δεκεμβρίου-Μαΐου συνήθως να πλημμυρίζει οπότε η καλλιέργειά της είναι αδύνατη. Ανατολικά της στα 420-460 m εμφανίζονται υπόλοιπα μιας παλαιάς επιφάνειας διάβρωσης.

Γεωλογία-Τεκτονική

Στήν περιοχή του Λειβαδίου εμφανίζονται οι ακόλουθοι γεωλογικοί σχηματισμοί: (Σχ. 2).

1) Ασβεστόλιθοι του «Παντοκράτορα» Ανωτ. Τριαδικού-Κατ./Μέσο Λιάσιου, παχυστρωματώδεις, λευκοί και συμπαγείς στα ΒΔ, Δ, ΝΔ, Ν.

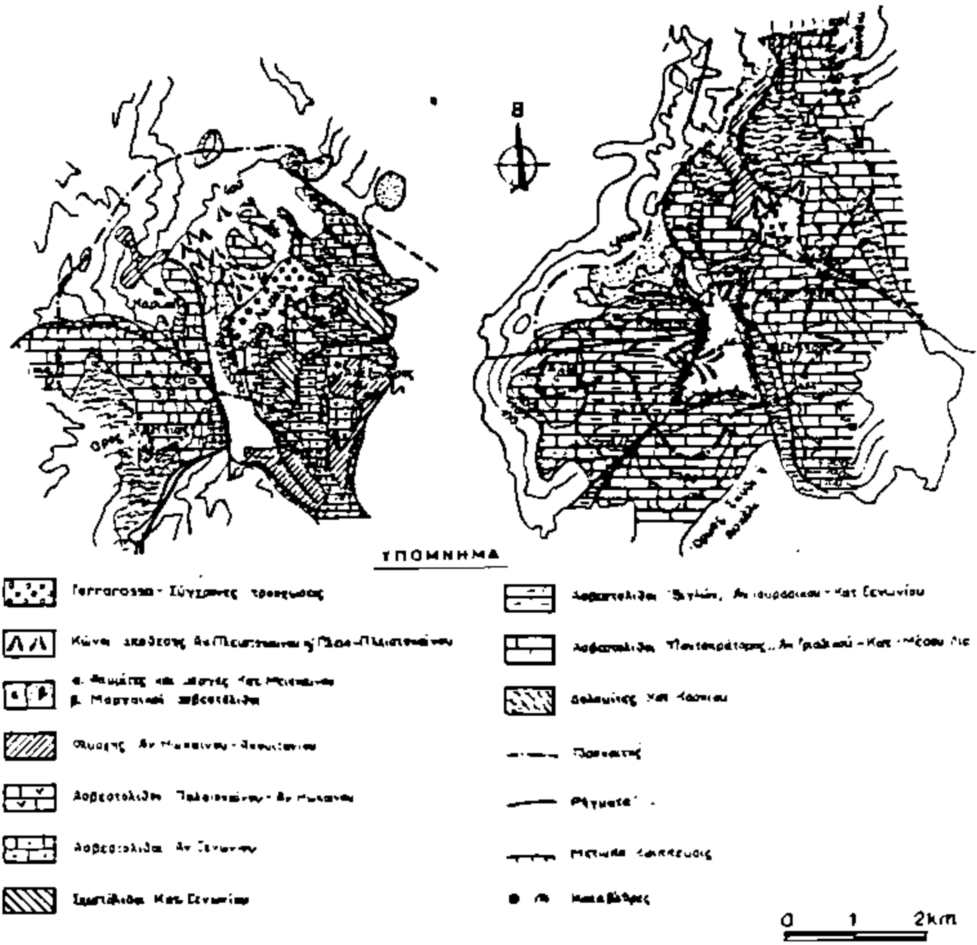
2) Σχιστόλιθοι Κατ. Σενωνίου με μικρές εμφανίσεις στα ΒΔ και Ν.

3) Ασβεστόλιθοι παχυστρωματώδεις, μικρολατυποπαγείς Αν. Σενωνίου, μικρής εμφάνισης ατα ΒΑ και Ν.

4) Ασβεστόλιθοι στρωματώδεις, μικρολατυποπαγείς Παλαιοκαίνου-Αν. Ηωκαίνου ΝΔ και ΒΑ.

5) Φλύσχης Αν. Ηωκαίνου-Ακουϊτανίου, που αν και μονο στα ΝΔ της περιθώρια είναι εμφανής καταλαμβάνει μεγάλο τμήμα αυτής Β, ΒΔ, Δ και ΝΔ, καλυμμένος από μειοκαινικές μάργες.

6) Ψαμμίτες και μάργες μολασσικού τύπου, που ανήκουν στο επικλυσιγενές Μειόκαινο (Βουρδιγάλιο-Τορτόνιο) στα Β, ΒΔ και Δ. Στα Δ παρατηρείται μικρή εμφάνιση μαργαϊκών ασβεστολίθων της ίδιας περιόδου.



Σχ. 2. Γεωλογικός χάρτης της πόλγης Λειβαδιού.

Σχ. 3. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Μαρανταχωρίου.

7) Κώνοι απόθεσης Αν. Πλειστοκαίνου καλά αναπτυγμένοι παρατηρούνται σε όλο το δυτικό τμήμα, οι οποίοι δημιουργούνται από τους χειμάρρους, που προέρχονται από τα εύκολα διαβρωνόμενα νεογενή και έχουν μεγάλη στερεοπαροχή.

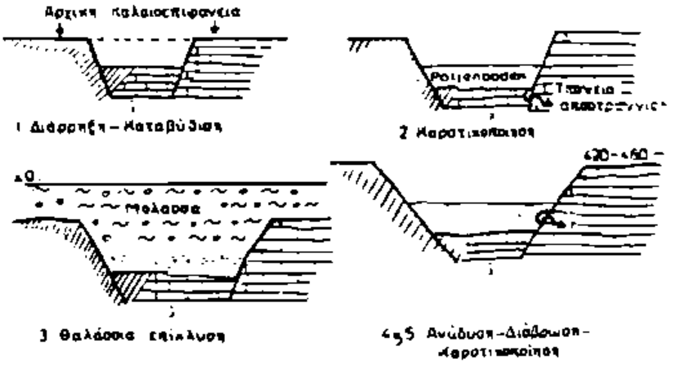
8) Terra rossa και σύγχρανες προσχώαεις μέχρι 10 m πάχους, (Verginis S., 1976) οι οποίες καλύπτουν το μεγαλύτερο πεδινό της τμήμα.

Όσον αφορά την τεκτονική τα δύο μεγάλα ρήγματα που παρατηρούνται ΒΑ με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ΝΔ με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ πρέπει να είναι καθοριστικά για την περιοχή και ανήκουν στην πρώτη φάση πτύχωσης της Λευκάδας, δηλαδή στο Ακουϊτάνιο (Μπορνόβας Ι., 1964). Στα ΝΔ αυτής υπάρχει το αντίκλινο του Αλεξάνδρου, που αποτελεί μια μικρή ανοιχτή πτυχή, επίσης του Ακουϊτανίου, η οποία περιορίζεται Α και Δ από μικρά σύγκλινα φλύσχη, βυθίζεται δε προς Β κάτω από τους επικλυσιγενείς σχηματισμούς και εκφυλίζεται αμέσως μετά την περιοχή του Λειβαδίου προς τον Αγ. Ηλία.

Δημιουργία και εξέλιξη

Η περιοχή του Λειβαδίου η οποία αναπτύσσεται σε θέση, που τόσο από πετρολογική όσο και από τεκτονική άποψη ευνοείται από τις διαδικασίες καρστικοποίησης, διήλθε κατά τη δημιουργία και εξέλιξη της από πολλά στάδια (Σχ. 4).

1ο Στάδιο: Τα δυο μεγάλα ρήγματα, που προαναφέρθηκαν πιθανά κατά τις αρχές του Κατ. Μειοκαίνου (Ακουϊτάνιο) διέρρηξαν μια εκτεταμένη παλαιοεπιφάνεια, υπολείμματα της οποίας εντοπίστηκαν στα 420-460 m, και τμήματα αυτής καταβυθίστηκαν με αποτέλεσμα τη δημιουργία τεκτονικής λεκόνης.



Σχ. 4. Σχηματική απεικόνιση εξέλιξης του Λειβαδίου.

2ο Στάδιο: Η λεκόνη βρέθηκε αφ' ενός στη θέση αντικλίνου, αφ' ετέρου μεταξύ ευδιάλυτων πετρωμάτων (ασβεστόλιθοι) και μη (φλύσχης, σχιστόλιθοι), οπότε με τη βοήθεια των ευνοϊκών κλιματολογικών συνθηκών αρχίζει να καρστικοποιείται. Λόγω των άφθονων φερτών υλικών, που προέρχονται από τη διάβρωση φλύσχη και σχιστόλιθου καθώς και από τα αργιλικά υπολείμματα της χημικής διάλυσης των ασβεστολίθων, ο πυθμένας της λεκάνης πολύ γρήγορα στεγανοποιείται (Pojenboden, Παπαδοπούλου Κ., 1990). Σταματάει η κατά βάθος ανάπτυξή της και με τη δράση οριζόντιας χημικής διάλυσης (Seitenkorrosion) αρχίζει να διευρύνεται, αποκτά υπόγεια αποχέτευση και ίσως πριν από το Βουρδιγάλιο παίρνει τη μορφή πόλγης.

3ο Στάδιο: Κατά την επίκλυση Βουρδιγαλίου-Τορτονίου η νεοσχηματισθείσα πόλγη βρίσκεται κάτω από τη θάλασσα και γεμίζει με ψαμμίτες και μάργες (αποθέσεις μολασσικού τύπου), προκύπτει συνεπώς ένα απολιθωμένο καρστ ή παλαιοκάρστ.

4ο Στάδιο: Κατά τό Αν. Μειόκαινο-Κατ. Πλειόκαινο η περιοχή αναδύεται και με τις επικρατούσες θερμές ή υγρές κλιματολογικές συνθήκες λαμβάνει χώρα πολύ μεγάλη αποκομιδή των επικλυσιγενών σχηματισμών, οπότε αποκαλύπτεται το πολαιοκάρστ και προκύπτει το λεγόμενο «Καρστ εκταφής»

5ο Στάδιο: Στήν αναδυθείσα περιοχή λαμβάνει χώρα νέα φάση καρστικοποίησης, η οποία ευνοείται από τις κλιματολογικές εναλλαγές των μεσοπαγετωδών περιόδων και τελικά από την περίοδο του Πλειστοκαίνου υφίσταται η πόλγη με την σημερινή της μορφή.

Συμπερασματικά

Στην περιοχή του Λειβαδίου υπάρχει μια πολυγενετική γεωμορφή, αρχέγονη μορφή της οποίας είναι η τεκτονική λεκάνη που δημιουργήθηκε κατά τις αρχές του Κατωτέρου Μειοκαίνου και η οποία εξελίχθηκε σε πόλγη, περιοδικά πλημμυρίζουσα (Seepolje) που ανήκει στις πόλγες τύπου περιθωρίου (Lehmann H., 1959 και Gams I., 1978). Η καρστική αυτή μορφή απολιθώθηκε και κατά το Αν. Μειόκαινο-Κατ. Πλειόκαινο, δημιουργήθηκε στη θέση της ένα «καρστ εκταφής» το οποίο καρστικοποιήθηκε μέχρις ότου έλαβε τη «σημερινή της μορφή.

Περιοχή Μαραντοχωρίου

Γενικά

Βόρεια και νότια του χωριού Μαραντοχώρι βρίσκονται δύο πεδινές εκτάσεις με τραπεζοειδές σχήμα που έχουν υψομετρική διαφορά 47 m. Η προς Β έχει έκταση 2000 στρέμματα και ο μεγάλος της άξονας με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ έχει μήκος 2200 m (Φωτ. 1). Η προς Ν έχει έκταση

6.750 στρέμματα και ο μεγάλος της άξονας με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ έχει μήκος 200 m. Η λεκάνη απορροής αμφοτέρων των τμημάτων ορίζεται κύρια από χαμηλά υψόμετρα, 200-500 m και μόνο προς βορρά στο όρος Λαϊνάκι το υψόμετρο φθάνει τα 805. Στο βόρειο τμήμα υπάρχουν μικροί κώνοι απόθεσης Β και ΒΑ αυτού. Στα ΒΒΑ του νότιου τμήματος παρατηρείται ένας κώνος απόθεσης συμπαγής (τσιμεντοποιημένος) παλαιότερος από αυτούς της βόρειας περιοχής.

Υπολείμματα παλαιών επιφανειών διάβρωσης εμφανίζονται σε υψόμετρο 200 m και 400 m καθώς και υπολειμματικός λόφος τύπου Hum στα πεδινό τμήμα της νότιας περιοχής. Επιφανειακή απορροή δεν υπάρχει και η αποστράγγισή τους γίνεται υπόγεια μέσω καταβοθρών. Στο βόρειο τμήμα η καταβόθρα είναι καταρροφητική και βρίσκεται ΝΑ στο δάπεδό της. Στο νότιο τμήμα υπάρχουν δύο πυλσειδείς καταβόθρες στα νότια ασβεστολιθικά της περιθώρια, δια των οποίων τα νερά διοχετεύονται προς τον όρμο Αφτέλι ή Σχίδι όπου αναβλύζουν σαν πηγές. Η αποστράγγιση όμως αμφοτέρων των τμημάτων δια των καταβοθρών δεν είναι πλήρης με αποτέλεσμα κατά τους χειμερινούς και εαρινούς μηνες συχνά να πλημμυρίζουν.

Φωτ. 1. Μαροντοχώρι βόρειο τμημα.

Γεωλογία - Τεκτονική

Στην περιοχή του Μαραντοχωρίου εμφανίζονται οι ακόλουθοι γεωλογικοί σχηματισμοί (Σχ. 3):

1) Συμπαγείς δολομίτες, Κατ. Κάρνιο, στα Β και ΝΔ του βόρειου τμήματος κοντά στο νότιο τμήμα.

2) Ασβεστόλιθοι του «Παντοκράτορος», Ανωτ. Τριαδικό-Κατ./Μέσο Λιάσιο, παχυστρωματώδεις, που αποτελούν και τη μεγαλύτερη εμφάνιση.

3) Ασβεστόλιθοι «Βιγλών», Αν. Ιουρασικό-Κατ. Σενώνια, πλακώδεις μέχρι λεπτοπλακώδεις στα Δ και ΝΔ του νότιου τμήματος.

4) Φλύσχης Αν. Ηωκαίνου-Ακουϊτάνιου μόνο στα ΝΑ και ΒΔ του βόρειου τμήματος.

5) Αποθέσεις μολασσικού τύπου από μάργες και ψαμμίτες, που ανήκουν στο επικλυσιγενές Μειόκαινο (Βουρδιγάλιο-Τορτόνιο) καλύπτουν την ευρύτερη περιοχή στα ΒΔ και πέρα της λεκάνης απορροής, ενώ κολλουβιακές μάργες και σύγχρονες προσχώσεις καλύπτουν τά πεδινά αυτά τμήματα. Παρατηρούνται επίσης κώνοι απόθεσεις του Αν. Πλειστοκαίνου στα Β και ΒΔ του βόρειου τμήματος και συμπαγής κώνος του Πλειο-πλειστοκαίνου βόρεια του νότιου τμήματος.

Όσον αφορά την τεκτονική πρέπει να σημειωθεί το μέτωπο εφίππεσης, που με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ διέρχεται από το βόρειο τμήμα. Στα ΝΑ του νότιου τμήματος παρατηρούνται δύο μεγάλα, σχεδόν παράλληλα ρήγματα με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και στα ΝΔ ένα σχεδόν εγκάρσιο με διεύθυνση ΔΔΒ-ΑΑΒ, τα οποία τοποθετούνται στο Ακουϊτάνιο (Μπορνόβας Ι., 1964).

Δημιουργία καί εξέλιξη

Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι προφανές ότι βόρεια και νότια από το χωριό Μαραντοχώρι εκτείνονται δύο αυτόνομες κλειστές λεκάνες, η δημιουργία και η εξέλιξη των οποίων πραγματοποιήθηκε με πολλές και ποικίλες διαδικασίες που μπορούν να διαχωριστούν στα παρακάτω στάδια (Σχ. 5).

1ο Στάδιο: Ο ρηγματογόνος τεκτονισμός του Κατ. Μειοκαίνου είχε σαν αποτέλεσμα τη διάρρηξη της αρχικής παλαιοεπιφάνειας, υπολείμματα της οποίας παρατηρούνται στα 200 m και 400 m καταβύθισε δε τμήματα αυτής με αποτέλεσμα τη δημιουργία δύο τεκτονικών λεκανών βόρεια και νότια του Μαρανταχωρίου σε ευδιάλυτα κυρίως πετρώματα.

2ο Στάδιο: Οι τεκτονικές αυτές λεκάνες λόγω ευνοϊκών γεωλογικών και κλιματολογικών συνθηκών αρχίζουν να καρστικοποιούνται αποκτούν

Γεωλογία - Τεκτονική

Στην περιοχή του Μαραντοχωρίου εμφανίζονται οι ακόλουθοι γεωλογικοί σχηματισμοί (Σχ. 3):

1) Συμπαγείς δολομίτες, Κατ. Κόρνιο, στα Β και ΝΔ του βόρειου τμήματος κοντά στο νότιο τμήμα.

2) Ασβεστόλιθοι του «Παντοκράταρος», Ανωτ. Τριαδικό - Κατ./Μέσο Λιάσιο, παχυστρωματώδεις, που αποτελούν και τη μεγαλύτερη εμφάνιση.

3) Ασβεστόλιθοι «Βιγλών», Αν. Ιουρασικό - Κατ. Σενώνια, πλακώδεις μέχρι λεπτοπλακώδεις στα Δ και ΝΔ του νότιου τμήματος.

4) Φλύσχης Αν. Ηωκαίνου - Ακουϊτάνιου μόνο στα ΝΑ και ΒΔ του βόρειου τμήματος.

5) Αποθέσεις μολασσικού τύπου από μάργες και ψαμμίτες, που ανήκουν στο επικλυσιγενές Μειόκαινο (Βουρδιγάλιο - Τορτόνιο) καλύπτουν την ευρύτερη περιοχή στα ΒΔ και πέρα της λεκόνης απορροής, ενώ κολλουβιακές μάργες και σύγχρονες προσχώσεις καλύπτουν τά πεδινά αυτά τμήματα. Παρατηρούνται επίσης κώνοι αποθέσεις του Αν. Πλειστοκαίνου στα Β και ΒΔ του βόρειου τμήματος και συμπαγής κώνος του Πλειο - πλειστοκαίνου βόρεια του νότιου τμήματος.

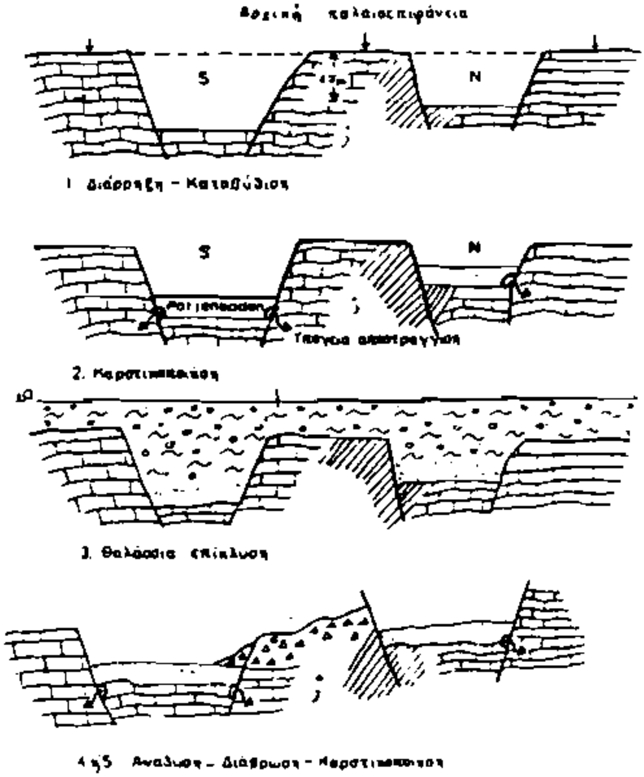
Όσον αφαρό την τεκτονική πρέπει να σημειωθεί το μέτωπο εφίππευσης, που με διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ διέρχεται από το βόρειο τμήμα. Στα ΝΑ του νότιου τμήματος παρατηρούνται δύο μεγάλα, σχεδόν παράλληλα ρήγματα με διεύθυνση ΒΒΔ - ΝΝΑ και στα ΝΔ ένα αχεδόν εγκάρσιο με διεύθυνση ΔΔΒ - ΑΑΒ, τα οποία τοποθετούνται στο Ακουϊτάνιο (Μπορνόβας Ι., 1964).

Δημιουργία καί εξέλιξη

Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι προφανές ότι βόρεια και νότια από το χωριό Μαραντοχώρι εκτείνονται δύο αυτόνομες κλειοτές λεκάνες, η δημιουργία και η εξέλιξη των οποίων πραγματοποιήθηκε με πολλές και ποικίλες διαδικασίες που μπορούν να διαχωριστούν στα παρακάτω στάδια (Σχ. 5).

1ο Στάδιο: Ο ρηγματογόνος τεκτονισμός του Κατ. Μειοκαίνου είχε σαν αποτέλεσμα τη διάρρηξη της αρχικής παλαιοεπιφάνειας, υπολείμματα της οποίας παρατηρούνται στα 200 m και 400 m καταβύθισε δε τμήματα αυτής με αποτέλεσμα τη δημιουργία δύο τεκτονικών λεκανών βόρεια και νότια του Μαραντοχωρίου σε ευδιάλυτα κυρίως πετρώματα.

2ο Στάδιο: Οι τεκτονικές αυτές λεκάνες λόγω ευνοϊκών γεωλογικών και κλιματολογικών συνθηκών αρχίζαυν να καρσικοποιούνται αποκτούν υπόγεια απορραή δια της οποίας αποστραγγίζονται και έτσι πιθανότατα πριν από το Βουρδιγάλιο παίρνουν τη μορφή γνήσιας πόλγης.



Σχ. 5. Σχηματική Απεικόνιση Εξελιξης του Μαραντοχωρίου.

3ο Στάδιο: Κατά την επίκλυση Βουρδιγάλιου-Τορτόνιου οι δύο αυτές πόλγες βρίσκονται κάτω από τη θάλασσα και πληρούνται με αποθέσεις μολασσικού τύπου από ψαμμίτες και μάργες.

4ο Στάδιο: Κατά το Αν. Μειόκαινο-Κατ. Πλειόκαινο η περιοχή αναδύεται και αρχίζει η διάβρωση των επικλυσιγενών αποθέσεων, οπότε προκύπτει καρστ εκταφής. Οι αποθέσεις αυτές δεν απομακρύνονται πληρως από τίς θέσεις των πολγών με απατέλεσμα το δάπεδό τους να καλύπτεται από συμπαγείς μάργες και ψαμμίτες. Κατ' αυτήν την περίοδο το βόρειο τμήμα πρέπει να είχε και επιφανειακή απορροή προς το νότιο, όπως φαίνεται από την ύπαρξη του συμπαγούς Πλειαπλειστοκοινικού κώνου απόθεσης.

5ο Στάδιο: Η επιφανειακή απορροή του βόρειου τμήματος διακόπτεται και η αποστράγγιση γίνεται μόνο υπόγεια μέσω καταρροφητικής καταβόθρας προς το νότιο, η οποία αποστραγγίζεται επίσης υπόγεια προς τον όρμο Αφτέλι μέσω πυλοειδών καταβόθρων.

Συμπερασματικά

Οι πεδινές περιοχές βόρεια και νότια από το Μαραντοχώρι αποτελούν πολυγενετικές μορφές, αρχέγονες μορφές των οποίων αποτελούν οι τεκτονικές λεκάνες, που δημιουργήθηκαν κατά το ρηγματογόνο τεκτονισμό του Ακουϊτανίου. Λόγω ευνοϊκών γεωλογικών και κλιματολογικών συνθηκών διαμορφώθηκαν στη συνέχεια σε πόλγες, η εξέλιξη των οποίων διακόπηκε κατά την επίκλυση της περιόδου Βουρδιγάλιου-Τορτονίου (Παλαιοκάρστ). Μετά τη διάβρωση, που ακολούθησε την ανάδυση της Λευκάδας, κατά το Αν. Μειόκαινο Κατ. Πλειόκαινο αν και οι επικλυσιγενείς σχηματισμοί δεν απομακρύνθηκαν πλήρως από τις θέσεις των πολγών (καρστ εκταφής) η καρστικοποίηση επαναδραστηριοποιήθηκε και οι γεωμορφές επανέκτησαν υπόγεια αποστρόγγιση κατέστησαν δηλαδή από υδρογραφική τουλάχιστον άποψη ανενεργές πόλγες.

Γενικά Συμπεράσματα

Από όλα όσα αναφέρθηκαν προκύπτει ότι οι περιοχές Λειβαδίου και Μαραντοχωρίου της Λευκάδος κατά τη δημιουργία και εξέλιξή τους, ακολούθησαν τίς ίδιες διαδικασίες με αποτέλεσμα τη δημιουργία του αυτού τύπου γεωμορφών. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για πολυγενετικές μορφές, που πρωτοεμφανίστηκαν σαν τεκτονικές λεκάνες λόγω του ρηγματογόνου τεκτονισμού του Ακουϊτανίου. Μιά πρώτη καρστικοποίηση έλαβε χώρα κατά το Βουρδιγάλιο, σε αμφότερες τίς λεκάνες, λόγω ευνοϊκών γεωλογικών και κλιματολογικών συνθηκών, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν πόλγες.

Κατά την επίκλυση Βουρδιγαλίου-Τορτονίου οι μεγάλες αυτές καρστικές μορφές κατακλύζονται καί πληρούνται με μολασσικές αποθέσεις, οπότε δημιουργούνται απολιθωμένα κάρστ ή όπως λέγονται «παλαιοκάρστ». Οι αποθέσεις αυτές μετά την ανάδυση της νήσου αποκομίζονται και προκύπτει «καρστ εκταφής» το οποίο καρστικοποιείται (2ο στάδιο καρστικοποίησης) οπότε τελικά διαμορφώνεται μια πόλγη στην περιοχή του Λειβαδίου και δύο πόλγες στην περιοχή του Μαραντοχωρίου. Οι τρεις αυτές πόλγες περιοδικό πλημμυρίζουν (περιοδικά, πλημμυρίζουσες πόλγες) και σήμερα είναι σε ένα βαθμό ενεργές.

Βιβλιογραφία

Βερυκίου - Παπασπυριδάκου, Ε., Λειβαδίτη, Γ. (1987). Μορφολογία της νήσου Λευκάδας, Α' Πανελ. Γεωγραφικό Συνέδριο, Τόμ. ΙΙ, σελ. 387-394, Αθήνα.

Galanopoulos, A. (1952). Die Seismizität der Insel Leukas Gerl. Beitr. Z Geoph. 62 (4), S. 256-263 Leipzig.

Gams, I. (1978). The Polgie. The problem of Definition. Z Geom. N.F.V. 22, Pz, S. 170-181 Berlin - Stuttgart.

Lehmann, H. (1959). Studien über die Polgien in den venezianischen Voralpen und in Hochapenin. Erdkad. 13,4, S. 249-289.

Μπορνόβας, Ι. (1964). Η γεωλογία της νήσου Λευκάδος ΙΓΕΥ, Αθήνα.

Παπαδοπούλου, Κ. (1990). Μορφογενετική μελέτη της πόλγης του Ελικώνα (Βοιωτία). Δελτ. Ελ. Γεωλ. Ετ., Τ. XXI, σελ. 61-70, Αθήνα.

Partsch, J. (1989). Die Insel Leukas. Eine geographische Monographie, Peter Mitt. Ergünzungsheff 95, 295 Gotha.

Partsch, J. (1907). Die Alter der Inselnatur von Leukas. Peter Mitt. Ergänzungsheff 53, S. 269-278.

Philippson, A. (1958). Die Griechischen Landschaften, Eine Landeskukn de 2/2. Das westliche Mittelgriechenland und die Westgriechische Insel, S. 299-263, Fraukfurt/M.

Renz, C. (1937). Zur Geologie von Leukas. Prakt. Akad. Ath. 12, S. 346-354, Athen.

Seidlitz, W. (1928). Berträge zur Geologie der Insel Leukas und ihrer Küsten gebiete, Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 80, S. 195-226, Hannover.

Verginis, S. (1976). Monographie der Insel Leukas unter besondere Berücksichtigug der hydrologischen Verhältnisse Diss., S. 190 Universität Wien.

Τυπικό Διναρικό Καρστ στην Κεντρική Εύβοια

Κ. Παπαδοπούλου και Σ. Κίρδης***

** Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 15784 Αθήνα*

*** Χρ. Σμύρνης 40, Υμηττός*

Περίληψη

Η μελετηθείσα περιοχή βρίσκεται στην Κεντρική Εύβοια στο ανατολικό τμήμα του όρους Δίρφυ 90km απ' την Αθήνα, αναπτύσσεται σε υψόμετρα 750-1417 m, σε χλωρίτες, αργιλικούς και σερικιτικούς σχιστόλιθους. Οι κλιματολογικές, γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες της περιοχής συνετέλεσαν στη δημιουργία ενός τυπικού Διναρικού κάρστ, ιδιαίτερα ενός ολοκάρστ σ' ένα βαθμό κατευθυνόμενο, το οποίο βρίσκεται εν ενεργεία και περιλαμβάνει πλήθος καρστικών γεωμορφών τόσο επιφανειακών όσο και υπόγειων.

Abstract

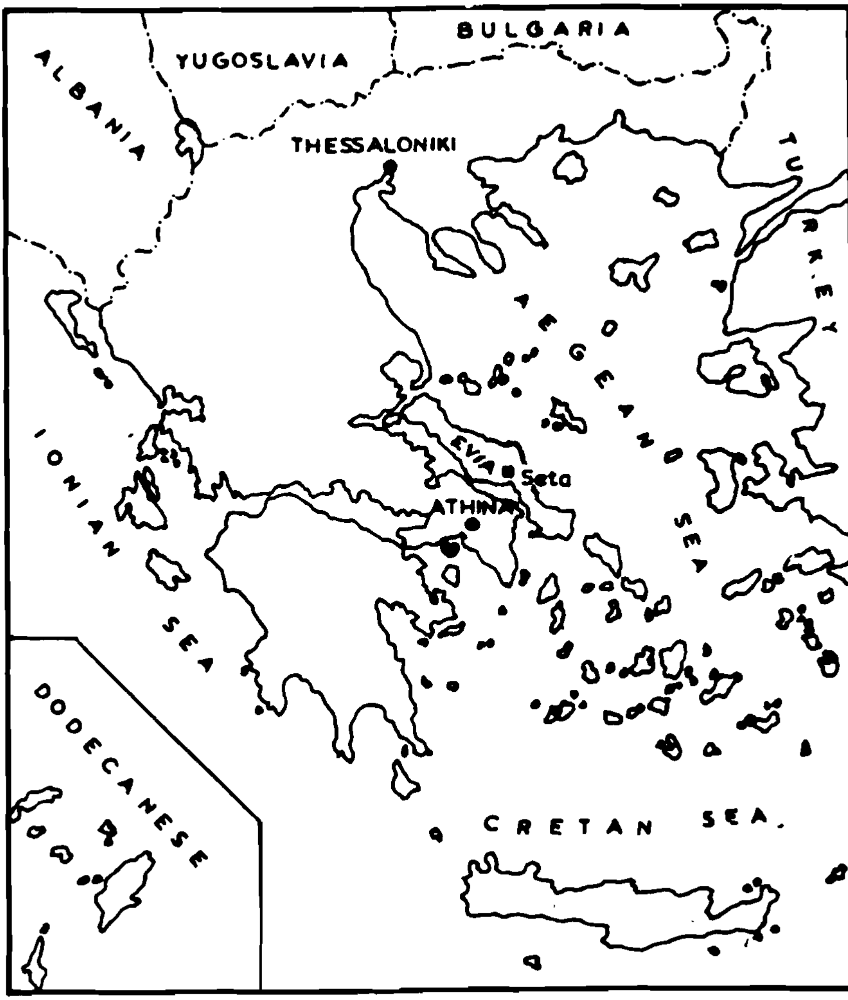
The studied region is situated in central Evia at the eastern part of Mount Dirfis at a distance of 90 kilometres from Athens. The region's altitude varies between 750 and 1417 m and presents a diversity of chlorites, shales as well as limestones.

The climatological, geological and tectonic conditions contributed to the creation of a typical dinaric karst, particulary of a holo-karst, to a controlled extent which is active and includes multiple surface karst shapes as well as underground ones.

Γενικά

Η μελετηθείσα περιοχή βρίσκεται στην Κ. Εύβοια (Σχ. 1) 90 km ΒΑ των Αθηνών, 15 km ΝΔ της Κύμης στο ανατολικό τμήμα του όρους Δίρφυ.

Πρόκειται για την περιοχή Σέτας-Μανικίων, που αναπτύσσεται σε υψόμετρο 750-1417 m περικλείεται δε απ' τις κορυφογραμμές Ξηροβουνίου (1417 m) Σκοτεινής (1362 m) και Μαυροβουνίου (1189 m).



Σχ. 1. Περιοχή μελέτης.

Δεδομένου ότι το μέσο ετήσιο βροχομετρικό ύψος στην περιοχή είναι πολύ υψηλό, 1500 mm'/ετησίως, στην υδρογραφική της λεκάνη έκτασης 24.376 τετ. χιλ. εισρέουν 36.562.500 κυβ. μ. νερών ετησίως, απ' τα οποία μόνο το 1/3 εξατμίζεται. Τα υπόλοιπα αποστραγγίζονται χωρίς απώλειες υπόγεια στην σπηλαιοκαταβόθρα των Μανικίων. Η επιφανειακή απορροή αυτής πραγματοποιείται κύρια μέσω του ρέματος της Αγ. Τριάδος, που την διασχίζει απ' τα δυτικά προς τ' ανατολικά καταλήγονται στην σπηλαιοκαταβόθρα των Μανικίων. Μικρότερες επιφανειακές απορροές καταλήγουν στην καταβόθρα Σέτας.

Γεωλογία - Τεκτονική

Στην περιοχή απαντώνται υδατοστεγείς Νεοπαλαιοζωικοί σχηματισμοί (Σχ. 2), που περιλαμβάνουν χλωρίτες, σερικιτικούς και αργιλικούς σχιστόλιθους με συχνά μεγάλου πάχους ασβεστολιθικές φακοειδείς ενστρώσεις στα ανώτερα μέλη και παρεμβολές βασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων (Γ. Κατσικάτσου - Α. Ελευθερίου, 1979).

Πάνω στους νεοπαλαιοζωικούς κάτω-μέσο τριαδικούς σχηματισμούς επικάθονται άνω τριαδικοί-ιουρασικοί ασβεστόλιθοι με πάχος πάνω από 1500μ έντονα καρστικοποιημένοι. Τεταρτογενείς αποθέσεις μικρής έκτασης και πάχους υπάρχουν στα καρστικά έγκοιλα.

Από τεκτονική άποψη μπορούμε να πούμε ότι η σημερινή κατάσταση οφείλεται στις Αλπικές πτυχώσεις και στις κατακόρυφες κινήσεις που ακολούθησαν, οι οποίες κατακερμάτισαν την περιοχή. Επικρατεί δηλ. η τεκτονική των πτυχώσεων και των ρηγμάτων με συνήθη διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ. Επικρατούν τα βραχυαντίκλινα που συνολικά συνιστούν ένα τεράστιο αντίκλινο με άξονα ΒΑ-ΝΔ/κης διεύθυνσης (Χριστοδούλου, 1964).

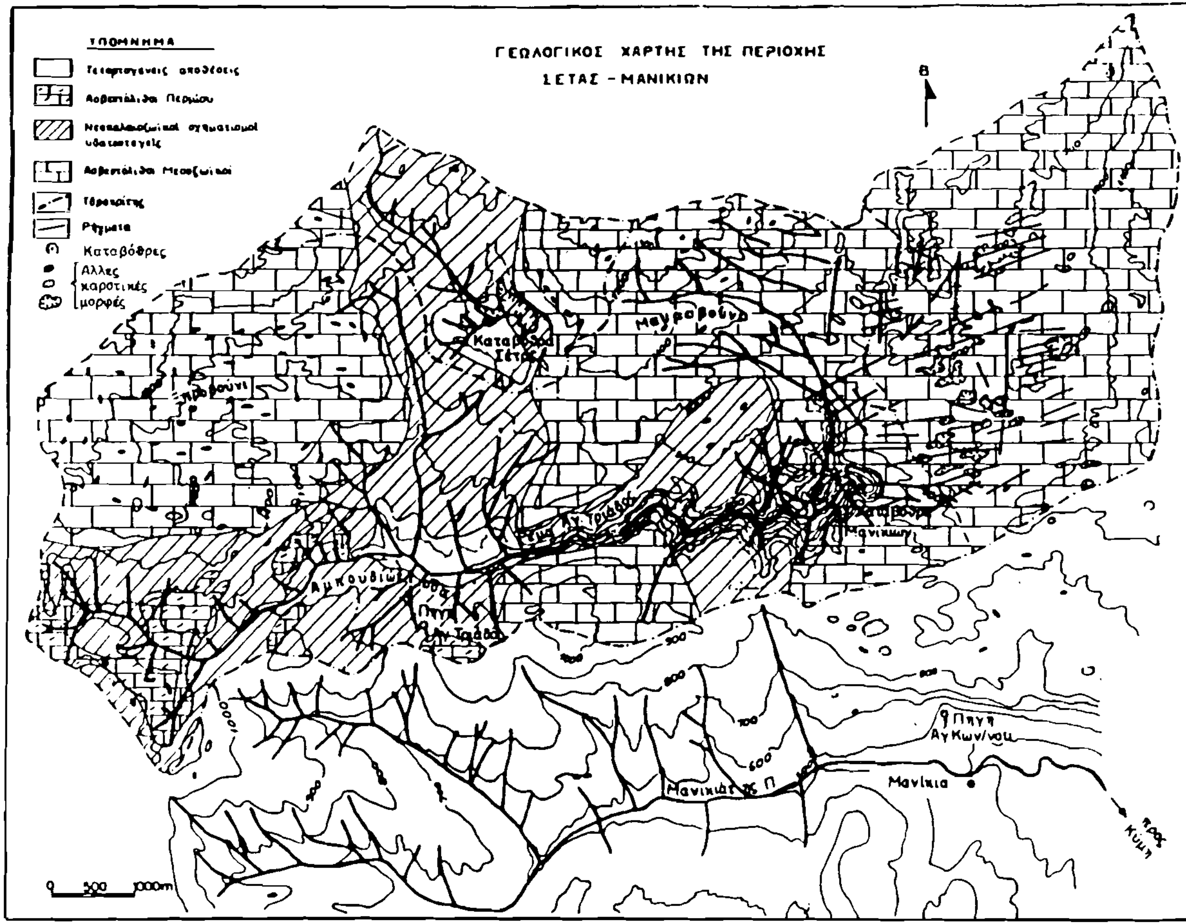
Καρστικές Γεωμορφές

Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι προφανές ότι η περιοχή Σέτας-Μανικίων αναπτύσσεται σε θέση, πού από κλιματολογική, γεωλογική (κατακερματισμένοι ασβεστόλιθοι διαπερατοί, χλωρίτες και σχιστόλιθοι αδιαπέρατοι) και τεκτονική άποψη (βραχυαντίκλινα, ρήγματα) είναι πολύ ευνοϊκή για την δημιουργία και ανάπτυξη καρστικού αναγλύφου. Πράγματι κατά τις υπαίθριες εργασίες εντοπίστηκε ένα αξιόλογο κάρστ το οποίο από πρακτική και μόνο άποψη μπορεί να διακριθεί σε επιφανειακό και σε υπόγειο.

Α) Επιφανειακό καρστ. Στην ερευνηθείσα περιοχή το καρστ αυτού του τύπου περιλαμβάνει μικρομορφές, δηλαδή μορφές οι διαστάσεις των οποίων κυμαίνονται από 1 cm μέχρι μερικά μέτρα και μακρομορφές, οι διαστάσεις των οποίων υπερβαίνουν τα 10 m.

1) Μικρομορφές του τύπου Γλυφών (karren) εντοπίστηκαν τόσο ελεύθερες όσο και ημιελεύθερες (καλυμμένες).

1α) **Ελεύθερες γλυφές** των τύπων **Rillenkarren** (μικρές) μήκους 10-60 cm και **Rinnenkarren** (μεγάλες) μήκους μέχρι λίγα μέτρα, συναντήθηκαν σε όλες τις ασβεστολιθικές επιφάνειες, πολύ συχνά είναι και τα **Trittkarren.** Πρόκειται για γλυφές σε σχήμα ίχνους από πάτημα χήνας, που σημαίνει ότι οι χιονοπτώσεις στην περιοχή είναι έντονες και το



Σχ. 2. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Σέτας-Μανικίων.

χιόνι παραμένει για μεγάλο διάστημα (Παπαδοπούλου Κ., 1990). **Μικρές χύτρες** (kamenitza) εντοπίστηκαν στην είσοδο της καταβόθρας Μανικίων καθώς και της Σετιανής καταβόθρας, όπου δημιουργούνται από μικρούς καταρράκτες, οι οποίοι λειτουργούν κατά τους χειμερινούς μήνες.

Εδώ είναι σκόπιμο να αναφερθούν και οι **σύνθετες μορφές γλυφών** η συμπλέγματα γλυφών όπως επίσης λέγονται η δημιουργία των οποίων ελέγχεται άμεσα από την τεκτονική. Οι συνηθέστερες από αυτές τις μικρομορφές είναι του τύπου **Spitzkorren** (πυραμιδοειδείς γλυφές - Παπαδοπούλου Κ., 1989).

1β) **Καλυμμένες γλυφές** του τύπου **Subkutane Rundkarren** (αποστρογγυλεμένες γλυφές) απαντώνται στην περιοχή του Μαυροβουνίου πάνω από καλλυμμένες εν μέρει η πλήρως από τον εδαφικό μανδύα, ο οποίος στις θέσεις όπου έχει πλήρως διαβρωθεί πρέπει να έφθανε γύρω στο 1 m πάχος.

2) **Μακρομορφές.** Εντοπίστηκαν καρστικές μορφές μεγάλων διαστάσεων των τύπων **δολίνης** και **ουβάλας**. Ιδιαίτερα ΒΑ της καταβόθρας των Μανικίων στα 800 - 1000 m έχει δημιουργηθεί ένα εκτεταμένο πεδίο διαλυσιγενών δολινών πληρωμένων από terra rossa, το πλάτος των οποίων κυμαίνεται από 30 - 200 m και το βάθος τους από 10 - 30 m. Έχουν διαταχθεί κατά μήκος ρηγμάτων σε σχεδόν παράλληλες γραμμές δημιουργώντας κατ' αυτόν τον τρόπον ένα **κατευθυνόμενο καρστ** (gerichtete-karst).

Στα ΒΔ της μελετώμενης περιοχής στη θέση Σέτα (Φωτ. 1) υπάρχει μια μεγάλη γεωμορφή σε σχήμα ρόμβου έκτασης 2.500 στρεμμάτων πληρωμένη με terra rossa ο μεγάλος άξονας της οποίας 1700 m μήκος έχει διεύθυνση Β - Ν. Αναπτύσσεται κύρια σε νεοπαλαιοζωικούς υδατοστεγείς σχηματισμούς και μόνο σε μικρό τμήμα της στα ΝΑ εμφανίζονται μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι, στους οποίους έχει διανοιχτεί η ομώνυμη καταβόθρα δια της οποίας αποστραγγίζεται.

Η μορφή αυτή, το δάπεδο και τα περιθώρια της οποίας αναπτύσσονται σε υδατοστεγείς σχηματισμούς αποτελεί μία μεγάλη γεωμορφή εν μέρει καρστική του τύπου **ημιπόλγη** (Semipolge).

Στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μεταξύ του Κόκκινου Βράχου και της Κακιάς Ράχης στα 750 m παρατηρείται ένα **καρστικό στενό** (karstgasse, Παπαδοπούλου Κ., 1990). Αναπτύσσεται κατά μήκος ρήγματος με διεύθυνση ΝΔ - ΒΑ έχει μήκος 3 km, βάθος 50 m και απότομα πρανή.

Εντοπίστηκαν επίσης **Ξηρές καρστικές κοιλάδες** στην περιοχή Μαυροβουνίου στα 900 - 1000 m, οι οποίες αποτελούν ανάμνηση ενός παλαιότερου εκτεταμένου υδρογραφικού δικτύου.

Φωτ. 1. Ημιπόλγη Σέτας.

Οι πλέον χαρακτηριστικές γεωμορφές, που αναπτύσσονται στην περιοχή Σέτας - Μανικίων είναι οι **τυφλές κοιλάδες** (Blindtäler, Παπαδοπούλου Κ., 1990). Εντοπίστηκαν τρεις κοιλάδες αυτού του τύπου, οι οποίες τροφοδούνται από καρστικές πηγές, ρέουν στα υδατοστεγή πετρώματα (σχιστόλιθοι της περιοχής και τελικά χάνονται σε ευδιάλυτα πετρώματα καρστικοποιημένα (ασβεστόλιθοι) μέσα σε καταβόθρες. Η μεγαλύτερη τυφλή κοιλάδα είναι το ρέμα της Αγ. Τριάδας 3,5 km μήκους. Διασχίζει σχεδόν όλη την μελετώμενη περιοχή από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Τροφοδοτείται από τις πηγές Φλέβα, Γενίτσαρη, Επτάπλους, Μωραίτη, Μελίσση, και εξαφανίζεται στην καταβόθρα των Μανικίων. Δύο άλλες τυφλές κοιλάδες βρίσκονται ΒΒΔ, εξ αυτών η μία εξαφανίζεται στην καταβόθρα στην θέση Πλοτιά Ράχη.

Β. Υπόγειο Καρστ

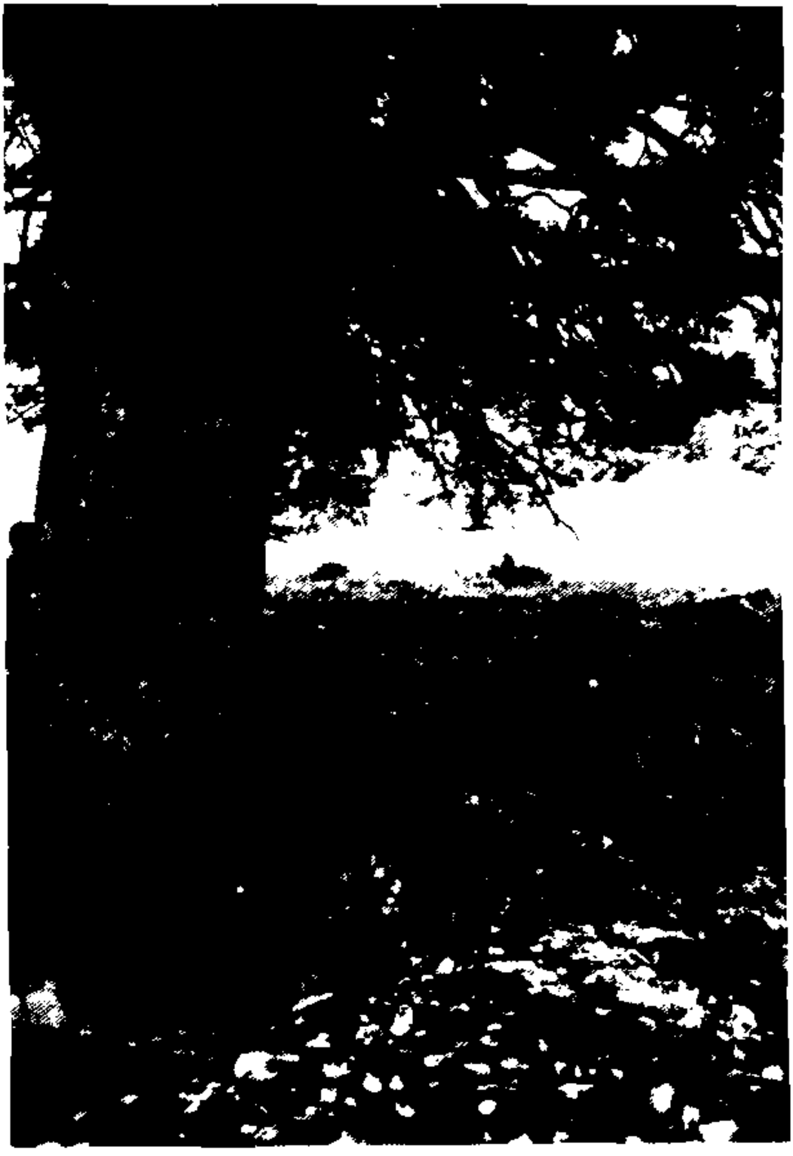
Η ανάπτυξη υπόγειων καρστικών μορφών είναι πολύ σημαντική. Εντοπίστηκαν υπόγειες καρστικές γεωμορφές των τύπων καταβόθρας, σπηλαιοκαταβόθρας, σπηλαίου, σπηλαιοβαράθρου και υπόγειου ποταμού. Έχει ήδη αναφερθεί η **καταβόθρα** Μανικίων, η οποία έχει εξελιχθεί σε **σπηλαιοκαταβόθρα** με συνολική ανάπτυξη 1800 m. Στις υπάρχουσες αίθουσες δημιουργούνται αμμόλοφοι στους αποίους ανάλογα με το είδος των φερτών υλικών μπορούν να διακριθούν οι εποχές του χρόνου π.χ. σάπια φύλλα - φθινόπωρα. Το πάχος των ιζημάτων αυτών αυξάνεται ετήσια πολύ γρήγορα από 0,50 - 1,00 m. Η Σετιανή καταβόθρα εξελίσσεται επίσης σε σπηλσιοκαταβόθρα, το εξερευνημένο τμήμα της οποίας ανέρχεται σε 300 m. Ανατολικότερα στη θέση 'Πλατιά Ράχη', σε υψόμετρο 1200 m υπάρχει βαραθρώδης κσταβόθρα βάθους 70 m και πλάτους 20 m.

Τα σημαντικότερα **σπήλαια** είναι. Το σπήλαιο 'Θ. Κιτσέλη' που βρίσκεται απέναντι από την καταβόθρσ των Μανικίων στα 700 m, φτωχό σε διάκοσμο και γύρω στα 300 m ανάπτυξη. Πλησίον αυτού βρίσκονται αρκετά μικρότερα σπήλαια με σνάπτυξη 10 - 50 m. Αξιάλογο είναι το σπήλαιο 'Ελατοσπηλιά' (Φωτ. 2), το οποίο βρίσκεται στο Ξεροβούνι στα 1200 m 4,5 km ΒΑ του χωριού Σέτα. Χαρακτηριστική είναι η είσοδος του που βρίσκεται σε κουφάλσ ενός ελάτου, από που πήρε και το όνομα του. Η συνολική του ανάπτυξη ανέρχεται στα 100 m και αποτελείται από δύο αίθουσες θαυμάσια διακοσμημένες με μεγάλη ποικιλία σταλακτικών, σταλαγμιτών, γκούρ και σταλακτιτικών κολόνων.

Από τα **σπηλαιοβάραθρα** αξίζει να σναφερθούν τα εξής. Η 'Παγοσπηλιά' 45 m βάθους στην περιοχή Κάτω Σέτας. Δύο σπηλαιοβάραθρα, που βρίσκονται πολύ κοντά το ένα στο άλλο, απέχουν μόλις 30 m, αποτελούμενο κσθένα από μία αίθουσα 20 m μήκους και 10 m πλάτους και είναι γνωστά με το όνομα 'Δίδυμες'. Αξιόλογα είναι επίσης τα σπυλαιοβάραθρα 'Τρία Έλατα' και 'Κατελάνι', στην περιοχή Ξηροβουνίου και η 'Τρύπα Παπά' στη θέση Αγ. Τριάδα.

Κύριο χαρακτηριστικό της περιοχής αποτελεί η ανάπτυξη **υπόγειων ποταμών**. Ο υπόγειος ποταμός 'Γενίτσαρη' στα 1100 m στο Ξηροβούνι, περιοχή Γενίτσαρη, βόρεια του χωριού κ. Σέτα με μήκος 350 m συλλέγει τον κύριο όγκο των νερών του Ξηροβουνίου. Μόνο 10 m χαμηλότερα από την είσοδο του υπάρχει η διάσπαρτη πηγή Γενίτσαρη, που έχει νερό ολόκληρο το χρόνο, ενώ κατά τις περιόδους των υψηλών βροχοπτώσεων λειτουργούν εδώ πηγές υπερπλήρωσης.

Πολύ σημαντικός είναι επίσης ο υπόγειος ποταμός 'Κολέθρα' στα 55 m κοντά στην Κύμη. Αναπτύσσεται στους ασβεστόλιθους του Μαυροβουνίου και τροφοδοτείται τόσο από τα νερά των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων όσο και από τα νερά που εισέρχονται στην καταβόθρα Μανικιών. Τελικά εκβάλλει στην πηγή 'Κολέθρα' από την οποία τροφοδοτείται η Κύμη.



Φωτ. 2. Σπήλαιο Ελατοσπήλια

Στην μελετηθείσα περιοχή εντοπίστηκαν επίσης πολλές αξιόλογες **καρστικές πηγές** όπως αυτές, που τροφοδοτούν το ρέμα της Αγ. Τριάδος και οι πηγές εκφορτίζουν την καταβόθρα Μανικίων όπως οι πηγές Κολέθρα, Φλεγία και Αγ. Κωνσταντίνου στις ανατολικές παρυφές του Μαυροβουνίου.

Συμπεράσματα

Σύμφωνα με όλα όσα μέχρι τώρα αναφέρθηκαν είναι προφανές ότι στην περιοχή Σέτας - Μανικίων η οποία βρίσκεται στην κεντρική Εύβοια, στο ανατολικό τμήμα του όρους Δίρφυ σε υψόμετρο 750 - 1417 m έχουν αναπτυχθεί ποικίλες καρστικές γεωμορφές τόσο επιφανειακές όσο και υπόγειες. Πολύ συχνές είναι οι ελεύθερες μικρομορφές των τύπων Rillenkarren, Rinnenkarren, Trittkarren και Spirtkarren οι μακρομορφές των τύπων δολίνης και ουβάλας. Πολύ χαρακτηριστικές είναι επίσης η ημιπόλγη 'Καταβόθρα Σέτας' το καρστικό στενό μεταξύ Κόκκινου βράχου και Κακιάς Ράχης, οι ξηρές καρστικές κοιλάδες καθώς και οι τυφλές κοιλάδες.

Όσον αφορά τις υπόγειες καρστικές μορφές υπάρχει μεγάλη ποικιλία και αριθμός αυτών που περιλαμβάνει αξιόλογα σπήλαια, καταβόθρες, σπηλαιοκαταβόθρες, σπηλαιοβάραθρα και υπόγειους ποταμούς. Αξιόλογη είναι επίσης η ανάπτυξη καρστικών πηγών.

Στην περιοχή Σέτας - Μανικίων απαντώνται καλά αναπτυγμένες όλες οι καρστικές μορφές που χαρακτηρίζουν το Διναρικό η μεσογειακό κάρστ και δη το ολοκαρστ σύμφωνα με τον J. Cvijik (1896), το κάρστ αυτό είναι κατευθυνόμενο, ελέγχεται σε μεγάλο βαθμό από την τεκτονική και είναι ενεργό.

Βιβλιογραφία

Cvijic J. (1896). Das Karstphänomen. Geogr. Abh. 5 H. 3, S. 215 - 329. Wien

Gams I. (1973). Die zweiphasige quartärzeitliche Flächenbildung in den Poljen und Blindtälern den NW Dinarischen karstes. In Erdkundliches Wissen 32 s. 143 - 149.

Gams I. (1978). The polje. The problem of defination with special regard to the dinaric karst. Z Geom. N.F. v22/pt.2 s. 170 - 181 Berlin - Stuttgart.

Ελευθερίου - Κατσικάτσου (1969). Γεωτεχνική έρευνα εις την περιοχή καταβόθρας Μανικίων Κύμης - ΙΓΜΕ Αθήνα.

Κατσικάτσος - Φύτικας Μ. κ.ά. (1969). Γεωλογικό φύλλο Κύμη κλίμαξ 1/50 ΙΓΜΕ Αθήνα.

Λεοντάρης Σ. (1978 - 79). Συμβολή εις την μορφολογικήν και μορφογενετικήν ανάπτυξιν της νήσου Εύβοιας και του Ευβοϊκού κόλπου (Νότιου - Βόρειου). Εταιρεία Ευβαϊκών Σπουδών, τόμος 22, Αρχείο Ευβοϊκών μελετών σελ. 145 - 172.

Λεοντάρης Σ.-Γκουρνέλος Θ. (1990). Παρατηρήσεις στην εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου της νήσου Εύβοιας σε σχέση με την γεωλογική της δομή. Δέλτα. Ελλ. Γεωγ. Τ. II σελ. 255-261, Αθήνα.

Παπαδοπούλου Κ. (1990). Η Τυφλή κοιλάδα του Μέλανα ποταμού (Βοιωτία) Δελτ. Ελλ. Γεωγ. Ετ. Γ. II σελ. 20-27, Αθήνα.

Παπαδόπουλου Κ. (1990). Γεωμορφολογική μελέτη της περιοχής Κωπαΐδας (Βοιωτία) Διδ. Διατ. σελ. 145, Αθήνα.

Trimmel H. (1968). Höhlenkunde S. 300 Verlag Friedr Verlag und Sohn Braunsweig.

Χριστοδούλου Γ. (1965). Επί της Γεωλογίας της Κεντρικής Εύβοιας.

Ο σεισμός του Αιγίου (15-6-1995), σεισμοτεκτονικές παρατηρήσεις και γεωμορφικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον

Δ. Παπαναστασίου και Κ. Γάκη-Παπαναστασίου***

** Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 118 10 Αθήνα*
*** Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας*
Πανεπιστήμιο Αθηνών, 157 84 Αθήνα

Περίληψη

Την 15η Ιουνίου 1995, καταστροφικός σεισμός μεγέθους $M_s = 6.1$ έπληξε την περιοχή του Αιγίου, καθώς και τις νότιες ακτές της Φωκίδας (περιοχή Ερατεινής), προκαλώντας 26 ανθρώπινα θύματα, αλλά και σοβαρότατες υλικές ζημιές.

Μετά την εκδήλωση του σεισμού παρατηρήθηκε στο ύπαιθρο επιφανειακή διάρρηξη μήκους περίπου 5 km, μεταξύ του χωρίου Ροδοδάφνη στα Δυτικά και του Αιγίου στα Ανατολικά, που παρουσίαζε καθοδική κίνηση του προς Βορά τεμάχους της τάξης των 5 cm. Η κατανομή των μετασεισμών, καθώς και ο σχεδιασθείς μηχανισμός γένεσης του κύριου σεισμού συμφωνούν με τα χαρακτηριστικά της παρατηρηθείσας επιφανειακής διάρρηξης.

Εκτός των σημαντικών υλικών καταστροφών και καταρρεύσεων κτιρίων, ο σεισμός προκάλεσε σημαντικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Κατά μήκος των ακτών της περιοχής του Αιγίου, μεταξύ των εκβολών του Μεγανείτα και του Βουραϊκού, καθώς και στην περιοχή της Ερατεινής παρατηρήθηκαν δευτερογενή φαινόμενα, όπως εδαφικές ρωγμές, αποκολλήσεις ακτών και ρευστοποιήσεις εδαφών. Στους ορεινούς όγκους νότια του Αιγίου, καθώς και στην περιοχή του Βουραϊκού αναφέρθηκαν μικρής κλίμακας κατολισθήσεις και πτώσεις βράχων.

Abstract

On June 15, 1995, a catastrophic earthquake of magnitude $M_s = 6.1$ struck the area of Aigio. Twenty-six persons were killed and serious damage was caused in the broader area of Aigio city, as well as at the northern coast of western Corinthiakos Gulf.

Following the main shock, in the epicentral area, a surface rupture of normal slip was observed following a NW - SE direction, for a length of 5 km. The distribution of the aftershocks and the determined focal mechanism of the main shock are in accordance with the observed surface rupture.

Besides the serious damage and the collapse of some buildings, the earthquake affected seriously the natural environment of the epicentral area. Thus slumps, fissures, and liquefaction phenomena were abundant along the coasts of the affected area and some small scale landslides and rock falls were reported on the mountain masses south of Aigio city as well as in the Vouraikos gorge.

Εισαγωγή

Ο Κορινθιακός κόλπος είναι μία από τις πλέον σεισμικά ενεργές περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας. Αρκετοί ισχυροί σεισμοί έχουν πλήξει το δυτικό του άκρα και ειδικότερα την περιοχή του Αιγίου κατά το παρελθόν προκαλώντας σημαντικές καταστροφές όπως οι: 373 π.Χ., 23 μ.Χ., 1402, 1748, 1817, 1861 και 1888 (Galanopoulos, 1960, 1961; Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1989). Προς το παρόν δεν είναι δυνατόν να συσχετίσουμε όλους τους προαναφερθέντες σεισμούς με την διάρρηξη κάποιου συγκεκριμένου σεισμογόνου ρήγματος. Μόνο για δύο απο αυτούς, του 373 π.Χ. (Marinatos, 1960; Mouyaris et al., 1992) και του 1861 (Schmidt, 1879), υπάρχουν πληροφορίες αλλά και ενδείξεις για την εμφάνιση επιφανειακής διάρρηξης που οποδίδονται στη δραστηριοποίηση του ρήγματος της Ελίκης. Στον σεισμό του 373 π.Χ., εξ' αιτίας της σημαντικής κατακόρυφης μετατόπισης που προκλήθηκε, οι ιστορικές πληροφορίες αποδίδουν την καταβύθιση στη θάλασσα της αρχαίας. Ελίκης. Ο σεισμός του 1861 προκάλεσε επίσης την καταβύθιση αρκετών km^2 της παροθαλάσσιας πεδινής περιοχής. Επίσης εμφανίστηκε εδαφική διάρρηξη, επιφανειακή εκδήλωση κανονικού ρήγματος, μήκους 13 km και διεύθυνσης Α - Δ που ξεκινούσε από το χωριό Ελίκη στα δυτικά και έφτανε στη θάλασσα στα ανατολικά, με καθοδική κίνηση περίπου 1,5 - 2 m. του βορείου τμήματος. Τμήματα κατακόρυφης επιφανειακής διάρρηξης, ύψους 1 - 2 m. είναι ακόμα ορατά στο ύπαιθρο, τα οποία είναι υπολείμματα της αρχικής διάρρηξης η οποία παρατηρήθηκε από το Schmidt (1879). Από τους σεισμούς των τελευταίων 250 χρόνων, οι του 1748, 1817 και 1888 προκάλεσαν σημαντικές υλικές καταστροφές κυρίως στην περιοχή του Αιγίου, όπως ακριβώς και ο εξεταζόμενος σεισμός.

Οι υπάρχουσες πληροφορίες για τους σεισμούς του παρελθόντος αναφέρουν ότι προκάλεσαν σοβαρές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Σχεδόν σε όλους απ'αυτούς παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης εδαφών, εδαφικές ρωγμές, αποκολλήσεις ακτών καθώς κατολισθήσεις και πτώσεις βράχων στην ορεινή περιοχή. Επίσης αναφέρθηκε η παρουσία θαλασσίων κυμάτων βαρύτητας (τσουνάμι), τα οποία εμφανίστηκαν μερικά δευτερόλεπτα ή λεπτά μετά το σεισμό και επέτειναν τις καταστροφές στην παραθαλάσσια ζώνη.

Την 7η Φεβρουαρίου 1963, 21:28 τοπική ώρα, θαλάσσιο κύμα, το οποίο δεν προήλθε από σεισμό αλλά από υποθαλάσσια κατολίσθηση, προσέβαλε την περιοχή δυτικά του Αιγίου μέχρι τον Ψαθόπυργο, κυρίως σε έκταση 10 km εκατέρωθεν του ακρωτηρίου Σαλμενίκος, καθώς και τις απέναντι ακτές της Στεράς Ελλάδας, προκαλώντας σημαντικότατες ζημιές (Γαλανόπουλος κ.ά., 1964). Στο ακρωτήριο Σαλμενίκος τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα σοβαρά και μια παραθαλάσσια λωρίδα μήκους 440 m. και εύρους 10-15 m. βυθίστηκε 5 έως 44 m. κάτω από τη θάλασσα.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα γεωδυναμικά φαινόμενα που δημιουργήθηκαν από το σεισμό της 15ης Ιουνίου 1995, όπως αυτά παρατηρήθηκαν και χαρτογραφήθηκαν στο ύπαιθρο. Ολες οι παρατηρήσεις συνδυάζονται με τις σεισμολογικές πληροφορίες για να ερμηνευθεί η δημιουργία τους και η κατανομή τους, αλλά και να συναχθούν συμπεράσματα σχετικά με τη σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής.

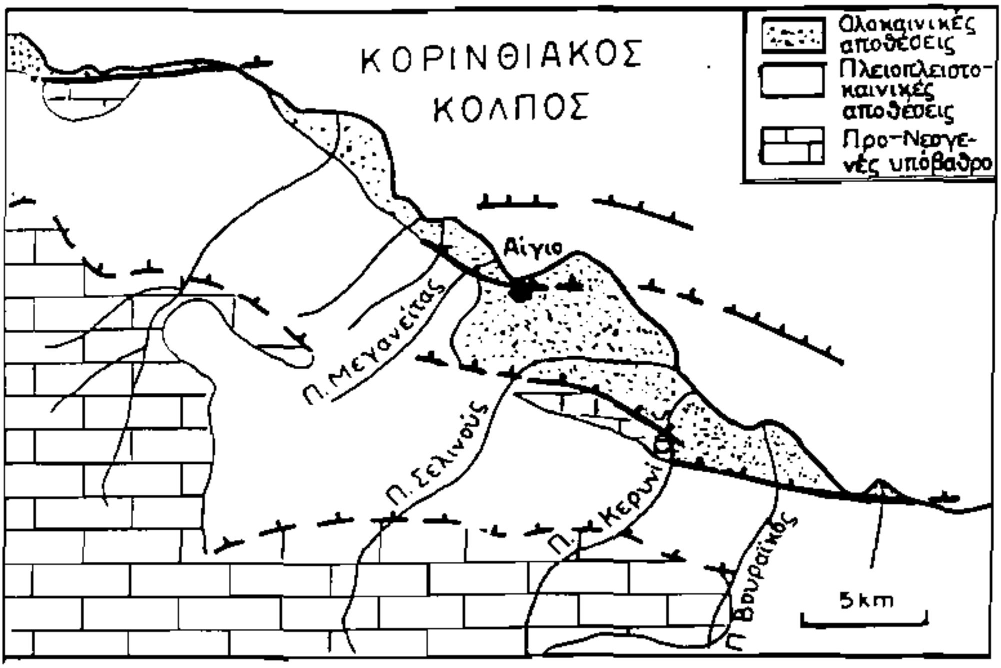
Γεωλογία - Τεκτονική της Περιοχής

Ο Κορινθιακός κόλπος είναι μία ασύμετρη τεκτονική τάφρος στην οποία η νότιο ακτή ανυψώνεται, ενώ η βόρεια βυθίζεται. Αυτό επίσης γίνεται φανερό από τη μορφολογία της ακτογραμμής η οποία είναι απότομη και ευθεία στο νότο, ενώ στο βορρά είναι πολυσχιδής με πολλές χερσονήσους.

Η γεωλογία και τεκτανική της περιοχής έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές. Μεταξύ αυτών και οι Dufaure (1975) και Poulimenos (1993).

Το υψηλό ανάγλυφο του δυτικού άκρου της νότιας ακτής οριοθετείται από μία σειρά κανονικών ρηγμάτων του: Ψαθόπυργου, του Αιγίου και της Ελίκης. Τα χερσαία τμήματά τους έχουν μήκος από 10 έως 25 km, ενώ προς ανατολάς συνεχίζονται μέσα στη θάλασσα (Σχ. 1), όπως πιστοποιήθηκε και από υποθαλάσσιες έρευνες του ΕΚΘΕ. Η μέση διεύθυνσή τους είναι Β90°-110°Α και κλίνουν προς βορρά με κλίση 50°-60°. Οι ίδιες μελέτες αποκάλυψαν την ύπαρξη υποθαλάσσιου ρήγματος με τα ίδια χαρακτηριστικά ευρισκόμενο βορειότερα απο αυτό του Αιγίου. Προς το νότο υπάρχουν παλαιότερα και προφανώς λιγότερο ανενεργά ρήγματα (Λάκκας, Μαμουσιών) με τα ίδια χαρακτηριστικά.

Νότια των κανονικών ρηγμάτων, στα ανυψωμένα τμήματα, παρατηρούνται ασβεστολιθικές ράχεις (Σχ. 1). Ανάμεσά τους ευρίσκονται Πλειο - Πλειστοκαινικά ιζήματα, όπως συνεκτικοποιημένες μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, καθώς και αποθέσεις αλλουβιακών ριπιδίων.

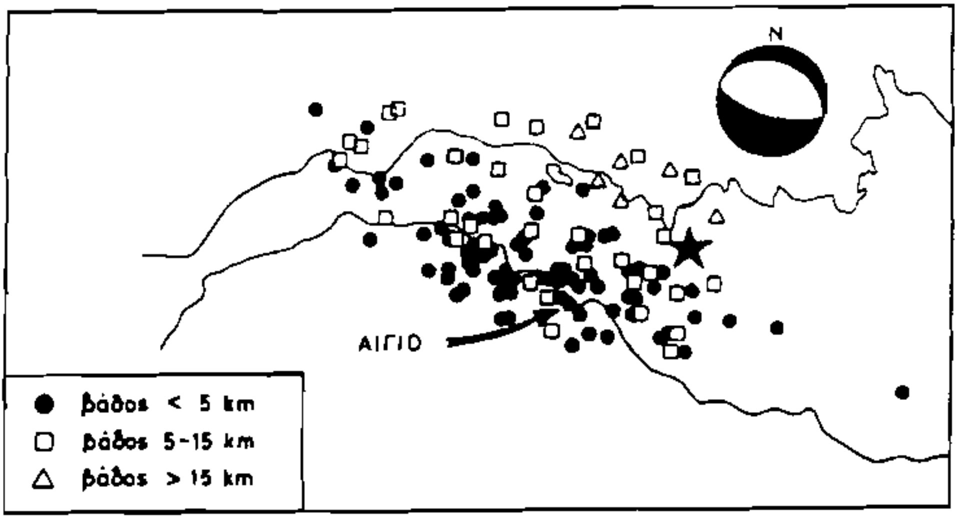


Σχ. 1. Απλοποιημένος Γεωλογικός χαρτης της ευρυτερης περιοχής του Αιγίου στον οποίο επίσης εικονίζονται και τα κυριότερα ρήγματα.

Ο σεισμός της 15ης Ιουνίου και η Μετασεισμική Ακολουθία

Ο κύριος σεισμός μεγέθους $M_s = 6{,}1$ συνέβη την 02:15 τοπική ώρα (00:15 GMT) χωρίς προσεισμική δραστηριότητα. Ο μεγαλύτερος μετασεισμός μεγέθους 5,7 συνέβη 15 λεπτά μετά. Το επίκεντρο του κύριου σεισμού τοποθετείται στο θαλάσσιο χώρο (Σχ. 2) του Κορινθιακού κόλπου πολύ κοντά στις ακτές της Φωκίδας, σε απόσταση 17 km βορειοανατολικό της πόλης του Αιγίου, ενώ το βάθος του είναι της τάξης των 15 km περίπου (Papanastassiou et al., 1995). Στην περιοχή Ερατεινής παρατηρήθηκε μικρού ύψους θαλάσσιο κύμα βαρύτητας.

Η χωρική κατανομή των επικέντρων των μετασεισμών, οι οποίοι καταγράφηκαν από τοπικό δίκτυο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου παρουσιάζεται να εκτείνεται σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ βόρεια των ακτών της Πελοποννήσου με βάθη τα οποία αυξάνονται από την Πελοπόννησο προς τη Στερεά Ελλάδα (Σχ. 2). Το σύνολο σχεδόν των μετασεισμών ευρίσκεται σε βάθη μικρότερα των 20 km.



Σχ. 2. Χωρική κατανομή των επικέντρων των μετασεισμών της 15ης Ιουνίου

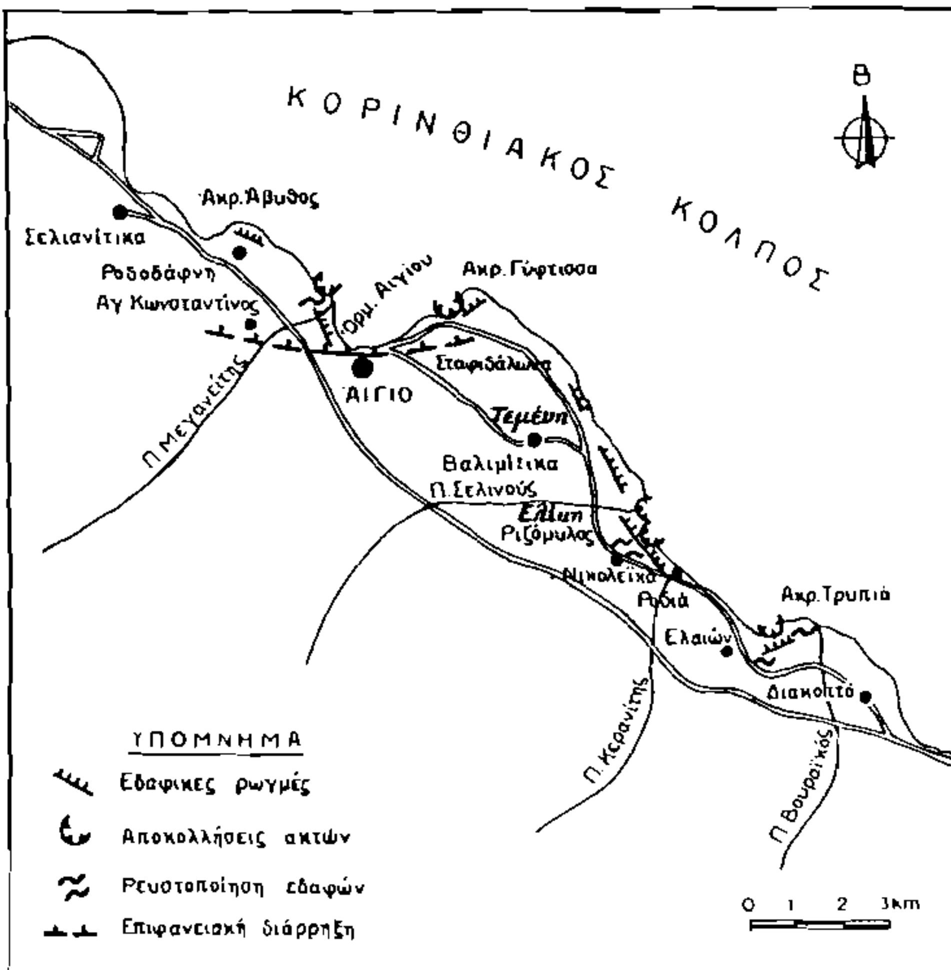
Από τη σχέση του επικέντρου του κυρίου σεισμού και της κατανομής των μετασεισμών γίνεται φανερό ότι η μετασεισμική δραστηριότητα επεκτάθη κυρίως προς τα Δυτικά και Νατιοδυτικά του κύριου σεισμού.

Ο εστιακός μηχανισμός που σχεδιάστηκε για τον κύριο σεισμό (Σχ. 2) αντιστοιχεί σε κανονική διάρρηξη. Τα επίπεδα των ρηγμάτων έχουν διευθύνσεις N104°A και N110°A με κλίσεις 56°ΝΔ και 35°ΒΑ, αντίστοιχα. Το δεύτερο ρηξιγενές επίπεδο ευρίσκεται σε πολύ καλή συμφωνία με τα χαρακτηριστικά του ρήγματος του Αιγίου.

Σεισμοτεκτονικές Παρατηρήσεις και Γεωμορφικές επιπτώσεις

I. Επιφανειακή Διάρρηξη

Αμέσως μετά τον κύριο σεισμό, η επικεντρική περιοχή εξετάστηκε λεπτομερώς για την εύρεση και χαρτογράφηση εδαφικών διαρρήξεων που προκλήθηκαν από την επιφανειακή εκδήλωση της δραστηριοποίησης κάποιου από τα ρήγματα της περιοχής. Κατά μήκος των ρηγμάτων της Ελίκης και του Ψαθόπυργου δεν παρατηρήθηκε καμμία επιφανειακή δραστηριοποίηση, όμως κατά μήκος του κανονικού ρήγματος του Αιγίου χαρτογραφήθηκε εδαφική διάρρηξη με μέση διεύθυνση Ν 100°Α (Σχ. 3). Η διάρρηξη αυτή αποτελείται από ανοιχτή εδαφική ρωγμή, το βόρειο τμήμα της παρουσίαζε καθοδική κατακόρυφη κίνηση 5 περίπου εκατοστών (Φωτ. 1). Το συνολικό μέρος της διάρρηξης ήταν περίπου 5 km. και παρατηρήθηκε ανάμεσα στα χωριά Αγιος Κωνσταντίνος στα δυτικά και της περιοχής Σταφιδάλωνα, που ευρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του Αιγίου, στα Ανατολικά.



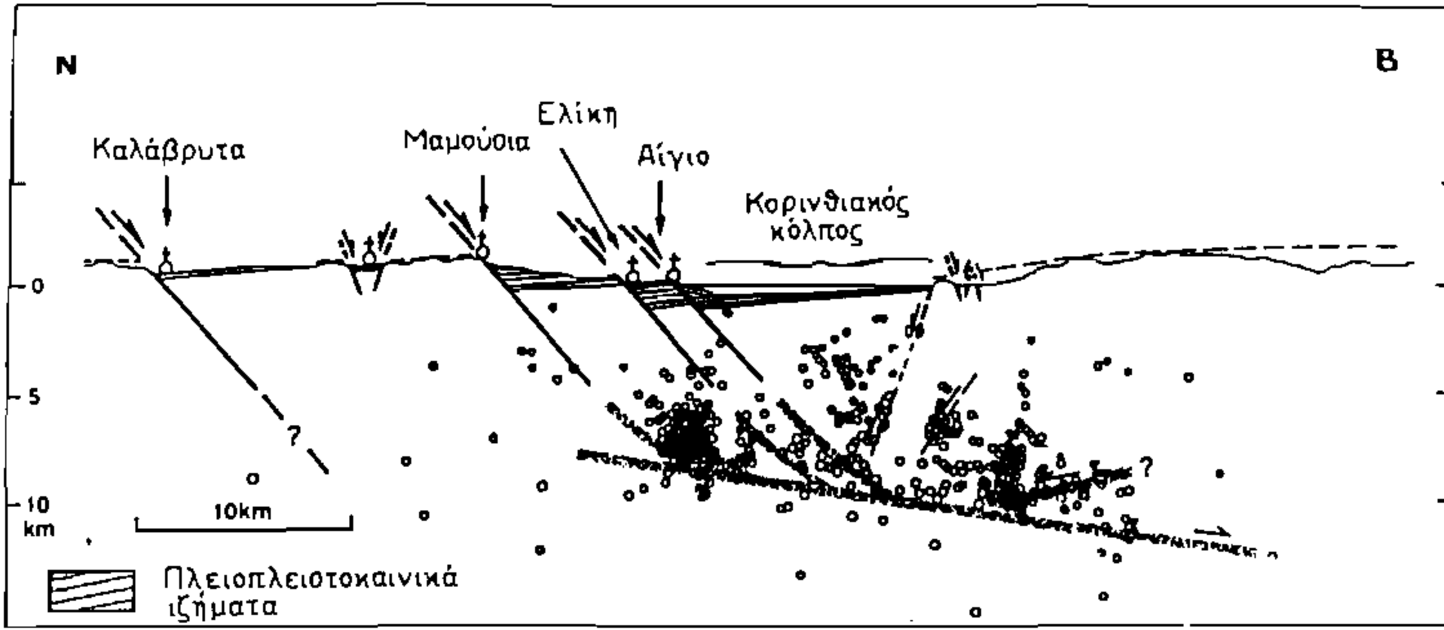
Σχ. 3. Χαρτης στον οποιο παρουσιαζονται οι σεισμοτεκτονικες παρατηρησεις και οι γεωμορφικές επιπτώσεις του σεισμού της 15ης Ιουνίου 1995.

Φωτ. 1. Εδαφική ρωγμή, κατακόρυφης κίνησης 5 cm που παρατηρήθηκε σε διάφορες θέσεις κατά μήκος του ρήματος του Αιγίου.

Κατασκευές οι οποίες ευρέθηκαν πάνω στην εδαφική διάρρηξη υπέστησαν σοβαρότατες ζημιές, όπως η κατάρρευση του Διοικητηρίου της ΕΒΟ και οι σοβαρότατες ζημιές στο εργοστάσιο «Κουνινιώτης» (περιοχή Αγίου Κωνσταντίνου), η κατάρρευση μονόροφης οικίας στην περιοχή Μυρτιάς (Δυτικά του Αιγίου), το Υπολιμεναρχείο του Αιγίου, και κατοικίες στην περιοχή των Σταφιδάλωνων του Αιγίου.

Οι σοβαρότερες υλικές ζημιές στην περιοχή του Αιγίου και στα περίχωρα, παρουσιάζουν αυξημένη συγκέντρωση κατά μήκος της ακτογραμμής του Αιγίου, διεύθυνση η οποία αντιστοιχεί με την παρατηρηθείσα εδαφική διάρρηξη και η οποία συμπίπτει με αυτή του ρήγματος του Αιγίου.

Λεπτομερής σεισμοτεκτονική μελέτη του δυτικού Κορινθιακού κόλπου (Rigo, 1994), έδειξε ότι τα ενεργά ρήγματα του Αιγίου, της Ελίκης και το νοτιότερα ευρισκόμενο των Μομουσιών δεν συνεχίζονται ανεξάρτητα μεταξύ τους στο βάθος, αλλά στα 10 km, περίπου συνδέονται με μία ενεργή ζώνη η οποία βυθίζεται με μικρή κλίση προς το Βορά (Σχ. 4). Η ζώνη αυτή οριοθετεί την επιφανειακή σεισμικότητα της περιοχής έτσι ώστε η πλειονότητα των σεισμών να παρατηρείται στο χώρο που ευρίσκεται πάνω απ' αυτήν, ενώ τα μεγαλύτερα εστιακά βάθη παρατη-



Σχ. 4. Γεωδυναμικό μοντέλο που παρουσιάζει την σχέση σεισμικότητας και ενεργών ρηγμάτων στην περιοχή Αιγίου.

ρούνται προς την πλευρά της Στερεάς Ελλάδας. Η υποθαλάσσια ρηξιγενής ζώνη βόρεια απο το Αίγιο, που εντοπίσθηκε μετά απο τον σεισμό απο το ΕΚΘΕ, εντάσεται και αυτή στο γεωδυναμικό αυτό μοντέλο.

Την εικόνα αυτή παρουσιάζει και η κατακόρυφη κατανομή των μετασεισμων. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, ο κύριος σεισμός της 15ης Ιουνίου 1995 συνέβη στην ενεργή αυτή ζώνη κάτω από τα παράλια της Φωκίδας σε βάθος 12-15 km. Η σεισμική ενέργεια που ελευθερώθηκε, ακολούθησε στη διαδρομή της προς την επιφάνεια τα ρήγματα της βόρειας Πελοποννήσου, κυρίως το ρήγμα του Αιγίου κατά μήκος του οποίου παρατηρήθηκε η επιφανειακή διάρρηξη,και συγκεντρώνονται οι κυριότερες υλικές ζημιές, πιθανόν δε κσι το ευρισκόμενο βορειότερα απο αυτό υποθαλάσσιο ρήγμα. Τη δραστηριοποίηση των δύο αυτών ρηγμάτων, επιβεβαιώνει και ο μεγάλος αριθμός μετασεισμών με μικρό βάθος (Σχ. 2) που παρατηρείται βόρεια απ'αυτά. Μικρό μέρος της σεισμικής ενέργειας πρέπει να ακολούθησε το ρήγμα της Ελίκης, υπόθεση η οποία επιβεβαιώνεται από την ύπαρξη μετασεισμών με μικρό βάθος νότια από το ρήγμα του Αιγίου, χωρίς όμως να είναι αρκετή ώστε να εμφανίσει στο ρήγμα της Ελίκης επιφανειακή διάρρηξη. Όμως στη ζώνη βόρεια απ'αυτό παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης, εδαφικών ρωγμών και αποκολλήσεις ακτών.

II. Ρευστοποιήσεις Εδαφών

Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε έδαφος που συνίσταται από λεπτόκοκκο υλικό με υψηλή αναλογία άμμου και νερού και εξ αιτίας ισχυρής σεισμικής ταλάντωσης, χάνει τη συνοχή του και συμπεριφέρεται στιγμιαία σαν ρευστό. Το ρευστοποιημένο έδαφος είτε εκτινάσσεται και δημιουργούνται χαρακτηριστικές μορφές μικρών κώνων λάσπης, είτε καθιζάνει και δημιουργούνται τοπικά βυθίσματα.

Φαινόμενα ρευστοποίησης παρατηρήθηκαν σε πολλά σημεία κατά μήκος της παραλιακής ζώνης από το ακρωτήριο Αβυθος στα δυτικά μέχρι το ακρωτήριο Τρυπιά στα ανατολικά, όπως στις εκβολές του Μεγανείτα, στο Ναυταθλητικό Ομιλο Αιγίου, στο χώρο του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων του Αιγίου, στις εκβολές του Κερυνίτη και στις εκβολές του Βουραϊκού (ακρωτήριο Τρυπιά) (Σχ. 3).

III. Εδαφικές Ρωγμές

Παρατηρήθηκαν να ακολουθούν σχεδόν συστηματικά διεύθυνση παράλληλη της ακτής και κυρίως οφείλονται στην καθίζηση των χαλαρών ιζημάτων.

Χαρτογραφήθηκαν σε πολλά σημεία της παραλιακής ζώνης (Σχ. 3) όπως στο ακρωτήριο Αβυθος, στο Ναυταθλητικό Ομιλο Αιγίου, στο χώρο του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων, στο λιμάνι του Αιγίου, στον υδροβιότοπο της Αλυκής, στις παραθαλάσσιες περιοχές Τεμένης, Βαλιμίτικων, Ριζόμυλου, Νικολέϊκων, Ροδιάς και Ελαιώνα, καθώς και στις εκβολές του Κερυνίτη και στο ακρωτήριο Τρυπιάς.

IV. Αποκολλήσεις Ακτών

Συχνά στις παράκτιες περιοχές, ο συνδυασμός υποθαλάσσιου ανάγλυφου με μεγάλη κλίση και παραθαλάσσιας ζώνης αποτελούμενης από χαλαρά υλικά έχει σαν αποτέλεσμα αρκετές δεκάδες τετραγωνικών μέτρων παραλίας να ολισθήσουν στη θάλασσα και η ξηρά να μεταβληθεί μόνιμα σε πυθμένα θάλασσας.

Φωτ. 2. Καταβυθιση της ακτης στην παραλία των Νικολαϊκων.

Τέτοια φαινόμενα παρατηρήθηκαν (Σχ. 3) στις εκβολές του Μεγανείτα, όπου αποσπάστηκε τμήμα ακτής 170 μέτρων και πλάτους 10 μέτρων. Στην παραλία των Νικολαϊκων, όπου καταβυθίστηκε ακτή μήκους

200 περίπου μέτρων και πλάτους 15 μέτρων (Φωτ. 2). Μεταξύ της νέας ακτής και της θάλασσας, παρατηρήθηκε υψομετρική διαφορά 1,5 περίπου μέτρων. Τέλος, στο ακρωτήριο Τρυπιάς αποσπάστηκε έκταση μήκους 170 μέτρων και πλάτους 50 - 70 μέτρων. Το φαινόμενο ενισχύθηκε στη θέση αυτή από τον πολύ χαλαρό χαρακτήρα των αποθέσεων που αντιστοιχούν στις εκβολές του Βουραϊκού.

V. Κατολισθήσεις - Πτώσεις Βράχων

Στους ορεινούς όγκους νότια του Αγίου Κωνσταντίνου και στην κοιλάδα του Βουραϊκού, λίγο πριν την έξοδό του στην πεδινή ζώνη, αναφέρθηκαν μικρής έκτασης κατολισθήσεις και πτώσεις βράχων.

Συμπεράσματα

Ο Κορινθιακός κόλπος, όπως είναι γνωστό, είναι μία περιοχή με υψηλή σεισμικότητα. Το χαρακτηριστικό στην περιοχή αυτή από την εκδήλωση ισχυρών σεισμών δεν είναι μόνο οι επιπτώσεις που παρατηρούνται στις κατασκευές, αλλά και στο φυσικό περιβάλλον. Αυτές οφείλονται στην επιφανειακή εμφάνιση του σεισμογόνου ρήγματος με τη μορφή της επιφανειακής διάρρηξης, τη δημιουργία θαλάσσιων κυμάτων, καθώς και δευτερογενών γεωδυναμικών φαινομένων, όπως εδαφικές ρωγμές, ρευστοποίηση εδαφών, αποσπάσεις ακτών και κατολισθήσεις και πτώσεις βράχων. Η εμφάνιση όλων αυτών των φαινομένων ευνοείται τόσο από την ιδιαίτερη μορφολογία του, δηλαδή αυτή της κλειστής λεκάνης, όσο και από τη χαλαρή δομή των Τεταρτογενών σχηματισμών και την απότομη μορφολογία των νοτίων ακτών του.

Το σεισμοτεκτονικό μοντέλο το οποίο παρουσιάστηκε για το δυτικό άκρο του Κορινθιακού κόλπου, δηλαδή η ενοποίηση των επιφανειακών ρηγμάτων σε ενεργή σεισμογενή ζώνη η οποία βρίσκεται στο βάθος, έχει σαν αποτέλεσμα να πολλαπλασιάζονται οι καταστροφικές συνέπειες των μεγάλων σεισμών, καθώς με ένα τέτοιο σύστημα ενεργών ρηγμάτων, η απελευθερούμενη σεισμική ενέργεια δραστηριοποιεί περισσότερα του ενός ρήγματα και επομένως επηρεάζει πολύ μεγαλύτερη περιοχή.

Αν και ο σεισμός της 15ης Ιουνίου 1995 δεν ήταν ιδιαίτερα σφοδρός, το μέγεθος και η έκταση των επιπτώσεων που παρατηρήθηκαν στο φυσικό περιβάλλον, μας δίνουν μία εικόνα για το μέγεθος των φαινομένων που πρέπει να σημειώθηκαν από τους πολύ σφοδρούς σεισμούς που αναφέρεται ότι σημειώθηκαν στους ιστορικούς χρόνους, δηλαδή αυτοί του 373 π.Χ. και 1861, ενώ μας επιτρέπει να εκτιμήσουμε και το βαθμό των καταστροφών που είναι δυνατό να παρατηρηθούν από την εκδήλωση ενός μελλοντικού σφοδρού σεισμού.

Για τους λόγους αυτούς επιβάλλεται η λεπτομερής μορφολογική μελέτη των οκτών όλου του Κορινθιοκού κόλπου και με τη χρησιμοποίηση διάφορων σεναρίων φυσικών καταστροφών, όπως σεισμοί, θαλάσσια κύματα, κατολισθήσεις, κ.λπ., να εκτιμηθούν οι πιθανές επιπτώσεις τους, ώστε να εκπονηθούν σχέδια για την αντιμετώπισή τους.

Βιβλιογραφία

Γαλανόπουλος, Α., Δελήμπασης, Ν., και Κομνηνάκης, Π. (1964). Θαλάσσιον κύμα εκ κατολισθήσεως άνευ σεισμικής διεγέρσεως. Ann. Geol. Pays Helléniques, 16, 93-110.

Galanopoulos, A. (1960). A catalogue of shocks with Io ≥ VI or M ≥ 5 for the years 1801-1958. Seismological Laboratory, University of Athens.

Galanopoulos, A. (1961). A catalogue of shocks with Io ≥ VII for the years prior to 1800. Seismological Laboratory, University of Athens.

Dufaure, J.J., 1975. Le relief du Péloponnèse. Thèse d'état, Paris.

Marinatos, S. (1960). A submerged town of classical Greece. Archaeology, 113, 186-193.

Mouyaris, N., Papastamatiou, D. and Vita-Finzi, C. (1992). The Helice fault. Terra Nova, 4, 124-129.

Παπαζάχος, Β.Κ. και Παπαζάχου, Κ.Β. (1989). Οι σεισμοί στην Ελλάδα. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Papanastassiou, D., Baskoutas J., Makaris D., Panopoulou G. and G. Stavrakakis. (1995). Preliminary results of the catastrophic earthquake of the June 15, 1995 at Aigio (N. Peloponnesus) (1996). Πρακτικά του "Symposium on the Seismicity on the Carpatho-Balcan Region", Σεπτέμβριος 17-20, 1995, Αθήνα, ειδική έκδοση της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας Νο 6, 128-131.

Poulimenos, G. (1993). Tectonics and sedimentation in the western Corinth graben. N. Jb. Geol. Palaeont. Mh. 10, 607-630.

Rigo, A. (1994). Étude sismotectonique et géodesique du Golfe de Corinthe (Grèce). Thèse de Doctorat de l' Université Paris VII.

Schmidt, J. (1879). Studien uber erdbeben, Leipzig, 68-93.

Νεοτεκτονικός χάρτης Ανατολικής Αττικής. Χρήση και εφαρμογή του με τη βοήθεια γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών

Δ. Παπανικολάου, Ε. Λέκκας*, Σ. Λόζιος*, Ι. Παπούλια** και Σ. Βασιλοπούλου**

** Τομέας Δυναμικής-Τεκτονικής-Εφαρμοσμένης Γεωλογίας Πανεπιστήμιο Αθηνών, 157 84, Αθήνα*

*** Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας Μεσογείων 226, 155 61 Αθήνα*

Περίληψη

Η καταακευή των «Νεοτεκτονικών Χαρτών» αποτελεί την βασική εργασία υποδομής στην οποία μπορεί να στηριχθεί ο αντισεισμικός σχεδιασμός μιας περιοχής. Η διαπίστωση ότι αφ' ενός μεν η πολυθεματική πληροφορία που περιλαμβάνει ένας τέτοιος χάρτης, που στην ουσία αποτελεί επικάλυψη ενός αριθμού επί μέρους θεματικών χαρτών, αφ'ετέρου δε η αναγκαιότητα ενός πολύπλοκου συσχετισμού των στοιχείων που περιέχει με στόχο τη δημιουργία ενός συστήματος λήψης αποφάσεων για τον σωστό αντισεισμικό σχεδιασμό και προστασία, καθιστά επιτακτική την ανάγκη οργάνωσης των δεδομένων μέσα από ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.).

Abstract

The construction of "Neotectonic Maps" is the fundamental procedure for the earthquake planning organization of a region. The multi-thematic information contained in such a map, which actually consists of overlapping thematic-layered maps, and the necessity for a multidisciplinary correlates of all the data calls for the utilization of a Geographical Information System (G.I.S.), with the aim to create a decision-making system for the organization of earthquake planning and protection.

Εισαγωγή

Όπως είναι γνωστό, η Ελλάδα αντιμετωπίζει έντονο πρόβλημα με τους σεισμούς, ιδίως την τελευταία 20ετία όπου η επέκταση πολλών πόλεων έχει προχωρήσει με πολύ γρήγορους ρυθμούς, χωρίς ειδικές μελέτες των σεισμογεωλογικών χαρακτηριστικών των περιοχών, με αποτέλεσμα, εκτός από τα ανθρώπινα θύματα, οι καταστροφές να είναι σημαντικές, δημιουργώντας προβλήματα τόσο κοινωνικά όσο και οικονομικά.

Γιά την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων και με δεδομένο το ότι είχε γίνει πλέον κατανοητό ότι ο αντισεισμικός σχεδιασμός και η πρόληψη είναι πλέον μιά αναγκαιότητα για τον Ελληνικό χώρο, ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ), αποφάσισε ότι η πρώτη βασική δουλειά υποδομής που έπρεπε να γίνει είναι το εθνικής κλίμακας εφαρμοσμένο ερευνητικό πρόγραμμα με αντικείμενο την κατασκευή του ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ σε κλίμακα 1:100.000.

Η κατασκευή των χαρτών αυτών ανατέθηκε σε διάφορους επιστημονικούς ερευνητικούς φορείς της χώρας, με συγκεκριμένες προδιαγραφές που κυκλοφόρησαν από τον ΟΑΣΠ. Οι προδιαγραφές αυτές καθορίσθηκαν από ειδική επιτροπή, στην οποία συμμετείχαν επιστήμονες από διάφορους κλάδους που άπτονται του προβλήματος (γεωλόγοι, σεισμολόγοι, πολιτικοί μηχανικοί, κ.λπ.) και φυσικά, χρησιμοποιήθηκε όλη η διεθνής εμπειρία που υπάρχει πάνω στο πρόβλημα αυτό και προέρχεται κυρίως από χώρες που όπως η Ελλάδα παρουσιάζουν οξυμένο σεισμικό πρόβλημα (Κίνα, Ιαπωνία, ΗΠΑ, πρώην Σοβιετική Ένωση, κ.λπ.).

Ταυτόχρονα την τελευταίο δεκαετίο, με την αύξηση και διάδοση των ισχυρών προσωπικών υπολογιστών σε όλες τις βαθμίδες της ερευνητικής δραστηριότητας, παρατηρείται μια μεγάλη στροφή στη χρήση των «Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών» (G.I.S.) η οποία παρουσιάζει εξαιρετικά πλεονεκτήματα όχι μόνο σε ότι αφορά στην σύνταξη και την παρουσίαση ενός χάρτη που παρουσιάζει μια απλή γεωγραφική κατανομή κάποιων πληροφοριών, αλλά κυρίως στην συγκριτική επεξεργασία και συνδυασμό ενός πλήθους θεματικών δεδομένων και επί μέρους χαρτών ώστε με την κατάλληλη επικάλυψη και την ταυτόχρονη δημιουργία σχεσιακών βάσεων δεδομένων να δημιουργούνται όλες οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την λειτουργία ενός συστήματος εξαγωγής γενικότερων συμπερασμάτων και λήψης αποφάσεων.

Τα βασικά στοιχεία που περιλαμβάνει ένας Νεοτεκτονικός Χάρτης, ανάλογα πάντα με τις ιδιομορφίες και ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής, είναι τα ακόλουθα:

- Ταξινάμηση και διαχωρισμό των ρηγμάτων, τόσο ανάλογα με το μέγεθός τους (μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες με μεγάλο άλμα και μικρότερα ρήγματα), αλλά κυρίως ανάλογα με την πιθανότητα που υπάρχει είτε να δώσουν κάποιον σεισμό, είτε να ενεργοποιηθούν από κάποιον άλλο. Έτσι διακρίνονται σεισμικά ρήγματα, ρήγματα δηλαδή που είναι γνωστό ότι σχετίζονται και είναι υπεύθυνα γιά κάποιο σεισμό, ενεργά ρήγματα που τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν είναι τέτοια ώστε να αναμένεται να δώσουν στο μέλλον κάποιον σεισμό ή να ενεργοποιηθούν από κάποιον άλλο, πιθανά ενεργά αυτά που υπάρχει μιά κάποια πιθανότητα γιά να ενεργοποιηθούν και τέλος ανενεργά τα οποία δεν πρόκειται να επαναδραστηριοποιηθούν.

- Ταξινόμηση και διαχωρισμό των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής, ανάλογα με τις φυσικομηχανικές τους ιδιότητες και τα γεωτεχνικά τους χαρακτηριστικά, που είναι απαραίτητα γιά τον καθορισμό του συντελεστή σεισμικής επικινδυνότητας αλλά ταυτόχρονα συνιστούν και ένα δείκτη γιά την αναμενόμενη συμπεριφορά τόσο του εδάφους όσο και των κατασκευών σε περίπτωση σεισμού.
- Περιοχές οι οποίες είναι επιρρεπείς σε καταστροφικά φαινόμενα, όπως καταπτώσεις, καθιζήσεις, κατολισθήσεις, κ.λπ. και τα οποία είναι δυνατό να συμβούν είτε κατά την διάρκεια της σεισμικής δραστηριότητος είτε μετά.
- Διάφορα άλλα στοιχεία τα οποία είναι δείκτες έντονης σεισμικής δραστηριότητος, όπως επίκεντρα και μεγέθη σεισμών, μετατοπίσεις γραμμών ακτών, ανοδικές και καθοδικές κινήσεις επί μέρους ρηξιτεμαχών, θερμές πηγές, μορφολογικές ανωμαλίες του αναγλύφου, κ.λπ.

Σύνθεση - Παρουσίαση του νεοτεκτονικου χάρτη με το Arc/Info

Γενικά

Η εισαγωγή και επεξεργασία των στοιχείων του «Νεοτεκτονικού Χάρτη Ανατολικής Αττικής» έγινε με το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών Arc/Info. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ταξινόμηση των δεδομένων-στοιχείων σε γεωγραφικές ενότητες-επίπεδα (επικαλύψεις-coverages), όπου κάθε στοιχείο μέσα σ' αυτά, ορίζεται από τη γεωγραφική θέση (χωρική πληροφορία) και τα περιγραφικά χαρακτηριστικά του (γραφική πληροφορία). Τρεις είναι οι κατηγορίες των γεωγραφικών ενοτήτων:

- Ενότητες σημειακών χαρτογραφικών στοιχείων (points).
- Ενότητες γραμμικών χαρτογραφικών στοιχείων (arcs).
- Ενότητες επιφανειακών χαρτογραφικών στοιχείων (polygons).

Αυτές οι ενότητες μπορούν να χωριστούν σε υποενότητες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που εμπεριέχουν. Στη συγκεκριμένη εργασία έχουν δημιουργηθεί οι εξής επικαλύψεις (coverages):

Των τοπογραφικών στοιχείων: ισουψείς ανά 100 m, κύριο οδικό δίκτυο, δήμοι και κοινότητες.

Των γεωλογικών σχηματισμών .

Των ρηγμάτων.

Των μορφολογικών χαρακτηριστικών.

Των σεισμολογικών δεδομένων.

Τα στάδια που ακολουθούνται με σκοπό τη σύνθεση του χάρτη είναι:

- Ψηφιοποίηση - εισαγωγή των δεδομένων στον Η/Υ.
- Διόρθωση λαθών.
- Αναγωγή των συντεταγμένων στο προβολικό σύστημα του χάρτη.
- Δημιουργία βάσης δεδομένων.
- Γεωγραφική ανάλυση της βάσης.
- Εκτύπωση χαρτών.

Ψηφιοποίηση - εισαγωγή των δεδομένων στον Η/Υ - δημιουργία επικαλύψεων

Η εισαγωγή των δεδομένων στον Η/Υ γίνεται στον Arcedit, μετά την ψηφιοποίησή τους από τα επιμέρους φύλλα χαρτών με τον ψηφιοποιητή Summagraphics microgrid II, για κάθε μία διαφορετική επικάλυψη ή επίπεδο (coverage). Κατά την ψηφιοποίηση καθενός από τα coverages προσδίδεται κοινός κωδικός (ID) σε ομοιογενή στοιχεία, ώστε ανά πάσα στιγμή να μπορούν να απομονωθούν υποκατηγορίες στοιχείων. Οι διαδοχικές επικαλύψεις οι οποίες δημιουργήθηκαν είναι οι παρακάτω:

a) TICATTIK

Περιλαμβάνει τα σταθερά σημεία (4 tics), κοινά για όλα τα coverages.

b) DGATTIK

Περιλαμβάνει σαν τόξα (arcs) την ακτογραμή, το όριο της λίμνης του Μαραθώνα, τα όρια των αστικών περιοχών, το όριο της Νομαρχίας Ανατολικής Αττικής, το εξωτερικό πλαίσιο (box), καθώς και τις γραμμές-υποδισιρέσεις των συντεταγμένων του χάρτη. Στα αμοιογενή γραμμικά στοιχεία, προσδόθηκε κατά την ψηφιοποίηση και κάποιο κοινό (ID). Δόθηκε δηλ. κάποιο συγκεκριμένο ID για την ακτογραμμή και το όριο της λίμνης, κάπαια άλλο για τα όρια δήμων-κοινοτήτων, διαφορετικά για το όριο της Νομαρχίας, άλλο για το εξωτερικό πλαίσιο και άλλο για τις υποδιαιρέσεις τών μοιρών. Σ' αυτό το coverage επίσης εισήχθηκε και η ονοματολογία (Annotation).

c) DGATTIKD

Περιλαμβάνει το κύριο οδικό δίκτυο. Όλα τα γραμμικά στοιχεία εδώ έχουν κοινό ID.

d) DGATISO

Σ' αυτό ψηφιοποιήθηκαν όλες οι ισοϋψείς ανά 100 m. Σε κάθε ισοϋψή ο κωδικός της ταυτίζεται με το υψόμετρό της.

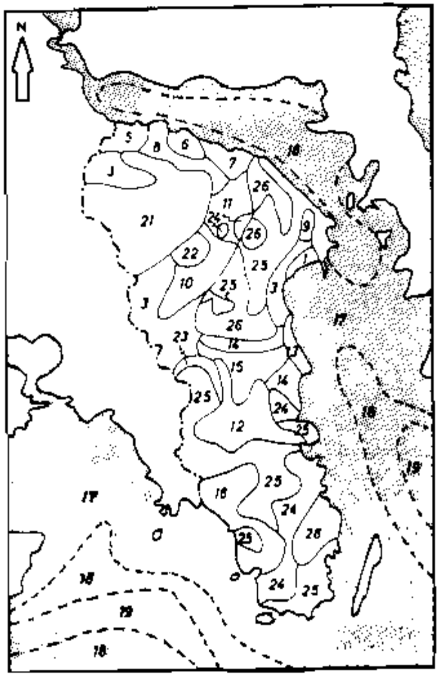
e) DGATGL

Περιλαμβάνει τα όρια των γεωλογικών σχηματισμών. Κοινό το ID για όλα, με εξαίρεση εκείνα τα όρια που ταυτίζονται με κάποιο ρήγμα ή τεκτονική επαφή όπου δίδεται διαφορετικό ID. Στο Σχ. 1 παρουσιάζεται απλοποιημένη η επικάλυψη των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής του Νεοτεκτονικού Χάρτη που συνοδεύεται με τον αντίστοιχο κωδικό που χαρακτηρίζει καθ'ένα από αυτούς (από το 1 έως το 27).

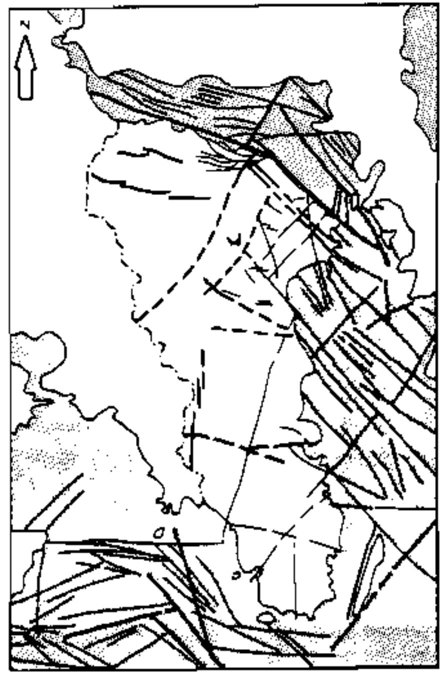
f) DGATR

Περιλαμβάνει τα ρήγματα, τα οποία για λόγους σχεδιαστικούς έχουν χωριστεί, με βάση την ταξινόμηση που αναφέρθηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο, στις εξής κατηγορίες:

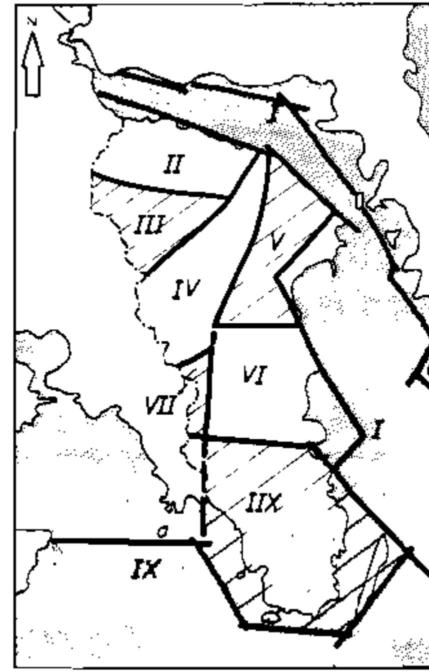
Σεισμικά με άλμα > 150 m.
Σεισμικά με άλμα < 150 m.
Ενεργά με άλμα > 150 m.
Ενεργά με άλμα < 150 m.
Πιθανά ενεργά με άλμα > 150 m.
Πιθανά ενεργά με άλμα < 150 m.
Ανενεργά με άλμα > 150 m.
Ανενεργά με άλμα < 150 m.
Υποθαλάσσια ρήγματα με άλμα > 150 m.
Υποθαλάσσια ρήγματα με άλμα < 150 m.



Σχ. 1. Η επικάλυψη (coverage) των γεωλογικών σχηματισμών απλοποιημένη για τις ανάγκες της παρουσίασης. Οι αριθμοί αντιστοιχούν στο ID που έχει δοθεί στους σχηματισμούς με όμοια τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά.



Σχ. 2. Η επικάλυψη (coverage) των ρηγμάτων της Ανατολικής Αττικής απλοποιημένη για τις ανάγκες της παρουσίασης. Με παχειά μαύρη γραμμή συμβολίζονται τα ρήγματα με άλμα > 150 m και με λεπτή αυτά με άλμα < 150 m.



Σχ. 3. Η επικάλυψη (coverage) των πρώτης τάξης ρηξιτεμαχών της περιοχής Ανατολικής Αττικής με το αντίστοιχο ID που τα χαρακτηρίζει. Οι διαγραμμισμένες περιοχές αντιστοιχούν σε τεκτονικά κέρατα, ενώ οι λευκές σε τεκτονικά βυθίσματα.

Προκειμένου να δοθεί το ID σε κάθε ρήγμα, πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη κατά την ψηφιοποίηση i) ποιά από τα ρήγματα εμφανίζονται με οδόντωση (φανερώνει το κατερχόμενο ρηξιτέμαχος), ii) προς ποιά κατεύθυνση είναι αυτή, iii) ποιά χωρίς οδόντωση, iv) ποιά με διακεκομένη γραμμή (συμβολίζει πιθανά ή καλυμμένα ρήγματα) και v) ποιά με συνεχόμενη (ρήγματα ορατά). Έτσι κοινό ID έχουν, θα μπορούσε να πει κανείς, τα «ομοειδή» ρήγματα. Π.χ. ορατά ενεργά ρήγματα με άλμα > 150 m και με κατερχόμενο το βόρειο ρηξιτέμαχος έχουν κοινό ID, τα οποίο διαφέρει όμως από εκείνα τα οποία αν και είναι επίσης ενεργά με άλμα > 150 m και χαράσσονται με συνεχάμενη γραμμή (ορατά), εμφανίζουν κατερχόμενο τα νότιο ρηξιτέμαχος (οδόντωση σε διαφορετική κατεύθυνση).

Στο Σχ. 2 παρουσιάζεται ένας απλοποιημένος χάρτης με την επικάλυψη των ρηγμάτων, όπου αυτά παρουσιάζονται ταξινομημένα ανάλογα με το μέγεθος του άλματος (μεγαλύτερο ή μικρότερο από 150 m.

g) DGATRIX

Έχουν ψηφιοπαιηθεί τα όρια των ρηξιτεμαχών από τον αντίστοιχο χάρτη. Ανάλογα με το σύμβολο κάθε γραμμής-ρηξιγενούς ζώνης που οριοθετεί τα ρηξιτεμάχη αυτά, δόθηκαν και τα αντίστοιχα ID. Στο Σχ. 3 παρουσιάζεται η επικάλυψη που αφορά στα ρηξιτεμάχη τα οποία συνοδεύονται με τον αντίστοιχο κωδικό (I έως IX) που τους έχει αποδοθεί.

h) DGATMK

Περιλαμβάνει τα όρια όλων των επί μέρους περιοχών, όπως αυτές έχουν σχεδιασθεί στο χάρτη των μορφολογικών κλίσεων. Ο χάρτης αυτός προέκυψε με την κλασσική μεθοδολογία, και όχι μέσω του Arc/Info, παρ' ότι η διαδικασία αυτή περιλαμβάνεται στις δυνατότητες του προγράμματος. Για να λειτουργήσει όμως η δυνατότητα αυτή πρέπει στην επικάλυψη του τοπογραφικού υποβάθρου να έχουν ψηφιοποιηθεί όχι μόνο οι ισοϋψείς των 100m αλλά και μικρότερες (ανά 20 m τουλάχιστον) ώστε να υπάρχει η απαραίτητη λεπτομέρεια για την αυτόματη σχεδίαση. Κατά την ψηφιοποίηση λοιπόν των ορίων των επιφανειών του χάρτη, δίδεται διαφορετικό ID:

στις μορφολογικές ασυνέχειες οι οποίες χωρίζουν περιοχές με διαφορά κλίσης > 30%,
στις ασυνέχειες που χωρίζουν περιοχές με διαφορά κλίσης μεταξύ 10% και 30% και
σε εκείνες που χωρίζουν περιοχές με διαφορά κλίσης < 10%.

I) DGATME

Σ' αυτό το coverage ψηφιοποιήθηκαν οι καμπύλες των μακροσεισμικών εντάσεων. Το ID κάθε καμπύλης ταυτίζεται με τον αριθμό που την χαρακτηρίζει, σύμφωνα με την κλίμακα Mercalli, και ανά μία μονάδα με συνηθέστερες τιμές από το III έως το X.

Διόρθωση λαθών

Μετά την ψηφιοποίηση και πριν από κάθε είδους ανάλυση, ακολουθεί η διόρθωση των ψηφιοποιημένων στοιχείων στον Arcedit. Η διαδικασία της διόρθωσης έχει να κάνει με λάθη κόμβων και τόξων που έγιναν κατά την ψηφιοποίηση, όπως πολύγωνα που δεν έχουν κλείσει ή άλλα παυ έκλεισαν ενώ δεν έπρεπε, λάθος αντιστοίχιση κωδικού σε κάποιο στοιχείο κ.λπ.

Αναγωγή των συντεταγμένων στο προβολικό σύστημα του Χάρτη

Η διαδικασία περιλαμβάνει την δημιουργία (μέσω της εντολής create) κάποιας νέας επικάλυψης (coverage) που αρχικά περιέχει μόνο tics, τόσα σε αριθμό όσα και της επικάλυψης που πρόκειται να μετασχηματιστεί. Η αρίθμηση των tics πρέπει να είναι ακριβώς ίδια και στα δύο coverages. Η αντιστοίχιση πραγματικών (χ, ψ) συντεταγμένων (UTM, κ.λπ. ανάλογα με το προβολικό σύστημα του χάρτη) γίνεται στα *tables*. Στη συνέχεια μέσω της εντολής transform μετασχηματίζεται το αρχικό - ψηφιοποιημένο coverage (όπου οι συντεταγμένες του δίνονται σε inches ψηφιοποιητή) στο νέο με τις νέες συντεταγμένες του προβολικού συστήματος του χάρτη.

Δημιουργία της βάσης δεδομένων

Η κάθε γεωγραφική ενότητα (επικάλυψη - coverage), μετά την ψηφιοποίηση περιέχει μόνο χωρική πληροφαρία. Στο στάδιο αυτό χτίζεται η τοπολογία σε κάθε coverage χωριστά, δηλ. δημιουργούνται οι χωρικές σχέσεις μεταξύ των γεωγραφικών σταιχείων του. Μέσω των εντολών clean και build δημιουργούνται και ενημερώνονται τα αρχείο:

PAT:	Polygons Attribute Table (Πίνακας χαρακτηριστικών που αφορούν επιφάνειες).
AAT:	Arcs Attribute Table (Πίνακας χαρακτηριστικών γραμμικών δεδομένων).
PAT:	Points Attribute Table (Πίνακας χαρακτηριστικών σημειακών δεδομένων).

Ενημέρωση των αρχείων αυτών γίνεται με την προσθήκη κάποιων κωδικών κοινών για τα ομοιογενή στοιχεία κάποιας κατηγορίας (υποκατηγορία), του συγκεκριμμένου coverage. Το σύνολο των αρχείων που συμπληρώνουν ολόκληρες γεωγραφικές ενότητες, αποτελεί την βάση δεδομένων. Σημοντική διευκόλυνση παρέχουν τα προγράμμοτο Data Base Manager που παρέχουν σειρές εντολών για την εύκολη διαχείρηση των αρχείων.

Σε ότι αφορά στο χτίσιμο της τοπολογίας των πολυγώνων η διαδικοσία συνοπτικά έχει όπως παρακάτω:

Για το τοπογραφικό υπόβαθρο επεξεργάζεται το αρχείο dgattik. Μετά την εφαρμογή των εντολών clean και build poly, οπότε στο coverage cattik που παράγεται ενημερώνεται το δημιουργηθέν αρχείο PAT, προσδίδονται χαρακτηριστικοί κωδικοί –label– σε κάθε πολύγωνο ως εξής: i) κοινό κωδικό για τα πολύγωνα που αντιστοιχούν σε δήμους και κοινότητες, ii) κοινό κωδικό για την υπόλοιπη περιοχή της Ανατολικής Αττικής και iii) κοινό κωδικό για τα πολύγωνα που αντιστοιχούν στην περιοχή εκτός μελέτης.

Η διαδικασία κλίνει με την επανάληψη της εντολής build poly όπου δίνεται το ενημερωμένο αρχείο PAT.

Για τους γεωλογικούς σχηματισμούς επεξεργάζεται το dgatgl. Ακολουθούνται τα ίδια στάδια όπως παραπάνω για τη δημιουργία βάσης δεδομένων στο coverage dgatgl. Μετά την εντολή clean παράγεται το catgl. Μετά την εντολή build poly προσδίδονται οι κωδικοί-label με κοινό label για κάθε κατηγορία γεωλογικών σχηματισμών, έτσι όπως έχουν χωριστεί με βάση τα γεωλογικά, γεωτεχνικά και σεισμογεωλογικά τους χαρακτηριστικά (από το 1 έως το 27, βλπ. και Σχ. 1).

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται για τις μορφολογικές κλίσεις. Επεξεργαζόμενο το dgatmk δίνει το catmk. Στο αρχείο PAT οι κωδικοί είναι κοινοί για επιφάνειες με την ίδια τιμή κλίσης σύμφωνα με την ταξινόμηση που δόθηκε.

Με τον ίδιο τρόπο, για το coverage των ρηξιτεμαχών, από το dgatrix παράγεται το catrix, όπου οι κωδικοί στο αρχείο PAT δίνονται για κάθε ένα ρηξιτέμαχος είτε αυτά αποτελεί βύθισμα είτε κέρας (με τιμές από I έως IX, βλπ. και Σχ. 3).

Προκειμένου να δημιουργηθεί ο χάρτης των επικέντρων των σεισμών ακολουθείται η εξής διαδικασία, η οποία δεν έχει να κάνει με ψηφιοποίηση αφού υπάρχουν έτοιμες βάσεις δεδομένων που περιέχουν όλα τα χαρακτηριστικά των σεισμικών γεγονάτων:

- Υπάρχει ένα αρχικό ASCII αρχείο (με το όνομα E1) στο οποίο περιέχονται τα εξής στοιχεία που αφορούν σε ένα σεισμικό γεγονάς:

Έτος
Μήνας
Ημερ/νία
Ώρα
Συντεταγμένες φ, λ
Εστιακό βάθος
Μέγεθος

- Με ειδικό λογισμικό που έχει κατασκευασθεί απομονώνονται μόνο οι γεωγραφικές συντεταγμένες φ και λ και αφού αντιστραφούν (έχοντας πλέον την μορφή λ και φ) αποθηκεύονται στο ASCII αρχείο με το όνομα epiclf. Μέσω της εντολής project και ενός sml file τα λ και φ μετατρέπονται σε συντεταγμένες UTM, δηλ. σε χ και ψ αντίστοιχα και περιέχονται στο file epicp, το οποίο μετασχηματίζεται στη μορφή:

1. χ_1 ψ_1
2. χ_2 ψ_2 κ.λπ.

- Στη συνέχεια το ASCII file epicp μετατρέπεται στο σημειακό coverage epicu μέσω της generate, ενώ στη συνέχεια δομείται η τοπολογία μέσω της build και δημιουργείται το αρχείο PAT.
- Προκειμένου να προβληθούν σε χάρτη τα επίκεντρα συναρτήσει του εστιακού βάθους και του μεγέθους του σεισμού, οργανώνεται στο epicp η βάση δεδομένων ως εξής: Αρχικά προσθέτονται 3 πεδία (items) στο PAT αρχείο του epicp με τα ονόματα "deep", "magnitude", "code". Στο πρώτο αντιστοιχίζονται τα εστιακά βάθη των επικέντρων, στο δεύτερο τα μεγέθη των σεισμών, ενώ στο τρίτο μέσα από το tables επιλέγονται επίκεντρα συγκεκριμένου βάθους και μεγέθους και προσδίδεται συγκεκριμένος κωδικός κοινός για ομοιογενή στοιχεία, ο οποίος καταγράφεται στο code. Ο τελευταίος κωδικός χρησιμοποιείται για την προβολή των επικέντρων στον Arcplot.

Όσον αφορά τα γραμμικά στοιχεία:
- ρήγματα
- όρια γεωλογικών σχηματισμών
- καμπύλες μακροσεισμικών εντάσεων
- όρια ρηξιτεμαχών

- ακτογραμμή - ισοϋψείς
- διοικητικά όρια
- οδικό δίκτυο

Οι κωδικοί έχουν δοθεί κατά την ψηφιοποίηση, έχουν διορθωθεί όπου ήταν απαραίτητο και στη συνέχεια είναι απαραίτητη μόνο η εφαρμογή της εντολής build line σε καθένα από τα coverage: dgatr, dgatgl, dgatme, dgatrix, dgattik, και dgattikd, όπου περιλαμβάνονται τα παραπάνω γραμμικά στοιχεία, με σκοπό τη δημιουργία των αρχείων AAT.

Οι κωδικοί των γραμμών (lines) ή των πολυγώνων (polys), χρησιμοποιούνται κατά τη σχεδίαση του Χάρτη στο τελικό στάδιο, στον Arcplot, αντιστοιχίζοντας στην κάθε κατηγορία, το κατάλληλο σύμβολο γραμμής στα γραμμικά στοιχεία ή χρώματος στο εσωτερικό των πολυγώνων.

Η δημιουργία της βάσης δεδομένων όμως δεν είναι αναγκαία μόνο για την σχεδίαση του Χάρτη. Αποτελεί απαραίτητη προυπόθεση για την εκμετάλλευση της δυνατότητας των G.I.S. ως προς την επεξεργασία - διαχείριση των δεδομένων ανάλογα με το στόχο κάθε εργασίας. Στο συγκεκριμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, στόχος είναι η κατασκευή ενός συστήματος λήψης αποφάσεων σχετικά με τον σωστό αντισεισμικό σχεδιασμό και προστασία.

Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητη η προσθήκη κάποιων επί πλέον πεδίων (items) στα αρχεία AAT και PAT καθεμιάς από τις επικαλύψεις (coverages) που περιγράφησαν, ώστε να ενημερωθούν με όλες τις απαραίτητες παραμέτρους οι οποίες χαρακτηρίζουν κάθε γεωλογικό, τεκτονικό ή σεισμολογικό στοιχείο (γραφική πληροφορία). Έτσι λοιπάν:

Στο coverage dgatr (ρήγματα) προστίθενται τα item: "strike", "dip", "length", "character", "throw", "region", "movement", όπου σε καθένα από αυτά αντιστοιχίζονται τα εξής χαρακτηριστικά κάθε ρήγματος:

"strike"	διεύθυνση ρήγματος
"dip"	κλίση ρηξιγενούς επιφάνειας
"length"	μήκος ρήγματος
"character"	χαρακτηρισμός του ρήγματος ανάλογα με την δραστηριότητα που παρουσιάζει (σεισμικό, ενεργό, πιθανά ενεργό, ανενεργό)
"throw"	άλμα του ρήγματος
"region"	χώρος εμφάνισης ενός ρήγματος (υποθαλάσσιο ή χερσαίο)
"movement"	είδος κίνησης (κανονικό, ανάστροφο, κ.λπ.)

Σε ορισμένες θέσεις-σημεία πάνω στο ίχνος του ρήγματος πολλές φορές δίνονται κάποια στοιχεία, όπως:

- το άλμα του ρήγματος στη συγκεκριμένη θέση,
- γεωμετρικά στοιχεία γραμμών προστριβής και
- κλίση και φορά μέγιστης κλίσης στο συγκεκριμένο σημείο.

Για τον παραπάνω λόγο δημιουργείται το σημειακό coverage ptatr όπου στο αρχείο PAT προστίθενται items τα οποία περιέχουν όλα τα χαρακτηριστικά των ρηγμάτων για τις συγκεκριμένες θέσεις.

Στα coverage catrix (ρηξιτεμάχη) προστίθενται τα item: "name", "movement", "rotation", όπου σε καθένα από αυτά αντιστοιχίζονται τα εξής χαρακτηριστικά κάθε ρηξιτεμάχους:

"name"	όνομα ρηξιτεμάχους
"movement"	σχετική κίνηση ρηξιτεμάχους (αναδική ή καθαδική)
"rotation"	γεωμετρικά στοιχεία άξονα περιστροφής ρηξιτεμάχους

Για τα σεισμολογικά δεδομένα εμπλουτίζεται η βάση δεδομένων των επικαλύψεων epicu και dgatme που περιέχουν επίκεντρα σεισμών και καμπύλες μακροσεισμικών εντάσεων αντίστοιχα.

Στο epicu, ήδη έχουν δημιουργηθεί τα items: "deep", "magnitude" και "code", όπως έχουν περιγραφεί, ενώ προστίθενται ακόμη τα: "date", "lf", "mechanism", "fault" και "reactivate", με την παρακάτω αντιστοίχιση:

"date"	ημερομηνία σεισμικού γεγονότος
"lf"	συντεταγμένες λ και φ επικέντρου
"mechanism"	μηχανισμός γένεσης σεισμού
"fault"	ρηξιγενής επιφάνεια με την οποία πιθανώς σχετίζεται το σεισμικό γεγονός
"reactivate"	αφορά στο αν το σεισμικό γεγονός συνοδεύεται από επαναδραστηριοποίηση ρηγμάτων ή δημιουργία σεισμικών διαρρήξεων

Στα dgatme, των μακροσεισμικών εντάσεων προστίθεται το item "date" όπου αντιστοιχίζεται η ημερομηνία των σεισμικών γεγονότων.

Τέλος στο coverage catgl, των γεωλογικών σχηματισμών, προσθέτονται τα item: "formation", "lithology", "age" και "thickness", όπου αντιστοι-

χίζονται τα χαρακτηριστικά κάθε γεωλογικού σχηματισμού, όσον αφ
τη γεωλογία με την παρακάτω αντιστοίχιση:

"formation"	όνομα σχηματισμού που στα αλπικά συνοδεύεται και από το όνομα της γεωτεκτονικής ενότητας
"lithology"	περιγραφή λιθολογικών χαρακτηριστικών
"age"	ηλικία σχηματισμού είτε γενικευμένη (π.χ. αλπικό, μεταλπικό, μεσοζωικό, κ.λπ.) είτε συγκεκριμένη βαθμίδα.
"thickness"	πάχος σχηματισμού

Στην ίδια επικάλυψη προστίθενται και τα item: "geotechnic", "disaste
"response", "classify" που αφορούν στα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά
σχηματισμών με την παρακάτω αντιστοίχιση:

"geotechnic"	γενικός χαρακτηρισμός της κατάστασης της βραχομάζας (καλή, κακή, μέτρια, κ.λπ.) με βάση τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν στο αντίστοιχο κεφάλαιο (αριθμός και είδος διαρρήξεων, παρουσία αργιλικών στοιχείων, καρστικοποίηση, εξαλλοιώσεις, κ.λπ.)
"disasters"	παρουσία καταστροφικών φαινομένων όπως κατολισθήσεις, καθιζήσεις, καταπτώσεις, ερπυσμοί, κ.λπ.
"response"	αντίδραση του σχηματισμού κάτω από την σεισμική φόρτιση (καλή, κακή, μέτρια, κ.λπ.) με βάση τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν στο αντίστοιχο κεφάλαιο (πυκνότητα, ταχύτητα μετάδοσης σεισμικών κυμάτων, παρουσία υδροφόρου ορίζοντα, κ.λπ., βλπ. και item "geotechnic")
"classify"	ταξινόμηση της περιοχής που ανήκει ο σχηματισμός με βάση τον πρόσφατο αντισεισμικό κώδικα του ΟΑΣΠ (I: ασθενώς σεισμόπλεικτες περιοχές, II: μετρίως και III: ισχυρώς.

Στη συνέχεια θα δώσουμε ορισμένα συγκεκριμένα παραδείγματα
τον Νεοτεκτονικό Χάρτη της Ανατολικής Αττικής που αφορούν στην

λική οργάνωση της βάσης δεδομένων για κάθε μία επικάλυψη, είτε αυτή αφορά επιφάνειες (π.χ. γεωλογικοί σχηματισμοί) είτε γραμμικά στοιχεία (π.χ. ρήγματα). Γίνεται προφανές ότι για λόγους χώρου δεν θα παρουσιασθεί το σύνολο της βάσης για κάθε μία επικάλυψη αλλά για ορισμένα μόνο στοιχεία της βάσης (π.χ. για 3-4 γεωλογικούς σχηματισμούς και για αντίστοιχο αριθμό ρηγμάτων).

Σημειώνεται ότι σε κάθε μία βάση δεδομένων, εκτός από τα πεδία που αναφέρθηκαν προηγουμένως, εμφανίζονται και ορισμένα ακόμη τα οποία δημιουργούνται αυτόματα από το ίδιο το πρόγραμμα και αφορούν κυρίως:

στην εσωτερική αρίθμηση καταλόγου για κάθε ένα πολύγωνο ή γραμμικό στοιχείο χωριστά ("recno", "catgl", & "recno", "gdatr" αντίστοιχα),

στο μήκος της περιμέτρου ενός πολυγώνου ("perimeter"),

στο εμβαδόν ενός πολυγώνου ("area"),

στο μήκος μιας γραμμής ("length"),

στην αρίθμηση αρχικού και τελικού κόμβου για μια γραμμή ("fnode" & "tnode"),

στην αρίθμηση αριστερού και δεξιού πολυγώνου ("lpoly" & "rpoly") και

στον κοινό κωδικό (user-ID), που έχει δοθεί από τον χρήστη σε πολύγωνα και γραμμές με τα ίδια χαρακτηριστικά (αντιστοιχεί στις αριθμήσεις που παρουσιάζονται στα αντίστοιχα κεφάλαια ή στα παραδείγματα των Σχ. 1, 2 & 3).

Στον ΠΙΝΑΚΑ I της επόμενης σελίδας παρουσιάζονται επιλεγμένα παραδείγματα (σχηματισμοί που αφορούν σε σημαντικές χρήσεις γής) από την βάση δεδομένων που έχει διαμορφωθεί για τους γεωλογικούς σχηματισμούς. Είναι αυτονόητο, όπως και προηγουμένως αναφέρθηκε, ότι είναι αδύνατο να παρουσιασθεί η βάση και για τους 27 διαφορετικούς τύπους (διαφορετικό ID, βλπ. Σχ. 1), που έχουν ταξινομηθεί και παρουσιάζονται στο Νεοτεκτονικό Χάρτη. Ακολουθεί το παράδειγμα από την οργάνωση της βάσης δεδομένων που αφορά στην επικάλυψη των ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών (γραμμικά στοιχεία) του Νεοτεκτονικού Χάρτη.

A/A* → ↓ ΠΕΔΙΟ	44	56	21	14
recno	44	56	21	14
Area	1.8789	3.5676	18.7654	1.9876
Perimeter	6.5175	7.4325	21.9861	6.3457
Catgl	44	56	21	14
Catgl - ID	25	24	11	3
Formation	Ενότητα Αττικής	Ενότητα Λαυρίου	Σχηματισμός Καπανδριτίου	Αλλούβια
Lithology	Μάρμαρα με ενδιαστρώσεις σχιστολίθων στη βάση	Τεκτονικό melange αποτελούμενο από σχιστολίθους και μεταβασικά πετρώματα	Πολύμεικτα κροκαλολατυποπαγή από μεταμορφωμένες κροκάλες διαμέτρου από λίγα cm μέχρι και 1 m	Ασύνδετα μεταξύ τους υλικά, άργιλοι, άμμοι, κροκάλες και λατύπες
Age	Μεσοζωικό	Κρητιδικό?	Αν. Μειόκαινο	Ολόκαινο
Thickness	1000 m	500 m	50 m - 200 m	20 m
Geotechnic	Καλή - Πολύ καλή	Μέτρια - Κακή	Καλή - Μέτρια	Κακή - Μέτρια
Disasters	Όχι	Κατολισθήσεις	Σπάνιες κατολισθήσεις	Καθιζήσεις
Response	Καλή	Μέτρια	Καλή - Μέτρια	Κακή - Μέτρια
Classify	I	I	I	I

ΠΙΝΑΚΑΣ I

(*) Ο Α/Α των σχηματισμών (πολύγωνα) και των ρηγμάτων (γραμμικά στοιχεία) που παρουσιάζονται στους παραπάνω Πίνακες είναι κοινός με την εσωτερική αρίθμηση του Arc/info ώστε να είναι πάντα γνωστή η αναφορά σε κάθε πολύγωνο.

A/A* → ↓ ΠΕΔΙΟ	171	172	173	35	307	236	140
recno	171	172	173	35	307	236	140
Fnode	378	380	382	96	654	505	
Tnode	379	381	383	97	655	506	
Lpoly	0	0	0	0	0	0	
Rpoly	0	0	0	0	0	0	
Dgatr	171	172	173	35	307	236	140
Dgatr - ID	27	27	27	28	22	20	12
Strike	E - W	E - W	E - W	WNW - ESE	WNW - ESE	NW - SE	NW - SE
Dip	προς S	προς S	προς S	προς NNE	76/025	80/042	68/039
Length	1.4975	1.6516	4.0265	11,3965	2.1169	1.2752	9.3456
Character	Ενεργό	Ενεργό	Ενεργό	Σεισμικό?	Πιθανά Ενεργό	Ενεργά	Ανενεργά
Throw	> 150 m	> 150 m	> 150 m	> 150 m	> 150 m	> 150 m	> 150 m
Region Movement	Υποθαλ. Ορθο - κανονικό	Υποθαλ. Ορθο - κανονικό	Υποθαλ. Ορθο - κανονικά	Υποθαλ. Ορθο - κανονικό	Χερσαίο Ορθο - κανονικά	Χερσαίο Ορθο - κανονικό	Χερσαίο Πάρα - κεκλιμένο

ΠΙΝΑΚΑΣ II

(*) Ο Α/Α των σχηματισμών (πολύγωνα) και των ρηγμάτων (γραμμικά στοιχεία) που παρουσιάζονται στους παραπάνω Πίνακες είναι κοινός με την εσωτερική αρίθμηση του Arc/info ώστε να είναι πάντα γνωστή η αναφορά σε κάθε πολύγωνο.

Γεωγραφική ανάλυση βάσης δεδομένων - Δημιουργία συστήματος λήψης απόφασης

Αφού λοιπόν εμπλουτιστεί η βάση των δεδομένων όσο το δυνατόν με περισσότερη πληροφορία αλλά και αφού δομηθεί όσο το δυνατόν καλύτερα ως προς τον τρόπο εισαγωγής και ταξινόμησης αυτής της πληροφορίας, μπορεί να ξεκινήσει η διαχείρηση-ανάλυση της βάσης μέσω των προγραμμάτων Data Base Manager, ώστε να δοθούν οι απαντήσεις στα ερωτήματα που τέθηκαν σαν στόχος από την αρχή. Ανά πάσα στιγμή βέβαια η βάση μπορεί να διορθώνεται ή να εμπλουτίζεται με νέα στοιχεία, ανάλογα με τα νεότερα δεδομένα και τις εκάστοτε εξελίξεις και ανάγκες.

Ένα απλοποιημένο παράδειγμα γεωγραφικής ανάλυσης βάσεων δεδομένων, από την περιοχή της Ανατολικής Αττικής, περιλαμβάνει τα παρακάτω ατάδια:

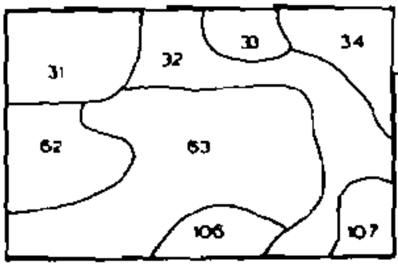
- Έστω ότι στα διοικητικά όρια ενός Δήμου θέλουμε να ανεγείραυμε νοσοκομειακή μονάδα με τις παρακάτω προϋποθέσεις: 1) να θεμελιωθεί στο γεωλαγικό σχηματισμό «Καλάμου» επειδή παρουσιάζει πολύ καλά γεωτεχνικά χαρακτηριστικά, 2) η περιοχή από μορφολογική άποψη να είναι σχετικά οριζόντια και 3) να μην αναμένονται μακροσεισμικές εντάσεις μεγαλύτερες από VII.
- Αρχικά μέσω της εντολής split ή clip (ανάλογα με το πως θα αποδωθεί το τελικό output coverage) απομονώνεται η συγκεκριμένη περιοχή (δηλ. τα διοικητικά όρια του Δήμου) στα παρακάτω input coverages (ανάλογα με τον τελικό στόχο της διαδικασίας, Εικ. 4): i) των γεωλογικών σχηματισμών ("catgl"), ii) των μέσων κλίσεων ("catmk") και iii) των μακροσεισμικών εντάσεων ("catme"). Καθ' ένα από αυτά φυσικά σχετίζεται με κάποιο αρχείο PAT το οποίο περιέχει όλα τα συγκεκριμένα items με τις παραμέτρους που τα χαρακτηρίζουν. Επισημαίνεται ότι το user-ID που έχει δοθεί σε κάθε πολύγωνο κάθε μιας επικάλυψης αντιπροσωπεύει σε γενικές γραμμές το σύναλα των χαρακτηριστικών της περιοχής που περιλαμβάνεται σ'αυτό. Π.χ. το ID «3» της επικάλυψης των γεωλογικών σχηματισμών χαρακτηρίζει τις αλλούβιες αποθέσεις (αντιπροσωπεύουν έναν συνολικό αριθμό 26 πολυγώνων στο Νεοτεκτονικό Χάρτη και 2 πολυγώνων στην επιλεγείσα περιοχή του παραδείγματος) που παρουσιάζουν κοινά τεχνικογεωλαγικά και σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά. Για τον παραπάνω λόγο στο παράδειγμα της ανάλυσης της βάσης που περιγράφεται στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιηθούν ως χαρακτηριστικά ανάλυσης τα ID

των πολυγώνων και τα items: "formation", "slopes" και "intensity" που περιέχονται στις βάσεις δεδομένων των γεωλογικών σχηματισμών ("catgl"), των μέσων κλίσεων ("catmk") και των μακροσεισμικών εντάσεων ("catme") αντίστοιχα. Βέβαια, αν κανείς θέλει να λάβει υπ'όψη του περισσότερα items η διαδικασία παραμένει η ίδια.

- Στη συνέχεια μέσω των εντολών union, identity, ή intersect, (ανάλογα με την ακρίβεια της ανάλυσης που επιθυμούμε), συσχετίζονται ανά δύο τα coverages μεταξύ τους δίνοντας ένα τελικό καινούργιο coverage (το output coverage "cat2") το οποίο είναι πλέον χωρισμένο σε ένα αριθμό πολυγώνων (τα οποία έχουν προκύψει από την αλληλοεπικάλυψη των τριών αρχικών coverages) αριθμημένα με τους εσωτερικούς τους κωδικούς. Τα νέα πολύγωνα περιέχουν όλη την γραφική πληροφορία των τριών αρχικών coverages, συνδυάζοντας όλα τα items (και user-ID) που περιελάμβανε καθένα από αυτά.
- Με βάση τα παραπάνω είναι εύκολο να απομονωθεί κάποια συγκεκριμένη περιοχή (αποτελούμενη από ένα ή περισσότερα πολύγωνα) που θα παρουσιάζει συγκεκριμένα στοιχεία για συγκεκριμένα items (ανάλογα πάντα με τον τελικό στόχο). Στο παράδειγμά μας (Σχ. 4), στο τελικό output coverage που προέκυψε παρουσιάζεται ένας αριθμός 31 πολυγώνων καθένα από τα οποία στη βάση δεδομένων που το συνοδεύει χαρακτηρίζεται (εκτός των υπολοίπων) και από τρία items ("formation", "slopes" και "intensity") όπου το πρώτο αντιστοιχεί στο ID του γεωλογικού σχηματισμού που ανήκει, το δεύτερο στο ID των μέσων κλίσεων και το τρίτο στο ID των μακροσεισμικών εντάσεων.
- Τέλος, μέσω των εντολών reselect και calculate, προσδίνουμε κοινό ID σε όσα από τα πολύγωνα του τελικού output coverage "cat2" εμφανίζουν τις παρακάτω παραμέτρους στα αντίστοιχα items: (Τα πολύγωνα αυτά είναι τα υπ' αρίθμ. 1 & 14, βλπ. Σχ. 4).

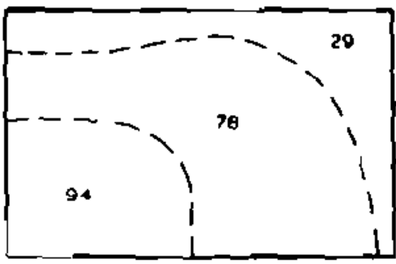
"formation":	Σχηματισμός Καλάμου
"catgl-ID":	7
"slopes":	Οριζόντιες
"catmk-ID":	1
"intensity":	< VII
"catme-ID":	>6

Input coverage catgi



catgi		
#	ID	"formation"
31	5	Σχηματισμός "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"
32	8	Σχηματισμός "Μαλακάσας"
33	6	Σχηματισμός "Σκάλας Ωρωπού"
34	7	Σχηματισμός "Καλάμου"
62	3	Αλλουβιακές αποθέσεις
63	21	Ενότητα "Ανατολικής Ελλάδας"
106	3	Αλλουβιακές αποθέσεις
107	5	Σχηματισμός "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"

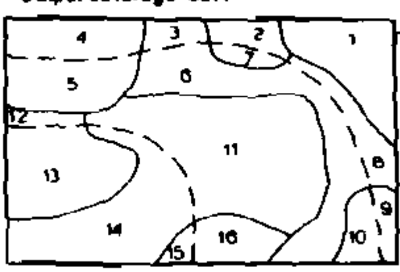
Union coverage catmk



catmk		
#	ID	"slopes"
29	1	Οριζόντιες
78	2	5% - 15%
94	3	15% - 30%

cat1	catgi			catmk		
#	#	ID	"formation"	#	ID	"slopes"
1	34	7	Σχηματισμός "Καλάμου"	29	1	Οριζόντιες
2	33	6	Σχηματισμος "Σκάλας Ωρωπού"	29	1	Οριζόντιες
3	32	8	Σχηματισμός "Μαλακάσας"	29	1	Οριζόντιες
4	31	5	Σχηματισμός "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"	29	1	Οριζόντιες
5	31	5	Σχηματισμός "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"	78	2	5% - 15%
6	32	8	Σχηματισμός "Μαλακάσας"	78	2	5% - 15%
7	33	6	Σχηματισμός "Σκάλας Ωρωπού"	78	2	5% - 15%
8	32	8	Σχηματισμός "Μαλακάσας"	29	1	Οριζόντιες
9	107	5	Σχηματισμός "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"	29	1	Οριζόντιες
10	107	5	Σχηματισμός "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"	78	2	5% - 15%
11	63	21	Ενότητα "Ανατολικής Ελλάδας"	78	2	5% - 15%
12	62	3	Αλλουβιακές αποθέσεις	78	2	5% - 15%
13	62	3	Αλλουβιακές αποθέσεις	94	3	15% - 30%
14	63	21	Ενότητα "Ανατολικής Ελλάδας"	94	3	15% - 30%
15	106	3	Αλλουβιακές αποθέσεις	94	3	15% - 30%
16	106	3	Αλλουβιακές αποθέσεις	78	2	5% - 15%

Output coverage cat1

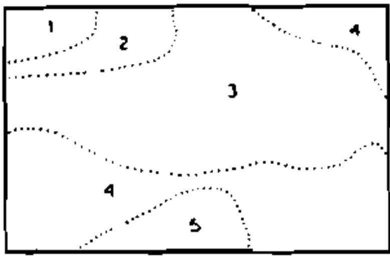


Input coverage cat1

Συνέχεια στην επόμενη σελίδα ....

.... συνέχεια από την προηγούμενη σελίδα.

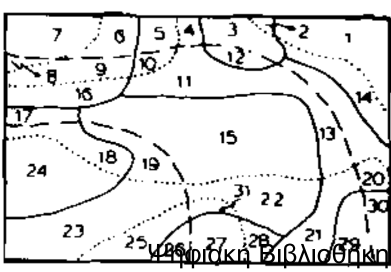
Union coverage **catme**



catme		
#	ID	"Intensity"
1	4	> IIX
2	5	IIX - VII
3	6	VII - VI
4	7	VI - V
5	8	V - IV

cat2	cat1							catme		
		catgl			catmk					
#	#	#	ID	"formation"	#	ID	"slopes"	#	ID	"Intensity"
1	1	34	7	Σχημ. "Καλάμου"	29	1	Οριζ.	4	7	VI - V
2	2	33	6	Σχημ. "Σκάλας Ωρωπού"	29	1	Οριζ.	4	7	VI - V
3	2	33	6	Σχημ. "Σκάλας Ωρωπού"	29	1	Οριζ.	3	6	VII - VI
4	3	32	8	Σχημ. "Μαλακάσας"	29	1	Οριζ.	3	6	VII - VI
5	3	32	8	Σχημ. "Μαλακάσας"	29	1	Οριζ.	2	5	IIX - VII
6	4	31	5	Σχημ. "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"	29	1	Οριζ.	2	5	IIX - VII
7	4	31	5	Σχημ. "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"	29	1	Οριζ.	1	4	> IIX
8	5	31	5	Σχημ. "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"	78	2	5%-15%	1	4	> IIX
9	5	31	5	Σχημ. "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"	78	2	5%-15%	2	5	IIX - VII
10	6	32	8	Σχημ. "Μαλακάσας"	78	2	5%-15%	2	5	IIX - VII
11	6	32	8	Σχημ. "Μαλακάσας"	78	2	5%-15%	3	6	VII - VI
12	7	33	6	Σχημ. "Σκάλας Ωρωπού"	78	2	5%-15%	3	6	VII - VI
13	8	32	8	Σχημ. "Μαλακάσας"	29	1	Οριζ.	3	6	VII - VI
14	1	34	7	Σχημ. "Καλάμου"	29	1	Οριζ.	3	6	VII - VI
15	11	63	21	Ενότητα "Ανατολικής Ελλάδας"	78	2	5%-15%	3	6	VII - VI
16	5	31	5	Σχημ. "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"	78	2	5%-15%	3	6	VII - VI
17	12	62	3	Αλλουβιακές αποθέσεις	78	2	5%-15%	3	6	VII - VI
18	13	62	3	Αλλουβιακές αποθέσεις	94	3	15%-30%	3	6	VII - VI
19	14	63	21	Ενότητα "Ανατολικής Ελλάδας"	94	3	15%-30%	3	6	VII - VI
20	8	32	8	Σχημ. "Μαλακάσας"	29	1	Οριζ.	4	7	VI - V
21	6	32	8	Σχημ. "Μαλακάσας"	78	2	5%-15%	4	7	VI - V
22	11	63	21	Ενότητα "Ανατολικής Ελλάδας"	78	2	5%-15%	4	7	VI - V
23	14	63	21	Ενότητα "Ανατολικής Ελλάδας"	94	3	15%-30%	4	7	VI - V
24	13	62	3	Αλλουβιακές αποθέσεις	94	3	15%-30%	4	7	VI - V
25	14	63	21	Ενότητα "Ανατολικής Ελλάδας"	94	3	15%-30%	5	8	V - IV
26	15	106	3	Αλλουβιακές αποθέσεις	94	3	15%-30%	5	8	V - IV
27	16	106	3	Αλλουβιακές αποθέσεις	78	2	5%-15%	5	8	V - IV
28	16	106	3	Αλλουβιακές αποθέσεις	78	2	5%-15%	4	7	VI - V
29	10	107	5	Σχημ. "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"	78	2	5%-15%	4	7	VI - V
30	9	107	5	Σχημ. "Συκαμίνου-Χαλκουτσίου"	29	1	Οριζ.	4	7	VI - V
31	11	63	21	Ενότητα "Ανατολικής Ελλάδας"	78	2	5%-15%	5	8	V - IV

Output coverage **cat2**



Εικ. 4: Απλοποιημένο παράδειγμα ανάλυσης της βάσης δεδομένων που έχει δημιουργηθεί για τον Νεοτεκτονικό Χάρτη της Ανατολικής Αττικής. Τα πολύγωνα που επελέγησαν με βάση την ανάλυση είναι τα υπ' αρίθμ. 1 & 14.

Εκτύπωση των χαρτών

Προκειμένου να εκτυπωθούν χάρτες με κάποια θεματική πληροφορία, πρέπει πρώτα να επεξεργασθούν με τον Arcplot. Όπως έχει αναφερθεί για κάθε ένα coverage χρησιμοποιούνται τα αρχεία AAT, PAT και PAT και με μια σειρά εντολών επιλέγονται και εμφανίζονται σε κάθε χάρτη τα επιθυμητά στοιχεία, ανάλογα με το σύμβολο ή χρώμα το οποίο έχει οριστεί για το καθένα από αυτά. Τα σύμβολα γραμμών σημείων ή χρωμάτων υπάρχουν σε αρχεία μέσα στο Arc/Info. Είναι όμως δυνατή η παραγωγή νέων, εφόσον ο κατάλογος του συστήματος δεν καλύπτει τις ανάγκες κάποιας εργασίας. Στην περίπτωση του Νεοτεκτονικού Χάρτη της Ανατολικής Αττικής κατασκευάσθηκαν μέσα στο Lineedit μια σειρά από τέτοια σύμβολα (ρήγματα με οδόντωση, εφιππεύσεις, επωθήσεις, παράταξη στρωμάτων, κ.λπ.) ώστε να καλυφθούν όλες οι ανάγκες. Αυτά περιέχονται στο αρχείο Iatikki, το οποίο κάθε φορά καλείται κατά τη σύνθεση του χάρτη, πριν κλιθεί το κάθε στοιχείο το οποίο θα σχεδιασθεί με κάποιο συγκεκριμένο σύμβολο. Κάθε χάρτης φυσικά μπορεί να περιέχει είτε ολόκληρη πληροφορία είτε μέρος αυτής και η οποία μπορεί να προέρχεται είτε μόνο από ένα συγκεκριμένο coverage είτε από πολλά διαφορετικά. Για κάθε χάρτη που πρόκειται να κατασκευαστεί δημιουργείται ένα sml αρχείο όπου καθορίζονται ορισμένες παράμετροι όπως: i) τα όρια του χάρτη, ii) οι μονάδες του, iii) η κλίμακα, iv) η θέση που θα πάρει ως προς κάποιο εξωτερικό πλαίσιο, v) η γωνία περιστροφής, αν χρειάζεται, vi) το μέγεθος και οι μονάδες της σελίδας κ.ά.

Ευχαριστίες: Η παρούσα εργασία αποτελεί τμήμα του εφαρμοσμένου ερευνητικού προγράμματος «Νεοτεκτονικός Χάρτης Ανατολικής Αττικής», που χρηματοδοτήθηκε από την ομώνυμη Νομαρχία την οποία και ευχαριστούμε.

Βιβλιογραφία

Comninakis P. & Papazachos B. (1986). A catalogue of *earthquakes in* Greece and the surrounding area for the period 1901-1985. *Geoph. Lab. Pabl. No1,* Thessaloniki 1986.

Drakopoulos J. & Delibasis N. (1982). The focal mechanism of earthquakes in the major area of Greece for the period 1947-1981. *Seismol. Lab. Griv.* Athens, Publ. 2, 72 p.

Driel N.-Unger J.-Coats G. (1992). Three-Dimentional Geologic Maps. *Geol.* [illegible] 122, 101-132

Γαλανόπουλος Α. (1955). Σεισμική γεωγραφία της Ελλάδος. *Ann. Geol. Pays Hell.*, XI, 83-121.

Γαλανόπουλος Α. (1980). Οι βλαβεροί σεισμοί και το σεισμικό δυναμικό της Ελλάδος. *Ann. Geol. Pays Hell.*, XXX/2, 647-720.

Καρτέρης Μ. (1991-1992). Τηλεπισκόπηση Φυσικών πόρων και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. *Πανεπιστημιακές παραδόσεις Α.Π.Θ.*

Kertesz A. & Markus B. (1992). GIS Applications in Geomorphology and in Geomorphological Mapping. *Geol. Jb.*, A 122, 381-387.

Lehmeir F. & Kothe R. (1992). Geomorphological data as a Component of a Geoascientific Information System. *Geol. Jb.*, A 122, 371-380.

Lepsius R. (1893). Geologie von Attika. Ein Beitrag zur Lehre vom Metamorphismus der Gesteine. *196S, Berlin 1893 & μετάφραση Γ. Βουγιούκα*, Βιβλιοθήκη Μαρασλή, 592 σ., Αθήνα 1906.

Lillesand T.M. & Kiefer, R.W. (1979). Remote Sensing and Image Interpretation. *John Willey and Sons*, N. York, 612 pp.

Λόζιος Σ. (1993). Τεκτονική ανάλυση μεταμορφωμένων σχηματισμών ΒΑ Αττικής. *Διδ. διατρ.*, Αθήνα 1993, 312 σελ.

Makropoulos K.-Burton P. (1981). A catalogue of seismicity in Greece and adjacent areas. *Geophys. S. R. astron. Soc.*, 65, 741-762.

Μαρίνος Γ. & Petracheck W. (1956): Λαύριον. *Γεωλ. Γεωφ. Μελ.*, IV/1, 247 σ.

Μέττος Α. (1992). Γεωλογική και Παλαιογεωγραφική μελέτη των ηπειρωτικών νεογενών και τεταρτογενών σχηματισμών ΒΑκής Αττικής και ΝΑκής Βοιωτίας. *Διδακτορική διατριβή*, 259 σ., Αθήνα 1992.

Papanikolaou D & Baud A. (1982). Complexes a blocks et series a caractere flysch au passage Permian-Trias en Attique (Grece orientale). *9e R.A.S.T., Soc. Geol. France edit.*, Paris 1982, p. 492.

Παπανικολάου Δ.-Μαριολάκος Η.-Λέκκας Ε.-Λόζιος Σ. (1988a). Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στη λεκάνη του Ασωπού και την παραλιακή ζώνη Ωρωπού. Συμβολή στη νεοτεκτονική της βόρειας Αττικής. *Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.*, XX, 251-267.

Papanikolaou D.-Lykousis V.-Chronis G. & Pavlakis, P. (1988). A comparative study of neotectonic basins across the Hellenic arc: the Messiniakos, Argolikos, Saronikos and S.Evoikos Gulfs. *Basin Research*, 1, 167-176.

Παπανικολάου Δ.-Χρόνης Γ.-Λυκούσης Β.-Παυλάκης Π. με την συμβολή των Ρουσσόκη Γ. & Συσκάκη Δ. (1989). Υποθαλάσσιος Νεοτεκτονικός Χάρτης Νάτιου Ευβοϊκού κόλπου. *Έκδοση ΟΑΣΠ - ΕΚΘΕ- Τομέα Δυν. Τεκτ. Εφαρ. Γεωλ.*, Αθήνα 1989.

Παπανικολάου Δ.-Χρόνης Γ.-Λυκούσης Β.-Παυλάκης Π. με την συμβολή των Ρουσσάκη Γ. και Συσκάκη Δ. (1989a). Υποθαλάσσιος νεοτεκτονικός χάρτης Σαρωνικού κόλπου. Έκδοση ΟΑΣΠ-ΕΚΘΕ-Τομ. Δυν. Τεκτ. Εφαρ. Γεωλ., Αθήνα 1989.

Παπανικολάου Δ. & Λόζιος Σ. (1990). Συγκριτική νεοτεκτονική δομή έντονης (Κορινθία) και ασθενούς (Αττική-Κυκλάδες) δροστηριότητας. *Συνεδρία της Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., Περίληψη Γεωενημέρωση*, Περ. Β, Τ. 9-10, σ. 7.

Παπανικολάου Δ. & Λόζιος Σ. (1991). Κινηματική και δυναμική της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης κοι γεωμετρία των νεοτεκτονικών ρηγμάτων του Β. Αιγαίου και της Αττικοκυκλαδικής. Μέρος Β': Περιοχή Αττικοκυκλαδικής. *Ερευν. Προγρ. ΠΕΝΕΔ 87-88 της Γ.Γ.Ε.Τ., Αριθ. Προγραμ. 87 ΕΔ 51*, Θεσσαλονίκη 1991.

Preuss H. (1992). Mapping using Intergrated Raster and Vector Data. *Geol. Jb.*, A 122, 167-176.

Wright B. & Stewart D. (1990). Digitization of a Geologic Map for the Quebec-Maine-Gulf of Maine Global Geoscience Trancect. *U.S.Geol. Sur., Circular* 1041, 16 p.

Χάρτης ενεργών ρηγμάτων του Ελληνικού τόξου. Δημιουργία βάσης δεδομένων με τη χρήση γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών

Δ. Παπανικολάου, †Μ. Μουτσούλας*, Ε. Λέκκας*, Σ. Βασιλοπούλου*, Ι. Παπούλια**, Δ. Φουντούλης**, Π. Καρβέλης* και Ε. Λόγος**

** Τομέας Δυναμικής - Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας Πανεπιστήμιο Αθηνών, 157 84, Αθήνα*

*** Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας Μεσογείων 226, 155 61 Αθήνα*

Περίληψη

Παρουσιάζεται η μεθοδολογία κατασκευής του «Χάρτη Ενεργών Ρηγμάτων του Ελληνικού Τόξου» σε κλίμακα 1/500.000, μέσω της χρήσης G.I.S. Για την κατασκευή λαμβάνονται υπόψη και αξιολογούνται στοιχεία γεωλογικών χαρτών, δορυφορικών εικόνων Landsat και Spot, αεροφωτογραφιών, νεοτεκτονικών εργασιών, καθώς και κατανομής των σεισμών στον Ελληνικό χώρο. Ολα τα επιμέρους δεδομένα ψηφιοποιούνται με το ARC/INFO σε έναν αριθμό διαφορετικών επικαλύψεων που περιλαμβάνουν: α) ένα απλοποιημένο τοπογραφικό υπόβαθρο, β) τα ρήγματα ταξινομημένα ανάλογα με τα χαρακτηριστικ σε σεισμικά, ενεργό, πιθανά ενεργά, ανενεργά και γ) σεισμολογικά και σεισμοτεκτονικό δεδομένο. Στόχος, η δημιουργία βάσης δεδομένων των ενεργών και σεισμικών ρηγμάτων από όπου θα αντλούνται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για καθένα από αυτό.

Abstract

The methodology for the construction of the "Map of Active Faults of the Hellenic Arc" with the use of G.I.S. is presented. For the procedure, data were acquired from geologic maps, Landsat and Spot satellite images, airphotos, neotectonic studies and the epicentre distribution in the Hellenic region. All the data were digitized by ARC/INFO, on a number of overlapping layers which comprise: a) a simplified topographic basement, b) the faults, classified according to their features into seismic, active, probably active and inactive and c) some seismological and seismotectonic data concerning the earthquake epicentre classified by magnitude, depth and focal mechanism. The aim is the creation of a relational data base for active and seismic faults, from which all the necessary information for each one will be acquired.

Εισαγωγή

Ο Χάρτης Ενεργών Ρηγμάτων του Ελληνικού Τόξου, σε κλίμακα 1/500.000, αποτελεί αντικείμενο Ερευνητικού Προγράμματος που ανατέθηκε στον Τομέα Δυναμικής-Τεκτονικής-Εφαρμοσμένης Γεωλογίας του Γεωλογικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών, από τον Οργανισμό Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ) και την Γενική Γραμματεία Ερευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ).

Ο χάρτης αυτός παρέχει πληροφορίες για τα γεωμετρικά, κινηματικά και δυναμικά χαρακτηριστικά των ενεργών ρηγμάτων, με σκοπό την όσο το δυνατόν πληρέστερη κατανόηση του νεοτεκτονικού εντατικού πεδίου στο Ελληνικό Τόξο.

Εξαιτίας των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ), κρίθηκε απαραίτητο όλα τα δεδομένα να επεξεργαστούν με κάποιο ΓΣΠ και στην προκειμένη περίπτωση επιλέχτηκε το ARC/INFO.

Στόχος βέβαια δεν ήταν μόνο η σύνθεση-παρουσίαση του χάρτη μέσω του ARC/INFO αλλά κυρίως η δημιουργία βάσης δεδομένων των ενεργών και σεισμικών ρηγμάτων από όπου θα μπορούν να λαμβάνονται πληροφορίες για καθένα από αυτά, όπως: γεωμετρικά στοιχεία, μέγεθος μετατόπισης, είδος κίνησης, ρυθμός μετακίνησης εκατέρωθεν των ρηξιτεμαχών, σεισμοί με τους οποίους πιθανά συνδέεται, χρόνος επαναδραστηριοποίησης κ.ά.

Στη συνέχεια αφού αναφερθούν ορισμένα στοιχεία για την επεξεργασία-αξιολόγηση των δεδομένων στα οποία στηρίχθηκε η όλη έρευνα, αναλύεται η μεθοδολογία της σύνθεσης και της παρουσίασης του χάρτη των Ενεργών Ρηγμάτων του Ελληνικού Τόξου.

Επεξεργασία - Αξιολόγηση των δεδομένων - στοιχείων

Η επεξεργασία των συλλεχθέντων στοιχείων και η αξιολόγηση τους συνοψίζεται στα ακόλουθα στάδιο:

Επεξεργοσίσ θιθλιογραφικού υλικού

Σημαντικές πληροφορίες αντλήθηκαν από τα υφιστάμενα βιβλιογραφικά δεδομένα που αφορούσαν κυρίως συγκεκριμένα ρήγματα ή ενεργές ρηξιγενείς ζώνες και αναφέρονται στο είδος, στα γεωμετρικά, κινηματικά και δυναμικά χαρακτηριστικά τους, καθώς επίσης και στα χρονολογικά στοιχεία επαναδραστηριοποίησης.

Ανάλυση δεδομένων φωτοερμηνείας - Χάρτης Ενεργών Ρηγμάτων από Δορυφορικές εικόνες Landsat και Spot

Το στάδιο αυτό περιλάμβανε την ερμηνεία των γραμμικών στοιχείων, που προέκυψαν από την παρατήρηση των αεροφωτογραφιών, κλίμακος 1/33.000 και των δορυφορικών εικόνων Landsat και Spot, κλίμακας 1/500.000 και 1/200.000 αντίστοιχα.

Η μελέτη των δορυφορικών εικόνων δίνει την δυνατότητα μεγασκοπικής παρατήρησης, επιτρέπει την παρατήρηση εκτεταμένων περιοχών και παρέχει σημαντικές δυνατότητες αναγνώρισης κυρίαρχων ρηξιγενών ζωνών και μεγαδομών, που ελέγχουν τη νεοτεκτονική εξέλιξη του Ελλαδικού χώρου. Αντίθετα οι αεροφωτογραφίες, παρέχουν την δυνατότητα μακροσκοπικής παρατήρησης σχετικά μεγάλων περιοχών, επιτρέπουν την αναγνώριση αρκετά μεγάλων ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών μήκους χιλιομέτρων με σημαντικές μετατοπίσεις. Για το λόγο αυτό, οι αεροφωτογραφίες χρησιμοποιήθηκαν επικουρικά σαν συμπλήρωμα και επιβεβαίωση των στοιχείων, που προέκυψαν από την αξιολόγηση των γεωλογικών χαρτών και την μελέτη των δορυφορικών εικόνων.

Ο χάρτης που προέκυψε έχει αποτυπωμένες τις σημαντικότερες τόσο από άποψη μεγέθους όσο και σπουδαιότητας ρηξιγενείς δομές, οι οποίες αντικατοπτρίζουν τις κυρίαρχες τάσεις του νεοτεκτονικού εντατικού πεδίου στο Ελληνικό Τόξο.

Επεξεργασία στοιχείων υφιστάμενων γεωλογικών χαρτών - Χάρτης ενεργών ρηγμάτων από γεωλογικούς χάρτες

Το υπόβαθρο αποτέλεσαν οι γεωλογικοί χάρτες κλίμακας 1/50.000. Για τις περιοχές που δεν υπήρχαν χάρτες της κλίμακας αυτής, χρησιμοποιήθηκαν χάρτες μικρότερης κλίμακος (1/100.000, 1/200.000) σε συνδυασμό πάντα με τις πληροφορίες που συλλέχτηκαν από την επεξεργασία των βιβλιογραφικών δεδομένων. Αντικείμενο του σταδίου αυτού ήταν η διερεύνηση και αναγνώριση ενεργών ρηγμάτων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν διάφορα κριτήρια διάκρισης των ενεργών και πιθανά ενεργών από τα ανενεργά ρήγματα. Τα βασικότερα από τα κριτήρια αυτά, κατά την αξιολόγηση, είναι αφενός μεν η ηλικία των νεότερων σχηματισμών που τέμνονται από τα ρήγματα, αφετέρου δε ο βαθμός επίδρασής τους στο μορφολογικό ανάγλυφο. Τα ενεργά ρήγματα, διακρίθηκαν:

- Με βάση τη γωνιακή τους σχέση με το Ελληνικό τόξο σε επιμήκη, εγκάρσια και διαγώνια. Τα επιμήκη ρήγματα είναι παράλληλα προς το τόξο και ακολουθούν την αλλαγή της διεύθυνσής του από ΒΒΔ σε ΒΑ.

Τα εγκάρσια τα οποία είναι κάθετα προς το τόξο και τα διαγώνια που κρατούν σταθερή τη γωνιακή τους σχέση με το τόξο και επομένως παρουσιάζουν και αυτά μιά συστηματική αλλαγή διεύθυνσης. Ετσι για παράδειγμα στην ΒΔ Ελλάδα τα επιμήκη ρήγματα έχουν διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και τα εγκάρσια ΑΒΑ-ΔΝΔ. Αντίθετα στην Κρήτη οι διευθύνσεις των επιμήκων και εγκαρσίων ρηγμάτων είναι Α-Δ και Β-Ν αντίστοιχα.

- Με βάση το είδος της μετατόπισης που παρατηρήθηκε σε αυτά διακρίθηκαν σε κανονικά, οριζόντιας ολίσθησης και πλαγιοκανονικά. Στα κανονικά ρήγματα η μετατόπιση γίνεται κατά κλίση της ρηξιγενούς επιφάνειας και το υπερκείμενο τέμαχος κατέρχεται σχετικά δηλώνοντας τοπικό εφελκυσμό. Ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης είναι εκείνα, στα οποία κυριαρχεί η οριζόντια μετατόπιση μεταξύ των δύο τεμαχών. Στα πλαγιοκανονικά ρήγματα υπάρχει η ενδιάμεση κατάσταση της πλάγιας μετατόπισης. Συνήθως βέβαια κατά μήκος μιας συγκεκριμένης ρηξιγενούς επιφάνειας παρατηρούνται με την βοήθεια γραμμών προστριβής διαφόρων ειδών μετατοπίσεις, κατά την διάρκεια της γεωλογικής ιστορίας, που αντικατοπτρίζουν το εκάστοτε εντατικό πεδίο.

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των γεωλογικών χαρτών με βάση τα παραπάνω κριτήρια αποτυπώθηκαν σε ένα χάρτη ενεργών ρηγμάτων του Ελληνικού Τόξου κλίμακας 1/500.000.

Αξιολόγηση σεισμολογικών δεδομένων - χάρτης επικέντρων σεισμών

Προκειμένου να κατασκευαστεί ο τελικός χάρτης, αναγκαία κρίθηκε η μελέτη της σεισμικής κατανομής στον ευρύτερο Ελληνικό χώρο. Τα σεισμολογικά δεδομένα τα οποία επεξεργάστηκαν αφορούν στα ακόλουθα μεγέθη και παραμέτρους:

- Ημερομηνία και ώρα σεισμικού γεγονότος.
- Επίκεντρο σεισμού.
- Μέγεθος σεισμού.
- Εστιακό βάθος.
- Μηχανισμός γένεσης σεισμού.
- Πιθανή ρηξιγενής επιφάνεια με την οποία σχετίζεται το σεισμικό γεγονός.

Τα επίκεντρα των σεισμών προβλήθηκαν σε χάρτη 1/500.000 σε συνάρτηση με το βάθος και το μέγεθος αυτών.

Συλλογή - επεξεργασία νέων τεκτονικών στοιχείων

Η συλλογή και επεξεργασία νέων τεκτονικών στοιχείων περιλάμβανε την επιτόπια [illegible] συγκεκριμένων [illegible] ρηγμάτων υπό το πρίσμα της τεκτονικής ανάλυσης. Σκοπός είναι η μέτρηση και περιγραφή των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του ρήγματος, όπως το άλμα, η κλίση της επιφάνειας και η αναγνώριση μιος ή περισσοτέρων γραμμών προστριβής, που αντικατοπτρίζουν την ιστορία των κινήσεων κατά μήκος της ρηξιγενούς επιφάνειας. Η μελέτη των στοιχείων αυτών οδηγεί στην καλύτερη κατανόηση του τοπικού εντατικού πεδίου. Τα στοιχεία αυτά μετά τη συλλογή και ομαδοποίησή τους αποτέλεσαν το υλικό μιας πλήρους στατιστικής ανάλυσης, που ανέδειξε τα κυρίαρχα γεωμετρικά και κινηματικά χαρακτηριστικά τόσο σε τοπικό όσο και σε ευρύτερο επίπεδο.

Συνθετικός Χάρτης Ενεργών Ρηγμάτων του Ελληνικού Τόξου

Το τελικό αυτό στάδιο εργασίας περιλάμβανε τον συνδυασμό και την αξιολόγηση όλων των συλλεχθέντων στοιχείων και χαρτών, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, προκειμένου να παραχθεί ο τελικός συνθετικός Χάρτης Ενεγών Ρηγμάτων του Ελληνικού Τόξου, κλίμακας 1/500.000. Ο χάρτης αυτός περιλάμβανε τεκτονικά στοιχεία και ειδικότερα ρήγματα ταξινομημένα στις εξής κατηγορίες (Σεισμικά, Ενεργά, Πιθανά Ενεργά, Ανενεργά) και επωθήσεις - εφιππεύσεις καθώς επίσης και σεισμολογικά δεδομένα.

Μεθοδολογία - Σύνθεση παρουσίαση χαρτών με ARC/INFO

Γενικά

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή που αφορά την επεξεργασία των δεδομένων με το ARC/INFO. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ταξινόμηση των δεδομένων - στοιχείων σε γεωγραφικές ενότητες - επίπεδα (επικαλύψεις - coverages), όπου κάθε στοιχείο μέσα σ' αυτά, ορίζεται από τη γεωγραφική θέση (χωρική πληροφορία) και τα περιγραφικά χαρακτηριστικά του (γραφική πληροφορία). Τρεις είναι οι κατηγορίες των γεωγραφικών ενοτήτων:

- Ενότητες σημειακών χαρτογραφικών στοιχείων (points).
- Ενότητες γραμμικών χαρτογραφικών στοιχείων (arcs).
- Ενότητες επιφανειακών χαρτογραφικών στοιχείων (polygons).

Οι ενότητες αυτές χωρίστηκαν σε υποενότητες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που εμπεριέχουν. Συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν οι εξής επικαλύψεις (coverages):

- Των ρηγμάτων.
- Των επωθήσεων - εφιππεύσεων.
- Των φωτογραμμώσεων.
- Των σεισμολογικών δεδομένων.

Οι ενέργειες που ακολουθήθηκαν με σκοπό τη σύνθεση των επιμέρους χαρτών αλλά και του συνθετικού χάρτη ήταν:

- Ψηφιοποίηση - εισαγωγή των δεδομένων στον Η/Υ - Δημιουργία επικαλύψεων.
- Διόρθωση λαθών.
- Αναγωγή των συντεταγμένων στο προβολικά σύστημα του χάρτη.
- Δημιουργία βάσης δεδομένων.
- Γεωγραφική ανάλυση της βάσης.
- Εκτύπωση χαρτών.

Ψηφιοποίηση - εισαγωγή των δεδομένων στον Η/Υ - Δημιουργία επικαλύψεων

Προκειμένου να καταστεί δυνατή η ψηφιοποίηση των στοιχείων ολόκληρης της περιοχής στην επιθυμητή κλίμακα 1/500.000, διακρίθηκαν 7 φύλλα χαρτών σε όλο τον Ελλαδικό χώρο.

Η εισαγωγή των δεδομένων στον Η/Υ έγινε στον Arcedit, αφού πρώτα ψηφιοποιήθηκαν από τα επιμέρους φύλλα χαρτών με τον ψηφιοποιητή, για κάθε μία διαφορετική επικάλυψη (coverage). Κατά τη ψηφιοποίηση κάθε επικάλυψης δόθηκε κοινός κωδικός (ID) σε ομοιογενή στοιχεία, ώστε ανά πάσα στιγμή να μπορούν να απομονωθούν υποκατηγορίες στοιχείων. Οι διαδοχικές επικαλύψεις οι οποίες δημιουργήθηκαν είναι οι ακόλουθες:

- Επικαλύψεις των σταθερών σημείων tics
  (Χρησιμοποιήθηκαν 4 για κάθε επικάλυψη):
  tic 1 cov, tic 2 cov, tic 3 cov, tic 4 cov, tic 5 cov, tic 6 cov, tic 7 cov.
  Αυτά περιλαμβάνουν τα σταθερά σημεία, τα οποία είναι κοινά για τις αντίστοιχες επιμέρους επικαλύψεις της ακτογραμμής, των ρηγμάτων, των επωθήσεων - εφιππεύσεων, των φωτογραμμώσεων κ.ά. σε καθένα από τα επτά φύλλα χάρτη.
- Επικαλύψεις της ακτογραμμής σε καθένα από τα επτά φύλλα χάρτη:
  isodg 1 g, isodg 2 g, isodg 3 g, isodg 4 g, isodg 5 g, isodg 6 g, isodg 7 g.
- Επικαλύψεις που δημιουργήθηκαν κατά την ψηφιοποίηση του Χάρτη των Ενεργών Ρηγμάτων του Ελληνικού Τόξου με βάση την αξιολόγηση των γεωλογικών χαρτών:

- isodg1r-isodg7r.
  Περιλαμβάνουν σαν τόξα τα ρήγματα τα οποία έχουν χωριστεί σε πιθανά ενεργά και σε πιθανό ανενεργά. Προκειμένου να δοθεί το ID σε κάθε ρήγμα σε καθένα από τα επτά διαφορετικά coverages πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη κατά την ψηφιοποίηση i) ποια από τα ρήγματα εμφανίζονται με οδόντωση (φανερώνει το κατερχόμενο ρηξιτέμαχος), ii) προς ποια κατεύθυνση είναι αυτή, iii) ποια χωρίς οδόντωση, iv) ποια με διακεκομένη γραμμή (συμβολίζει πιθανά ή καλυμμένα ρήγματα) και v) ποια με συνεχόμενη γραμμή (ρήγματα ορατά). Ετσι κοινό ID έχουν, θα μπορούσε να πει κανείς τα «ομοειδή» ρήγματα. Π.χ. ορατά πιθανό ενεργά ρήγματα με κατερχόμενο το βόρειο ρηξιτέμαχος έχουν κοινό ID, το οποίο διαφέρει όμως από εκείνα τα οποία αν και είναι επίσης ορατά πιθανά ενεργό, εμφανίζουν κατερχόμενο το νότιο ρηξιτέμαχος.
- isodg1e-isodg7e
  Περιλαμβάνουν σαν τόξα τις εφιππεύσεις και τις επωθήσεις. Προκειμένου να δοθεί το ID κατά την ψηφιοποίηση χωρίστηκαν υποκατηγορίες επωθήσεων και εφιππεύσεων ανάλογα με i) προς ποια κατεύθυνση εμφανίζεται η οδόντωση (φανερώνει το επωθημένο τμήμα), ii) ποιες εμφανίζονται με διακεκομένη γραμμή (πιθανές ή καλυμμένες) iii) ποιες με συνεχόμενη (ορατές). Ετσι κοινό ID θα δοθεί σε «ομοειδείς» επωθήσεις ή εφιππεύσεις. Π.χ. ορατές επωθήσεις με οδόντωση προς Β έχουν κοινό ID το οποίο όμως διαφέρει από ορατές επωθήσεις αλλά η οδόντωση είναι προς Ν.

– Επικαλύψεις που δημιουργήθηκαν κατά την ψηφιοποίηση του χάρτη των ενεργών ρηγμάτων του Ελληνικού Τόξου με βάση την αξιολόγηση των δορυφορικών εικόνων Landsat: isodg31r-isodg37r. Τα στοιχεία (φωτογραμμώσεις) είχαν ήδη αποτυπωθεί σε χάρτη 1/500.000 και απλά ψηφιοποιήθηκαν σαν τόξα (arcs) με κοινό ID για όλα, στα επτά διαφορετικά coverages που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

– Ο χάρτης ενεργών ρηγμάτων του Ελληνικού Τόξου με βάση την αξιολόγηση των δορυφορικών εικόνων Spot κλίμακας 1/200.000, δεν ήταν ήδη έτοιμος, όπως ο προηγούμενος, ώστε να χρειάζεται μόνο να γίνει η ψηφιοποίηση. Η ψηφιοποίηση των φωτογραμμώσεων έγινε απευθείας από κάθε εικόνα Spot χωριστά και καθένα από τα παρακάτω coverages αντιστοιχεί σε φωτογραμμώσεις καθεμιάς από αυτές: isodgS1-16. Η τοποθέτηση αυτών των coverages στα επτά διαφορετικά φύλλα χαρτών καθώς και η προσαρμογή στην κλίμακα 1/500.000, πραγματοποιήθηκε σε επόμενο στάδιο αφού πρώτα έγινε ο μετασχηματισμός των coverages σε πραγματικές συντεταγμένες (UTM).

– Προκειμένου να ψηφιοποιηθεί ο τελικός-συνθετικός χάρτης Ενεργών Ρηγμάτων του Ελληνικού Τόξου ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:
  - Όσον αφορά στα ρήγματα είχαν χωριστεί όπως αναφέρθηκε σε: Σεισμικά, Ενεργά, Πιθανά Ενεργά, Ανενεργά. Προκειμένου για το ID κατά την ψηφιοποίηση τόσο των ρηγμάτων όσο των επωθήσεων- εφιππεύσεων ελήφθησαν υπόψη τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν στους παραπάνω χάρτες, ενώ η ψηφιοποίηση έγινε στα επτά διαφορετικά coverages: dgsyn1r-dgsyn7r.
  - Οσον αφορά στις επωθήσεις-εφιππεύσεις η ψηφιοποίηση έγινε επίσης σε επτά coverages τα οποία είναι: dgsyn1e-dgsyn7e.

Διόρθωση λαθών

Μετά την ψηφιοποίηση και πριν από κάθε είδους ανάλυση, έγινε η διόρθωση των ψηφιοποιημένων στοιχείων στον Arcedit. Η διαδικασία της διόρθωσης είχε να κάνει με λάθη κόμβων και τόξων που έγιναν κατά την ψηφιοποίηση, όπως πολύγωνα που δεν είχαν κλείσει ή άλλα που έκλεισαν ενώ δεν έπρεπε, λάθος αντιστοίχιση κωδικού σε κάποιο στοιχείο κ.λ.π.

Αναγωγή των συντεταγμένων στο προβολικό σύστημα του χάρτη

Η διαδικασία περιλάμβανε την δημιουργία (μέσω της εντολής create) κάποιας νέας επικάλυψης (coverage) που αρχικά περιείχε μόνο tics, τόσα σε αριθμό όσα και της επικάλυψης που επρόκειτο να μετασχηματιστεί. Η αρίθμηση των tics πρέπει να είναι ακριβώς ίδια και στις δύο επικαλύψεις. Η αντιστοίχιση πραγματικών (χ, ψ) συντεταγμένων (UTM κ.λπ. ανάλογα με το σύστημα προβολής του χάρτη) έγινε στα tables. Στη συνέχεια μέσω της εντολής transform μετασχηματίστηκε η αρχική ψηφιοποιημένη επικάλυψη στη νέα με τις νέες συντεταγμένες του προβολικού συστήματος του χάρτη.

Δημιουργία της βάσης δεδομένων

Η κάθε γεωγραφική ενότητα (επικάλυψη-coverage), μετά την ψηφιοποίηση περιείχε μόνο χωρική πληροφορία. Στο στάδιο αυτό δομήθηκε η τοπολογία σε κάθε coverage χωριστά, δηλ. δημιουργήθηκαν οι χωρικές σχέσεις μεταξύ των γεωγραφικών στοιχείων του. Μέσω των εντολών clean και build δημιουργήθηκαν και ενημερώθηκαν τα αρχεία:

- PAT: Polygons Attribute Table (Πίνακας χαρακτηριστικών που αφορούν επιφάνειες).
- AAT: Arcs Attribute Table (Πίνακας χαρακτηριστικών γραμμικών δεδομένων).
- PAT: Points Attribute Table (Πίνακας χαρακτηριστικών σημειακών δεδομένων).

Η ενημέρωση των αρχείων αυτών έγινε με την προσθήκη κάποιων κωδικών κοινών για τα ομοιογενή στοιχεία κάποιας κατηγορίας (υποκατηγορία), της συγκεκριμένης επικάλυψης. Το σύνολο των αρχείων που συμπληρώνουν ολόκληρες γεωγραφικές ενότητες, αποτελούν την βάση δεδομένων. Σημαντική διευκόλυνση παρείχαν τα προγράμματα Data Base Manager που παρέχουν σειρές εντολών για την εύκολη διαχείριση των αρχείων.

Στη συγκεκριμένη εργασία δεν χρειάστηκε να δημιουργηθεί τοπολογία πολυγώνων, παρά μόνο σημειακών και γραμμικών δεδομένων.

- Προκειμένου να παραχθεί ο χάρτης των επικέντρων των σεισμών ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία, η οποία δεν έχει να κάνει με ψηφιοποίηση αφού υπάρχουν έτοιμες βάσεις δεδομένων που περιέχουν όλα τα χαρακτηριστικά των σεισμικών γεγονότων:
  - Υπήρχε ένα αρχικό ASCII αρχείο (με το όνομα Ε) στο οποίο περιέχοντο τα στοιχεία που αφορούν σε ένα σεισμικό γεγονός και ειδικότερα το έτος, ο μήνας, η ημερομηνία, η ώρα, οι συντεταγμένες φ, λ, το εστιακό βάθος και το μέγεθος.
  - Κάθε σεισμικό γεγονός ταξινομήθηκε ανάλογα με τα φ, λ και εισήλθε σε νέο αρχείο Ε1, Ε2, Ε3, Ε4, Ε5, Ε6 ή Ε7. Ο διαχωρισμός ως προς τις συντεταγμένες σε καθένα από αυτά έγινε σύμφωνα με τον χωρισμό της περιοχής της Ελλάδας στα επτά φύλλα χάρτη.
  - Με ειδικό λογισμικό που έχει κατασκευαστεί απομονώθηκαν μόνο οι γεωγραφικές συντεταγμένες φ και λ και αφού αντιστράφηκαν (έχοντας πλέον την μορφή λ και φ) αποθηκεύθηκαν στα αντίστοιχα ASCII αρχεία: epic1lf-epic7lf. Μέσω της εντολής project και ενός sml file τα λ και φ μετατράπηκαν σε συντεταγμένες UTM δηλ. σε χ και ψ αντίστοιχα και συμπεριλήφθησαν στα file epic1p-epic7p, τα οποία μετασχηματίστηκαν στην μορφή:

    1. χ_1 ψ_1
    2. χ_2 ψ_2 κ.λπ.
  - Στη συνέχεια τα ASCII file epic1p-7p μετατράπηκαν στα σημειακά coverage epic1u-epic7u μέσω της generate, ενώ στη συνέχεια δομήθηκε η τοπολογία μέσω της build και δημιουργήθηκαν τα αρχεία PAT.

- Προκειμένου να προβληθούν σε χάρτη (επτά φύλλα χάρτη εδώ) τα επίκεντρα, συναρτήσει του εστιακού βάθους και του μεγέθους του σεισμού οργανώθηκαν σε epic1p - epic7p οι βάσεις δεδομένων ως εξής: Αρχικά προστέθηκαν 3 πεδία (items) σε καθένα από τα PAT αρχεία των epic1p - epic7p με τα ονόματα deep, magnitude, code. Στο πρώτο αντιστοιχίστηκαν τα εστιακά βάθη των επικέντρων, στο δεύτερο τα μεγέθη των σεισμών, ενώ στο τρίτο επιλέχθησαν μέσα από τα tables τα επίκεντρα συγκεκριμένου βάθους και μεγέθους και προσδόθηκε συγκεκριμένος κωδικός κοινός για ομοιογενή στοιχεία, ο οποίος καταγράφτηκε στο code. Ο τελευταίος κωδικός χρησιμοποιήθηκε για την προβολή των επικέντρων στον Arcplot.

– Όσον αφορά στα γραμμικά στοιχεία: ρήγματα-επωθήσεις-εφιππεύσεις, οι κωδικοί που δόθηκαν κατά την ψηφιοποίηση, διορθώθηκαν, όπου ήταν απαραίτητο και στη συνέχεια εφαρμόστηκε η εντολή build line σε καθένα από τα coverage, που περιλάμβαναν τα παραπάνω γραμμικά στοιχεία, με σκοπό τη δημιουργία των αρχείων AAT. Οι κωδικοί των γραμμών (lines), χρησιμοποιήθηκαν κατά τη σχεδίαση του χάρτη στο τελικό στάδιο, στον Arcplot, αντιστοιχίζοντας στην κάθε κατηγορία, το κατάλληλο σύμβολο γραμμής.

Η δημιουργία της βάσης δεδομένων όμως δεν είναι αναγκαία μόνο για την σχεδίαση του χάρτη. Αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την εκμετάλλευση της δυνατότητας των G.I.S. ως προς την επεξεργασία-διαχείριση των δεδομένων ανάλογα με το στόχο κάθε εργασίας.

Ο στόχος στην προκειμένη περίπτωση ήταν η δημιουργία βάσης δεδομένων των ενεργών και σεισμικών ρηγμάτων από όπου ανά πάσα στιγμή θα μπορεί κανείς να αντλήσει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για καθένα από αυτά τα ρήγματα όπως έχει αρχικά αναφερθεί. Για το σκοπό αυτό απαραίτητη ήταν η προσθήκη κάποιων πεδίων (items) στα αρχεία AAT και PAT καθενός από τα coverages που περιγράφτηκαν, ώστε να ενημερωθούν με όλες τις απαραίτητες παραμέτρους οι οποίες χαρακτηρίζουν κάθε τεκτονικό ή σεισμολογικό στοιχείο (γραφική πληροφορία). Έτσι λοιπόν:

– Στα coverages των ρηγμάτων προστέθηκαν τα items: strike, dip, length, character, movement, όπου σε καθένα από αυτά αντιστοιχίστηκαν τα εξής χαρακτηριστικά κάθε ρήγματος:
  - strike: διεύθυνση ρήγματος
  - dip: κλίση ρηξιγενούς επιφάνειας
  - length: μήκος ρήγματος

- character: χαρακτηρισμός του ρήγματας ανάλογα με την δρατηριότητα που παρουσιάζει (σεισμικό, ενεργό, πιθανά ενεργό, ανενεργό)
- movement: είδος κίνησης (κανονικό, ανάστροφο κ.λ.π.)

– Για τα σεισμολογικά δεδομένα εμπλουτίστηκε η βάση δεδομένων των επικαλύψεων epic1u-epic7u που περιέχουν επίκεντρα σεισμών. Σε αυτά ήδη έχουν δημιουργηθεί τα items: deep, magnitude και code, όπως έχουν περιγραφεί, ενώ προστίθενται ακόμη τα: date, lf, mechanism, fault και reactivate, με την παρακάτω αντιστοίχιση:
  - date: ημερομηνία σεισμικού γεγονότος
  - lf: συντεταγμένες λ και φ
  - mechanism: μηχανισμός γένεσης σεισμού
  - fault: ρηξιγενής επιφάνεια με την οποία πιθανώς σχετίζεται το σεισμικό γεγονός
  - reactivate: αφορούαε στο αν το σεισμικό γεγονός συναδεύεται από επαναδραστηριοποίηση ρηγμάτων ή δημιουργία σεισμικών διαρρήξεων

Γεωραφική ανάλυση της βάσης

Αφαύ εμπλουτίστηκε η βάση των δεδομένων όσα το δυνατό με περισσότερη πληροφορία αλλά και αφού δομήθηκε όσο το δυνατό καλύτερα ως προς τον τρόπο εισαγωγής και ταξινόμησης αυτής της πληροφορίας, στη συνέχεια έγινε η διαχείριση-ανάλυση της βάσης μέσω των προγραμμάτων Data Base Manager, ώστε να δοθούν οι απαντήσεις στα ερωτήματα που τέθηκαν σαν στόχος από την αρχή. Ανά πάσα στιγμή βέβαια η βάση μπορεί να διορθώνεται ή να εμπλουτίζεται με νέα στοιχεία, ανάλογα με τα νεότερα δεδομένα και τις εκάστοτε, εξελίξεις και ανάγκες.

Επειδή η κλίμακα του χάρτη είναι 1/500.000 και άρα έχουν αποτυπωθεί μόνο μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες της τάξεως των 10 km και πάνω, τα ερωτήματα που τίθενται μετά την οργάνωση της βάσης αφορούν σε μεγάλης έκτασης γεωγραφικές περιοχές. Ετσι λοιπόν, μέσα στους στόχους του προγράμματος είναι εκτός από την πληροφορία που παρέχεται για κάθε ρήγμα χωριστά, όπως έχει αναφερθεί μέσω της ανάλυσης της βάσης, να μπορεί επίσης να γίνεται ανά πάσα στιγμή:

– Οριοθέτηση περιοχών με ρηξιγενείς ζώνες σεισμικές-ενεργές-μη ενεργές.
– Συνδυασμός των μηχανισμών γένεσης των σεισμών με την κινηματική ανάλυση των ρηγμάτων.
– Συσχετισμός ρηγμάτων με συγκεκριμένη σεισμική δραστηριότητα.

Εκτύπωση των χαρτών

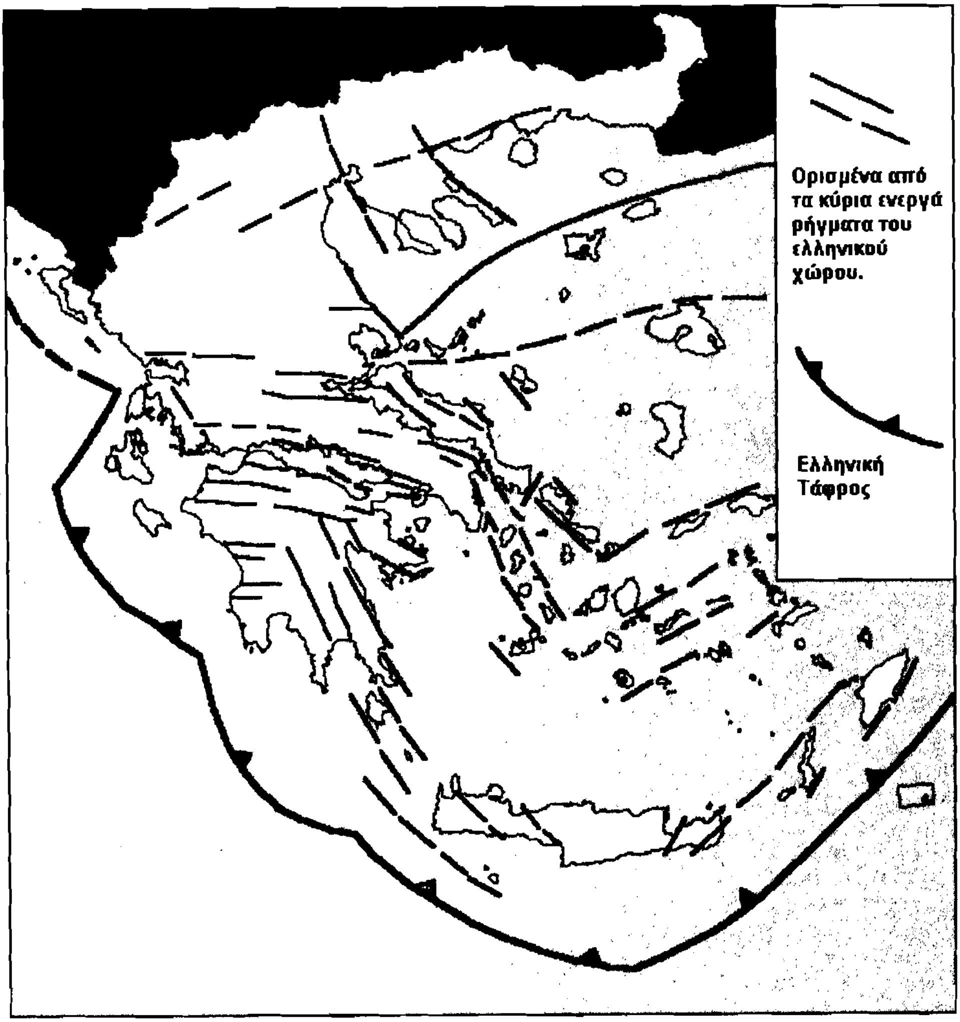
Προκειμένου να εκτυπωθούν χάρτες με κάποια θεματική πληροφορία (Σχ. 1), πρέπει πρώτα να επεξεργαστούν με τον Arcplot. Οπως έχει αναφερθεί για κάθε ένα coverage χρησιμοποιήθηκαν τα αρχεία AAT και PAT και με μια σειρά εντολών επιλέχθηκαν και εμφανίστηκαν σε κάθε χάρτη τα επιθυμητά στοιχεία, ανάλογα με το σύμβολο ή χρώμα το οποίο έχει οριστεί για καθένα από αυτά. Τα σύμβολα γραμμών ή σημείων υπάρχουν σε αρχεία στο ARC/INFO. Είναι όμως δυνατή η παραγωγή νέων, εφόσον ο κατάλογος του συστήματος δεν καλύπτει τις ανάγκες κάποιας εργασίας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση κατασκευάστηκαν μέσα στο Lineedit μια σειρά από τέτοια σύμβολα (ρήγματα με οδόντωση, εφιππεύσεις, επωθήσεις κ.λπ.) ώστε να καλυφθούν όλες οι ανάγκες. Αυτά συμπεριλήφθησαν στο αρχείο lgreek, το οποίο κάθε φορά καλείται κατά τη σύνθεση του χάρτη, πριν κληθεί το κάθε στοιχείο το οποίο θα σχεδιαστεί με κάποιο συγκεκριμένο σύμβολο. Κάθε χάρτης φυσικά μπορεί να περιέχει είτε ολόκληρη πληροφορία είτε μέρος αυτής και η οποία μπορεί να προέρχεται είτε μόνο από ένα συγκεκριμένο coverage είτε από πολλά διαφορετικά. Για κάθε χάρτη που πρόκειται να κατασκευαστεί δημιουργείται ένα sml αρχείο όπου καθορίζονται ορισμένες παράμετροι όπως i) τα όρια του χάρτη, ii) οι μονάδες του, iii) η κλίμακα, iv) η θέση που θα πάρει ως προς κάποιο εξωτερικό πλαίσιο, v) η γωνία περιστροφής, αν χρειάζεται, vi) το μέγεθος και οι μονάδες της σελίδας κ.ά.

Αξίζει να σημειωθεί η διαδικασία τοποθέτησης των εικόνων Spot στο επτά φύλλα χαρτών, αφού αυτή γίνεται στον Arcplot:

Έστω στο conerage isou1g (μετασχηματισθέν σε μονάδες UTM, coverage της ακτογραμμής το οποίο προήλθε από το ψηφιοποιημένο isodg1g) και έστω ότι ζητήθηκε να αποτυπωθούν σ' αυτό οι φωτογραμμώσεις της εικόνας S3 (η εικόνα περιέχεται στα γεωγραφικά όρια του isou1g). Το coverage που περιέχει ψηφιοποιημένες τις φωτογραμμώσεις αυτής είναι το isodgS3 ενώ το αντίστοιχο μετασχηματισμένο σε UTM είναι το isouS3.

Το sml αρχείο του isou1g, το οποίο χρησιμοποιείται για τη σύνθεση του αντίστοιχου φύλλου χάρτη έχει τις εξής παραμέτρους:

- mapextent tic isou1g
- mapunits meters
- mapscale 500.000
- pageunits cm
- pagesize 98 65
- maplimits 0 0 73 60
- mapposition cen cen......



Εικ. 1: Απλουστευμένο σκαρίφημα με ορισμένα από τα κυριότερα ενεργά ρήγματα του Ελληνικού Τόξου που επεξεργάστηκαν με το γεωγραφικό σύστημα.

Πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των mapextent και maplimits τα οποία πρέπει να έχουν ακριβώς τις διαστάσεις τις περιοχής που πρόκειται να αποτυπωθεί στον χάρτη. Στη συνέχεια καλείται να σχεδιαστεί η ακτογραμμή μέσω της εντολής: arcs isou1g και κατόπιν οι φωτογραμμώσεις: arcs isouS3. Στον συγκεκριμένο χάρτη παρουσιάζονται μόνο οι γραμμές οι οποίες είναι μέσα στα συγκεκριμένα maplimits. Η μετατροπή των φωτογραμμώσεων από την κλίμακα 1/200.000 (κλίμακα ψηφιοποιημένου coverage isodgS3 άρα και του μετασχηματισθέντος isouS3), στη νέα κλίμακα 1/500.000, όπως και η προσαρμογή των στοιχείων στη σωστή θέση (γεωμετρική διόρθωση, εφόσον η δορυφορική εικόνα παρουσιάζε κάποια στρέψη) έγινε αυτόματα μέσα από το σύστημα.

Συμπεράσματα

Ο Χάρτης Ενεργών Ρηγμάτων του Ελληνικού Τόξου κλίμακας 1/500.000 περιλαμβάνει μεγάλης τάξεως τεκτονικές δομές όπως ρήγματα, επωθήσεις, εφιππεπύσεις καθώς και σεισμολογικά δεδομένα. Τα στοιχεία συγκεντρώθηκαν από πολλές και διαφορετικές πηγές και αφού αξιολογήθηκαν επιλέγησαν αυτά που παραθέτονται στους χάρτες.

Όπως φαίνεται, τα στοιχεία είναι όχι μόνο πολλά αλλά και διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Σκόπιμο αλλά και αναγκαίο λοιπόν είναι η επεξεργασία αλλά και αναπαράστασή τους να γίνει μέσα από ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π), που στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχτηκε το ARC/INFO.

Τα πλεονεκτήματα των Γ.Σ.Π. είναι πολλά και φυσικό είναι να επιχειρείται η εκμετάλλευσή τους στο έπακρο, ανάλογα με την πληροφορία που κάθε φορά είναι διαθέσιμη αλλά και με τους στόχους της κάθε μελέτης.

Εκτός από την παρουσίαση κάποιου χάρτη, που απλά δίνει μια γεωγραφική κατανομή κάποιων πληροφοριών, είναι δυνατή ανά πάσα στιγμή η συγκριτική επεξεργασία και ο συνδυασμός διαφόρων στοιχείων ή κατηγοριών αυτών, ώστε μέσα από την ταυτόχρονη δημιουργία σχεσιακών βάσεων δεδομένων να δημιουργούνται όλες οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την λειτουργία ενός συστήματος εξαγωγής συμπερασμάτων και λήψης αποφάσεων.

Στην προκειμένη περίπτωση, αφού η βάση δεδομένων έχει εμπλουτιστεί με όσο το δυνατό περισσότερη αλλά και επιστημονικά τεκμηριωμένη πληροφορία, μπορούν να τίθονται ερωτήματα και να παίρνονται απαντήσεις, μέσα από το σύστημα.

Επειδή η κλίμακα είναι μεγάλη και στο χάρτη έχουν αποτυπωθεί μόνο μεγάλες δομές όπως ρηξιγενείς ζώνες άνω των 10 km μήκους κ.ά., φυσικό είναι τα ερωτήματα να αφορούν σε μεγάλης έκτασης γεωγραφικές περιοχές. Είναι δυνατό λοιπόν εκτός από την γνώση των χαρακτηριστικών οποιουδήποτε στοιχείου του χάρτη, οποιαδήποτε χρονική στιγμή είναι αυτό επιθυμητό, να μπορεί επίσης να γίνει οριοθέτηση περιοχών με ρηξιγενείς ζώνες σεισμικές-ενεργές-μη ενεργές, συνδυασμός των μηχανισμών γένεσης των σεισμών με την κινηματική ανάλυση των ρηγμάτων, συσχετισμός ρηγμάτων με συγκεκριμένη σεισμική δραστηριότητα αλλά και πολλές άλλες συσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων δεδομένων.

Βιβλιογραφία

Angelier J. (1979). Recent quaternary tectonics in the Hellenic Arc: examples of geological observations on land. Tectonophysics, 52, 267-275.

Angelier J., Le Pichon X. (1978). Larc hellenique, cle de levolution cinematique de la Mediterranee oriental depuis 13 M.A. C. R. Acad. Sc. Paris, 287, 1325-1328.

Angelier J., Lyberis N., Le Pichon X., Barrier E., Huchon P. (1982). The tectonic development of the Hellenic Arc and the sea of Crete: a synthesis. Tectonophysics, 86, 159-196.

Biju-Dival B., Letouzev J., Montadert L. (1978). Structural and evolution of the Mediterranean basins. Initial Rep. of the Deep Sea Drilling Project, 42, 1, 951-981.

Δρακόπουλος Ι., Φυτρολάκης Ν., Δελήμπασης Ν., Μακρόπουλος Κ. (1982). Σεισμοτεκτομικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής της Κρήτης. Εκδ. Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδος-Τμήμα Ανατολικής και Τμήμα Δυτικής Κρήτης, Δεκ. 1982.

Finetti I., Papanikolaou D., Del Ben A., Karvelis P. (1991). Preliminary geotectonic interpretation of the East Mediterranean Chain and the Hellenic Arc. Πρακτ. 5ου Επιστ. Συν., Θεσσαλονίκη, 1990. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., XXV/1, 509-526.

Hatzfeld D., Besnard M., Makropoulos K., Voulgaris N., Kouskouna V., Hatzidimitriou P., Panagiotopoulos D., Karakaisis G., Deschamps A., Lyon-Caen H. (1993/2). Subcrustal Microeathquake and Fault Plane Solutions Beneath the Hellenic Arc. J. Geoph. Res., 98, B6, 9861-9870.

Hatzfeld D., Pedotti G., Hatzidimitriou P., Panagiotopoulos D., Scordilis M., Drakopoulos I., Makropoulos K., Delibasis N., Latousakis I., Baskoutas J., Frogneux M. (1989). The Hellenic subduction beneath the Peloponnesus: first results of a microearthquake study. Earth Plan. Scien. Lett., 93, 283-291.

Ι.Γ.Μ.Ε.: Γεωλογικοί Χάρτες της Ελλάδας. Κλίμακα 1:50.000.

Jacobshagen V., Durr St., Kockel F., Kopp K.-O., Kowalczyk G. with contribution of Berckhemer H. and Buttner D. (1978). Structure and Geodynamic Evolution of the Aegean Region. Alps, Apennines, Hellenides, Inter-Grion Commission on Geodynamics, Scientific Report n. 38, Closs H, Roeder D. @ Schmidt K. eds., 538-564.

Le Pichon X., Huchon P., Angelier J., Lyberis N., Boulin J., Bureau D., Cadet J., Dercourt J., Glacon G., Got H., Karig D., Mascle J., Ricou L., Thiebault F. (1981). Active tectonics in the Hellenic trench. Oceanol. Acta, SP4, 273-281.
Leydecker G., Berckhemer H., Delibasis N. (1978). A Study of Seismicity in the Peloponnesus Region by Precise Hypocenter Determinations. Alps, Apennines, Hellenides, Inter-Grion Commission on Geodynamics, Scientific Report n.38, Closs H, Roeder D. @ Schmidt K. eds, 406-410.
Mariolakos I., Papanikolaou D. (1981). The Neogene Basins of the Aegean Arc from the Paleographic and the Geodynamic point of view. Intern. Symp. on the Hell. Arc and Trench system (H.E.A.T), Athens 1981, 383-399.
Μαριολάκος Η., Παπανικολάου Δ. (1987). Είδος παραμόρφωσης και σχέση παραμόρφωσης σεισμικότητας στο Ελληνικό Τόξο. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., XIX, 59-76.
Mariolakos I., Papanikolaou D., Lagios E. (1985). A neotectonic geodynamic model of Peloponnesus based on morphotectonics, repeted.gravity measurements and seismicity. Geol. Jb., B50, 3-17.
McKenzie D.P. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. Geoph. J. R. Astron. Soc., 30, 109-185.
McKenzie D.P. (1977). Present deformation of the Aegean Region. VI Coll. on the Aegean region, Athens 1977, 1313-1333.
Ο.Α.Σ.Π.: Νεοτεκτονικοί Χάρτες της Ελλάδας. Κλίμακα 1:100.000.
Papazachos B.C., Kiratzi A.A., Hatzidimitriou P.M., Rocca A.C. (1984). Seismic faults in the Aegean Area. Tectonophysics, 106, 71-85.
Φυτρολάκης Ν. (1980). Η Γεωλογική δομή της Κρήτης. Διατριβή επί Υφηγεσία, Ε.Μ.Πολυτεχνείο, 146.

Επίδραση της νεοτεκτονικής στην εξέλιξη του υδρογραφικού συστήματος του ρέματος Εζοβίτη (Κερδύλιο όρος - Αν. Μακεδονία)

Ε. Παπαφιλίππου - Πέννου, Α. Ψιλοβίκος, Ε. Βαβλιάκης, Χ. Παλικαρίδης

Τομέας Γεωλογίας & Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. 540 06 Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Η περιοχή έρευνας βρίσκεται στην Αν. Μακεδονία, στη νότια πλευρά της λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα, στο Ν. Σερρών (Σχ. 1).

Στην παρούσα εργασία, γίνεται προσπάθεια να διερευνηθούν και να ερμηνευτούν οι νεοτεκτονικές επιδράσεις, στην εξέλιξη και διαμόρφωση του υδρογραφικού συστήματος του ρέματος Εζοβίτη ή Εζιόβη. Στην προσπάθεια αυτή χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την ποιοτική και ποσοτική μορφομετρική ανάλυση του υδρογραφικού συστήματος του Εζοβίτη.

Abstract

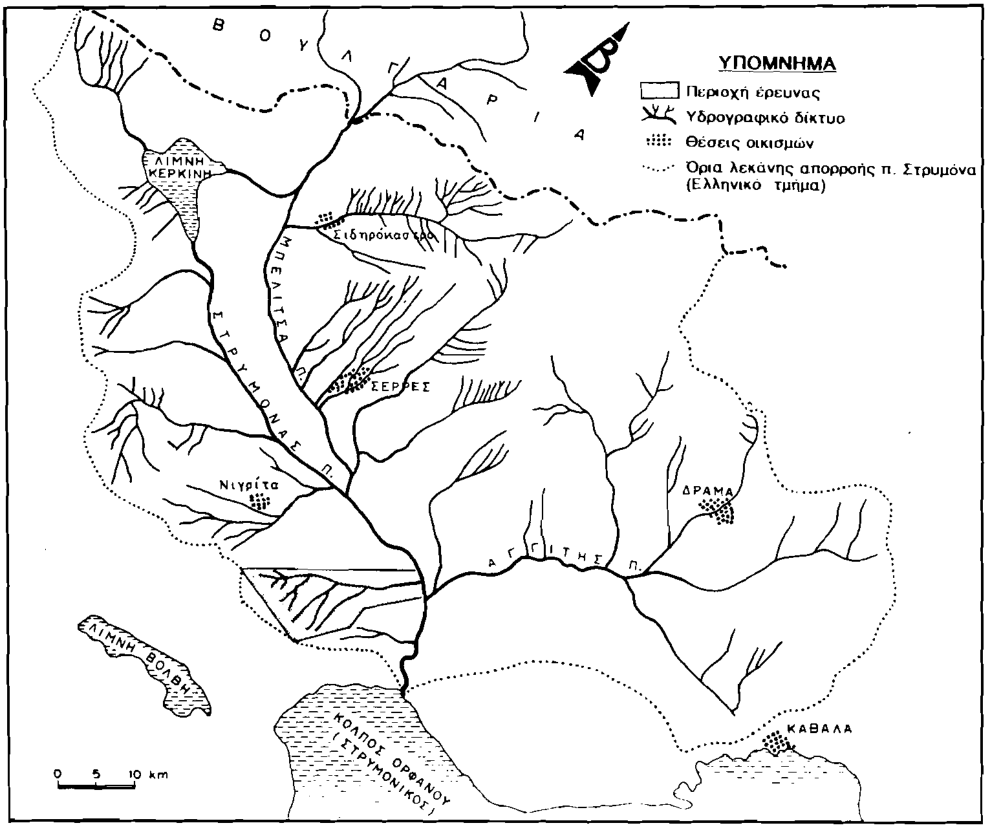
The torrent "Eziovitis Rema" is situated on the southern margin of the Strymon river basin (Kerdylion mt), Eastern Macedonia Greece.

This paper is an attempt to investigate and interpreto the neotectonic influence on the evolution of the drainage pattern of "Ezovitis Rema".

Data derived from quantitative as well as qualitative morphometric analyses of the drainage pattern were used.

1. Εισαγωγή

Ο χείμαρρος (ρέμα) Εζοβίτης αποτελεί ένα μικρό κλάδο του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Στρυμόνα, στην νότια πλευρά της λεκάνης των Σερρών. Η λεκάνη απορροής του Εζοβίτη με έκταση 132,25 km^2 αναπτύσσεται στη Β/ΒΑ πλευρά του όρους Κερδύλιο και τροφοδοτεί την κύρια κοίτη του Στρυμόνα με νερό και φερτά υλικά στο χώρο της λίμνης Αχινού.



Σχ. 1. Η θέση της περιοχής έρευνας, σε σχέση με τη λεκάνη του ποταμού Στρυμόνα στο Ν. Σερρών.

Ο ποταμός Στρυμόνας αποστραγγίζει το οριακό βύθισμα που δημιουργήθηκε μεταξύ των μεγάλων γεωτεκτονικών ζωνών Ροδόπης ανατολικά και Σερβομακεδονικής (Κραιστίδων) δυτικά. Ο Στρυμόνας έχει τις πηγές του στο όρος Βίτοσα, νότια της Σόφιας, διασχίζει την ομώνυμη λεκάνη με διεύθυνση Β/ΒΑ-Ν/ΝΔ μήκους 405 km από τα οποία τα 340 km βρίσκονται στο χώρο της ΝΔ Βουλγαρίας και τα 105 km στο χώρο της Ελλάδας. Το καλά ανεπτυγμένο υδρογραφικό του δίκτυο αποστραγγίζει λεκάνη 17540 km^2 από τα οποία τα 10785 km^2 βρίσκονται στο χώρο της ΝΔ Βουλγαρίας και της ΝΑ FYROM, ενώ τα 6755 km^2 βρίσκονται στο χώρο της Ελλάδας. Ο παραπόταμος του Στρυμόνα Αγγίτης αποστραγγίζει τη λεκάνη της Δράμας με έκταση 2385 km^2 και συμβάλει στο Στρυμόνα στην περιοχή της τέως λίμνης Αχινού, απέναντι σχεδόν από τον Εζοβίτη (Σχ. 1).

Το βύθισμα του Στρυμόνα στη σημερινή του μορφή αποτελείται από πολλά επιμέρους μικρότερα βυθίσματα, που συνδέονται μεταξύ τους με φαραγγοειδής κοιλάδες (Ψιλοβίκος κ.α. 1992). Τα βυθίσματα αυτά είναι μεταλπικά, νεογενή και τεταρτογενή κυρίως και έχουν πληρωθεί με ιζήματα θαλάσσια, υφάλμυρα, λιμναία και χερσοποτάμια σε δύο μεγάλες ακολουθίες. Το συνολικό πάχος των ιζηματογενών αποθέσεων φτάνει περίπου τα 3800 m στη λεκάνη των Σερρών. Ο Zagoriev (1992) εκτός από τα Νεογενή ιζήματα αναφέρει την παρουσία και παλαιότερων ιζημάτων στη λεκάνη του Στρυμόνα στο χώρο της Βουλγαρίας, τα οποία φαίνεται ότι αποτέθηκαν σε ένα παλαιότερο βύθισμα (παλαιοστρυμόνα) στο χώρο της Βουλγαρίας.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ολόκληρος ο χώρος του βυθίσματος του Στρυμόνα βρίσκεται υπό καθεστώς έντονων τεκτονικών γεγονότων και σήμερα ακόμη, όπως μαρτυρούν τα μεγάλα γεωθερμικά του πεδία, η πολύπλοκη ρηξιγενής τεκτονική και τα μεγάλα σεισμικά κέντρα που φιλοξενεί.

2. Γεωλογικά - Τεκτονικά - Γεωμορφολογικά στοιχεία

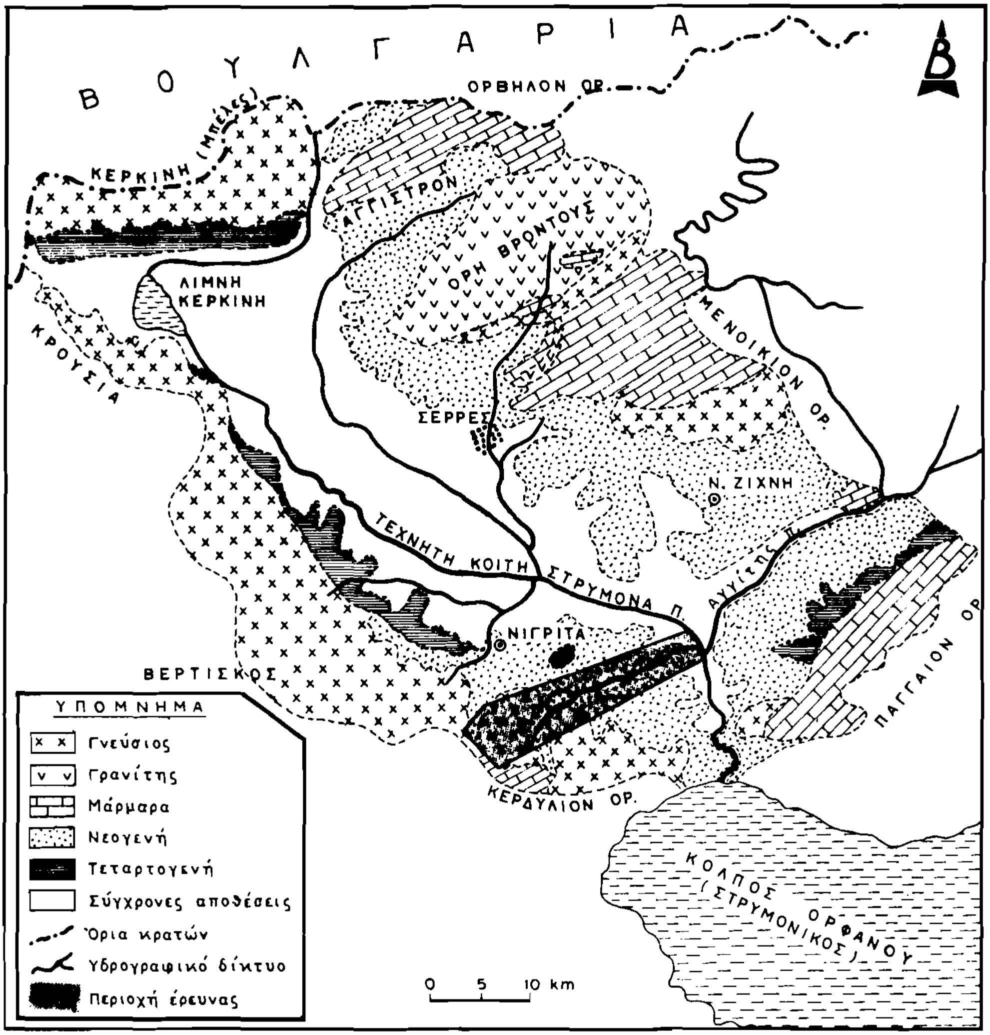
α) Η περιοχή που ερευνήθηκε έχει επίμηκες ορθογώνιο περίπου σχήμα με ΝΔ - ΒΑ προσανατολισμό. Περιλαμβάνει την Β/ΒΑ πλευρά του Κερδυλίου όρους και τμήμα της περιθωριακής και πεδινής ζώνης του Σερραϊκού βυθίσματος, μέχρι το σημείο συμβολής του ρέματος Εζοβίτη με την διευθετημένη κοίτη του ποταμού Στρυμόνα (χώρος τέως λίμνης Αχινού), αποτελεί δε την λεκάνη απορροής του Εζοβίτη.

β) Γεωτεκτονικά, σύμφωνα με τον Μουντράκη (1984), η λεκάνη απορροής του ρ. Εζοβίτη, ανήκει στο χώρο της Σερβομακεδονικής Ζώνης, στην Σειρά των Κερδυλίων.

Τα πετρώματα που επικρατούν στην περιοχή είναι οι γνεύσιοι, οι μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, οι αμφιβολίτες και σε περιορισμένη έκταση τα μάρμαρα (Σχ. 2).

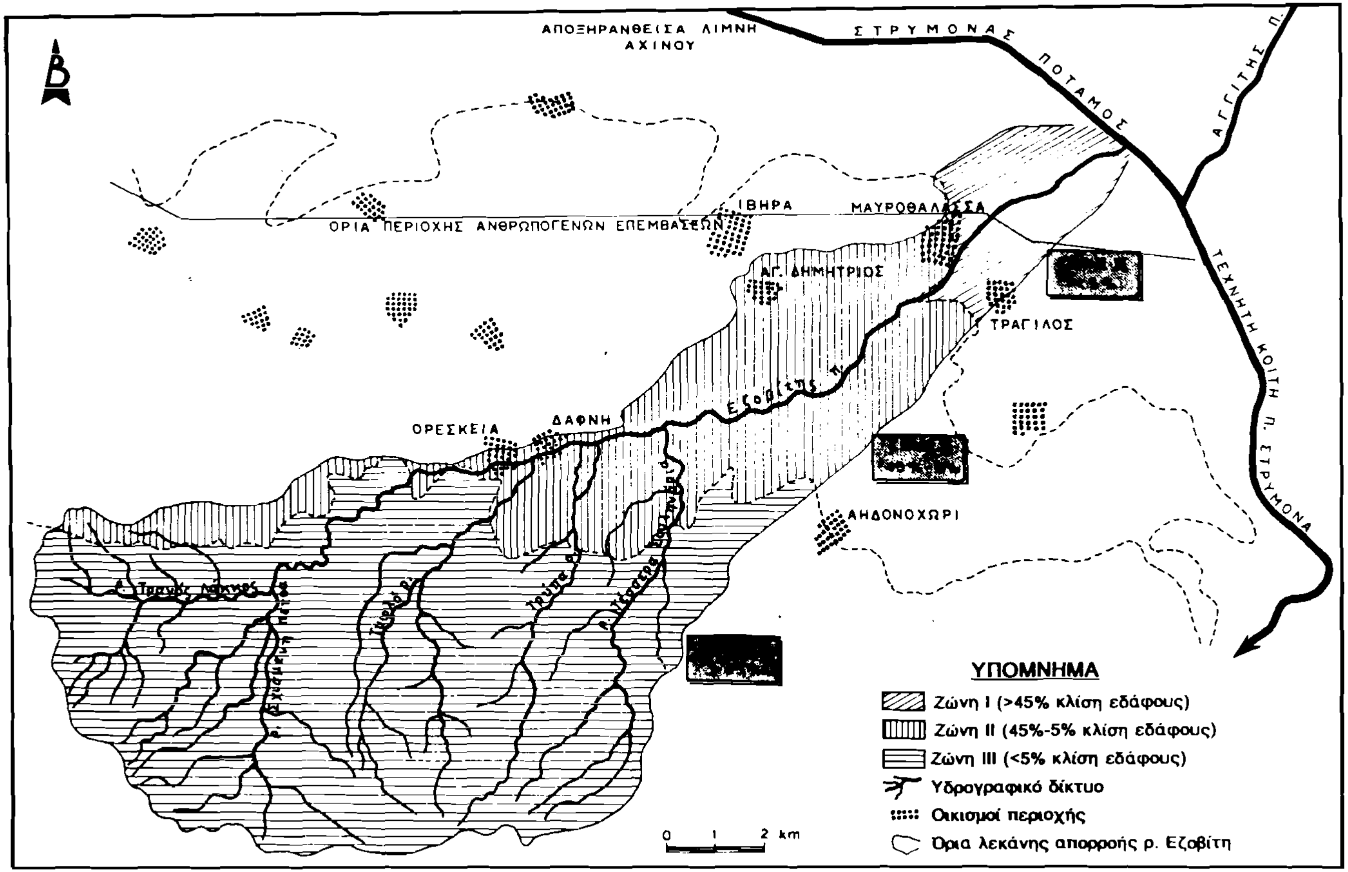
Τα προαναφερόμενα πετρώματα αποτελούν το υπόβαθρο της περιοχής και εμφανίζονται στην επιφάνεια από τα 1092 m έως τα 300 m υψόμετρο.

Προς τα χαμηλότερα πρανή της λεκάνης το υπόβαθρο καλύπτεται από νεογενείς ιζηματογενείς αποθέσεις, κυρίως πράσινες - τεφρές αργίλλους, μάργες, μαργαϊκούς ασβεστολίθους με ενστρώσεις πλούσιες σε μικροαπολιθώματα λιμναίου - υφάλμυρου περιβάλλοντος. Προς το κεντρικό - πεδινό τμήμα της λεκάνης τα νεογενή καλύπτονται από τεταρτογενείς αποθέσεις χερσοποτάμιου - λιμναίου περιβάλλοντος.



Σχ. 2. Λιθολογικό σκαρίφημα της ευρύτερης περιοχής του Ν. Σερρών.

Η τεκτονική κατάσταση της λεκάνης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Ομάδες τεμνομένων ρηγμάτων με προσανατολισμούς ΒΑ-ΝΔ, ΒΔ-ΝΑ και Α-Δ έχουν σχηματιστεί τόσο στο υπόβαθρο, όσο και στις υπερκείμενες ιζηματογενείς αποθέσεις και έχουν προκαλέσει τον πολυκερματισμό της λεκάνης. Σημαντικές είναι και οι κατακόρυφες κινήσεις (άλματα) εκατέρωθεν των ρηγμάτων, οι οποίες ευθύνονται για τη μεγάλη βύθιση του κεντρικού τομέα της (μεγαλύτερη από 4000 m κατά το Νεογενές και το Τεταρτογενές) το οποίο διαρρέει ο Στρυμόνας.



Σχ. 3. Η λεκάνη απορροής του ρέματος Εζοβίτη με τους κύριους πλευρικούς κλάδους (5ης τάξης), χωρισμένη σε ζώνες ανάλογα με τις γενικές κλίσεις εδάφους.

γ) Γεωμορφολογικά, όπως φαίνεται ατο Σχ. 3, η περιοχή έρευνας είναι δυνατόν να χωριστεί σε τρεις ζώνες:

1) Την Ζώνη I η οποία περιλαμβάνει τον χώρο του υποβάθρου (ορεινός όγκος Κερδυλίου όρους), με γενικές κλίσεις εδάφους >45°. Στην Ζώνη I διαμορφώνονται οι περισσότεροι πλευρικοί κλάδοι του Εξοβίτη. Οι κοιλάδες των πλευρικών κλάδων έχουν, ως επί το πλείστον, διεύθυνση Ν-Β που είναι όμοια με την διεύθυνση της μέγιστης κλίσης του αναγλύφου της περιοχής.

2) Την Ζώνη II η οποία οριοθετείται από τις Νεογενείς αποθέσεις της περιοχής έρευνας, με γενικές κλίσεις εδάφους από 45° έως 5°. Στην Ζώνη II οι πλευρικοί κλάδοι του Εξοβίτη διαφοροποιούν την διεύθυνση ροής τους σε ΝΔ-ΒΑ, σχεδόν κάθετα προς την μέγιστη κλίση του αναγλύφου. Σ' αυτή τη Ζώνη εντοπίζεται ρήγμα Δ-Α, επάνω στο οποίο διαμορφώνει την κοίτη του ο Εξοβίτης. Η Ζώνη II βρίσκεται στην περιθωριακή περιοχή της λεκάνης του π. Στρυμόνα.

3) Την Ζώνη III η οποία περιλαμβάνει τις τεταρτογενείς αποθέσεις στη χαμηλή περιοχή, όπου το ρέμα συμβάλλει στη διευθετημένη κοίτη του Στρυμόνα, μέσα στο χώρο της παλιάς λίμνης Αχινού (πεδινή περιοχή λεκάνης Στρυμόνα). Η Ζώνη III έχει γενικές κλίσεις εδάφους <5°.

3. Ανάλυση του υδρογραφικού συστήματος του ρέματος Εξοβίτη

3.1. Λεκάνη απορροής

Η λεκάνη απορροής του Εξοβίτη έχει σχήμα ορθογώνιο-επίμηκες με χαρακτηριστική μονόπλευρη ανάπτυξη των κλάδων προς Ν/ΝΔ.

Τα μορφομετρικά στοιχεία της λεκάνης του Εξοβίτη που προέκυψαν κατά την ποσοτική και ποιοτική ανάλυση των παραμέτρων της, φαίνονται στον Πίνακα 1.

ΥΨΗΛΟΤΕΡΟ ΣΗΜΕΙΟ ΛΕΚΑΝΗΣ	u_1	1092 m
ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΟ ΣΗΜΕΙΟ ΛΕΚΑΝΗΣ	u_2	18 m
ΕΜΒΑΔΟΝ ΛΕΚΑΝΗΣ	E	132,25 Km^2
ΜΗΚΟΣ ΛΕΚΑΝΗΣ	Lb	24,75 Km
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΛΕΚΑΝΗΣ	H	1074 m
ΛΟΓΟΣ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ	R	0,043
ΣΧΗΜΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	Ορθογώνιο-επίμηκες με μονόπλευρη ανάπτυξη	

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μορφομετρικά στοιχεία της λεκάνης απορροής του ρέματος Εξοβίτη.

3.2. Υδρογροφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο του Εζοβίτη αριθμήθηκε κατά Strahler. Από την αρίθμηση (Πίν. 2) προέκυψε ότι το ρέμα είναι $6^{ης}$ τάξης πλευρικός κλάδος του ποταμού Στρυμόνα.

Η μορφή του υδρογραφικού δικτύαυ του ρέματος είναι ένας συνδυασμός δενδριτικής, ορθογώνιας και παράλληλης μορφής, που σχετίζεται με τα μορφολογικά και γεωλογικά στοιχεία της λεκάνης απορροής, ως εξής:

Στη Ζώνη Ι, όπου εμφανίζεται το υπόβαθρο, παρατηρείται ότι το δίκτυο έχει δενδριτική μορφή, δηλαδή αναπτύσσεται σε περιοχή με ομογενή πετρολογική σύσταση και σχετικά, ομαλή γεωλογική διάρθρωση. Τη μορφή αυτή παρουσιάζουν κυρίως τα ρέματα (πλευρικοί κλάδοι του Εζοβίτη): «Τρανός Λάκκος» και «Σχισμένη Πέτρα» που κατέχουν την δυτική πλευρά της λεκάνης απορροής του Εζοβίτη.

ΤΑΞΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ
$1^η$	1524
$2^η$	318
$3^η$	59
$4^η$	11
$5^η$	5
$6^η$	1
Σύνολο	1918

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου του Εζοβίτη (τάξεις - κλάδοι).

Στη Ζώνη ΙΙ, όπου εμφανίζονται οι νεογενείς αποθέσεις, οι κύριοι πλευρικοί κλάδοι του ρέματος έχουν μορφή παράλληλη μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει είτε λόγω της ύπαρξης επιμήκων ράχεων (ανάγλυφο) είτε λόγω της απότομης κλίσης των λιθολογικών σχηματισμών (γεωλογία). Άλλοτε όμως, οι κλάδοι παρουσιάζουν ορθογώνια μορφή, κυρίως στις περιοχές συμβολής τους με τον Εζοβίτη, η οποία σχετίζεται με την ύπαρξη ομάδων παραλλήλων ρηγμάτων που τέμνονται ορθογώνια, π.χ. τα ρέματα: «Τυφλό», «Καραβιδόλακκος», «Τρύπα» και «Τέσσερα Σουληνάρια». Η μορφή των κλάδων αυτών του Εζοβίτη φαίνεται ότι έχει κληρονομηθεί από προηγούμενη κατάσταση, εντοπίζεται δε κυρίως στη ζώνη επιφανειακής εμφάνισης του υποβάθρου.

Στα χώρο των νεογενών αποθέσεων ο κύριος κλάδος του Εζοβίτη έχει μονόπλευρη ανάπτυξη (ασυμμετρία) προς τα Ν/ΝΔ και η διεύθυνση ροής του είναι Δ - Α.

Τέλος, στην περιοχή των Τεταρταγενών αποθέσεων της λεκάνης απορροής παρατηρούνται μικροί κλάδοι δευτερογενούς δικτύου με αμφίπλευρη ανάπτυξη σε σχέση με τον κύριο κλάδα του Εζαβίτη. Η διεύθυνση ροής του ρέματος σ' αυτή την ζώνη γίνεται ΝΔ - ΒΑ.

Τα μορφομετρικά στοιχεία του υδρογραφικού δικτύου που προέκυψαν από την ποσοτική ανάλυση των παραμέτρων του, περιέχονται στον Πίνακα 3.

ΜΟΡΦΗ	Σύνθετη: Δενδριτική, ορθογώνια και παράλληλη	
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	(ΣL)u	633 Km
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ	(ΣΝ)u	1918
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	Du	4,78 Km^{-1}
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	Fu	14,50 Km^{-2}
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗΣ	Rb	4,546

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Μορφομετρικοί παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου του Εζοβίτη.

Η τιμή του Rb = 4,546 του πίνακα 3, είναι ο Μ.Ο. των Rb όλων των τάξεων που υπάρχουν στην συγκεκριμένη λεκάνη και προέκυψε, σύμφωνα με την μέθοδο Horton, όπως διακρίνεται στον Πίνακα 4.

Σύμφωνα με τον 1° Νόμο (αριθμός κλάδων) της υδρογραφικής σύνθεσης του Horton, το ρέμα Εζοβίτης είναι ένα φυσικώς αναπτυσσόμενο υδρογραφικό δίκτυο. Τα όρια της τιμής του Rb φυσικώς αναπτυσσόμενου δικτύου κατά Horton κυμαίνονται από 3 έως 5.

Εξετάζοντας το λόγο $4^{ης}/5^{ης}$ τάξης (= 2,2) διαπιστώνεται ότι έχει μια σημαντική απόκλιση από τον λόγο των υπολοίπων Rb, που θα έπρεπε να ήταν περίπου 5, για το συγκεκριμένο υδρογραφικό δίκτυο.

ΤΑΞΗ	ΚΛΑΔΟΙ	Rb	Μ.Ο. Rb
1η	1524		
2η	318	1ης/2ης 4,79	
3η	59	2ης/3ης 5,38	
4η	11	3ης/4ης 5,36	4,546
5η	5	4ης/5ης 2,2	
6η	1	5ης/6ης 5	

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Υπολογισμός (κατά Horton) του συντελεστή διακλάδωσης Rb του ρέματος Εζοβίτη.

4. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η ανάπτυξη του ρέματος Εζοβίτη στη ΝΔ πλευρά της λεκάνης των Σερρών φαίνεται ότι δεν ακολούθησε την ομαλή εξελικτική πορεία ανάπτυξης των υδρογραφικών δικτύων. Τα στοιχεία που οδηγούν σ' αυτή τη διαπίστωση είναι :

- **Το σχήμα** της λεκάνης απορροής και ο προσανατολισμός της στο χώρο, που σχετίζονται με τη ρηξιγενή τεκτονική της περιοχής και ιδιαίτερα με ρήγματα Α-Δ, εγκάρσια προς την κλίση του αναγλύφου της νότιας πλευράς της λεκάνης των Σερρών.
- **Η μορφή** του υδρογραφικού δικτύου μέσα στη λεκάνη απορροής η οποία παρουσιάζει διαφορές από τα ψηλότερα προς τα χαμηλότερα. Οι διαφορές αυτές οφείλονται κυρίως στη λιθολογική σύσταση και στον τεκτονικό κατακερματισμό των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής.

  Χαρακτηριστική είναι η ασύμμετρη ανάπτυξη του δικτύου, του οποίου ο κεντρικός άξονας (κύρια κοίτη Εζοβίτη) στο μεγαλύτερο τμήμα της διαρρέει τη βόρεια πλευρά της λεκάνης απορροής, ενώ οι πλευρικοί μεγάλοι κλάδοι αναπτύσσονται στη νότια πλευρά.
- **Οι διευθύνσεις** ροής των μεγάλων πλευρικών κλάδων Ν/ΝΔ-Β/ΒΑ και η ορθογώνια περίπου σύνδεση τους με τον κεντρικό κλάδο του δικτύου, δείχνουν μια διεργασία συλλήψεων.

Οι συλλήψεις αυτές φαίνεται ότι οφείλονται σε νεότερη δράση ρηγμάτων Α-Δ διεύθυνσης τα οποία έτμησαν τις κοίτες ροής των πλευρικών κλάδων (Ν/ΝΔ-Β/ΒΑ), διέκοψαν τη συνέχεια τους προς την κοίτη του Στρυμάνα και άλλαξαν τη ροή τους αφότου συνδέθηκαν με τον κύριο κλάδο του Εζοβίτη. Ανάλογα φαινόμενο σύλληψης μελετήθηκαν στο όρος Βερτίσκος από τον Αστάρα (1980).

Η σύνδεση αυτή σχετίζεται άμεσα με κατακόρυφες κινήσεις εκατέρωθεν του ρήγματος Α-Δ οι οποίες δημιούργησαν διαφορές στο ανάγλυφο και το οδήγησαν σε αναστροφή, διευκολύνοντας την αλλαγή ροής των πλευρικών κλάδων από Ν-Β *περίπου προς* Α-Δ. Ανάλογα φαινόμενα αναστροφής του αναγλύφου μελετήθηκαν στη Μάζα της Ροδόπης από τους Βοβλιάκη κ.ά. (1989) *και τον* Βαβλιάκη (1981).

- Η ανάπτυξη ταυ υδρογραφικού δικτύου δεν υπήρξε ομαλή όπως προκύπτει *από τις τιμές των* Rb *μέσου των κλάδων των διαφόρων τάξεων*. Συγκεκριμένα, ενώ στους πλευρικούς κλάδους ($1^{ης}$, $2^{ης}$, $3^{ης}$ και $4^{ης}$) *οι τιμές τους είναι περίπου* 5, *στα σημεία σύνδεσης των κλάδων* $4^{ης}$ και $5^{ης}$ τάξης είναι 2,2.

  Η διαφορά αυτή οδηγεί στη σκέψη ότι μια ανωμαλία πρέπει να αναζητηθεί ατη σύνδεση των κλάδων αυτών, ενώ το υπόλοιπα δίκτυο *αναπτύχθηκε ομαλά στο παρελθόν (ως τη σημερινή μορφή).*

  Η ανωμαλία αυτή πρέπει να αποδοθεί στην πρόσφατη τεκτονική δράση, *η οποία* επιβεβαιώνεται κοι από τα λοιπά ατοιχεία που προαναφέρθηκαν.

- Υπάψη ότι η ασυμβατότητα μεταξύ της επιφανειακής κλίσης της νότιας πλευράς της λεκάνης των Σερρών και της διεύθυνσης ροής ταυ Εζαβίτη, τον οδηγεί αε πορεία μεγαλύτερου μήκους σε μικρότερης κλίαης κοίτη μέχρι να συναντήαει το Στρυμόνα. Το φαινόμενο αυτό επιβεβαιώνει και πάλι τη δράση τεκτονικών παραγόντων στην περιοχή αυτή.

5. Βιβλιογραφία

Αστάρας, Θ. (1980). Ποσοτική Γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των Δ. πλευρών του όρους Βερτίσκου (Κ. Μακεδονία). Διδ. Διατρ., Σχ. Φυσικομαθηματική, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Βαβλιάκης, Ε. (1981). Μελέτη επιφανειών διάβρωσης καρστικών παγετωδών και περιπαγετωδών μορφών του όρους Μενοικίου στην Α. Μακεδονία από γεωμορφολογικής και μορφογενετικής πλευράς. Διδακτορική διατριβή, Τομέας Γεωλογίας-Φυσικής Γεωγραφίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Βαβλιάκης, Ε., Μουντράκης, Δ., Σωτηριάδης, Λ. (1989). Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις και σχετική χρονολόγηση των Νεοτεκτονικών παραμορφώσεων στο όρος Μενοίκιο (Αν. Μακεδονία). Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., Τόμ. XXIII/1, σελ. 289-302, Αθήνα.

Μουντράκης, Δ. (1984). Γεωλογία Ελλάδας. GrHelveticaity Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Παπαφιλίππου-Πέννου, Ε. Δυναμική εξέλιξη και σύγχρονες εξωγενείς διεργασίες του υδρογραφικού συστήματος της λεκάνης Σερρών. Διδακτορική Διατριβή εν εξελίξει. Εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Σωτηριάδης, Λ., Ψιλοβίκος, Α. (1984). Ασκήσεις Γεωμορφολογίας. Εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας, Α.Π.Θ., Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.

Ψιλοβίκος, Α., Αλμπανάκης, Κ., Παπαφιλίππου-Πέννου, Ε. (1992). Έρευνα του προβλήματος της πρόσχωσης της λίμνης Κερκίνης και της κοίτης του ποταμού Στρυμόνα και προτάσεις αντιμετώπισης αυτού. Ερευνητικό πρόγραμμα 2343 Επιτροπής Ερευνών, Εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Zagorcev, I.S. (1992). Neotectonic development of the Struma (Kraistld) Lineament, SW. Bulgaria and N. Greece. Geol. Mag. 129 (2), 197-222.

Οι εμφανίσεις των ασβεστιτικών ψαμμιτών (αιολιανιτών) στη Νότια Αττική και η συμβολή τους στην παλαιογεωγραφική της εξέλιξη κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο - Ολόκαινο

Κ. Παυλόπουλος

Τομέας Γεωγραφίας - Κλιματολογίας, Πανεπιστημίου Αθηνών
15784 Αθήνα

Περίληψη

Εμφανίσεις ασβεστιτικών ψαμμιτών έχουν παρατηρηθεί και μελετηθεί σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, βόρειες Κυκλάδες, δυτική Πελοπόννησο, νησιά του Ιονίου και στην Αττική. Στη μελέτη αυτή χαρτογραφούνται οι εμφανίσεις των ασβεστιτικών ψαμμιτών στη νότια Αττική, ταξινομούνται και αναλύονται εργαστηριακά. Σε επιλεγμένα δείγματα γίνονται κοκκομετρικές, μικροσκοπικές, ακτινοσκοπικές και μικροχημικές αναλύσεις.

Τα αποτελέσματα των ανολύσεων αξιολογούνται και συσχετίζονται με τα γεωμορφολογικά δεδομένα εξέλιξης της νότιας Αττικής. Παράλληλα γίνονται συγκρίσεις και με άλλες αντίστοιχες εμφανίσεις ασβεστιτικών ψαμμιτών στην ελλάδα από άλλους μελετητές. Τέλος προκύπτουν συμπεράσματα για την δημιουργία τους, το περιβάλλον απόθεσής τους και τη γεωμορφολογική εξέλιξη της περιοχής κατά το ανώτερο Πλειστόκαινο - Ολόκαινο.

Abstract

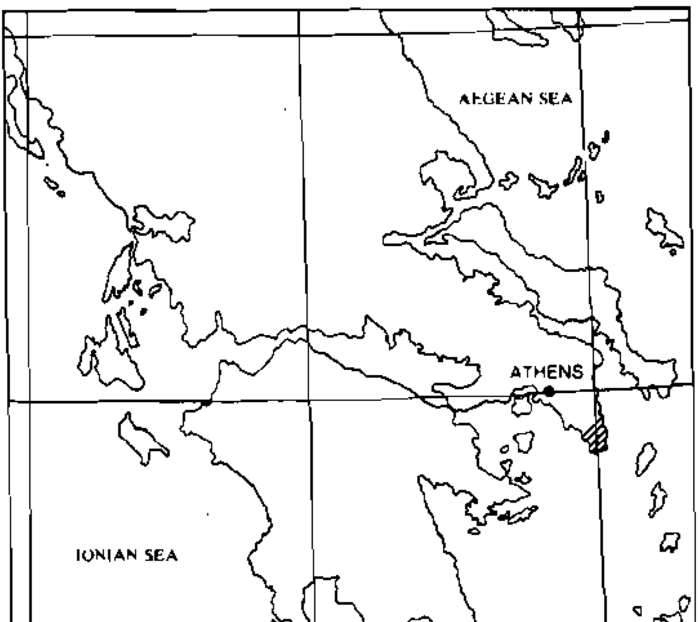
The presence of calcareous sandstones has been observed and studied in several regions of Greece, North Cyclades, West Peloponesse, Ionian Islands and Attica. In this study the presence of calcareous sandstones in South Attica were mapped, sorted and analyzed in the laboratory. Selected samples are subject to granulometric analysis, microscopic, x-ray defraction and microchemical analysis.

The results of the analysis are studied and compared to the geomorphological evolution data of South Attica. Comparisons are also made to the presence of calcareous sandstones in other regions of Greece studied by other researchers. Finally we draw conclusions about their

formation, the environment of their deposits and the geomorphological evolution of the region during the Upper Pleistocene-Holocene.

1. Γενικά

Το νοτιότερο τμήμα της Αττικής χερσονήσου, που αποτελεί και την περιοχή μελέτης (Σχ. 1), παρουσιάζει μια σύνθετη γεωτεκτονική δομή. Γενικότερα, όπως προκύπτει από τα μέχρι σήμερα δεδομένα, η νοτιοανατολική Αττική, ανήκει στην ενδιάμεση τεκτονομεταμορφική ζώνη της Πελαγονικής ενότητας. Ειδικότερα τα προνεογενή πετρώματα που εμφανίζονται στην περιοχή είναι μεταμορφωμένοι και ημιμεταμορφωμένοι σχηματισμοί και είναι μάρμαρα, δολομιτικά μάρμαρα, μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι και φυλλίτες (Σχ. 1).



Σχ. 1. Περιοχή μελέτης. Θέσεις όπου χαρτογραφήθηκαν οι εμφανίσεις των ασβεστιτικών ψαμμιτών.

Στην περιοχή της νότιας Αττικής διακρίνονται τρεις κύριες λιθοστρωματογραφικές ενότητες:

- Η κατώτερη γεωτεκτονική ενότητα της Αττικής (σχετικά αυτόχθονη).
- Η αλλόχθονη ενότητα του επωθημένου "φυλλιτικού" συστήματος.
- Η ακολουθία των Τριτογενών και Τεταρτογενών σχηματισμών που επίκεινται ασύμφωνα στις πραηγούμενες.

Στις σχετικά *νεότερες* Τεταρτογενείς αποθέσεις ανήκουν και οι *ασβεστιτικοί ψαμμίτες* που εμφανίζονται κυρίως στις ανατολικές ακτές της περιοχής μελέτης. Ο σχηματισμός αυτός έχει μελετηθεί από διάφορους ερευνητές, (Philipson 1930, Lepsius 1893, Μητσόπουλο 1933, Νέγρη 1912, Μιστάρδη 1933-1960, Μαρίνο 1971, Βορεάδη 1951, Παπανικολάου 1977, Φυτρολάκη 1977, Paepe 1969 κ.ά.). Κατά τον Βορεάδη, είναι θαλάσσιος ιζηματογενής σχηματισμός του παλαιοαλλουβίου, ενώ κατά τον Μιστάρδη είναι αιολικός σχηματισμός ημιερημικού κλίματος κατά το Τεταρτογενές. Ο Νέγρης θεωρεί ότι οι Τεταρτογενείς αυτοί ψαμμίτες στα χσμηλότερα σημεία εμφάνισης τους είναι θαλάσσιας γένεσης, στα δε υψηλότερα (μέχρι 120 m.) αιολικής προέλευσης.

2. Θέση - Μορφολογία

Στην περιοχή μελέτης συναντώνται κυρίως κατά μήκος των ανατολικών ακτών στις θέσεις Δασκαλιό, Τουρκολίμανο, Αυλάκι, στο Πόρτο Εννιά, Βρωμοπήγαδο, Πουνταζέζα και τέλος στο Πασσά-λιμάνι. Εμφανίζονται επίσης στο εσωτερικό μερικών κοιλάδων, όπως στην κοιλάδα Ποταμός, θέση Διψέλιζα-Σπηλιαζέζα και στην περιοχή μεταξύ Κοκκινοκορφής και Σπηλιάς.

Σε αρκετές παράκτιες θέσεις καθώς και σε ενδοχωρικές περιοχές συναντώνται αποθέσεις ψαμμιτών με την μορφή πάγκων. Το πάχος των εμφανίσεων αυτών κυμαίνεται από 0.3 m - 6.0 m, ανάλογα τις θέσεις και συναντώνται μέχρι υψόμετρο 100 m και πλέον. Οι κλίσεις των παράκτιων αποθέσεων κυμαίνονται από 5 - 10° προς την θάλασσα ακολουθώντας το παλαιοανάγλυφο του υπόβαθρου.

Συνήθως επικάθεινται απευθείας σε μάρμαρα, σχιστολίθους και φυλλίτες καθώς και σε παλαιότερες τεταρτογενείς αποθέσεις, όπως σε συνεκτικά κροκαλοπαγή μικρού πάχους, ή σε καστανοκόκκινες αργίλους πάχους από 0,5 m - 2,0 m περίπου. Διακρίνονται τρεις διαφορετικές κατηγορίες αποθέσεων:

i) Αποθέσεις ασβεστιτικών ψαμμιτών, οι οποίες έχουν ομοιόμορφη κοκκομετρική σύσταση, παρουσιάζοντας μικρή συνεκτικότητα και περιέχουν μικρό ποσοστό αργιλικών προσμίξεων,εμφανίσεις των οποίων συναντώνται στις εσωτερικές χαμηλότερες περιοχές (Δασκαλιό, Σπηλιαζέζα).

Φωτ. 1. Αποθεσεις ασβεστιτικων ψαμμιτων νοτια του ορους Τουρκολιμανου

Φωτ. 2. Αποθεσεις ασβεστιτικων ψαμμιτων στη θεση Αυλακι.

ii) Αποθέσεις ασβεστιτικών ψαμμιτών που περιέχουν μικρό ποσοστό από λατύπες και κροκάλες, ποικίλης λιθολογικής σύστασης που επικάθεινται συνήθως σε πλευρικές αποθέσεις κλιτύων.

iii) Αποθέσεις ασβεστιτικών ψαμμιτών με μεγάλη συνεκτικότητα, ομοιόμορφη κοκκομετρική σύσταση και περιέχουν μεγάλο ποσοστό οργανικού υλικού και απαντούν συνήθως στις παράκτιες περιοχές.

Οι αποθέσεις των ασβεστιτικών ψαμμιτών είναι οι μοναδικές που παρουσιάζονται στις ανατολικές και νοτιοανατολικές ακτές της περιοχής μελέτης, ενώ λείπουν τελείως από τις δυτικές.

3. Χαρακτηριστικά του κλίματος της περιοχής

3.1 Γενικά

Η Αττική ανήκει στις λεγόμενες υποτροπικές ζώνες και από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να διαιρεθεί σε δύο εποχές: την ψυχρή,από τα μέσα περίπου Οκτωβρίου ως τα μέσα περίπου Απριλίου, και τη θερμή, που καλύπτει το υπόλοιπο διάστημα του έτους. Οι δυναμικοί παράγοντες που επιδρούν στον καιρό της ψυχρής περιόδου είναι:

Οι υφέσεις (συστήματα χαμηλών πιέσεων) που έρχονται από τον Ατλαντικό και τη Δυτική Μεσόγειο.

Ο σιβηρικός αντικυκλώνας (συστήματα υψηλών πιέσεων) που την περίοδο αυτή πολλές φορές επεκτείνεται προς την Κεντρική και Νοτιοανατολική Ευρώπη και τα Βαλκάνια,καθώς και οι αντικυκλώνες της Δυτικής Ρωσίας και της Κεντρικής Ευρώπης.

Ο αντικυκλώνας των Αζορών που όταν επεκτείνεται προς την Αφρική,δημιουργεί νότιους έως νοτιοδυτικούς ανέμους.

Οι κινητοί αντικυκλώνες που έρχονται από τη Βόρεια Ευρώπη και μεταφέρουν ψυχρές αέριες μάζες.

Το κλίμα της Αττικής είναι μεσογειακό με κύριο χαρακτηριστικό το ξηρό και θερμό καλοκαίρι και τον ήπιο και βροχερό χειμώνα. Η ετήσια μέση θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται από 16.5°C μέχρι 19°C περίπου και οι υψηλότερες παρατηρούνται στις νότιες παραλιακές περιοχές, ενώ οι χαμηλότερες στις εσωτερικές βόρειες περιοχές. Ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος, ενώ οι μήνες Ιούλιος και Αύγουστος είναι οι θερμότεροι του έτους. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι κατά μέσον όρο 400 mm περίπου και η πορεία της μέσα στο έτος παρουσιάζει τις δυο χαρακτηριστικές περιόδους του μεσογειακού κλίματος: τη βροχερή, από τον Οκτώβριο ως και τον Απρίλιο, με μέγιστο τον Δεκέμβριο η τον Ιανουάριο και την σχεδόν ξηρή, με ελάχιστο τον Αύγουστο η τον Ιούλιο. Το φαινόμενο της χιονόπτωσης είναι εντονότερο στις βόρειες περιοχές της Αττικής με 1-6 ημέρες κατά μέσον όρο το έτος, ενώ οι χαλαζοπτώσεις είναι σπάνιες, 1-2 ημέρες κατά μέσον όρο το έτος. Οι άνεμοι πνέουν στην Αττική κυρίως από βόρειες μέχρι βορειοανατολικές διευθύνσεις και δευτερεύοντος από νότιες μέχρι νοτιοδυτικές, με μέση ταχύτητα 5-7 κόμβους.

Συγκεκριμένα για την μελετώμενη περιοχή δεν υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός, που να λειτούργησε με ικανοποιητικό αριθμό ετών για να έχουμε ακριβή περιγραφή των κλιματικών συνθηκών της περιοχής.

Ο πλησιέστερος σταθμός που υπάρχει και έχει λειτουργήσει για ικανοποιητικό αριθμό ετών, είναι ο σταθμός του αεροδρομίου Ελληνικού, με γεωγραφικό μήκος 23° 44', γεωγραφικό πλάτος 37°54' και υψόμετρο 10 m ο οποίος λειτουργεί από το 1946 και έχουν γίνει ποικίλες μετρήσεις σε διάφορες χρονικές περιόδους.

Υπάρχουν όμως και μετεωρολογικοί σταθμοί που λειτούργησαν σε περιορισμένες χρονικές περιόδους αλλά βρίσκονται πολύ κοντά η ακόμα και μέσα στα όρια της περιοχής μελέτης. Αυτοί είναι ο μετεωρολογικός σταθμός της Παιανίας με γεωγραφικό μήκος 23°52', γεωγραφικό πλάτος 37°57' και υψόμετρο 152 m, της Αγ. Μαρίνας Λαυρίου με γεωγραφικό μήκος 24°04', γεωγραφικό πλάτος 37°45' και υψόμετρο 40 m και τέλος ο βροχομετρικός σταθμός Ελαιοχωρίου με γεωγραφικό μήκος και πλάτος 24° 03' και 37°45' αντίστοιχα και υψόμετρο 100 m.

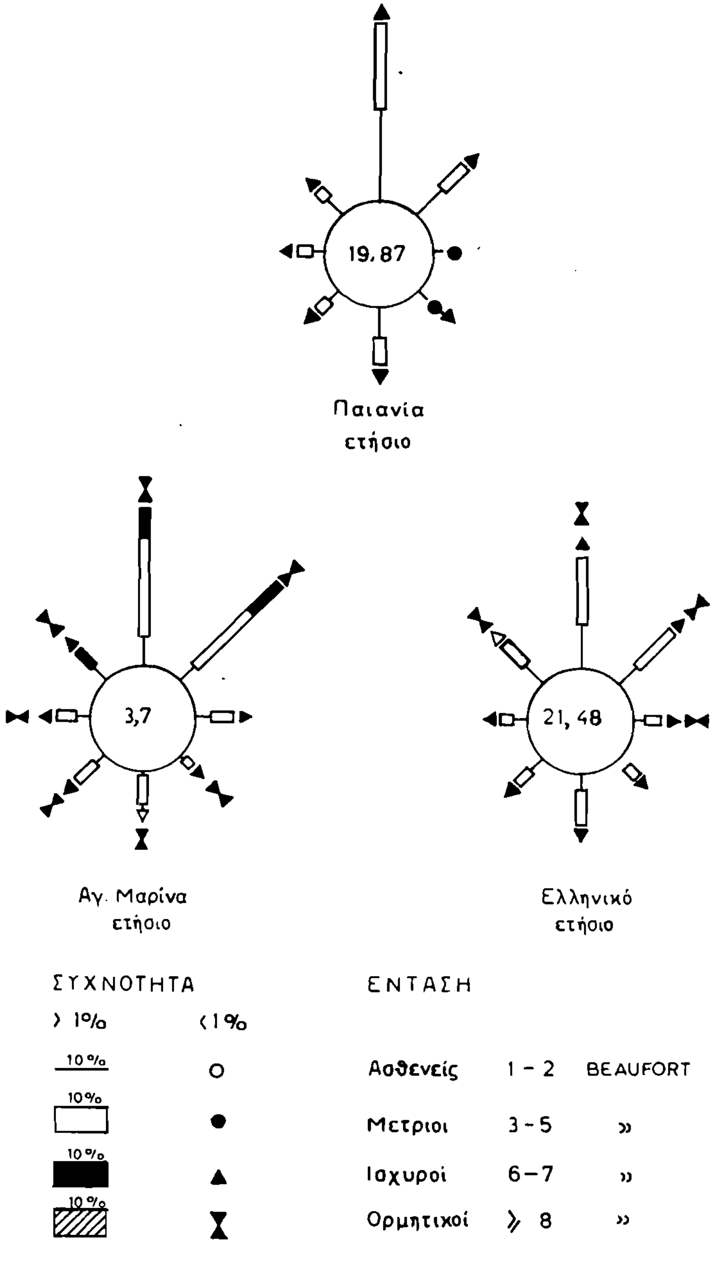
Η περιγραφή του κλίματος βασίζεται σε κλιματολογικό στοιχεία που προέρχονται, για τους σταθμούς του αεροδρομίου του Ελληνικού και της Παιανίας, από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ) και για τους σταθμούς Αγ. Μαρίνας και Ελαιοχωρίου από την Δ.Ε.Η.

3.2 Άνεμοι

Στην περιοχή της νότιας Αττικής οι φυσικογεωγραφικοί παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο στις κλιματολογικές διαφοροποιήσεις είναι κυρίως η διαμόρφωση του ανάγλυφου και η βλάστηση.

Ο άνεμος είναι κλιματικό στοιχείο που η δίαιτα του εξαρτάται από τη γεωμορφολογία της περιοχής, όπως είναι οι ορεινοί όγκοι, το ύψος, τις μάζες της ξηρός και της θάλασσας κ.ά. Με βάση τα ανεμολογικά στοιχεία των σταθμών της περιοχής της νότιας Αττικής,προκύπτει ότι οι άνεμοι που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σε όλη τη διάρκεια του έτους είναι σε γενικές γραμμές βορείων διευθύνσεων.

Συγκεκριμένα για τον σταθμό του Ελληνικού οι άνεμοι που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σε όλη τη διάρκεια του έτους είναι οι βόρειοι (21.34%) και οι βορειοανατολικοί (14.50%) και στη συνέ-



Σχ. 2. Ετήσια ανεμολογικά διαγράμματα των μετεωρολογικών σταθμών Παιανίας, Αγ. Μαρίνας και Ελληνικού.

χεια οι βορειοδυτικοί (10.16%). Την μικρότερη συχνότητα παρουσιάζουν οι δυτικοί (4.62%) και οι νοτιοανατολικοί (5.25%), ενώ η συχνότητα των νηνεμιών ανέρχεται στην τιμή του 21.48% (Σχ. 2).

Για τον σταθμό της Παιανίας μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης παρουσιάζουν σε όλη τη διάρκεια του έτους, οι βόρειοι άνεμοι (34.92%), στη συνέχεια οι βορειοανατολικοί (13.57%) και τέλος οι νότιοι άνεμοι (11.04%). Την μικρότερη συχνότητα σε ετήσιο βάση, εμφανίζουν οι άνεμοι νοτιαναταλικών (2.75%) και ανατολικών (2.93%) διευθύνσεων. Η συχνότητα των νηνεμιών κυμαίνεται σε 19.87%.

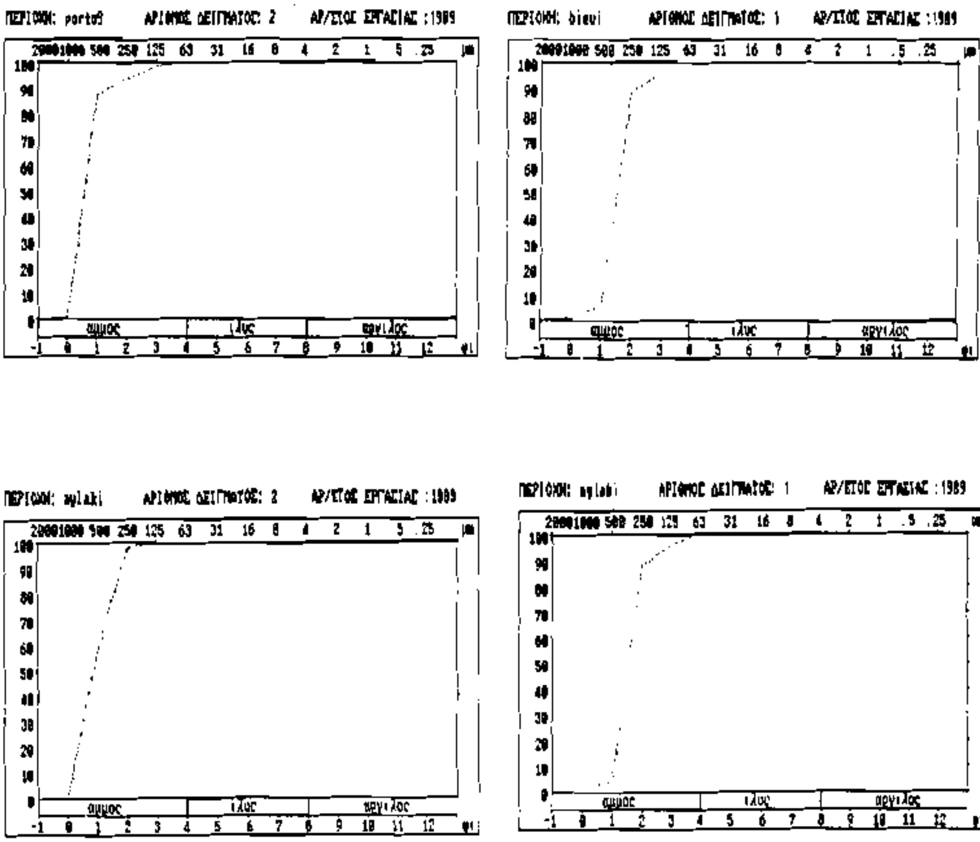
Για τον σταθμό της Αγ.Μαρίνας Λαυρίου οι άνεμοι που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σε όλη τη διάρκεια του έτους είναι, οι βόρειοι-βορειοανατολικής διεύθυνσης (21.43%), στη συνέχεια οι βόρειοι (17.88%) και τέλος οι βόρειο-βορειοδυτικοί (11.86%). Τη μικρότερη συχνάτητα εμφάνισης παρουσιάζουν οι νοτιοονοτολικής διεύθυνσης άνεμοι (1.04%), οι ονατολικοί (2.53%) και οι δυτικοί (2.93%). Η συχνότητα εμφάνισης των νηνεμιών κυμαίνεται σε 3.74%. Για τον ίδιο σταθμό η μέγιστη ριπή ανέμου που έχει παροτηρηθεί είναι της τάξης των 39 m/sec, ενώ η μέοη ετήσια τιμή της ταχύτητας του ανέμου ανέρχεται σε 6.3 m/sec με μεγαλύτερες μέσες μηνιαίες τιμές ταν Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο 7.2 m/sec και μικρότερες τον Μάιο 4.6 m/sec.

Κατά την διάρκεια του Τεταρτογενούς η εναλλογή των κλιματικών συνθηκών από πογετώδεις σε μεσοπαγετώδεις έχει επηρεάσει ως ένα βαθμό τον ρυθμό και την ένταση των διεργασιών και επιδρούν στη διαμόρφωση του ανάγλυφου. Την ταχύτητα εξέλιξης των γεωμορφών και του ανάγλυφου την καθορίζουν και άλλοι παράγοντες εκτός των κλιματικών συνθηκών της περιοχής, όπως είναι οι τεκτονικοί, οι λιθολογικοί καθώς και οι ανθρωπογενείς διεργασίες, ιδιαίτερα για την περίοδο του Ολοκαίνου.

Η κατάσταση και διαμόρφωση των ανατολικών ακτών της περιοχής μελέτης επηρεάζεται άμεσο από τον κυματισμό, που δημιουργείται από τους ανέμους βόρειας κοι βορειοανατολικής διεύθυνσης, που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης, καθώς και τις μεγαλύτερες εντάσεις σε όλη τη διάρκεια του έτους.

4. Κοκκομετρική ανάλυση

Δείγματα από διάφορες εμφανίσεις των ασβεστιτικών ψαμμιτών, αναλύθηκαν κοκκομετρικά με τη μηχανική μέθοδο των κόσκινων και σχεδιάστηκε η αθροιστική καμπύλη συχνότητας και το ιστόγραμμα κατανομής μεγεθών. Παράλληλα υπολογίστηκαν οι ιζηματολογικές παράμετροι της σταθεράς απόκλισης (σ1), της λοξότητας (Sk) και της κύρτωσης (Kg) των δειγμάτων αυτών και υπολογίστηκαν με τους ακόλουθους τύπους του Folk (1974).



Σχ. 3. Χαρακτηριστικές κοκκομετρικές κομπύλες δειγμάτων ασβεστιτικών ψαμμιτών από τις περιοχές Πόρτο Εννέο, Βιέθι και Αυλάκι.

$$\sigma_1 = \frac{\Phi 84 - \Phi 16}{4} + \frac{\Phi 95 - \Phi 5}{6.6}$$

$$Sk_1 = \frac{\Phi 16 + \Phi 84 - \Phi 50}{2\,(\Phi 84 - \Phi 16)} + \frac{\Phi 5 + \Phi 95 - \Phi 50}{2\,(\Phi 95 - \Phi 5)}$$

$$Kg = \frac{\Phi 95 - \Phi 5}{2.44\,(\Phi 75 - \Phi 25)}$$

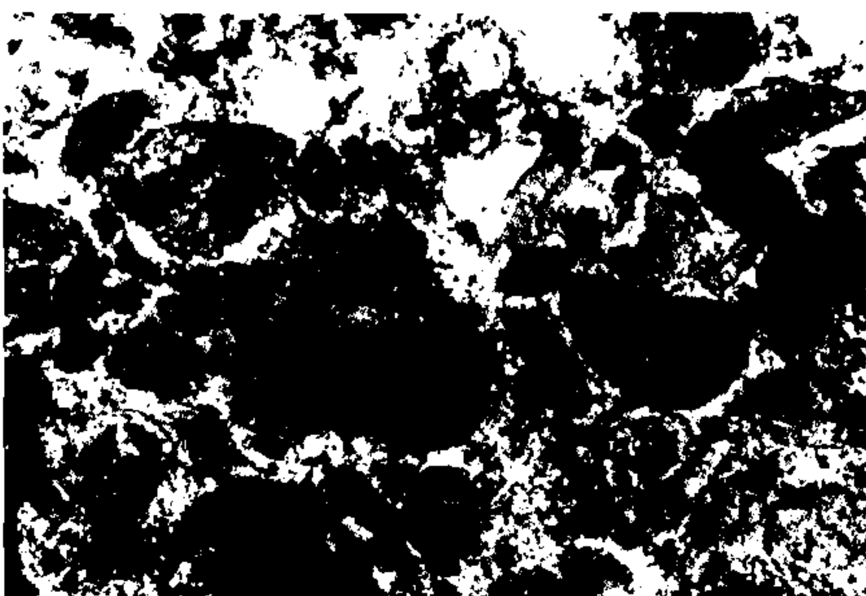
Οι τιμές της σταθεράς απόκλισης στα δείγματα που αναλύθηκαν κυμαίνονται από -0.05 Φ μέχρι 0.60 Φ, της λοξότητας από 0.10 Φ μέχρι 0.79 Φ και της κύρτωσης από 1.32 Φ μέχρι 1.94 Φ.

Από την συσχέτιση των παραμέτρων αυτών προκύπτει ότι είναι άμμοι με θετική λοξότητα, με αθροιστικές καμπύλες συχνότητας λεπτοκυρτικές μέχρι πολύ λεπτοκυρτικές, γεγονός που δείχνει ομοιομορφία κόκκων και καλή μέχρι πολύ καλή ταξινόμηση αυτών.

Πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι μόνο σε επτά δείγματα ασβεστιτικών ψαμμιτών μπόρεσε να γίνει κοκκομετρική ανάλυση γιατί στάθηκε αδύνατων στα υπόλοιπα, να διαχωριστούν και να αποσυγκολληθούν οι κόκκοι τους, χωρίς να καταστραφεί η κοκκομετρία τους.

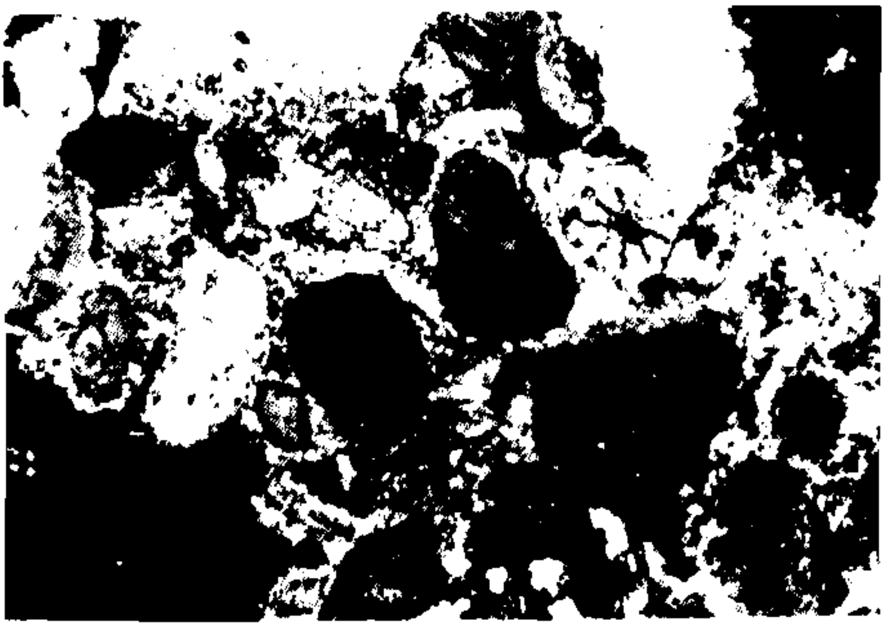
5. Μικροσκοπική ανάλυση

Μετά από εξέταση λεπτών τομών, των ασβεστιτικών ψαμμιτών, σε πολωτικό πετρογραφικό μικροσκόπιο, διαπιστώθηκε ότι αποτελούνται κυρίως από συσσωματώματα μικροκρυσταλικού χαλαζία, Κ-ούχους αστρίους, επίδοτο, μαρμαρυγίες κ.ά. Τα θρσύσματα του χαλαζία εμφανίζουν υποκοκκώδη ιστό με σημόδια παραμόρφωσης, παρουσιάζοντας κυματοειδή κατάσβεση. Το συνδετικό υλικό εμφανίζεται μικροσπαριτικό μεταξύ των αλλοχημικών συστατικών. Συχνή επίσης είναι και η παρουσία των μορφών Pellets.



Φωτ. 3. Λεπτή τομή ασβεστιτικού ψαμμίτη σε πετρογραφικό μικροσκόπιο, μεγέθυνση 6.3.

Εντοπίστηκε επίσης μετά από μικροσκοπική εξέταση, πλούσια πανίδα τρηματοφόρων (Elphidium, Ammonia, Quinqueloculina κ.ά), οστρακωδών και γαστεροπόδων καθώς και πλήθος από θραύσματα ελασματοβραγχίων. Τα κελύφη αυτών είναι έντονα αποστρογγυλωμένα ανεξάρτητα από το μέγεθός τους, παρουσιάζοντας μερικές φορές επιμήκεις ραβδώσεις και χαραγές. Αυτά χαρακτηρίζουν υφάλμυρο περιβάλλον ρηχών νερών.



Φωτ. 4. Λεπτή τομή ασβεστιτικού ψαμμίτη, μεγέθυνση 6.3. Λεπτομέρεια στο συγκολλητικό υλικό και στα τρηματοφόρο στο δεξιό τμήμα της φωτογραφίας.

6. Ακτινοσκοπική ανάλυση

Εξετάστηκε το συνδετικό υλικό των κόκκων των ασβεστιτικών ψαμμιτών ως προς την σύσταση του και στο ποσοστό που συμμετέχει σε αυτό ο Mg-ούχος ασβεστίτης, με σκοπό να προσδιοριστούν, όσο είναι δυνατόν οι φυσικοχημικές συνθήκες δημιουργίας του.

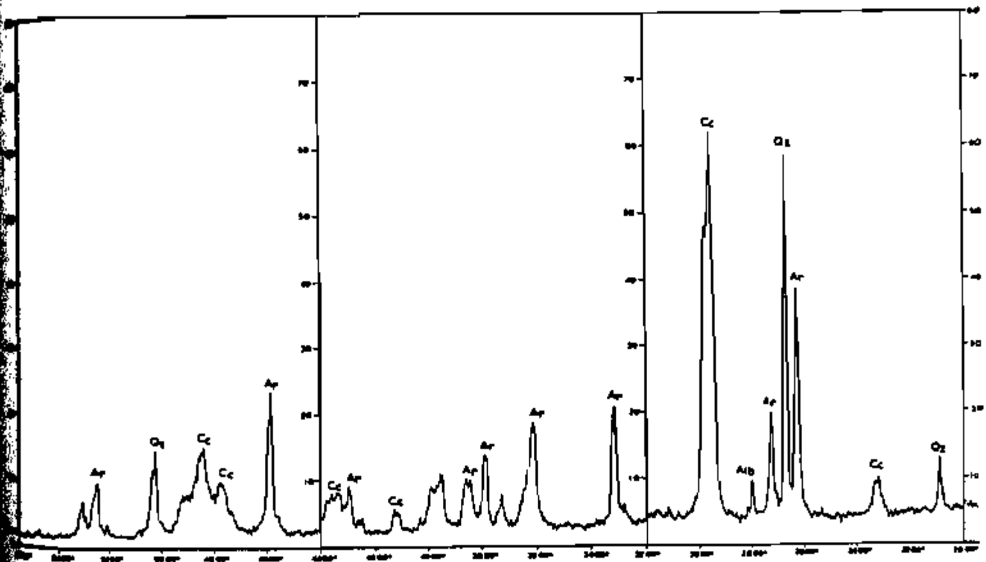
Αρχικά έγινε αποχωρισμός του συνδετικού υλικού από τους κόκκους σε διοφθάλμιο μικροσκόπιο και μετά ακολούθησε κοκκοποίηση του συλλεχθέντος δείγματος. Μετά έγιναν δυο ειδών ακτινοδιαγρόμματα (XRD):

α) Ακτινοδιάγραμμα από 5°-60° ταχύτητας γωνιόμετρου 1°/min, με σκοπό να προσδιοριστούν τα κύρια ορυκτολαγικά συστατικά του δείγματος.

β) Ακτινοδιάγραμμα από 25° - 31° με ταχύτητα γωνιόμετρου 1/4°/min και χρήση Si σαν εσωτερικού standard, με σκοπό την εκτίμηση της αναλογίας Ca/Mg στο μόρια του ανθρακικού συνδετικού υλικού.

Από το πρώτο ακτινοδιάγραμμα διαπιστώθηκε ότι το κύριο ποσοστό του συνδετικού υλικού είναι Mg-ούχος ασβεστίτης, αραγωνίτης και μαρμαρυγίες. Οι μαρμαρυγίες δεν είναι συστατικό του συνδετικού υλικού και η ύπαρξή τους οφείλεται στην μόλυνση του δείγματος, επειδή ο απόλυτος διαχωρισμός είναι αδύνατος.

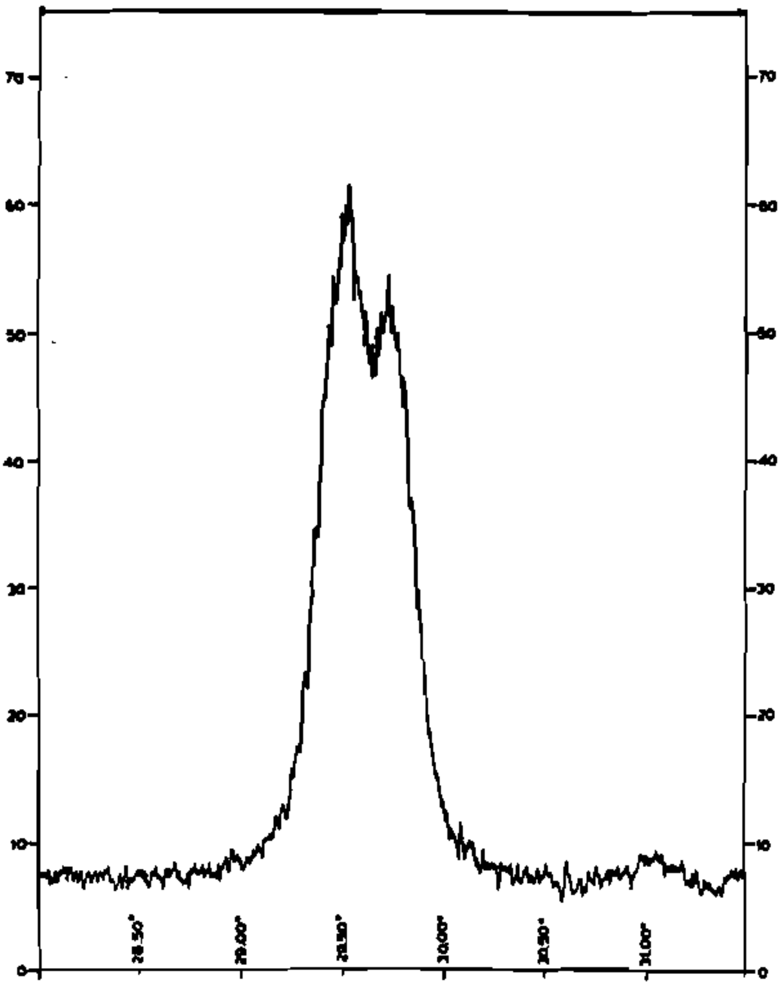
Με το δεύτερο ακτινοδιάγραμμα προσδιορίστηκε η ακριβής περιεκτικότητα σε Mg-ούχο ασβεστίτη. Ο υπολογισμός έγινε με την μέθοδο Goldsmith βελτιωμένη από τον Ch. Hutchison (1974) με βάση τον τύπο:
mol % $MgCO_3$ = 33.784 × (2θ Calcite104 – 2θ Silicon111) – 32.486



Σχ. 4. Ακτινοδιάγραμμα του συνδετικού υλικού των ασβεστιτικών ψαμμιτων από τη θέση Βιέθι. Ταχύτητα 1°/min.

Ο Mg-ούχος ασβεστίτης, που σαφώς εμφανίζεται στο ακτινοδιάγραμμα σε δυο διαφορετικούς τύπους, συμμετέχει στο συνδετικό υλικό με ποσοστά από 3%-11% mol.

Τα ακτινοδιαγράμματα έγιναν σε περιθλασίμετρο Philips mod. PW 1050/70, με λυχνία Cu στα 45 KV και 25 mA, με ταχύτητα καταγραφικού 1 cm/min, range CPS 1 × 10^3 και time constant 1 sec, του εργαστηρίου του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας.



Σχ. 5. Ακτινοδιάγραμμα του ιδίου δείγματος με ταχύτητα γωνιόμετρου 1/4°/min.

7. Μικροσκοπική ανάλυση

Οι μικροχημικές αναλύσεις έγιναν με μικροαναλυτή της ZEOL mod. Superprobe 733, συνδεδεμένο με φασματόμετρο διασκορπιζόμενης ενέργειας (EDS) της Tracor Northern series II, του τμήματος Ορυκτολογίας - Πετρολογίας του Ι.Γ.Μ.Ε. Οι συνθήκες ήταν: Τάση επιτάχυνσης 20 KV και ρεύμα δείγματος 3 nA.

Αρχικά έγιναν λεπτές τομές σε διάφορα δείγματα ασβεστιτικών ψαμμιτών από διάφορες θέσεις και στην συνέχεια επιμεταλλώθηκαν. Στη συνέχεια έγιναν μικροαναλύσεις σε επιλεγμένες θέσεις των δειγμάτων, κυρίως σε περιοχές όπου το συνδετικό υλικό παρουσιάζονταν με καλή μορφή κρυστάλλωσης.

Τα ποσοστά των mol του Mg-ούχου ασβεστίτη που συμμετέχουν στο συνδετικό υλικό κυμαίνονται από 1%-6% που προσεγγίζουν τις τιμές εκείνες που προέκυψαν από τις ακτινοσκοπικές αναλύσεις.

8. Συμπεράσματα

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τους σχηματισμούς των ασβεστιτικών ψαμμιτών στην περιοχή της νότιας Αττικής προκύπτουν τα εξής:

- Συναντώνται σε υψόμετρα από 0-120 m περίπου με κλίσεις 5°-10° με διεύθυνση προς τη θάλασσα ακολουθώντας το παλαιοανάγλυφο του υποβάθρου.
- Παρατηρούνται μόνο στις ανατολικές ακτές της Νότιας Αττικής και δεν εμφανίζονται τεκτονισμένοι και διαταραγμένοι.
- Παρουσιάζουν ομοιομορφία κόκκων και καλή μέχρι πολύ καλή ταξινόμηση αυτών.
- Οι κόκκοι των ψαμμιτών αποτελούνται κυρίως από συστατικά των μεταμορφωμένων σχηματισμών.
- Εμφανίζουν στην κύρια μάζα πλούσια πανίδα τρηματοφόρων οστρακωδών ελασματοβραγχίων και γαστεροπόδων, που χαρακτηρίζουν θαλάσσιο-υφάλμυρο παράκτιο περιβάλλον.
- Το συνδετικό υλικό των κόκκων εμφανίζεται μικροσπαριτικό μεταξύ των αλλοχημικών συστατικών, ανθρακικής σύστασης και παρουσίας Mg-ούχου ασβεστίτη, επιβεβαιωμένο με δυο διαφορετικές μεθόδους ανάλυσης, σε ποσοστά από 1%-6% και από 3%-11%.
- Η ύπαρξη του αραγωνίτη στο συνδετικό ανθρακικό υλικό των κόκκων, που θεωρείται σαν μετασταθές ορυκτό, υποδηλώνει την σχετικά πρόσφατη ηλικία σχηματισμού του και ειδικότερα την πρόσφατη ηλικία διαγένεσης των αποθέσεων που σήμερα αποτελούν τους ασβεστιτικούς ψαμμίτες.

Παρόμοιες αποθέσεις έχουν μελετηθεί και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας βόρειες Κυκλάδες, δυτική Πελοπόννησος, νησιά του Ιονίου κ.α. Όσον αφορά την ηλικία δημιουργίας αυτών των αποθέσεων πολλοί ερευνητές θεωρούν σαν πιο πιθανή ηλικία το μέσο-ανώτερο Πλειστόκαινο. Ο Sorel (1976) για τις αποθέσεις των ασβεστιτικών ψαμμιτών της Κεφαλλονιάς, αποδίδει μια σχετική ηλικία $22 \times 10^4 - 9 \times 10^4$ ετών από σήμερα. Ο Keraudren (1980) που αναφέρεται επίσης σε αντίστοιχες αποθέσεις στη Δ. Πελοπόννησο δέχεται για αυτές μια ηλικία $9 \times 10^4 - 7 \times 10^4$ ετών από σήμερα.

Συνοψίζοντας τις παρατηρήσεις αυτές για τους ασβεστιτικούς ψαμμίτες προκύπτει ότι πρόκειται κυρίως για αιολικές αποθέσεις παράκτιων ιζημάτων ανωτέρου Πλειστόκαινου-κατωτέρου Ολοκαίνου.

Το γεγονός ότι παρατηρούνται μόνο στις ανατολικές ακτές της Αττικής χερσονήσου υποδηλώνει την πιθανή ύπαρξη κατά την περίοδο αυτή, ισχυρών ανέμων βορειοανατολικών και ανατολικών διευθύνσεων καθώς και την ύπαρξη εκτεταμένων περιοχών του Ν. Ευβοϊκού κόλπου, που κατά την περίοδο αυτή χέρσευαν και αποτελούσαν την πηγή τροφοδοσίας των αποθέσεων αυτών. Η διαγένεση και η συγκόλληση τους έγινε σε χερσαία και παράκτια περιβάλλοντα μέσης-υψηλής ενέργειας.

Ευχαριστίες

Η συμβολή των συναδέλφων Γ. Οικονόμου στις μικροχημικές αναλύσεις, Ι. Μήτση στις ακτινοσκοπικές, και Π. Καρκάνα στις πετρογραφικές ήταν ουσιαστική και εποικοδομητική στη θεμελίωση των απόψεων της μελέτης αυτής. Τους ευχαριστώ θερμά.

10. Βιβλιογραφία

Clement, B., Katsikatsos, G. (1982). Etude geologique d' un secteur zones internes des Hellenides: L' Attique septentrionale (Greece contnental). Ann. Soc. Geol. Nord. vol. CI, pp. 87-96.

Dermitzakis, M., Papanikolaou, D. (1979). Paleogeography and geodynamics of the Aegean area during the Neogen. VII Int. Congr. Mediterranean Neogene, Athens 1979. A.G.P.H. VII.

Fytrolakis, N., Papanikolaou, D. (1977). Some new occurrences of Quaternary sandstones in the Cyclades and their paleographic. VI Coll. Geol. of the Aegean Region. vol. II, pp. 459-466.

Fytrolakis, N., Papanikolaou, D. (1977). Some new occurrences of Quaternary sandstones in the Cyclades and their paleeogeographic. VI Coll. of the Aegean Region. vol. II, pp. 459-4466.

Herforth, A., Schroder, B., Theodoropoulos, D. (1972). Zur Jungpleistozanen und Holozanen Kustenmorphologie zwischen Korinth und Sud-Attika. Bull. Geol. Soc. Greece, vol VIII, pp. 194-198, Athens.

Hutchison, C. (1974). Laboratory Handbook, of Petrographic Techniques. Ed. John Willey, London 1974.

Καραπιπέρης, Λ. (1960). Συμβολή εις την μελέτην των κλιματικών συνθηκών των προς των Σαρωνικών ακτών της Αττικής. Δελτ. Γ.Υ.Σ., Αθήνα 1960.

Μαρίνος, Γ., Petrascheck, W. (1956). Λαύριον. Ινστιτούτον Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους, τόμ. 4, Αθήναι 1956.

Μαρίνος, Γ. (1971). Επί της παρακτίου θαλάσσιας γεωλογίας του Ιονίου και του Αιγαίου πελόγους. Παραδείγματα εκ της Κερκύρας και της Αττικής. Πρακτικά ΙΩΚΑΕ, τόμ. Χα, σελ. 9-18. Αθήνα 1971.

Mistardis, G. (1933). Sur les gres Quaternaires de l' Attique, Comptes Rendus. Academie Sciences, vol. 196, pp. 1819-1822, Paris.

Mistardis, G. (1976). Recherches sur l' evolution du relief dans le Centre-Quest egeen au Miocene et au Pliocene. Bull. Soc. Geol. France, vol. XVIII, pp. 217-223, Paris.

Negris, Ph. (1912). Sur l' age des formations crystallines de l' Attique. C.R.Ac. Scien., vol. 154, pp. 1743-1745, Paris.

Paepe, R., Deraymaeker, D. (1969). Geomorphological and Quaternary mapping of the Adami-Potami aera. Thorikos VI 1969, pp. 79-98.

Παυλόπουλος, Κ. (1992). Γεωμαρφολογική εξέλιξη της νότιας Αττικής. Διδακταρική διατριβή. Αθήνα 1992, σελ. 225.

Παυλόπουλλας, Κ., Ζαμάνη, Α., Μαρουκιάν, Χ. (1993). Γεωμαρφολογική εξέλιξη της περιοχής Κερατέας-Θορικού (Νότια Αττική), από το τέλος του Νεογενούς μέχρι σήμερα Πρακτικα του 3ου Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου, τόμος Β, σελ. 326-334.

Sabot, V., Papanikolaou, D. (1977). Some geomorphological aspects of the Cyclades and their importance of the morphotectonic evolution of the area. VI Coll. Geol. Aegean Region, Athens, v. 1, p. 529-534.

Sorel, D. (1976). Etude neotectonique dans l' arc Egeen externe occidental. These, p. 196, Paris 1976.

Xitao, Z. (1988). Eolianites in Fujian, China. Journal of coastal research, special issue 3, pp. 83-90.

Γεωμορφολογία, υδρογεωλογία και δυνατότητες αξιοποίησης των ιαματικών πηγών Θερμής Λέσβου

Κ. Παυλόπουλος, Χ. Μορουκιόν, Α. Ζαμάνη και †Ι. Παπαγεωργάκης
Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 15784 Αθήνα

Περίληψη

Οι ιαματικές πηγές Θερμής βρίσκονται στον παραλιακό οικισμό Λουτρό Θερμής περίπου 11 km Β.Α. της Μυτιλήνης, πρωτεύουσας της νήσου Λέσβου. Οι θερμές ισματικές πηγές της Θερμής ήταν γνωστές από την αρχαιότητα. Η λειτουργία των ιαματικών λουτρών συνεχίστηκε μέχρι την Τουρκοκρατία και στις αρχές του αιώνα μας κατασκευάζεται το ξενοδοχείο Σόρλιτζα που σήμερα είναι ιδιοκτησία του ΤΣΑΥ.

Η διαμόρφωση του τοπίου της στενότερης περιοχής Θερμής, οφείλεται κυρίως στο ρέμα Λουτρών, με τη δημιουργία ενός αλλουβιακού ριπιδίου. Το αλλουβιακό αυτό ριπίδιο που αποτελείται από αδρομερέστερο υλικό, μεταβαίνει πλευρικό προς τις ποταμοχειμόρριες αποθέσεις του ρέματος Ποταμόκι μετατοπίζοντας προς βορρόν την κεντρική του κοίτη.

Το υπόβαθρο της νήσου Λέσβου αποτελειται από μια κρυσταλλική επιμεταμορφική σειρά, που περιλαμβάνει κυρίως αδιαπέρατους φυλλίτες και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους με ενδιαστρώσεις φακών μαρμόρου. Ένα μεγάλο ρήγμα με διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ είναι εμφανές στην περιοχή των Λουτρων Θερμής, που συνεχίζεται προς ΒΔ κατεύθυνση χωρίζοντας τα ανθρακικό πετρώματα από τα φυλλιτικό-σχιστολιθικά. Ένα άλλο μικρότερο ρήγμα είναι πιθανόν να διέρχεται από τα Λουτρά Θερμής με ΒΒΔ-ΝΝΑ κατεύθυνση. Η τομή των δύο ρηγμάτων φαίνεται ότι παίζει καθοριστικό ρόλο στην εμφάνιση της θερμομεταλλικής πηγής.

Μέρος του ιαματικού νερού διαχέεται στις γύρω Πλειστοκαινικές αποθέσεις, ιδιαίτερα προς τα βόρεια του κτήματος όπου αναμιγνύεται με τον τοπικό φρεάτιο ορίζοντα. Οι χημικές αναλύσεις του ιαματικού νερού δείχνουν ότι αυτό προέρχεται από ζεστές σιδηρούχες αλιπηγές και ότι η συμμετοχή θαλασσινού νερού σε αυτή είναι πολύ σημαντική. Επίσης οι δοκιμαστικές αντλήσεις που έγιναν έδειξαν ότι η ανάμειξη του θαλασσινού νερού γίνεται σε μικρό βάθος.

Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη αυτή προτείνονται έργα υδρομάστευσης μεταξύ της γεώτρησης G1, Π2 και φρεατίου Α6 του αποστραγγιστικού αγωγού, αποθήκευση και εκμετάλλευση του θερμού ιαματικού νερού για την παραγωγή ζεστού νερού σε καλύτερα εξοπλισμένες λουτρικές εγκαταστάσεις.

Abstract

The Thermi spa is located near the coastal village of Loutra Thermis, about 11 km NE of the capital of Lesbos, Mytilini. They were known since ancient times. Their use continued even when the island was under Turkish rule till the beginning of this century when the present Sarlitza hotel was constructed.

The morphology of Thermi is owed mainly on the action of loutron stream and its alluvial fan which is composed of coarse fluvio-torrential sediments and intercalates with those of the smaller Potamaki stream pushing it to flow farther north.

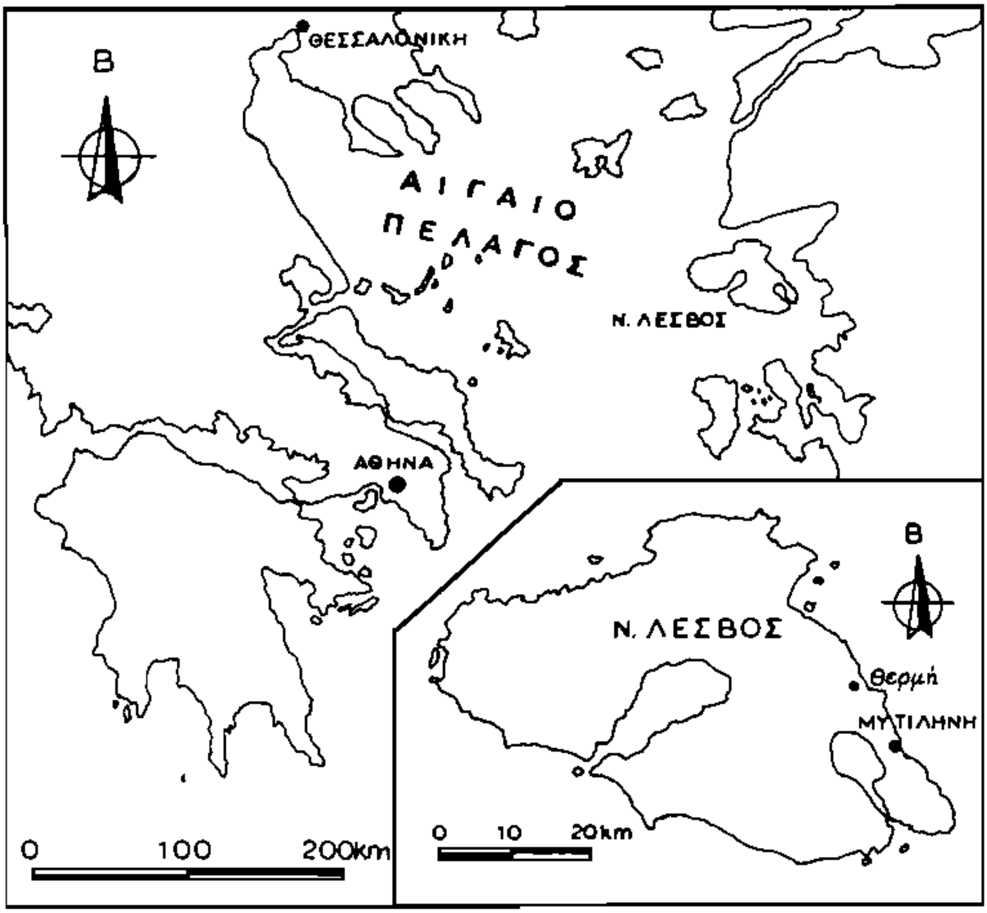
The basement of the island of Lesbos is composed of crystalline epimetamorphic series, containing mainly impermeable and mica schists with intercalations of marble lenses. A WNW-ESE trending long fault is clearly visible in the vicinity of Loutra Thermis and continues to the NW thus separating the carbonate rocks from the phyllites-schists. A smallerone appears to be running through Loutra Thermis with a NNW-SSE direction. The intersection of the two faults seems to be playing a decisive role in the emergence of the hot springs.

Part of the therapentic water is diffused in the pleistocene sediments particularly towards the north where it mixes with the local water table. The chemical analyses of this water incidate that it originates from ferruginous haline springs where the contribution of seawater is very important. Several test pumpings showed that the mixing of the two waters takes place in shallow dephts.

Based on the conclusions reached in this study, it is proposed to collect the hot waters through a drainage conduit and store them for exploitation in better equiped spa installations.

Εισαγωγή

Η Λέσβος βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του βορείου Αιγαίου. Αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα νησιά του Αιγαιακού χώρου και έχει κατοικηθεί από αρχαιοτάτων χρόνων. Οι ιαματικές πηγές Θερμής βρίσκονται 11 km ΒΑ της πόλης Μυτιλήνης, πρωτεύουσας της νήσου Λέσβου και ο οικισμός των Λουτρών Θερμής ανήκει στο Δήμο Θερμής, του οποίου το ομώνυμα χωριό βρίσκεται περίπου 1,5 km δυτικά των ιαματικών πηγών (Σχ. 1).



Σχ. 1. Περιοχη μελέτης.

Ένας από τους αρχαιότερους οικισμούς της νήσου βρίσκεται περίπου 500 m νότια των Λουτρών της Θερμής. Η προϊστορική Θερμή ήκμασε από το 3000 π.Χ. έως το 1000 π.Χ. Ήταν ένας σημαντικός οικισμός και είχε στενές επαφές με τις σπέναντι Μικρασιατικές ακτές (Τροία) και άλλους νησιωτικούς οικισμούς. Ένα τμήμα του έχει διαβρωθεί σήμερα από τη θάλασσα.

Οι θερμές ιαματικές πηγές της Θερμής ήταν γνωστές από την αρχαιότητα. Η αρχαιολογική σκαπάνη έχει φέρει στο φως αρχαίες λουτρικές κατασκευές κοντά στην παραλαρία της Λαυτρόπολης. Από τον 5ο π.Χ. αιώνα στην περιοχή αυτή υπήρχαν εγκαταστάσεις ενός θεραπευτηρίαυ αφιερωμέναυ στη Θερμία Άρτεμη. Σε ανασκαφές που πραγματοποιήθηκαν δυτικά των λουτρών αποκαλύφθηκαν τα θεμέλια οκταγωνικού κτιρίου στο κέντρο του οποίου υπήρχε λουτήρας. Ο χρόνος κατασκευής του τοποθετείται στον 1ο μ.Χ. αιώνα.

Στις αρχές του αιώνα μας κατασκευάζεται το ξεναδοχείο Σάρλιτζα (κίτρινα νερά), το οποίο βρίσκεται ερειπωμένο σήμερα μέσα στην ιδιοκτησία του ΤΣΑΥ. Οι λουτρικές εγκαταστάσεις των λουτρών Θερμής, οι οποίες κατασκευάστηκαν στις αρχές του αιώνα, αποτελούνται από δυο συγκροτήματα λουτήρων. Το ένα εξ αυτών απατελούμενο από 8 ατομικούς λουτήρες βρίσκεται πίσω από το ξενοδοχείο και σήμερα είναι ερειπωμένο. Το δεύτερα αποτελείται από 11 αταμικούς λουτήρες και βρίσκεται δυτικά της ειαόδου του οικοπέδου ιδιοκτησίας ΤΣΑΥ. Πίσω από το συγκρότημα αυτό υπάρχουν τέσσερεις αναικτές δεξαμενές ψύξης του ιαματικού ύδατος χωρητικότητας 62 m^3. Δυτικότερα αυτών υπάρχουν οι παλαιές εγκαταστάσεις δύο κοινών λουτήρων (χαμάμ) ανδρών και γυναικών, οι οποίες χρησιμοποιούντο πριν την κατασκευή των λουτήρων. Σήμερα χρησιμεύουν για δεξαμενισμό του ιαματικού ύδατος απ' όπου τροφοδοτούνται οι δεξαμενές ψύξης και κστόπιν οι λουτήρες και έχουν χωρητικότητα 115 m^3.

Σκοπός της μελέτης αυτής είναι η εκτέλεση γεωλογικών, γεωμορφολογικών και υδρογεωλογικών ερευνών, για τον προσδιορισμό των στοιχείων εκείνων που είναι απαραίτητα για τη μελέτη κατασκευής έργων αξιοποίησης των ιαματικών πηγών της Θερμής.

Οι εργασίες που εκτελέσθηκαν στα πλαίσια της έρευνας αυτής είναι οι εξής:

1. Αξιολόγηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και στοιχείων παλαιότερων ερευνών.

2. Γεωλογική - γεωμορφολογική - υδρογεωλογική χαρτογράφηση κλίμακας 1:5000.

3. Εκτέλεση επτα γεωτρήσεων στις θέσεις G1, G3, G4, G5, G6, G7 και G8 με αντίστοιχα βάθη 15, 6.2, 6, 6, 9.2, 9, και 10.4 μέτρων. Στις γεωτρήσεις G1 και G3 πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία (καροτορία) μονού σωλήνα. Στη μεν γεώτρηση G1 δειγματοληψία έγινε από τα 6 μέχρι τα 11,60 μέτρα, στη δε G3 από τα 3 μέχρι τα 6 μέτρα.

4. Λήψη και χημική ανάλυση δειγμάτων νερού από το φρέαρ της ιαματικής πηγής, της δεξαμενής ανδρών (χαμάμ), από την υπάρχουσα γε-

ώτρηση Π2 καθώς και από τις εκτελεσθείσες γεωτρήσεις G1, G4, G6, G7, G8. Έγινε επίσης και ανάλυση ενός δείγματος ιλύος από τις αποθέσεις των πηγών.

5. Έγιναν τρεις δοκιμαστικές αντλήσεις στις γεωτρήσεις G1, G7 και στο φρέαρ ανάβλυσης των πηγών και μετρήθηκαν οι χρόνοι πτώσης και επαναφοράς της στάθμης τους.
6. Στις γεωτρήσεις και στο φρέαρ έγιναν μετρήσεις πιεζομετρικής στάθμης και μετρήσεις θερμοκρασιών των υπογείων νερών.
7. Επεξεργασία αποτελεσμάτων της έρευνας και προτάσεις προγράμματος εργασιών.

Γεωλογία - Τεκτονική

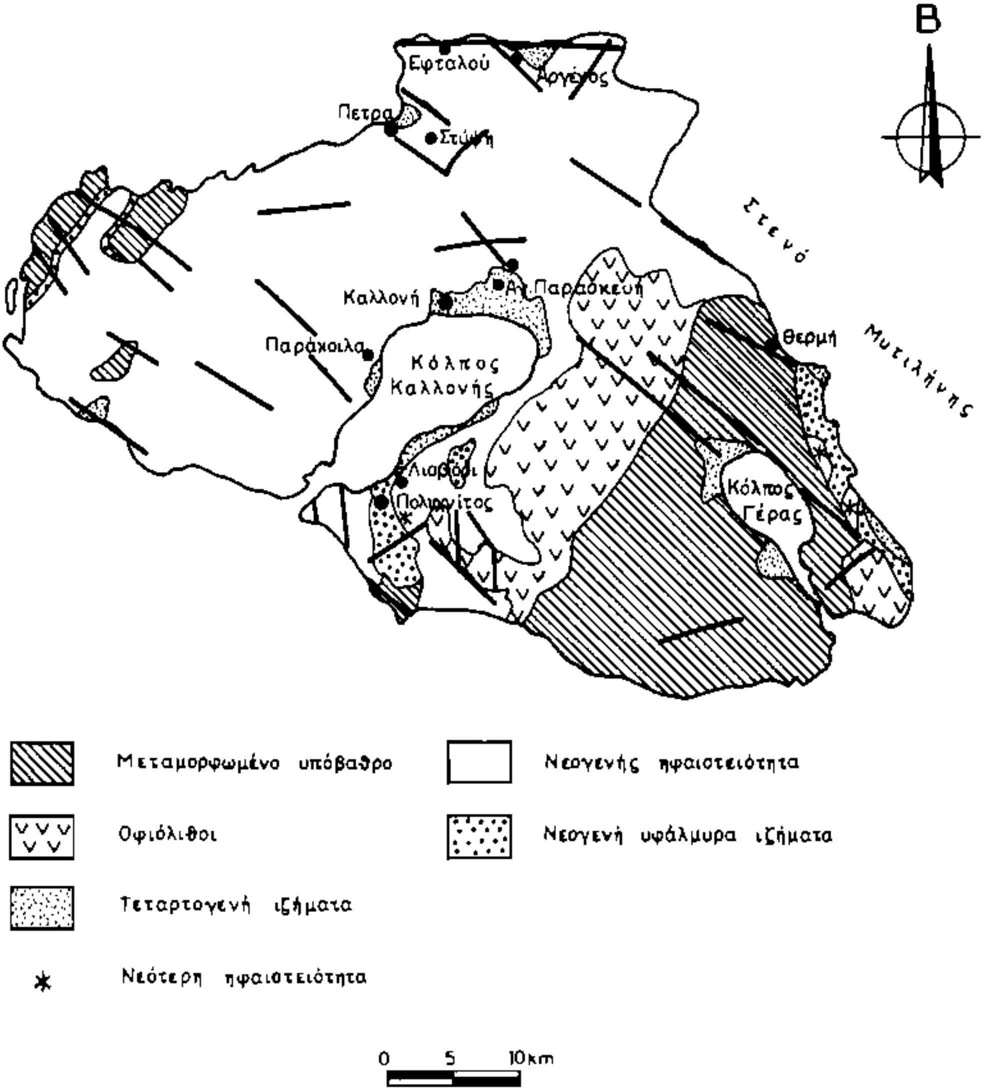
Το υπόβαθρο της νήσου Λέσβου αποτελείται από μια κρυσταλλική επιμεταμορφική σειρά (Σχ. 2), που περιλαμβάνει κυρίως αδιαπέρατους **φυλλίτες και μορμορυγιακούς σχιστόλιθους** με ενδιαστρώσεις φακών μαρμάρου. Η ηλικία των σχηματισμών αυτών θεωρείται Ανωπαλαιοζωϊκή έως Τριαδική (Παπάκης 1966, Χριστόπουλος 1991). Τοπικά η σειρά αυτή περιέχει τεκτονικά εγκλείσματα αφιολιθικών σωμάτων εν μέρει σερπεντινιωμένα. Διακρίνονται επίσης και δύο ηφαιστιακές σειρές.

Η **παλαιότερη ηφαιστειακή σειρά** που παρουσιάζει μια ασβεστο-αλκαλική συγγένεια ηλικίας 19 έως 15 εκατομ. ετών και συνιστά την κύρια μάζα των ηφαιστειακών πετρωμάτων του νησιού. Ακολουθείται από ιγκνιμπρίτες με μέγιστα πάχη 100 m περίπου. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα στη συνέχεια χαρακτηρίζεται από όξινα πυροκλαστικά και ανδεσιτικές έως βασαλτικές - ανδεσιτικές λάβες.

Η **νεότερη ηφαιστειακή σειρά** που αποτελείται από αλκαλικές βασαλτικές εκχύσεις που παρουσιάστηκαν στη διάρκεια ή και μετά το Κατώτερο Πλειόκαινο.

Τα **Νεογενή ιζήματα** που αποτελούνται από μάργες και ηφαιστειο-ιζηματογενείς αποθέσεις με τοπικές ασβεστολιθικές και αρενιτικές ενδιαστρώσεις.

Τρία κύρια συστήματα ρηγμάτων έχουν διαπιστωθεί στη νήσο Λέσβο με διευθύνσεις ΒΔ - ΝΑ, ΒΑ - ΝΔ και Α - Δ. Το τελευταίο θεωρείται ακόμη ενεργό και προσβάλλει τη ζώνη του κόλπου Εντρεμίτ στην απέναντι πλευρά και την περιοχή Εφταλού Αργένου στη Βόρεια Λέσβο. Το ρήγμα αυτό δημιουργεί ευνοϊκές συθήκες ανάδου θερμών ρευστών.



Σχ. 2. Γεωλογικός χάρτης της νήσου Λέσβου κατά Φυτίκα κ.ά. (1989).

Λιθολογία της περιοχής Θερμής

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στην περιοχή των λουτρών Θερμής από τους παλαιότερους προς τους νεώτερους είναι οι εξής:

1. Εμφανίσεις **μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, φυλλιτών και ανθρακικών πετρωμάτων** (μαρμάρων και δολομιτών). Τα μάρμαρα παρουσιάζονται μέσο παχυστρωματώδη έως άστρωτα και καταλαμβάνουν τον κύριο ορεινό όγκο της περιοχής. Το ορατό τους πάχος υπερβαίνει τα 300 m. Η συμμετοχή των σχιστολίθων στο βόρειο και νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής της Θερμής είναι μεγαλύτερη από εκείνη των ανθρακικών πετρωμάτων. Οι σχηματισμοί αυτοί πιστεύεται ότι αποτελούν την αυτόχθονη ενότητα και είναι νεοπαλαιοζωϊκής ηλικίας.
2. **Πράσινοι σχιστόλιθοι**, εν μέρει μετακεροστιλβικοί και κυρίως μεταβασαλτικοί, τόφοι και μετατοφίτες. Στα ανώτερα μέλη του σχηματισμου επικρατούν μεταβασίτες και μεταμορφωμένα πετρώματα μαρμάρων, μοσχοβιτικών και σερικιτικών σχιστολίθων. Οι σχηματισμοί αυτοί θεωρούνται επωθημένοι στην προηγούμενη αυτόχθονη ενότητα ηλικίας νεοπαλαιοζωϊκής - Τριαδικής. Συναντώνται κυρίως νότια της προσχωσιγενούς πεδιάδας της Θερμής.
3. **Πυριγενή πετρώματα** που κυρίως αποτελούνται από: α) Ιγκνιμπρίτες, ρυολιθικού έως ρυοδακιτικού χαρακτήρα Μειοκαινικής - Πλειοκαινικής ηλικίας, που εμφανίζονται βορειότερα της περιοχής της Θερμής. β) Βασάλτες και ενδιάμεσες λάβες Πλειοκαινικής ηλικίας με κύριες εμφανίσεις στους Πύργους Θερμής και Παμφύλλων.
4. **Νεογενή ιζήματα λιμναίας φάσης**, μαργών, μαργαϊκών ασβεστολίθων Πλειοκαινικής ηλικίας. Εμφανίζονται στην παράκτια περιοχή νοτιοανατολικά των Λαυτρών Θερμής στην περιοχή Βίγλα - Ακρ. Μαχαίρα.
5. **Τεταρτογενείς σχηματισμοί:** Τα υλικό της προσχωσιγενούς πεδιάδας αποτελούνται από χαλαρές ποταμοχειμάρριες απαθέσεις με εναλλαγές κροκαλών, άμμων και αργίλων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κροκαλών είναι ασβεστολιθικής σύστασης ενώ σε μικρότερο ποσοστό συμμετέχουν και οι σχιστολιθικές κροκάλες που είναι και μικροτέρου μεγέθους. Το υλικό των κώνων αποτελείται από αδρομερέστερο υλικό από αυτό των ποταμοχειμάρριων αποθέσεων με την ίδια λιθολογική σύσταση. Στους Τεταρτογενείς σχηματισμούς περιλαμβάνονται και οι κολούβιες αποθέσεις στα περιθώρια της προσχωσιγενούς πεδιάδας της Θερμής που μεταβαίνουν πλευρικά στις αποθέσεις των κώνων και στις ποταμοχειμάρριες αποθέσεις.

Ένα μεγάλο ρήγμα με διεύθυνση ΔΒΔ - ΑΝΑ είναι εμφανές στην περιοχή των Λουτρών Θερμής, που σχετίζεται προς ΒΔ κατεύθυνση χωρίζοντας τα ανθρακικό πετρώματα από τα φυλλιτικό - σχιστολιθικό. Ένα άλλο μικρότερο ρήγμα είναι πιθανόν να διέρχεται από τα Λουτρά Θερμής ΒΒΔ - ΝΝΑ κατεύθυνση. Η τομή των δύο ρηγμάτων φαίνεται ότι παίζει καθοριστικό ρόλο στην εμφάνιση της θερμομεταλλικής πηγής.

Γεωμορφολογία

Η προσχωσιγενής πεδιάδα Θερμής ορίζεται από δυο συστήματα ρηγμάτων διευθύνσεων Β.Α - Ν.Δ. και Α.ΝΑ. - Δ.ΒΔ. (Σχ. 3), είναι έκτασης δυο περίπου τετραγωνικών χιλιομέτρων και διαρέεται από ένα μεγάλο χείμαρρο, το Ποταμάκι και από δυο μικρούς, το ρέμα Θερμής και το ρέμα Λουτρών.

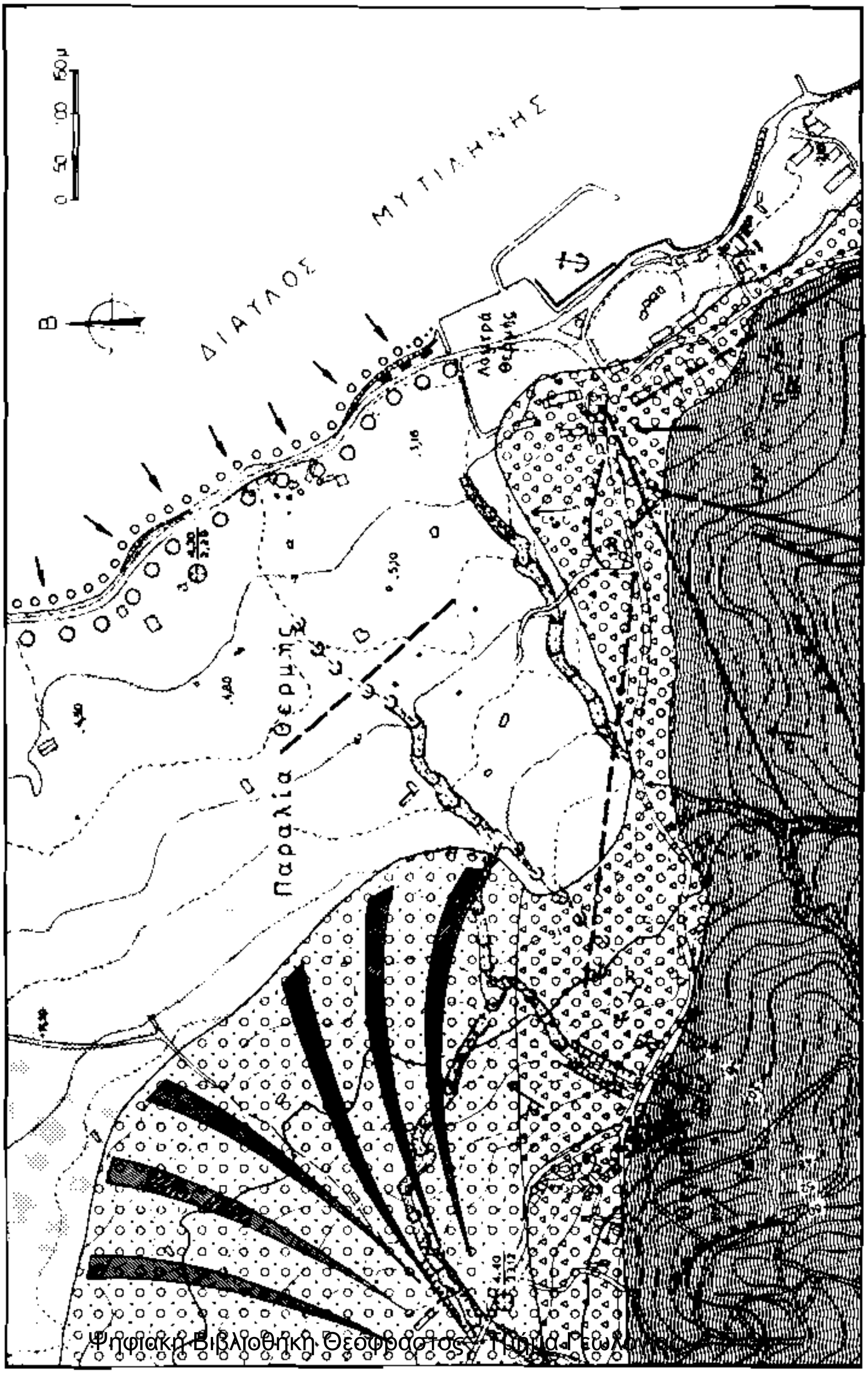
Στο νοτιοανατολικό τμήμα της βρίσκεται η περιοχή των Λαυτρών Θερμής, στην οποία ανήκει και το τμήμα ιδιοκτησίας ΤΣΑΥ. Η λεκάνη απορροής των τριών χειμάρρων έχει εμβαδόν 36 km^2 περίπου και ο κύριος όγκος των επιφανειακών απορρεόντων υδάτων, χύνεται στη θάλασσα μέσω του χειμάρρου Ποταμάκι. Η διαδρομη της κοίτης του χειμάρρου αυτού (μακρυά από το κτήμα ΤΣΑΥ) και ο πολύ χαμηλός συντελεστής της επιφανειακής απορροής δημιουργούν συνθήκες ανυπαρξίας κινδύνων από πλημμύρες στο κτήμα. Αν και είναι ο βορειότερος όλων και βρίσκεται εκτός του ορίου του τοπογραφικού χάρτη 1:5000, ο χείμαρρος αυτός είναι ο κύριος υπεύθυνος για τον σχηματισμό της προσχωσιγενούς πεδιάδας και εκβάλλει στο βορειοανατολικό της άκρο. Έχει μήκος 10 km περίπου και παρουσιάζει δενδριτικό υδρογραφικό δίκτυο που εκτείνεται επί των μαρμάρων και σχιστολίθων Περμο - Τριαδικής ηλικίας, ενώ ένα μικρό τμήμα του βρίσκεται επί των περιδοτιτικών εμφανίσεων.

Το χαμηλό τμήμα της πεδιάδας αποτελείται κυρίως από χαλαρές ποταμοχειμάρριες αποθέσεις με εναλλαγές άμμων, αργίλων και κροκαλών. Τα υλικά αυτά είναι προϊόντα διάβρωσης και αποσάθρωσης των Περμο-Τριαδικής ηλικίας μαρμάρων και σχιστολίθων και προέρχονται από τους ορεινούς όγκους του Παλαμά και της Πλάτης.

Το ρέμα Θερμής έχει διεύθυνση ροής αρχικά προς βορράν, η οποία στη συνέχεια μεταβάλλεται σε βορειοανατολική κατόπιν σε ανατολική και τελικά σε βορειοανατολική. Οι εκβολές του βρίσκονται 250 m. περίπου βόρεια του κτήματος ιδιοκτησίας ΤΣΑΥ.

Η διαμόρφωση του τοπίου της στενότερης περιοχής Θερμής, οφείλεται κυρίως στο ρέμα αυτό με την δημιουργία ενός αλλουβιακού ριπιδίου. Το αλλουβιακό αυτό ριπίδιο που αποτελείται από αδρομερέστερο υλικό, μεταβαίνει πλευρικά προς τις ποταμοχειμάρριες αποθέσεις του ρέματος Ποταμάκι μετατοπίζοντας προς βορράν την κεντρική του κοίτη (Σχ. 3).

Το ρέμα Λουτρών της περιοχής, ρέει ανατολικά της Θερμής και εκβάλλει λίγο βορειότερα του λιμενοβραχίονα της μαρίνας, ορίζοντας στο κατώτερο τμήμα το βόρειο σύνορο του κτήματος ιδιοκτησίας ΤΣΑΥ. Η συνεισφορά του ρέματος αυτού για τη δημιουργία της προσχωσιγενούς πεδιάδας είναι ασήμαντη. Μεταξύ όμως της λοφώδους περιοχής που αποτελείται από σχιστολίθους και της προσχωσιγενούς πεδιάδας,


ΔΙΑΥΛΟΣ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ
Παραλία Θέρμης
Λουτρά Θέρμης
Β
0 50 100 150μ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Πράσινοι σχιστόλιθοι, βασαλτικοί, κεροστιλβικοί κυρίως μεταβασαλτικοί τόφφοι. Εναλλάσσονται με τις νεώτερες παλαιοζωικές σειρές μαρμάρων-σχιστολίθων.

Ποταμοχειμμόριες αποθέσεις

Κολλούβιες αποθέσεις

Προσχωσιγενής πεδιάδα

Κοιλάδες με αποστρογγυλωμένο πυθμένα σχήματος ∪

Περιοχές κοιτών με έντονη κατά βάθος διάβρωση

Απότομη αλλαγή στην κλίση (> 40°)

Κυρτή κλιτύς

Μορφολογικές κλίσεις

Κλίσεις πετρωμάτων

Ρήγμα ορατό

Ρήγμα πιθανό

Ακτή με ανάμικτο υλικό

Ακτή με αδρομερές υλικό

Τεχνητά πληρωμένη ακτή

Χαλαρά υλικά

Ιαματική πηγή θερμής

Ακτή που υποχωρεί

Προβλήτα - λιμενοβραχίονας

Ελλιμενισμός σκαφών

αναπτύσσεται ζώνη κολλουβιακών αποθέσεων οι οποίες συνίστανται από γωνιώδη και υπογωνιώδη υλικά μαρμάρων και σχιστολίθων. Οι αποθέσεις αυτές που εκτείνονται και στο χώρο του κτήματος ιδιοκτησίας ΤΣΑΥ καθώς και στην περιοχή των πηγών, μεταβαίνουν πλευρικά και εναλλάσοοονται με τις αποθέσεις της προσχωσιγενούς πεδιάδας.

Οι κλίσεις της τοπογραφικής επιφάνειας της προσχωσιγενούς πεδιάδας, του αλλουβιακού ριπιδίου και των κολλουβίων αποθέσεων είναι μικρές και κυμαίνονται από 1° μέχρι 6°. Αντίθετα στις περιοχές όπου εμφανίζεται το υγιές πέτρωμα, κυρίως στο νότιο και δυτικότμήμα της περιοχής μελέτης, οι κλίσεις των κλιτύων είναι έντονες και φθάνουν τις 25° περίπου.

Στις γενικά ομαλές ακτογραμμές της περιοχής επικρατουν τα αδρομερή υλικά κυρίως από κροκάλες παρουσιάζονται όμως και μικρές συγκεντρώσεις άμμου βορείως του λιμενοβραχίονα του λιμένος Θερμής. Η ακτογραμμή υποχωρεί υπό την επίδραση των θαλάσσιων διεργασιών. Κατά το Ολόκαινο (τελευταια 10000 έτη), όπως είναι γνωστό (Morner, N. 1971) η θαλάσσια στάθμη ανυψώθηκε σταδιακά μέχρι τα σημερινό επίπεδο και κάλυψε τη χαμηλότερη περιοχή της Θερμής και κατ' επέκταση τμήμα του κτήματος ιδιοκτησίας ΤΣΑΥ.

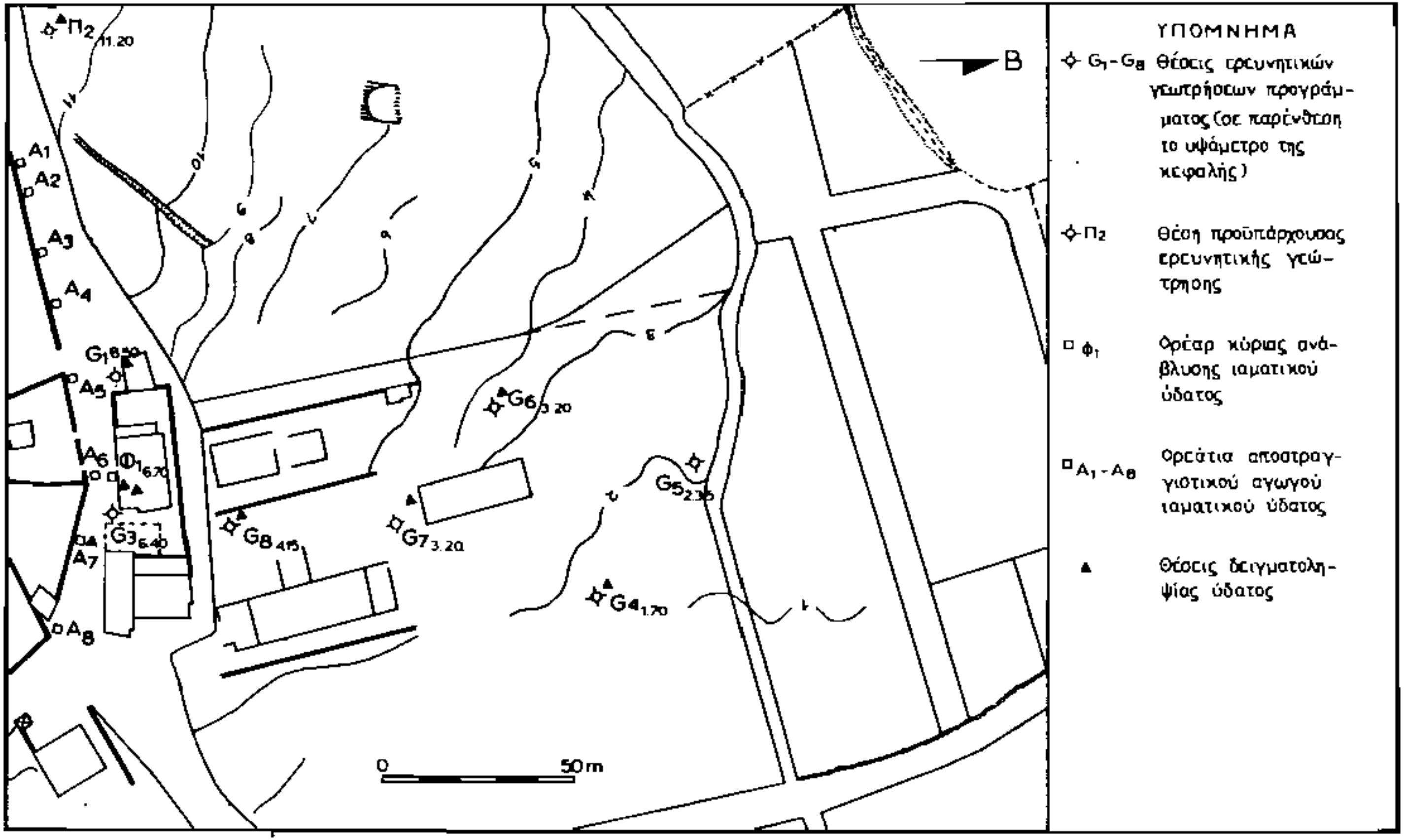
Κατά τη διάρκεια 1600 - 1850 μ.Χ. η ύπαρξη μιας περιορισμένης σε χρονική διάρκεια μικρής παγετώδους περιόδου με αύξηση των βροχοπτώσεων είχε ως επακόλουθο την προέλαση της χέρσου. Τους τελευταίους αιώνες παρατηρείται μια εκ νέου υποχώρηση των ακτών από τις θαλάσσιες διεργασίες του κυματισμού και των παρακτίων ρευμάτων. Σ' ένα τμήμα της ακτής, βόρεια του λιμενοβραχίονα, έγιναν έργα επιχωμάτωσης για τη διατήρηση και προστασία του παραλιακού δρόμου προς Μανταμάδο από τις διαβρωτικές θαλάσσιες διεργασίες.

Το παράκτιο ρεύμα που εντοπίσθηκε από την γεωμορφολογική ανάλυση έχει διεύθυνση από βορά προς νότον. Το ρεύμα αυτό μεταφέρει και κυρίως απομακρύνει τα χερσαία υλικά διάβρωσης που προέρχονται από τον κυματισμό.

Υδρογεωλογία

Οι ιαματικές πηγές της Θερμής Λέσβου βρίσκονται σε περιαχή Πλειστοκαινικών αποθέσεων που αποτελούνται από υλικά αποσάθρωσης κρυσταλλικών σχιστολίθων, μαρμάρων, ηφαιστειακών πετρωμάτων και οφιολίθων.

Τα νερά των βροχών κατεισδύουν στο υπέδαφος μέσω των ρωγμών, των υδροπερατών μαρμάρων και ηφαιστιτών, που συνιστούν μεγάλα τμήματα της ορεινής περιοχής, φθάνουν σε μεγάλα βάθη, θερμαίνονται,



Σχ. 4. Θέσεις γεωτρήσεων και εμφανίσεις ιαματικού υδατος.

διαλύουν διάφορα ορυκτά και από άλλες παρόμοιες διαδρομές ανέρχονται, αφού κατά την πορεία τους αναμιχθούν και με θαλασσινό νερό (που κατεισδύει και αυτό σε μικρά ή μεγάλο βάθη) (Σχ. 4). Η άνοδος του ζεστού μεταλλικού νερού διευκολύνεται, όπως φαίνεται από δύο βαθειά ρήγματα, που τέμνονται στην περιοχή των πηγών και επιτρέπουν εδώ την ανάβλυσή του με τη βοήθεια της αρτεσιανής πίεσης που αυτό εν τω μεταξύ έχει αποκτήσει.

Λίγο πρίν την ανάβλυσή του ένα μικρό μέρος του θερμομεταλλικού νερού διεισδύει και διαχέεται μέσα στις Πλειστοκαινικές αποθέσεις, όπου αναμιγνύεται με τον αβαθή φρεάτιο ορίζοντα της στενής περιοχής βόρεια, δυτικά και νότια της κύριας ανάβλυσης, η οποίο εμφανίζεται στο φρεάτιον Φ1.

Τα παραπάνω στοιχεία για τον τρόπο εμφάνισης και ανάβλυσης του θερμομεταλλικού νερού προκύπτουν από την μορφή των ισοπιεζομετρικών (Σχ. 5) και των ισαθερμικών καμπυλών (Σχ. 6).

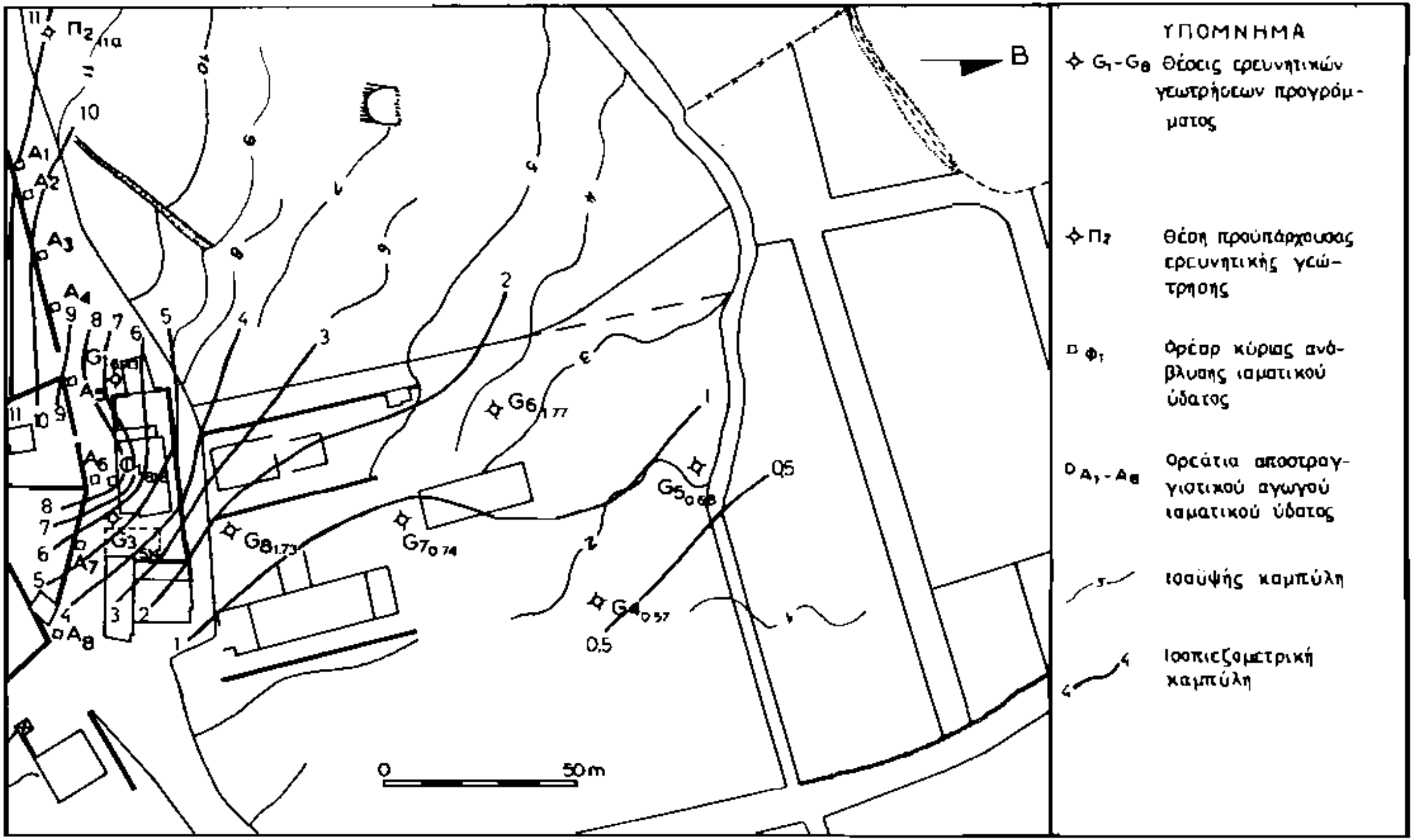
Σε όλες τις γεωτρήσεις που έγιναν δεν συναντήθηκε το υγιές γεωλογικό υπόβαθρο μέχρι τα 15 m βάθος, στα οποία έφθασαν οι γεωτρήσεις. Κατά θέσεις όμως διατρήθηκαν τεχνητές επιχώσεις και αρχαιαλογικά στρωματα με τεμάχη κονιαμάτων, μαρμάρου και σκωριών (G1, G3).

Εκτελέστηκαν δοκιμαστικές αντλήσεις στο φρεάτιο Φ1 και στη γεώτρηση G7 καθώς και μετρήσεις πτώσης και επαναφαράς της πιεζομετρικής στάθμης. Στο Φ1 η στάθμη σταθεροποιήθηκε στα 104 cm μετά από 60′ άντλησης με εκκίνηση 32 cm (πτώση 72 cm) και επανήλθε στα 34 cm μετά από 45′, με παροχή 7 m^3/h. Στη G3 γεώτρηση η στάθμη έπεσε από 1.20 m σε 1.72 m και δεν έδειξε η άντληση να επηρεάζει τη στάθμη του φρέατας Φ1. Σε αντίθεση η στάθμη της Γ3 επηρεάστηκε από την δοκιμαστική άντληση του φρέατος Φ1 και η στάθμη της κατέβηκε από 1.26 m σε 1.78 m μετά από 35′ άντλησης στο Φ1, όταν δηλαδή σταθεροποιήθηκε αυτό.

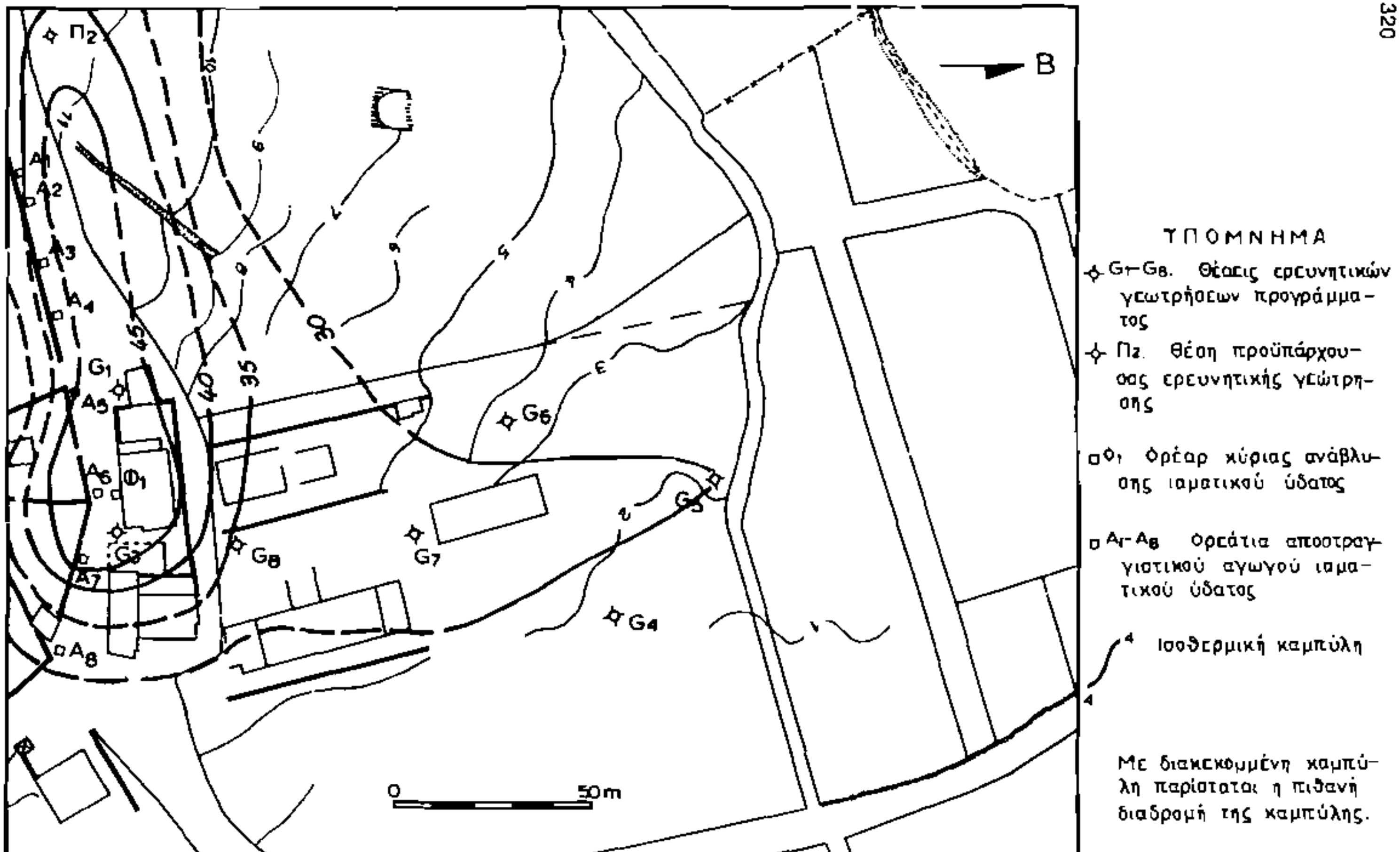
Η θερμακρασία του νερού στους λουτήρες ήταν 42°C ενώ στις γεωτρήσεις Π2 ήταν 44°C και στα φρεάτια Α1-Α8 από 46°C μέχρι 42°C, στις 13/10/91. Αντίστοιχα στη G7 είχαμε 30-32°C μετά από δοκιμαστική άντληση παροχής 2.5 m^3/h. Η στάθμη επαναφαράς ήταν 2.46 m μετά από 120′ με αρχική στά 1.26 m.

Το συνολικό δυναμικό των πηγαίων αναβλύσεων υπολογίζεται από το φρέαρ Φ1 = 7 m^3/h, από τον παλιό κοινό λουτήρα ανδρών = 20.9 m^3/h και από τον αποστραγγιστικό αγωγό στη νότια παρυφή του δρόμου = 6 m^3/h, αποδίδοντας συνολικά 32 m^3/h.

Σήμερα καταναλώνονται $11 \times 2 \times 15 \times 0.5 = 165\ m^3/24\ h = 7\ m^3/h$, που υπολείπονται κατά πολύ της συνολικής δυναμικότητας των πηγών.



Σχ. 5. Χάρτης ισοπιεζομετρικών καμπυλών.



Σχ. 6. Λουτρό Θερμης. Χαρτης ισοθερμων καμπυλών απο τις θερμοκρασιες των εμφανισεων υδατος.

Στην περιοχή της Θερμής παρατηρείται έντονη υφαλμύρυνση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα ο οποίος άμεσα επηρεάζεται από την υπόγεια διείσδυση του θαλασσίου ύδατος. Η διείσδυση αυτή οφείλεται:

- Στην απουσία αδιαπέρατων και στεγανών σχηματισμών, αργιλικών ενδιαστρώσεων μεταξύ των ποταμοχειμάρριων αποθέσεων ή υγιειών σχιστολίθων, έτσι ώστε να δημιουργείται φραγμός εισόδου του θαλασσινού νερού.
- Στις διαρήξεις και στα ρήγματα των λιθολογικών σχηματισμών, που διευκολύνουν την υπόγεια κυκλοφορία και την επικοινωνία με τη θάλασσα.
- Στην υπερεκμετάλλευση των αποθεμάτων γλυκού νερού του ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής, γεγονός που επιταχύνει τη διείσδυση του θαλασσινού νερού.

Άμεσο αποτέλεσμα αυτών των συνθηκών, που επηρεάζουν τον χημισμό του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής, είναι η ανάμιξη του νερού των πηγαίων υδάτων με το θαλασσινό, τόσο στους επιφανειακούς ορίζοντες όσο και στους βαθύτερους, κυρίως λόγω της διείσδυσής του δια μέσου των ρηγμάτων διεύθυνσης Β.Α.-Ν.Δ. και Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ. Αυτό εξάλλου προκύπτει από το γεγονός ότι, μετά από 1 h δοκιμαστική άντληση στη γεώτρηση G7 παρατηρήθηκε αύξηση στην τιμή της περιεκτικότητας σε χλωριόντα (Cl^-) κατά 1650 mg/l περίπου, επιβεβαιώνοντας την άποψη ότι η ανάμιξη των νερών των υπογείων υδάτων και του θαλάσσιου γίνεται κυρίως, στον επιφανειακό υδροφόρο ορίζοντα της πεδιάδας.

Υδροχημεία

Οι ιαματικές πηγές της Θερμής Λέσβου είναι θερμομεταλλικές πηγές, σιδηρούχες αλιπηγές, με κύρια συστατικά το χλωριούχο νάτριο και το χλωριούχο κάλιο (Πίν. 1). Με μεγάλη αναλογία υπάρχουν επίσης και το χλωριούχο ασβέστιο και χλωριούχο μαγνήσιο επίσης το θειϊκά ασβέστιο και θειϊκό μαγνήσιο σε περιεκτικότητες μικρότερες του 1/10 των χλωριούχων αλκαλίων, σχετικά μικρές περιεκτικότητες σε οξυανθρακικό ασβέστιο και οξυανθρακικό μαγνήσιο, μικρή περιεκτικότητα σε οξυανθρακικό σίδηρο και ελάχιστη σε χλωριούχο αμμώνιο.

Τα νερά των πηγών επηρεάζονται από την διείσδυση του θαλασσινού νερού σε ποσοστό 85%. Η ανυπαρξία τριτίου στο δείγμα αποδεικνύει ότι η ανάμειξη του θαλασσινού νερού γίνεται σε μικρό βάθος και απόσταση από τις πηγές, καθώς επίσης και ότι το νερό αναβλύζει μετά από μία μάλλον μακριά βαθειά κυκλοφορία που οδηγεί σε χημικές μετατροπές σε σύγκριση προς την αρχική σύσταση του θαλασσινου νερού. Η υπόθεση αυτή επιβεβαιώνεται και από την μεγάλη αύξηση του Ca συνοδευόμενη από ελάττωση του Mg και των θειϊκών και μια αξιόλογη ποσότητα ιχνοστοιχείων.

Δείγμα	G7	G1	G6	G4	Πηγή Θερμ. Φρ.	Χαμάμ	Γεώτρηση Π2
Cl^-	14843	18906	10000	16562	18281	21406	21718
SO_4^{2-}	1625	2125	5500	2000	2500	2250	2375
PO_4^{3-}	83	113	89	212	721	180	191
Na	5940	7420	4305	6940	7720	7710	7720
Ca	1750	2150	960	1890	1710	1740	1670
K	315	365	230	345	365	375	365
Mg	535	710	310	850	740	740	725
Si	18	15	28	19	17	20	21
Fe	15.3	0.8	59.0	1.1	11.5	6.6	9.6
Mn	5.6	15	4.6	1.7	0.9	0.9	1.7
Zn	44	5.2	2.02	11.6	0.06	0.07	0.10
Cu	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

Cl^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}: χρωματομετρική ανάλυση
Na, Ca, K, Mg, Si, Fe, Mn, Zn: ανάλυση με ατομική απορρόφηση (AAS)
Όλες οι τιμές είναι σε mg/lt.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Χημικές αναλύσεις δειγμάτων νερού από τις γεωτρήσεις, την Πηγή και τον παλαιό κοινό λουτήρα ανδρών (χαμάμ).

Στα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης του δείγματος ιζήματος από τον πυθμένα του παλαιού κοινού λουτήρα των ανδρών (Πίν. 2), είναι χαρακτηριστική η συμμετοχή των οξειδίων σιδήρου (Fe_2O_3 + FeO σε ποσοστό 42,56% και ακολουθούν τα οξείδια SiO_2 (12,4%), Na2) (9%), και CaO (6,7%).

Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε % σε ξηρά ουσία.

SiO_2	= 12,4	MgO	= 1,1
TiO_2	= 0,03	CaO	= 6,7
Al_2O_3	= 0,4	K_2O	= 0,45
Fe_2O_3	= 39,4	Na_2O	= 9,0
FeO	= 3,16	Cr	< 0,01
MnO	= 0,2	L.O.I.	= 26,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Χημική ανάλυση ιζήματος από τον πυθμένα του παλαιού κοινού λουτήρα ανδρών.

Συμπεράσματα - Προτάσεις

Η διαμόρφωση του τοπίου της στενάτερης περιοχής Θερμής, οφείλεται κυρίως στο ρέμα Λουτρών με τη δημιουργία ενός αλλουβιακού ριπιδίου. Το αλλουβιακό αυτό ριπίδιο που αποτελείται από αδρομερέστερο υλικό, μεταβαίνει πλευρικά προς τις ποταμοχειμάρριες αποθέσεις του ρέματος Ποταμάκι μετατοπίζοντας προς βορράν την κεντρική του κοίτη.

Το παράκτιο ρεύμα που εντοπίσθηκε από τη γεωμορφολογική ανάλυση έχει διεύθυνση από βορά προς νότον. Το ρεύμα αυτό μεταφέρει και κυρίως απομακρύνει τα χερσαία υλικά διάβρωσης που προέρχονται από τον κυματισμό.

Ο πολύ χαμηλός συντελεστής επιφανειακής απορροής, δημιουργεί συνθήκες ανυπαρξίας κινδύνων από πλημμύρες.

Οι ιαματικές πηγές των Λουτρών Θερμής έχουν ως κύρια ανάβλυση το φρεάτιο Φ1 και τους δύο παλαιούς κοινούς λουτήρες. Επίσης παρατηρείται σημαντική ανάβλυση ιαματικού νερού δυτικότερα, κατά μήκος του δρόμου προς Θερμή και συγκεκριμένα μεταξύ των φρεατίων Α1 και Α6.

Οι χημικές αναλύσεις του ιαματικού νερού δείχνουν ότι αυτό προέρχεται από ζεστές σιδηρούχες αλιπηγές και ότι η συμμετοχή θαλασσινού νερού σε αυτή είναι πολύ σημαντική, πιθανώς της τάξης του 85%. Επίσης οι δοκιμαστικές αντλήσεις που έγιναν έδειξαν ότι η ανάμειξη του θαλασσινού νερού γίνεται σε μικρό βάθος.

- Μέρος του ιαματικού νερού διαχέεται στις γύρω Πλειστοκαινικές αποθέσεις, ιδιαίτερα προς τα βόρεια του κτήματος όπου αναμιγνύεται με τον τοπικό φρεάτιο ορίζοντα.
- Η συνολική παροχή των διαφόρων αναβλύσεων ιαματικού νερού, δηλαδή 'στο φρεάτιο Φ1, στους κοινούς λουτήρες και στον αποστραγγιστικό αγωγό του δρόμου υπολογίστηκε σε 770 m³/ημέρα περίπου, που υπολείπεται κατά πολύ της σημερινής κατανάλωσης. Τα 670 m³/ημέρα προέρχονται από το φρεάτιο Φ1 και τους παλαιούς κοινούς λουτήρες.

Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μελέτη αυτή προτείνονται τα παρακάτω για πιθανή αξιοποίηση των ιαματικών πηγών Θερμής Λέσβου.

- Έργα υδρομάστευσης μεταξύ της γεώτρησης G1, Π2 και φρεατίου Α6 του αποστραγγιστικού αγωγού, με παράλληλη υδρογεωλογική μελέτη και επίβλεψη.
- Απαθήκευση και εκμετάλλευση του θερμού ιαματικού νερού που σήμερα παραμένει ανεκμετάλλευτο για την παραγωγή ζεστού νεραύ.
- Έργα ανάπτυξης τουριστικών και λουτρικών εγκαταστάσεων, μετά από ανάλογη χωροταξική - αρχιτεκτονική μελέτη.

Βιβλιογραφία

Κατσικάτσος, Γ., Σφέτσος, Κ. (1978). Έκθεσις υδρογεωλογικής αναγνωρίσεως θερμομεταλλικών πηγών νήσου Λέσβου. ΙΓΜΕ.

Morner, N. (1971). Eustatic changes in the last 30000 years. Paleogeography Paleoclimatology Paleoecology, 13, 1 - 14.

Παπάκης, Ν. (1966). Γεωλογική και γεωχημική μελέτη μεταλλικών πηγών Θερμής Μυτιλήνης. ΙΓΜΕ.

Παπασταματάκης, Α., Λεώνης Κ. (1982). Γεωχημική έρευνα για τη γεωθερμία 1. Περιοχή Λέσβου. ΙΓΜΕ.

Χριστόπουλος, Π. (1991). Υδρογεωλογική αναγνώριση ιαματικών πηγών Θερμής. Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, Διεύθυνση ΥΠΕΧΩΔΕ.

Προκαταρκτική μελέτη της ανάπτυξης των γεωμορφών τύπου Badlands στις βόρειες πλαγιές του Παναχαϊκού όρους, (Β. Πελοπόνησος)

Λ. Σταματόπουλος

Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 261 10 Πάτρα.

Περίληψη

Οι βόρειες πλαγιές του Παναχαϊκού όρους στη Β. Πελοπόννησο καλύπτονται από Πλειο-Πλειστοκαινικά λιμναία, θαλάσσια/λιμνοθαλάσσια και ποτάμια ιζήματα. Στα ιζήματα αυτά αναπτύσσονται οι γεωμορφές τύπου badlands, που θεωρούνται από τις πιο κλασικές διαβρωσιγενείς γεωμορφές. Η παρουσία των γεωμορφών αυτών είναι αρκετά δισδεδομένη στα Πλειο-Πλειστοκαινικά αργιλικά ιζήματα της περιοχής μελέτης, πλην όμως οι χαρακτήρες τους διαφοροποιούνται από αυτούς των κλασικών badlands.

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται οι παράγοντες που έχουν επηρεάσει την γένεση και την ανάπτυξη των γεωμορφών αυτών (badlands), όπως: η λιθολογία, η τεκτονική, η τοπογραφία, το κλίμα και η φυτοκάλυψη της περιοχής. Από τη σύγκριση αυτών των παραγόντων με μερικούς από τους κύριους γεωμορφολογικούς χαρακτήρες των κλασικών badlands προκύπτει, ότι οι σημαντικότερες διαφορές που παρατηρήθηκαν συνδέονται κύρια με την τεκτονική και το κλίμα, καθώς επίσης με τον προσανατολισμό και την κλίση των πρανών.

Abstract

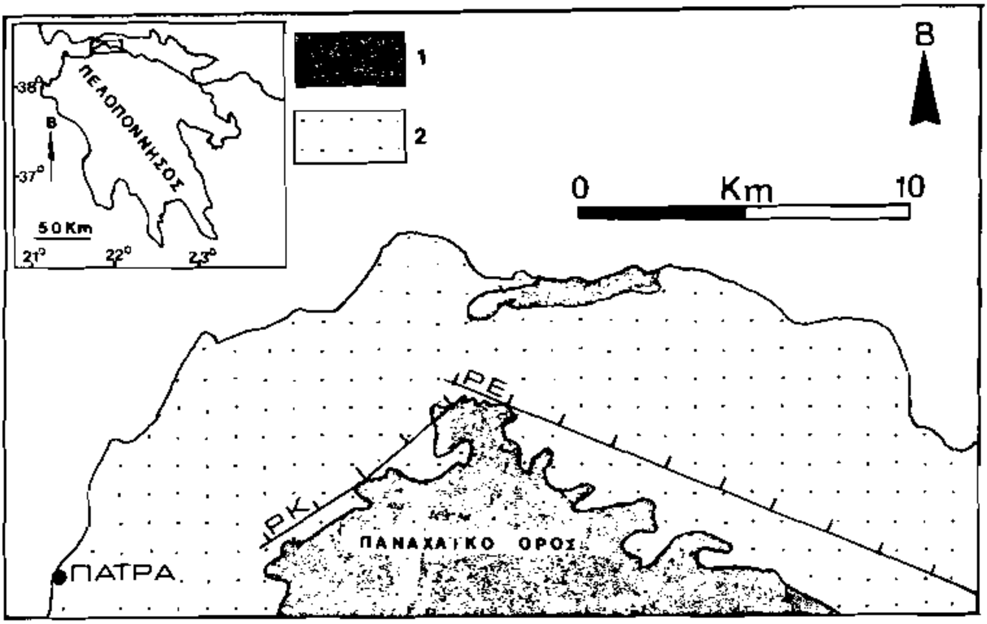
The northern slopes of the Panachaikon mountain in northern Peloponnesos are covered by Plio-Pleistocene marine/lagoonal, fluvial and lacustrine sediments. The most typical erosional landforms developed in the area, are the "badlands".

In the present work, the factors influencing the genesis and the development of those landforms, such as the lithology, the tectonics, the topography, the climate, and the vegetation, are examined. It is concluded that the main differences between the typical badlands and those occurring in the study area are mainly related to the tectonics and the climate, and secondly to the slope gradient and orientation and the exposition.

Εισαγωγή

Η παρουσία διαβρωσιγενών μορφών, καθώς και η ανάπτυξη γεωμορφών τύπου badlands είναι ευρέως διαδεδομένη στον Ελλαδικό χώρο. Οι προαναφερθείσες γεωμορφές παρουσιάζουν γρήγορη ανάπτυξη με αρκετά έντονο τεμαχισμό σε περιοχές, που είναι αισθητή η παρουσία της αργίλου και της αμμούχου αργίλου, με μειωμένη την παρουσία του σμεκτίτη. Το αποτέλεσμα αυτής της διάβρωσης είναι η δημιουργία χαραδρών σε σχήμα V, που χωρίζονται μεταξύ τους με επιμήκης αιχμηρές ράχες. Οι γεωμορφές αυτές είναι γνωστές με τον όρο badlands (άγονη περιοχή).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της ανάπτυξης και εξέλιξης αυτών των γεωμορφών και ο προσδιορισμός τυχόν διαφορών, όπου βέβαια αυτές υπάρχουν, από τις κλασικές γεωμορφές badlands. Στις βόρειες πλαγιές του Παναχαϊκού όρους και συγκεκριμένα βόρεια του ρήγματος της Ελίκης, που καθορίζει τα δυτικά περιθώρια της Κορινθιακής τάφρου, και το ρήγμα του Καστριτσίου, που οριοθετεί την τάφρο του Ρίου-Αντιρίου (Doutsos & Poulimenos, 1992), (Σχ. 1).



Σχ. 1. Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης.
1. Υπόβαθρο, 2. Πλειο-Πλειστοκαινικά ιζήματα, Ρ Κ = ρήγμα Καστριταίου, Ρ Ε = ρήγμα Ελίκης.

Κατά τη διάρκεια του Πλειοκαίνου δημιουργήθηκε η τάφρος του Ρίου κατά μήκος προϋπαρχόντων ρηγμάτων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, όταν βυθιζόταν η Προαπούλιος ζώνη κάτω από την Πελοπόννησο (Doutsos et al., 1988). Στα ανατολικά περιθώρια της τάφρου του Ρίου κατά την διάρκεια του Πλειοκαίνου άρχισε να ανοίγει η Κορινθιακή τάφρος. Μεταβολές στην διεύθυνση των τάσεων στην προαναφερθείσα ζώνη κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου οδήγησαν την τάφρο του Ρίου να συμπεριφέρεται σαν ρήγμα μετασχηματισμού μεταξύ των τάφρων της Πάτρας και της Κορίνθου (Doutsos et al., 1988). Η περιοχή μελέτης ακόμη και σήμερα είναι τεκτονικά ενεργή και ανυψώνεται με ένα ρυθμό περίπου 4 mm/y (Stamatopoulos et al., 1994).

Δύο κύκλοι ιζηματογένεσης έχουν αναγνωριστεί τόσο στην τάφρο του Ρίου, όσο και στα δυτικά περιθώρια της Κορινθιακής τάφρου. Ένας παλαιότερος που συνίσταται από εναλλαγές άμμου, πηλού, πηλούχου αργίλου και συμπαγοποιημένης αργίλου, που αποτέθηκαν κατό τη διάρκεια του ανώτερου Πλειοκαίνου σε λιμναία και αβαθούς θάλασσας περιβάλλοντα. Ο νεότερος κύκλος ιζηματογένεσης περιλαμβάνει χονδρόκκοκα ιζήματα, που κάθονται ασύμφωνα στα παλαιότερα. Από ραδιοχρονολογήσεις σε απολιθώματα που βρέθηκαν στην βάση της δεύτερης ενότητας προκύπτει, ότι τα ιζήματα αυτά αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια του Τυρρηνίου (Stamatopoulos et al., 1994, Frydas et al., 1995).

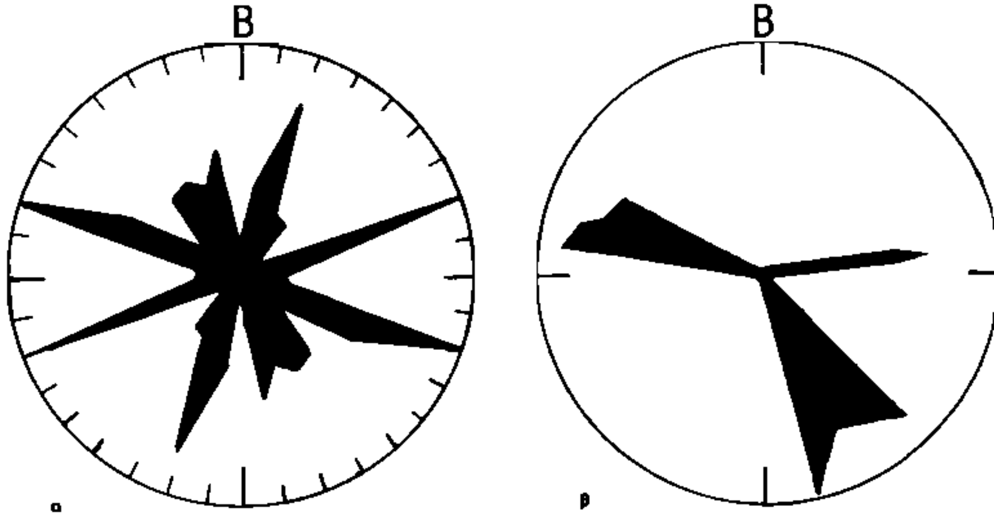
Στα αργιλικά Πλειο-Πλειστοκαινικά ιζήματα της τάφρου του Ρίου, προσδιορίστηκε σε χαμηλή περιεκτικότητα σμεκτίτης (Tsolis-Katagas, 1992).

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από μεσογειακό κλίμα (Kontopoulos & Stamatopoulos, 1990), δηλαδή από ξηρό και θερμό θέρος και ήπιο βροχερό χειμώνα. Το μέσο ύψος των ετήσιων βροχοπτώσεων στην περιοχή είναι περίπου 680 mm (Voudouris, K. et al., 1994).

Ανάλυση δεδομένων και αποτελέσματα

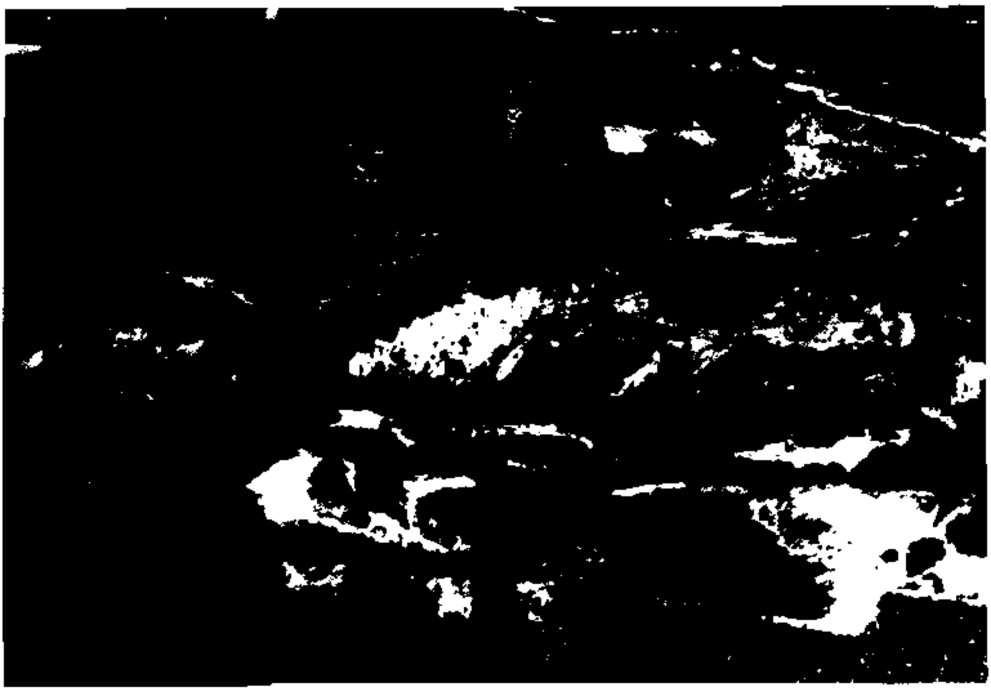
Από τα προαναφερθέντα στοιχεία προκύπτει ότι η περιοχή μελέτης είναι πρόσφορη για την ανάπτυξη των badlands. Πράγματι οι γεωμορφές αυτές είναι ευρέως διαδεδομένες σε όλα σχεδόν τα αργιλούχα πρανή στην περιοχή μελέτης.

Τα badlands, που αναγνωρίστηκαν από παρατηρήσεις στην ύπαιθρο και από αεροφωτογραφίες, μπορούν να ταξιναμηθούν σε τρεις ομάδες με κριτήριο τη διεύθυνση έκθεσής τους. Έτσι λοιπόν διαπιστώνεται μία πρώτη ομάδα badlands με διεύθυνση έκθεσης ΝΝΑ, μια δεύτερη ομάδα με Α διεύθυνση και μια τρίτη με ΔΒΔ διεύθυνση. Οι τρεις αυτές διευθύνσεις συμπίπτουν απόλυτα με τις διευθύνσεις των ρηγμάτων στην περιοχή (Doutsos et al., 1988) (Σχ. 2).



Σχ. 2. α. Ροδόγραμμα κατανομής ρηγμάτων στον Δ. Κορινθιακό κατά Doutsos et al. (1988), β. Ροδόγραμμα των διευθύνσεων έκθεσης των badlands στην περιοχή μελέτης. Η σύγκριση δείχνει ότι τα badlands σχετίζονται άμμεσα με τα ρήγματα που υπάρχουν στο Δ. Κορινθιακό.

Τα badlands που αναγνωρίστηκαν με διεύθυνση έκθεσης ΝΝΑ βρίσκονται τοπογραφικά ψηλότερα, παρουσιάζουν μία μορφολογία διαφορετική από αυτή των κλασικών badlands και καλύπτονται από βλάστηση (Φωτ. 1). Η διαφοροποίηση στη μορφολογία των διαβρωσιγενών αυτών γεωμορφών από τις κλασικές γεωμορφές των badlands συνίσταται στο ότι, οι διαχωριστικές ράχες τους δεν είναι οξύληκτες, αλλά πιο αποστρογγυλομένες, το κεντρικό τους ρέμα είναι αρκετά βαθύ και οι κλίσεις των πρανών τους αρκετά ομαλές. Εχει παρατηρηθεί ότι γεωμορφές που παρουσιάζουν αυτήν την αποστρογγυλομένη μορφή έχουν δημιουργηθεί σε προϋπάρχουσες κατολισθήσεις (Bisci et al., 1992). Το γεγονός αυτό εξηγείται από το βάθος του κεντρικού ρέματός τους και από την υψηλή τοπογραφική τους θέση, που σε συνδιασμό με την υψηλή υγρασία (λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας και εξάτμισης απ' ότι στις άλλες πλευρές), ευνοεί τέτοια κατολισθητικά φαινόμενα. Στις γεωμορφές αυτές παρατηρούνται και νεότερα κατολισθητικά φαινόμενα. Οι κατολισθήσεις τόσο οι προϋπάρχουσες όσο και νεότερες είναι τυπικά παραδείγματα κορεσμένων εδαφών. Επιπλέον η αυξημένη υγρασία ευνοεί την ανάπτυξη της βλάστησης.



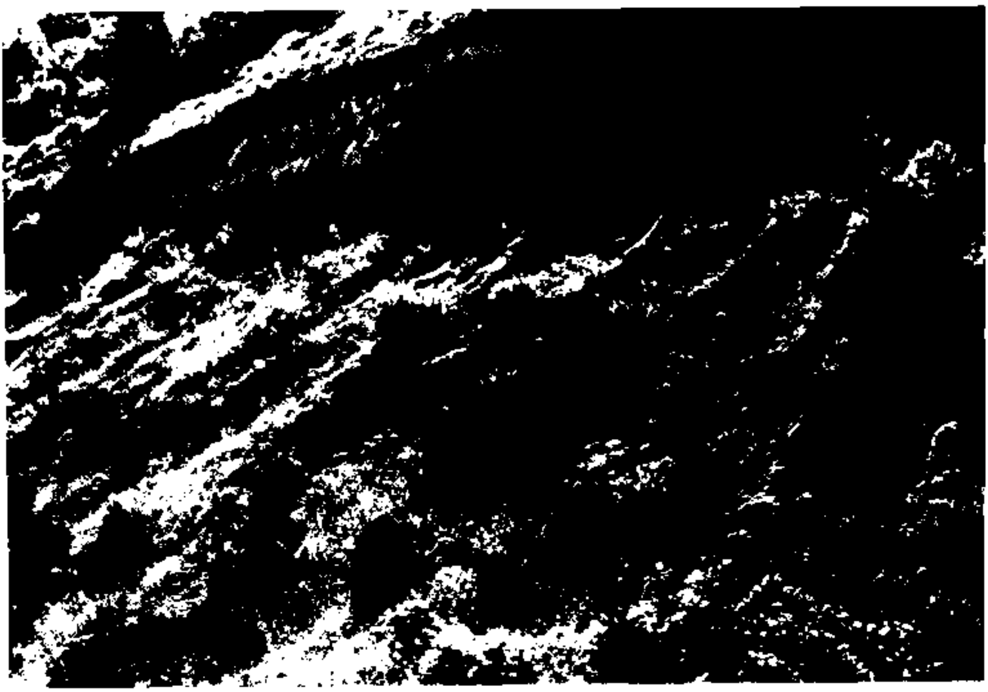
Φωτ. 1. Χαρακτηριστικά badlands της πρώτης ομάδας.

Στις νεότερες κατολισθήσεις δημιουργείται μια δεύτερη γενιά badlands, που και αυτές έχουν σχεδόν τα ίδια μορφολογικά χαρακτηριστικά με τις προαναφερθείσες γεωμορφές. Οι διαφορές που παρατηρούνται σε σχέση με τις προηγούμενες γεωμορφές είναι η απουσία βλάστησης και η απότομη κλίση των πρανών τους, γεγονός που κατά την άποψή μου οφείλεται στο νεαρό της ηλικίας των τελευταίων γεωμορφών και δηλώνει ότι οι μορφές αυτές είναι ακόμη και σήμερα μορφολογικά ενεργές.

Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από badlands με Α διεύθυνση έκθεσης που έχουν αναπτυχθεί σε Πλειο-Πλειστοκαινικές αργίλους. Η παρουσία των γεωμορφών αυτών δεν είναι και τόσο συχνή στην περιοχή μελέτης. Οι διαχωριστικές τους ράχες είναι οξύληκτες και χαρακτηρίζονται από μεγάλης κλίσης πρανή, σχεδόν κατακόρυφα, που κατά κύριο λόγο έχουν δημιουργηθεί από Πλειο-Πλειστοκαινικά ρήγματα. Η παντελής σχεδόν απουσία της φυτοκάλυψης σ' αυτά τα badlands οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι ακόμη και σήμερα η περιοχή είναι μορφολογικά ενεργή.

Τέλος, η τρίτη ομάδα, που αποτελεί και τον κύριο όγκο των γεωμορφών badlands στην περιοχή μελέτης, είναι αυτή με ΔΒΔ διεύθυνση έκθεσης. Η ομάδα αυτή μπορεί να χωριστεί σε δύο υποομάδες.

Η πρώτη υποομάδα περιλαμβάνει τα badlands με οξύληκτες τις διαχωριστικές τους ράχες, απότομα πρανή και κλίση των στρωμάτων αντίθετη από αυτή των πρανών, τα οποία δεν διαθέτουν μεν φυτοκάλυψη, αλλά βρίσκονται κάτω από ένα καλώς συνεκτικοποιημένο, δηλαδή σκληρό στρώμα (Φωτ. 2). Οι ενεργές αυτές γεωμορφές δεν έχουν καλά ανεπτυγμένες χαραδρώσεις. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι το ανώτερο σκληρό στρώμα λειτουργεί προστατευτικά και περιορίζει τη διαβρωτική ενέργεια του βρόχινου νερού, επομένως τη ρεματική διάβρωση.

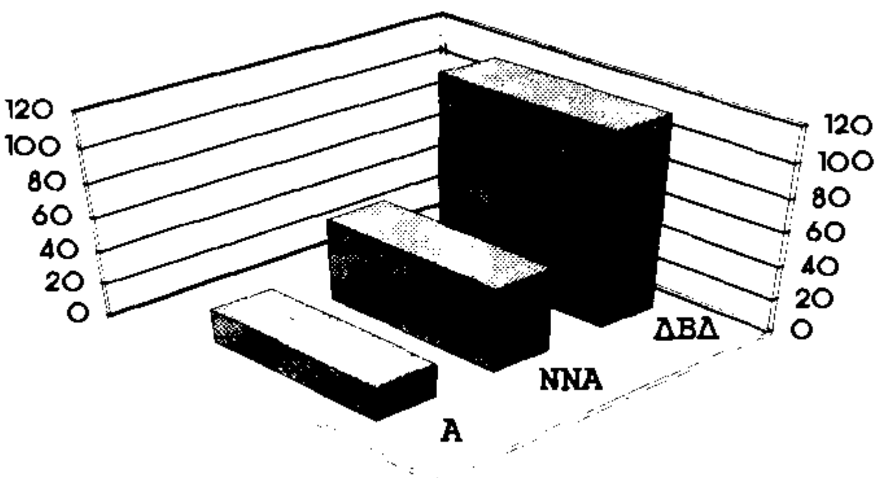


Φωτ. 2. Χαρακτηριστικά badlands της τρίτης ομάδας με το ανώτερο σκληρό στρώμα.

Η δεύτερη υποομάδα χαρακτηρίζεται από μέτριας έως μικρής κλίσης πρανή, οξύληκτες διαχωριστικές ράχες και έντονη φυτοκάλυψη. Η φυτοκάλυψη σ' αυτές τις γεωμορφές δικαιολογείται από το γεγονός, ότι η υγρασία στις βόρειες περιοχές είναι μεγαλύτερη απ' ότι στις άλλες, κάτι που ευνοεί την ανάπτυξη της βλάστησης αφ' ενός και αφ' ετέρου δεν επιτρέπει την ξήρανση του εδάφους. Η φυτοκάλυψη έχει άμεσο αποτέλεσμα τη διατήρηση της μορφολογίας των πρανών.

Ένα μεγάλο μέρος των γεωμορφών αυτών παραδόθηκε στις πυρκαγιές του καλοκαιρίου του 1995, με άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της διαβρωτικής ενέργειας του βρόχινου νερού, αποτελέσματα τα οποία θα φανούν με την πάροδο του χρόνου και την δημιουργία νεότερων γεωμορφών τύπου badland.

Στην περιοχή μελέτης μετρήθηκαν περίπου 185 γεωμορφές τύπου badlands, εκ των οποίων 50 ανήκουν στην ομάδα με διεύθυνση έκθεσης ΝΝΑ, 20 στην ομάδα με διεύθυνση έκθεσης Α και 115 στην ομάδα με διεύθυνση έκθεσης ΔΒΔ. (Σχ. 3).



Σχ. 3. Συχνότητα των badlands (σε απόλυτους αριθμούς) ανάλογα με την διεύθυνση έκθεσης στην μελετηθείσα περιοχή.

Συμπεράσματα

Στις βόρειες πλαγιές του Παναχαϊκού όρους αναγνωρίστηκαν οι ακόλουθες τρείς ομάδες badlands: Η ομάδα με διεύθυνση έκθεσης ΝΝΑ και αποστρογγυλεμένη μορφή, άλλη με διεύθυνση έκθεσης Α και οξύληκτες διαχωριστικές ράχες και τέλος τρίτη με διεύθυνση έκθεσης ΔΒΔ και οξύληκτες τις διαχωριστικές τους ράχες. Η τρίτη ομάδα badlands είναι η συχνότερα απαντώμενη στην περιοχή μελέτης.

Τέλος οι κλίσεις των πρανών σε ορισμένα badlands είναι μεγαλύτερες απ' ότι σε άλλα. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα κριτήριο για τον διαχωρισμό των γεωμορφών αυτών σε ενεργά και μη ενεργά badlands.

Βιβλιογραφία

Bisci, C., Dramis, F. & Gentili, B. (1992). Badlands on the Adriatic side of central Italy. Geooekoplus, 3, 55-68.

Doutsos, T., Kontopoulos, N., Poulimenos, G. (1988). The Corinth-Patras rift as the initial stage of continental fragmentation behind an active island arc (Greece). Basin Research, 1, 177-190.

Doutsos, T., Poulimenos, G. (1992). Geometry and kinematics of active faults and their seismotectonic significance in the western Corinth Patras rift (Greece). - J. Struct. Geol., 1, (6): 689-699.

Frydas, D., Kontopoulos, N., Stamatopoulos, L., Guernet, C., Voltaggio, M. (1995). *Middle-late Pleistocene sediments in the northwestern* Peloponnesus, Greece. A combined study of biostratigraphical, radiochronological and sedimentological results. Berliner geowiss. Abh. E16, 589-605.

Kontopoulos, N., Stamatopoulos, L. (1990). A stream-flow controlled "wet" Late Quaternary alluvial fan, NW Peloponnese, Greece. Il Quaternario, 3, n. 1, 61-72.

Stamatopoulos, L., Voltaggio, M., Kontopoulos, N. (1994). 230Th/238U Dating of corals from Tyrrhenian marine deposits and the paleogeographic evolution of the western Peloponnesus (Greece). Muenster. Forsch. Geol. Palaont., 76, 345-352.

Tsolis-Katagas, P. (1992). Randomly interstratified clay minerals in Plio-Pleistocene sediments of NW Peloponnesus, Greece: origin and distribution. Geologica Balcanica, 22, 75-87.

Voudouris, K., Lambrakis, N., Tiniakos, L. (1994). Fluctuations of water balance in Achaia area (NW Peloponnesus, Greece) and impact on groundwater quality. Proc. "Restoration and Protection of the Environment II", August 1994, Patras, 140-147.

Μορφομετρική ανάλυση του Δέλτα του Πηνειού (Θεσσαλία)

Γ. Στουρνάρας και Χ. Γαλάνη
Τομέας Δυναμικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας,
Πανεπιστήμιο Αθηνών, 157 84 Αθήνα

Περίληψη

Μελετώνται τα βασικά γεωλογικά και γεωμορφολογικά στοιχεία του δέλτα του Πηνειού (Θεσσαλία) και της λεκάνης απορροής του και επιχειρείται η μορφομετρική ανάλυση της δελταϊκής προεξοχής. Το δέλτα, του οποίου η γένεση συμπίπτει με τη διάνοιξη της κοιλάδας των Τεμπών, είναι ένα δέλτα τύπου Ροδανού, με επάρκεια, πρωτογενώς, στερεοπαροχής και τον κυματισμό μοναδικό, επίσης πρωτογενώς, θαλάσσιο μηχανισμό διευθέτησης. Τα στοιχεία αυτά προκύπτουν από τη θεώρηση της έκτασης, αναγλύφου, υδρολογίας και γεωλογίας της λεκάνης απορροής, καθώς και των γεωλογικών και άλλων παρατηρήσεων στην ίδια την περιοχή του δέλτα. Η μορφομετρική ανάλυση επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα αυτά και προσφέρει νέα, μέσα στα πλαίσια της μελέτης της εσωτερικής δομής, της σχετικής ενεργότητας βόρειου και νότιου τμήματος και μετατόπισης των εκβολών από Β. και Ν. Επισημαίνονται ακόμη δευτερογενή φαινόμενα, που δεν συμβιβάζονται με τις προηγούμενες ερμηνείες και εντοπίζεται ο εκτός ελέγχου παράγοντας των ισχυρών θαλάσσιων ρευμάτων, που απομακρύνουν μέρος των μεταφερόμενων, στην ακτή, ιζημάτων και προκαλούν δευτερογενείς μεταβολές στις γεωμορφές της μορφομετρικής ανάλυσης.

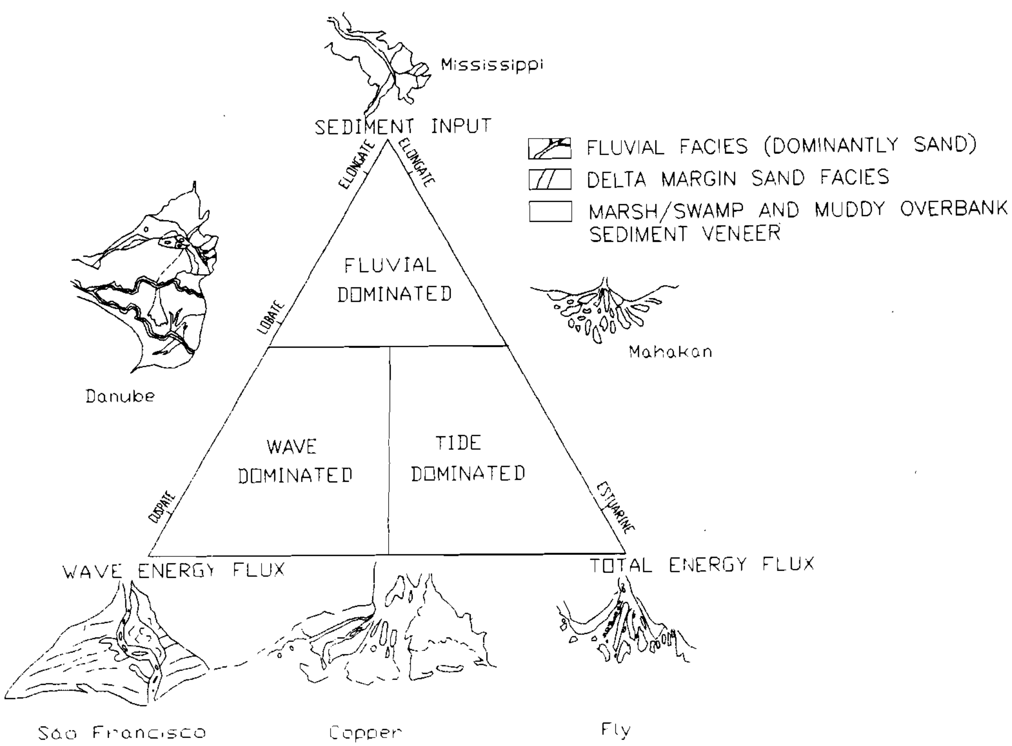
Abstract

The present paper concerns the essential geological and geomorphological data of Pinios delta (Thessaly, Greece) and its basin. These data are completed by the morphometrical analysis of the deltaic prominence. The Pinios delta, whose origin coincides with the Tempi valley origin, is a Rhone-type delta, caracterised by initial adequacy of transported material, the wave action being the essential sea mechanism. The above data arise from the consideration of some parameters, including the surface, the relief, the hydrology and the geology of the river basin and of the delta itself. The morphometrical analysis confirms the consideration resul-

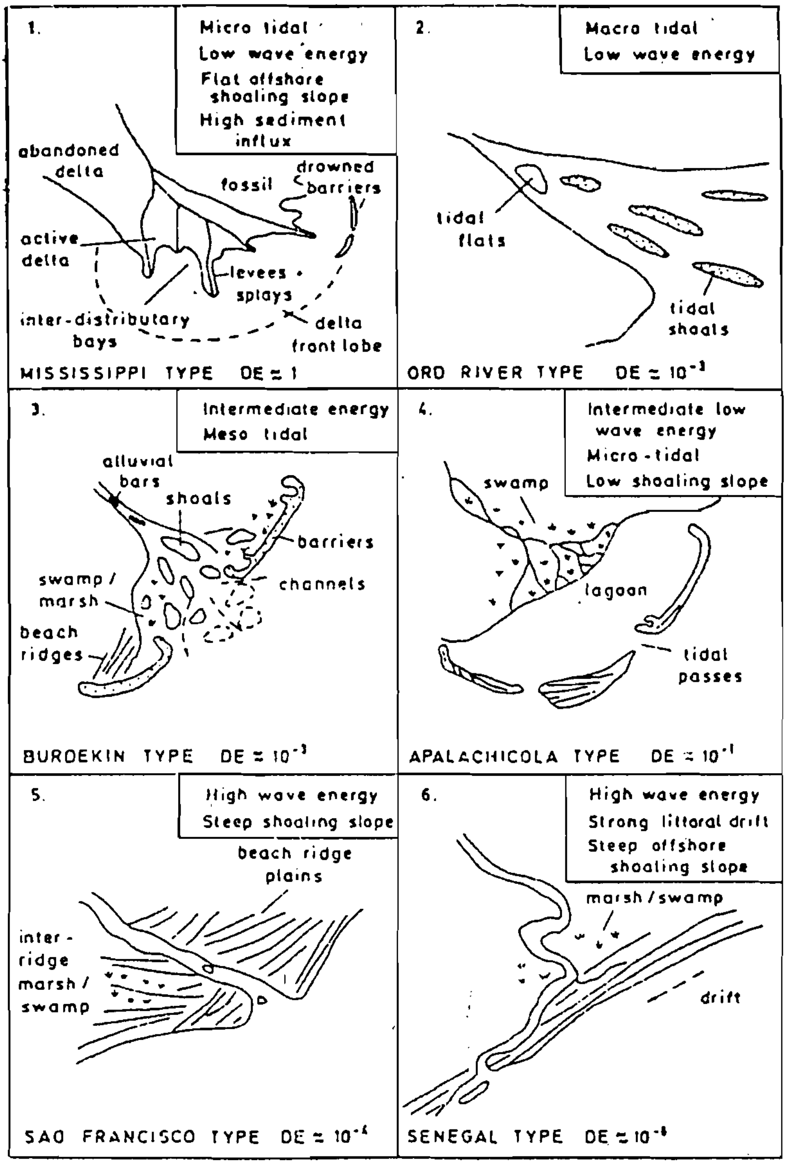
ting by the above data and, furthermore, offers additional information within the frame of the internal structure study, the respective activity between the N. and S. section of the deltaic prominence and the removal of the river mouths from N. to the S. Epigenetic phenomena are also noted, not in accordance with the initial results. Finaly, the factor of sea currents is considered. Those currents remove a certain quantity of the transported materials and cause secondary modifications of the deltaic configuration, used by the morphometrical analysis.

Εισαγωγή

Το δέλτα του Πηνειού είναι το τρίτο δέλτα τύπου Ροδανού, που μελετάται στην Ελλάδα με τη βοήθεια και της μορφομετρικής ανάλυσης (Στουρνάρας, 1984, 1990). Τα δέλτα του τύπου αυτού χαρακτηρίζονται από επάρκεια προσφερόμενων χερσαίων μεταφερόμενων υλικών, ενώ η



Σχ. 1. Κατάταξη των δέλτα κατά Galloway (1975).



Σχ. 2. Κατάταξη των δέλτα κατά Coleman και Wright (Wright, 1978).

θαλάσσια διεργασία επεξεργασίας και ταξινόμησης των υλικών αυτών περιορίζεται ουσιαστικά στη δράση του κυματισμού με την παλίρροια να μην έχει ουσιαστικό ρόλο (Galloway, 1975). Είναι προφανές ότι η κατάταξη αυτή, όπως και άλλες ανάλογες (Σχ. 1 & 2) θεωρούν την εξέλιξη και το σχηματισμό των δελταϊκών προεξοχών για όλο το εκείνο το χρονικό διάστημα στο οποίο δεν υπάρχουν ανθρωπογενείς επεμβάσεις στο δέλτα, στον ποταμό και στη λεκάνη απορροής, επεμβάσεις που θα μπορούσαν να διαταράξουν την υπάρχουσα σχέση ανάμεσα στη μεταφορική ικανότητα του ποταμού και στις θαλάσσιες διεργασίες στις εκβολές του. Είναι, επομένως, επίσης προφανές ότι η γεωμορφολογική και μορφομετρική μελέτη μιας τέτοιας περιοχής θα πρέπει να απομονώσει τους επιγενετικούς παράγοντες, ανθρωπογενούς προέλευσης, που συμμετέχουν στη σημερινή διαμόρφωση της δελταϊκής προεξοχής, για να αναδειχτεί το περιβάλλον και ο τρόπος σχηματισμού και εξέλιξης του δέλτα.

Γεωμορφολογία - Υδρολογία

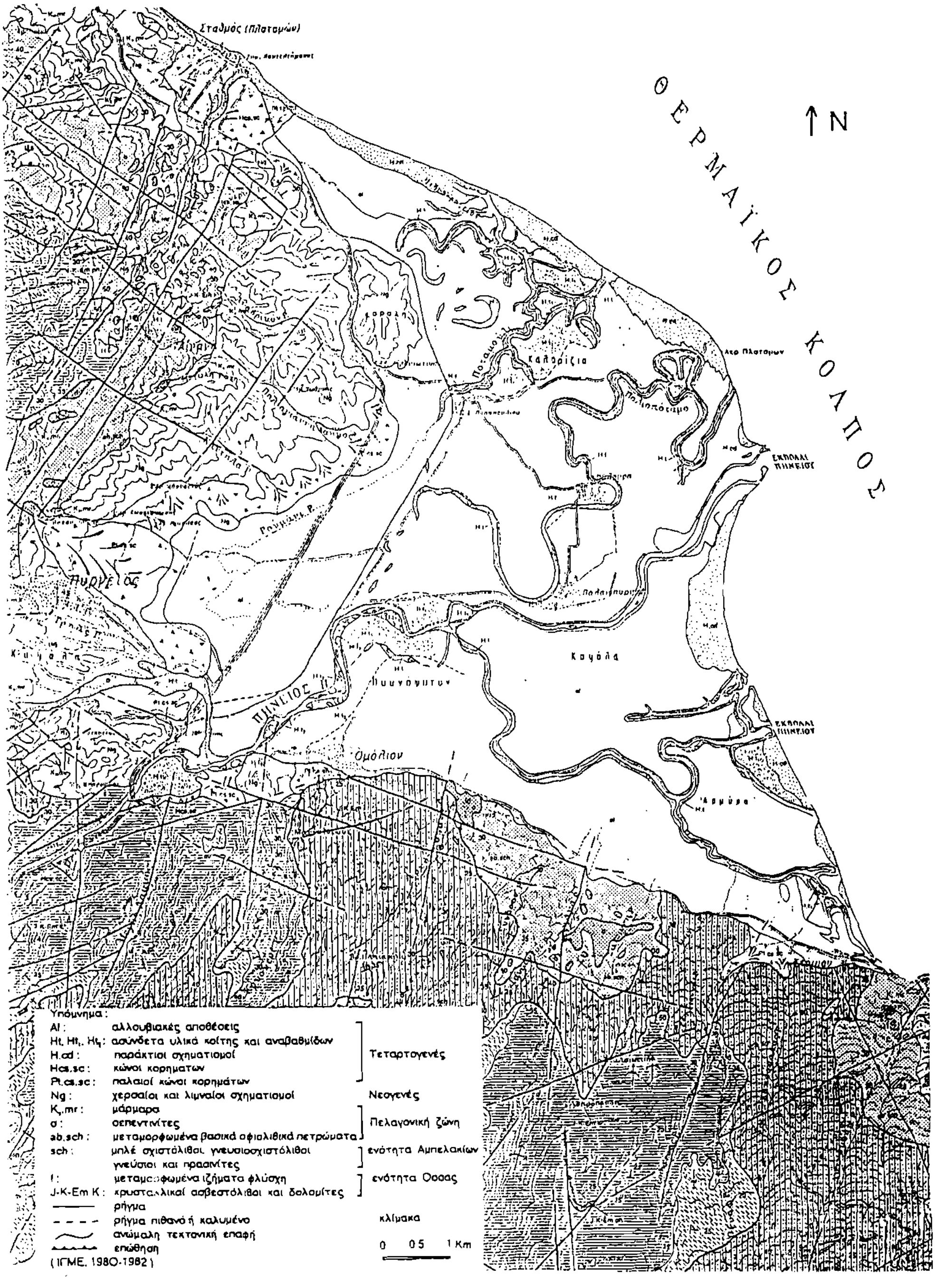
Ο Πηνειός είναι ο τρίτος σε μήκος ποταμός της Ελλάδας και ο πλουσιώτερος σε νερά απ' αυτούς που ρέουν αποκλειστικά σε Ελληνικό έδαφος. Η μέση ετήσια παροχή του είναι της τάξης των $2{,}529 \times 10^6$ m^3, η λεκάνη απορροής του έχει έκταση 7.081 km^2 και η μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 500 mm στην πεδιάδα μέχρι 1800 mm στα ορεινά.

Ο Πηνειός εκβάλλει στο εξωτερικό πλατώ του Θερμαϊκού κόλπου (Λυκούσης, 1990) όπου οι μορφολογικές κλίσεις του βυθού είναι πολύ μικρές και τα βάθη μικρότερα από 100 m. Η υποθαλάσσια βαθυμετρία είναι, επομένως, πολύ ευνοϊκή για την ανάπτυξη της δελταϊκής προεξοχής. Ο Θερμαϊκός κόλπος, σε σχέση με τα δέλτα του Πηνειού, χαρακτηρίζεται από μια έντονη αριστερόστροφη κίνηση των υδάτων, πολύ πιο έντονη κοντά στην επιφάνεια. Το παλλιροϊκό εύρος είναι εξαιρετικά μικρό και κυμαίνεται από 30 cm περίπου κατά τη διάρκεια των συζυγιών μέχρι 5 cm περίπου κατά τους τετραγωνισμούς (Wilding et als, 1980). Το κύριο χαρακτηριστικό των επιφανειακών κυμάτων βαρύτητας είναι η συχνή εμφάνιση κυμάτων μικρού μήκους από τα Δ. και μεγάλου μήκους από τα Ν.Α. (Lykoussis et als, 1981). Τα δέλτα του Πηνειού, του οποίου η έναρξη σχηματισμού τοποθετείται στο Ολόκαινο έχει έκταση 72 km^2 και μέγιστο υψόμετρο της δελταϊκής προεξοχής της τάξης των 10 m. Η δελταϊκή πεδιάδα, που καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από αλουβιακές αποθέσεις, χαρακτηρίζεται από τα χαμηλά υψόμετρα και την εμφάνιση μαιάνδρων. Παλαιότερες κοίτες, αποκοπέντες λοβοί που αντιπροσωπεύουν εγκαταλειμμένους μαιάνδρους, καθώς και μηνοειδείς λίμνες (με πιο σημαντική αυτή στη θέση Κουλούρες) παρατηρούνται σε μεγάλη έκταση, κυρίως στο βόρειο και κεντρικό τμήμα του δέλτα, γεγονός που δείχνει μια μετατόπιση της κοίτης του ποταμού προς το νότιο τμήμα, κάτι που αποτελεί την πρώτη μαρτυρία για τη σχετική ενεργότητα του Β. τμήματος, που θα πιστοποιηθεί στη συνέχεια από τη μορφομετρική ανάλυση. Οι αλλαγές στη ροή του ποταμού έχουν δημιουργήσει αναβαθμίδες σε πολλά σημεία, ενώ κατά μήκος της ακτογραμμής εμφανίζονται σχηματισμοί άμμων και ζώνη κυματισμού με παρουσία παράκτιας αναβαθμίδας. Η ισοβαθής των 20 m απέχει 2 km από την ακτή και η κλίση του πυθμένα κυμαίνεται από 1,15 έως 1,7% (Λειβαδίτης, 1991).

Γεωλογία

Η λεκάνη απορροής του Πηνειού (Σχ. 3) αποτελείται από μια ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών, διαφορετικής προέλευσης και λιθολογικής σύστασης. Οι σχηματισμοί αυτοί ποικίλουν από πλευράς επιδεκτικότητας σε διάβρωση και αποσάθρωση, φαινόμενα που συνδέονται με τη μεταφορά και απόθεση των ιζημάτων στην περιοχή του δέλτα. Οι ευαποσάθρωτοι σχηματισμοί είναι ο φλύσχης της ζώνης Πίνδου (η ίδια ζώνη εμφανίζει ακόμη την ασβεσταλιθική της φάση), τα μολασσικά ιζήματα της μεσοελληνικής αύλακας, ο φλύσχης της Πελαγονικής ζώνης (η ίδια ζώνη εμφανίζει ακόμη τις μεταμορφωμένες φάσεις της), το Νεογενές και το Τεταρτογενές, ενώ συμμετέχουν ακόμη η οφιαλιθική σειρά, και η ενότητα της Όσσας (Ι.Γ.Μ.Ε., 1983).

Για την ίδια περιοχή του δέλτα (Σχ. 3) οι γεωλογικές ενότητες που εντοπίζονται είναι (Ι.Γ.Μ.Ε., 1987) οι εξής: η ενότητα της Όσσας, η ενότητα των Αμπελακίων, οι σχηματισμοί της Πελαγονικής ζώνης, οι Νεογενείς αποθέσεις και το Τεταρτογενές. Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις χωρίζονται σε Πλειστοκαινικές και Ολοκαινικές. Οι πρώτες είναι αποθέσεις κλειστών θαλασσών σε εσωτερικές λεκάνες και αντιπροσωπεύουν χερσαίες και λιμναίες αποθέσεις. Αντιπροσωπεύουν επίσης παλιούς κώνους κορημάτων, πλευρικά κορήματα και παλιές αναβαθμίδες. Εντοπίζονται συνήθως στα κράσπεδα των αλλουβιακών πεδίων σαν αδρομερή υλικά με κροκαλολατυποπαγή ποικίλου μεγέθους. Οι Ολοκαινικές αποθέσεις αποτελούνται από άμμους, κροκαλολατύπες και αργίλους. Οι φάσεις είναι ποτάμιες και ποταμολιμναίες. Οι παράκτιοι σχηματισμοί αποτελούνται κυρίως από άμμους με παρουσία αργιλικού υλικού και κελυφών αρτίγονων οργανισμών. Υπάρχουν, τέλος, ασύνδετα υλικά κοίτης (τόσο του κυρίου ποταμού και των κλάδων του, ενεργών και εγκαταλειμένων, όσο και των χειμάρρων που εισέρχονται απ' ευθείας στην πεδινή περιοχή από τα κράσπεδα) και αναβαθμίδων χειμάρρων, κώνοι κορρημάτων, πλευρικά κορρήματα και υλικά εσωτερικών μικρολεκανών από αργίλους, κοκκινοχώματα και κροκαλολατύπες.



Σχ. 3. Γεωλογία του δέλτα του Πηνειού και των περιθωρίων του (Ι.Γ.Μ.Ε. 1987).

Βασικά γεωλογικά και γεωμορφολογικά συμπεράσματα

Τα υδρολογικά στοιχεία του ποταμού και τη λεκάνης απορροής του δημιουργούν ένα *πλαίσιο επάρκειας* παροχής στην περιοχή των εκβολών. Τέτοια στοιχεία είναι η μέση ετήσια παροχή, η έκταση της λεκάνης απορροής και τα ύψη και κατανομές των κατακρημνισμάτων από την πεδινή ως την ορεινή περιοχή. Παράλληλα, εμφανίζεται και ένα πλαίσιο που συνηγορεί για *επάρκεια στερεοπαροχής*. Η επάρκεια αυτή προκύπτει, κατ' αρχήν, θεωρητικά από τη φύση της λεκάνης απορροής, μέσα στην οποία κυριαρχούν γεωλογικοί σχηματισμοί ευαποσάθρωτοι, όπως οι Τεταρτογενείς, το Νεογενές, οι φλυσχικές διαπλάσεις και τα μολασσικά ιζήματα της μεσοελληνικής αύλακας. Αλλά και οι υπόλοιποι γεωλογικοί σχηματισμοί (γνεύσιοι, σχιστόλιθοι, μάρμαρα, ασβεστόλιθοι, δολομίτες κ.λπ.) δεν υστερούν σε προσφορά υλικού για τη δόμηση της δελταϊκής περιοχής, δεδομένου ότι εμφανίζονται, κυρίως, στις ορεινές περιοχές που χαρακτηρίζονται από μεγάλο ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (παρά το γεγονός ότι η λεκάνη απορροής του Πηνειού τοποθετείται ανατολικά της οροσειράς της Πίνδου) και από έντονο ανάγλυφο και μεγάλες κλίσεις. Τα χαρακτηριστικά αυτά προσφέρουν συνθήκες έντονης διάβρωσης, αποσάθρωσης και στερεομεταφοράς. Οι μικρές, τέλος, κλίσεις και βάθη της θάλασσας στην περιοχή των εκβολών προσφέρουν ιδανικές συνθήκες ιζηματοαπόθεσης και δόμησης της δελταϊκής προεξοχής. Η επάρκεια, όμως, της στερεοπαροχής στοιχειοθετείται και από υπαρκτά και όχι υποτιθέμενα στοιχεία, όπως είναι ο ρυθμός εξέλιξης του δέλτα και τα χαρακτηριστικά της δελταϊκής προεξοχής. Για το πρώτο επισημαίνεται η ανάπτυξη του δέλτα σε μήκος, περίπου, 10 km σ' ένα διάστημα 10.000 ετών, αφού η αρχή γένεσης του δέλτα τοποθετείται στις αρχές του Ολοκαίνου και συμπίπτει με τη διάνοιξη της κοιλάδας των Τεμπών. Από τα χαρακτηριστικά της δελταϊκής προεξοχής επισημαίνονται οι μαίανδροι, οι παλιές κοίτες, οι αποκοπέντες λοβοί, οι μηνοειδείς λίμνες, οι αναβαθμίδες και η ζώνη κυματισμού με δημιουργία παράκτιας αναβαθμίδας.

Σε αντίθεση με όλα τα παραπάνω, ο μοναδικός ορατός παράγοντας αρνητικής εξέλιξης του δέλτα είναι το καθεστώς της θαλάσσιας δυναμικής. Το εξαιρετικά μικρό παλιρροϊκό εύρος αποτελεί απλώς έναν καθοριστικό παράγοντα διαμόρφωσης της εσωτερικής και εξωτερικής δομής του δέλτα, όμως η έντονη αριστερόστροφη κίνηση των υδάτων του Θερμαϊκού κόλπου αποτελεί έναν παράγοντα απομάκρυνσης και διασκορπισμού μέρους των ιζημάτων που φτάνουν στις εκβολές του ποταμού (Σχ. 6).

Η μορφομετρική ανάλυση - συζήτηση

Η μορφομετρική ανάλυση των δελταϊκών προεξοχών προτάθηκε από τους Wright και Coleman (Coleman et als, 1975) και προσφέρει μια ποσοτική περιγραφή της εξέλιξης και του σχηματισμού του δέλτα, με βάση μια τυποποιημένη διαδικασία προσαρμοσμένη κάθε φορά στις ιδιαιτερότητες του συγκεκριμένου δέλτα.

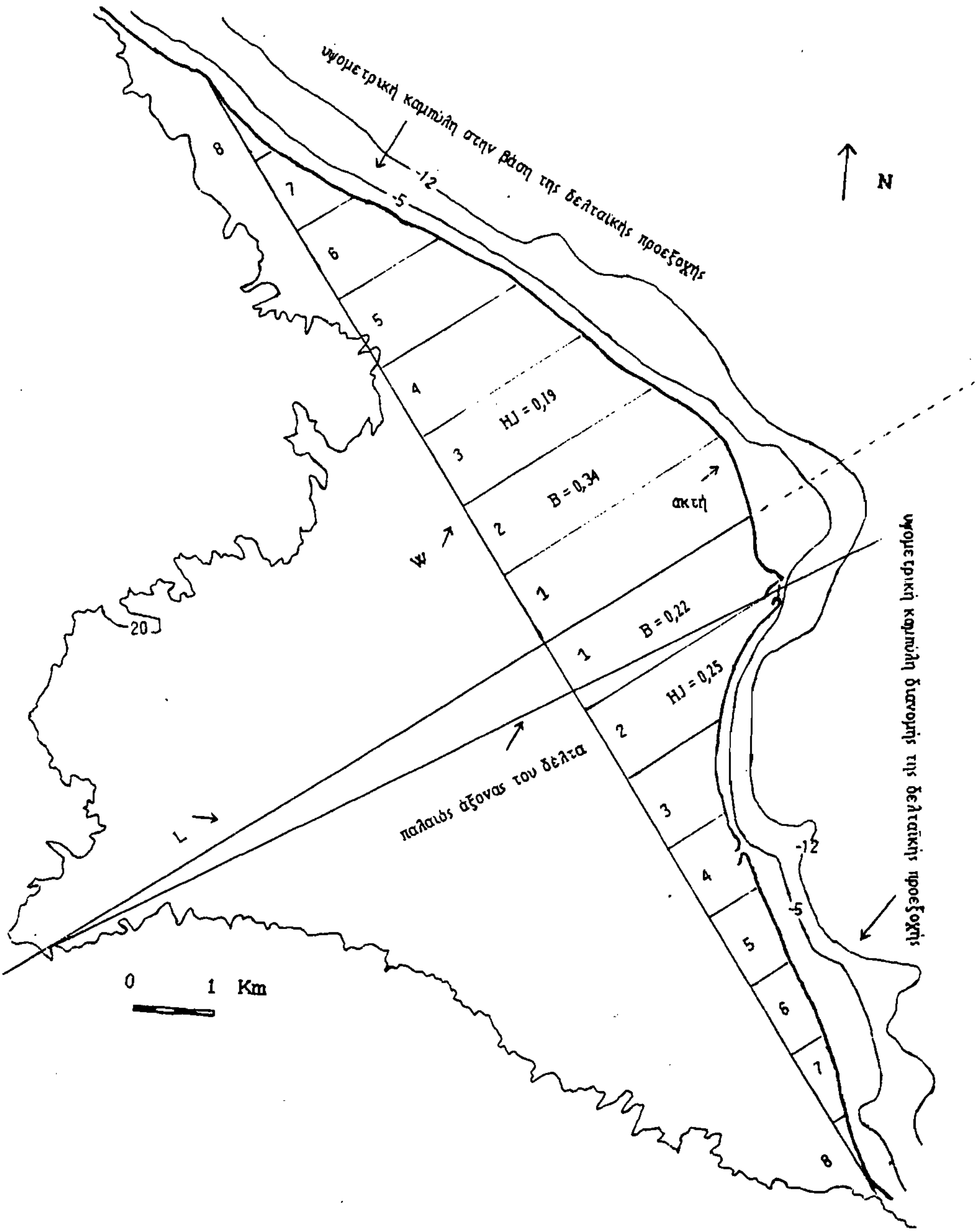
Η εφαρμογή της έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των δέλτα τύπου Ροδανού, όπου η επάρκεια της στερεοπαροχής και αι ομαλές θαλάσσιες διεργασίες, δημιουργούν ένα πλαίσιο κανονικού σχηματισμού της δελταϊκής προεξοχής. Στην Ελλάδα η ίδια αυτή μέθοδος εφαρμόστηκε με πολύ καλά αποτελέσματα για τα δέλτα του Νέστου και Μόρνου (Στουρνάρας, 1984, 1990).

Ο σχεδιασμός της υποδομής για την προσέγγιση στη μορφομετρική ανάλυση της δελταϊκής προεξοχής (Σχ. 4) δημιουργεί δύο τμήματα, το βόρειο και το νότιο, που το καθένα παρουσιάζει τις ιδιαιτερότητές του, μέσα στα πλαίσια της συνολικής εξέλιξης του δέλτα (Γαλάνη, 1995).

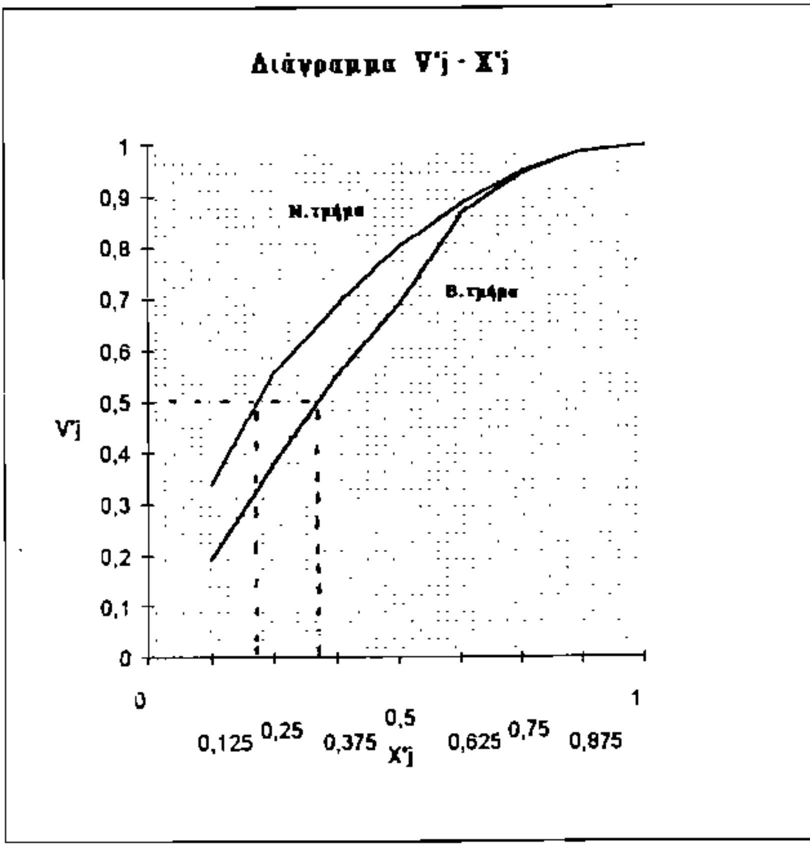
Οι τιμές των συγκεκριμένων ισοβαθών καμπυλών επιλέγονται με βάση βιβλιογραφικά και στατιστικά δεδομένα μορφομετρικών αναλύσεων για δέλτα του τύπου αυτού και μάλιστα για περιοχές της Μεσογείου. Η υψομετρική καμπύλη στη βάση της δελταϊκής προεξοχής οριοθετεί την αρχή της ζώνης του προδέλτα και η υψαμετρική καμπύλη διανομής της δελταϊκής προεξοχής σημειώνει τη μέγιστη απόσταση από την ακτή, όπου φτάνει το μεγαλύτερο μέρος των μεταφερομένων ιζημάτων.

Το πλάτος της δελταϊκής προεξοχής (W) και τα μήκας (L), κάθετο στην προηγούμενη ευθεία, δίνουν την πρώτη ποσοτική παράμετρο της ανάλυσης, το λόγο L/W = 0,646. Η χαμηλή τιμή του λόγου δείχνει σχετική κανονικότητα δημιουργίας των ακτών, κανονικότητα που αφορά την τελική διαμόρφωση της δελταϊκής προεξοχής. Η τελική διαμόρφωση έχει εξομαλύνει τις διαφορές εξέλιξης ανάμεαα στο Β. και στο Ν. τμήμα του δέλτα, διαφορές που εμφανίζονται στη αυνέχεια της μορφομετρικής ανάλυσης.

Ο δείκτης καταναμής των ιζημάτων Β της δελταϊκής προεξοχής, όπως προκύπτει από την επεξεργασία του πίνακα 1 και από το διάγραμμα του Σχ. 6 είναι, για μεν το Β. τμήμα ίσας με Β(Β) = 0,34, για δε το νότιο τμήμα ίσος με Β(Ν) = 0,22. Από τις τιμές που υπαλαγίστηκαν και από τη μορφή των καμπύλων προκύπτει, πριν απ' όλα μια άνιση εξέλιξη των δύα δελταϊκών τμημάτων. Σύμφωνα με τις αρχές της μορφομετρικής ανάλυσης, η τιμή ταυ δείκτη Β ίση με 0,5 αντιστοιχεί σε ευθεία ακτογραμμή, που σημαίνει πλήρη ισορραπία ανάμεσα στις αφίξεις στερεών υλικών και στις θαλάσσιες διεργααίες διευθέτησης των υλικών αυ-



Σχ. 4. Μορφομετρική ανάλυση δέλτα Πηνειού. Σχεδιασμός υποδομής.



$B_{Β.\ τμήμα} = 0{,}33$ $B_{Ν.τμήμα} = 0{,}22$

Σχ. 5. Μορφομετρική ανάλυση δέλτα Πηνειού. Διάγραμμα V'_j - X'_j.

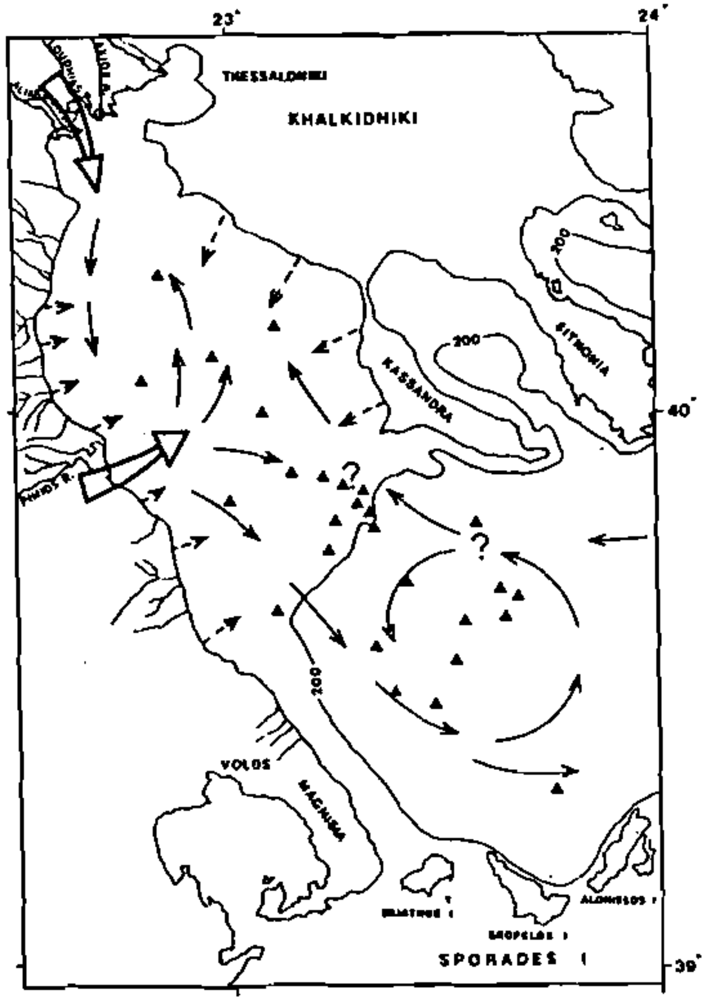
τών. Οι τιμές και για τα δύο τμήματα είναι σημαντικά μικρότερες από την οριακή αυτή τιμή, γεγονός που υποδηλώνει ανεπάρκεια προσφερόμενου υλικού και, με δεδομένη τη σταθερή δράση του κυματισμού και των ρευμάτων, την είσοδο της εξέλιξης του δέλτα σε φάση αποικοδόμησης. Αυτό βεβαίως αναφέρεται στην τελείως πρόσφατη εξέλιξη του δέλτα, μετά τις κάθε είδους διευθετήσεις στη λεκάνη απορροής και στον ποταμό και τις άμεσες ή έμμεσες υδροληψίες από τον ποταμό. Η καμπύλη που αντιστοιχεί στο Β. τμήμα είναι λιγώτερο ομοιόμορφη σε σχέση με την καμπύλη του νότιου τμήματος. Αυτό σημαίνει, για το Β. τμήμα, συνθήκες απόθεσης και ταξινόμησης ιζημάτων σχετικά ακανόνιστες, σε αντίθεση με τις πιο ομαλές συνθήκες του νότιου τμήματος. Επομένως το Β. τμήμα υπήρξε πιο ενεργό με έντονες αλλαγές συνθηκών, γεγονός που πιστοποιείται από την παρουσία παλαιών κοιτών στο τμήμα αυτών.

Οι χαμηλές τιμές του συντελεστή Β δείχνουν ότι πέρα από την ενέργεια του κυματισμού, σαν βασική διαδικασία ταξινόμησης των ιζημάτων, υπήρχε και συμπληρωματικός μηχανισμός, που απομάκρυνε ένα μέρος των ιζημάτων και δεν επέτρεψε την προέλαση του δέλτα πέρα από τη γραμμή της ακτής που ορίζουν τα πετρώματα του υποβάθρου, στα άκρα της δελταϊκής προεξοχής. Η υπόθεση αυτή γίνεται στη βάση δύο δεδομένων καταστάσεων. Η πρώτη αφορά τη δυνητική ικανότητα του ποταμού να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες υλικών, αφού η λεκάνη απορροής του είναι πολύ μεγάλη (σε σύγκριση με δέλτα άλλων ποταμών) και η παροχή του αναφέρεται σαν μεγάλη πρωτογενώς (σε ανάλαγη σύγκριση) και η λιθολογία στη λεκάνη απορροής (Σχ. 3) ευνοεί ιδιαίτερα την διάβρωση και αποσάθρωση των σχηματισμών (φλύσχης, μόλαασα, Νεογενή κ.λπ.). Η δεύτερη δεδομένη κατάσταση αναφέρεται στη βαθυμετρία της θαλάσσιας περιοχής του δέλτα, η οποία είναι ιδανική για την ανεμπόδιστη προέλαση της δελταϊκής προεξοχής. Ο συμπληρωματικός θαλάσσιος μηχανισμός δεν μπορεί να είναι άλλος από τα ισχυρά αριστερόμορφα ρεύματα του Θερμαϊκού, τα οποία διέρχονται από την περιοχή του δέλτα με διεύθυνση Β-Ν και απομακρύνουν ένα μεγάλο μέρος των ιζημάτων των ποτάμιων εκβολών και των διαμορφωμένων ακτών (Σχ. 6).

Η ολική υποθαλάσσια υψομετρία (HJ) εκφράζει τη γενική κλίση της υποθαλάσσιας κλιτύος, συνδέεται, όπως είναι προφανές, με το καθεστώς ταξινόμησης των ιζημάτων κατά μήκος της ακτογραμμής και δίνεται από τη σχέση

$$HJ = \int_{-12}^{0} (a/A)\, d(z/Z)$$

όπου α είναι η επιφάνεια μεταξύ της ισοβαθούς -5 (δεδομένη ισοβαθής καμπύλη) και της ακτογραμμής, Α η επιφάνεια μεταξύ της ισοβαθούς -12 (ισοβαθής βάσης για τα δέλτα τύπου Ροδανού) και της ακτογραμμής, Ζ = 12 m και z = 7 m (διαφορά μεταξύ των ισοβαθών -12 και -5. Η ολική θαλάσσια υψομετρία υπολογίστηκε αντίστοιχα για τα δύο τμήματα του δέλτα HJ(B) = 0,19 και HJ(N) = 0,25 (Πίν. 2). Η τιμή της παραμέτρου HJ και για τα δύο τμήματα του δέλτα δείχνει κοιλότητα (concavity), που σημαίνει μικρότερη ποσότητα προσφερομένων χερσαίων ιζημάτων από όση οι θαλάσσιες διεργασίες (κυματισμός για την εδώ περίπτωση) μπορούν να επεξεργαστούν και να ταξινομήσουν στην ακτογραμμή. Μόνο στο κεντρικό τμήμα παρατηρείται μια σχετική κυρτότητα (convexity), που όμως είναι δευτερογενές φαινόμενο που οφείλεται στο μοναδικό, σήμερα, υπάρχον στόμιο του ποταμού. Δευτερογενές φαινόμενο είναι όμως και η κοιλότητα της ακτογραμμής, που οφείλεται στους ίδιους λόγους για τους οποίους και ο δείκτης Β παρουσιάζει μειωμένες τιμές (διευθετήσεις στη λεκάνη απορροής, υδροληψίες, θαλάσσια ρεύματα). Η σχετική ευθυγραμμία της Β. ακτής, σε σχέση με τη Ν. πιστοποιεί, εκ νέου, ότι το τμήμα αυτό του δέλτα υπήρξε το σχετικά πιο ενεργό. Το συμπέρασμα αυτό, που προκύπτει και από το δείκτη Β είναι, σε κάποιο βαθμό, αποτέλεσμα και της μεταφοράς ιζημάτων από τους χειμάρρους των κρασπέδων του βόρειου τμήματος απ' ευθείας στη θάλασσα, χωρίς τη μεσολάβηση του ποταμού.



Σχ. 6. Σχηματική μετακίνηση των διευθύνσεων μετακίνησης λεπτόκοκκων και χοντρόκοκκων ιζημάτων στην περιοχή του Β.Δ. Αιγαίου (Lykousis et al., 1981).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μορφομετρική ανάλυση Δέλτα Πηνειού. Επεξεργασία δεδομένων

Β. ΤΜΗΜΑ

Ζώνες	a (Km²)	hmax (m)	h' (Km)	V_i (Km³) (ah')	ΣV_i (Km³) (j=i)	V_j' (Km³) Σ/V_8	x_i (Km)	X_i' (Km³)
1	3,27	2,7	0,00735	0,024035	0,024035	0,192076	1	0,125
2	3,3	2,2	0,0071	0,02343	0,047465	0,379322	2	0,25
3	2,85	3	0,0075	0,021375	0,06884	0,550144	3	0,375
4	2,44	2,4	0,0072	0,017568	0,086408	0,690542	4	0,5
5	1,99	10	0,011	0,02189	0,108298	0,86548	5	0,625
6	1,42	2	0,007	0,00994	0,118238	0,944917	6	0,75
7	0,76	1,9	0,00695	0,005282	0,12352	0,987129	7	0,875
8	0,23	2	0,007	0,00161	0,12513	1	8	1

Ν. ΤΜΗΜΑ

Ζώνες	a (Km²)	hmax (m)	h' (Km)	V_i (Km³) (ah')	ΣV_i (Km³) (j=i)	V_j' (Km³) Σ/V_8	x_i (Km)	X_i' (Km³)
1	3,1	2,2	0,0071	0,02201	0,02201	0,339095	1	0,125
2	2,05	1,8	0,0069	0,014145	0,036155	0,557019	2	0,25
3	1,21	1,9	0,00695	0,00841	0,0044565	0,686579	3	0,375
4	0,93	4,2	0,0081	0,007533	0,052098	0,802656	4	0,5
5	0,74	2,5	0,00725	0,005365	0,057463	0,885291	5	0,625
6	0,58	2,4	0,0072	0,004176	0,061639	0,949629	6	0,75
7	0,37	1,1	0,00655	0,002424	0,064062	0,986966	7	0,875
8	0,12	2,1	0,00705	0,000846	0,064908	1	8	1

όπου a: η επιφάνεια κάθε ζώνης, hmax: η μέγιστη ισοϋψή κάθε ζώνης,
$h' = (h + 12/2)/1000$ σε km, $V_i = a \cdot h'$, ΣV_i ($i = 1 \cdot 8$),
$V_j' = \Sigma V_j/0{,}12513$ (Β. Τμήμα) & $V_j' = \Sigma V_i/0{,}064908$ (Ν. Τμήμα),
x_i: απόσταση κάθε ζώνης από την ευθεία του μήκους και $X_j' = x_i/8$.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Μορφομετρική ανάλυση Δέλτα Πηνειού. Ολική υποθαλάσσια υψομετρία.

	Β. ΤΜΗΜΑ	Ν. ΤΜΗΜΑ
a (m²)	2195600	2973600
A (m²)	6597600	6570400
z (m)	7	7
Z (m)	12	12
$HJ = \int_{-12}^{0} (a/A)\,d(z/Z)$	0,19	0,25

Οι γενικώτερες γεωμορφολογικές παρατηρήσεις (παλιές κοίτες, αποκομμένοι λοβοί και αναβαθμίδες) επιβεβαιώνονται από τη μορφομετρική ανάλυση, η οποία καταλήγει στα ίδια συμπεράσματα με ποσοτικά στοιχεία, σε σχέση με τα ποιοτικά της βασικής γεωμορφολογίας.

Συμπερασματικά, όλοι οι γεωλογικοί, γεωμορφολογικοί και μορφαμετρικοί παράγοντες συνηγορούν, δυνητικά ή πραγματικά, για τις μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης και εξέλιξης του δέλτα, ενώ ο μοναδικός, αλλά ισχυρός, παράγοντας των θαλάσσιων ρευμάτων περιόρισε την ανάπτυξη αυτή (Σχ. 6), δημιουργώντας μάλιστα και πεδίο παρερμηνειών ή επιγενετικών μεταβολών που μπορούν να αποδυναμώσουν τη γεωμορφολογική μελέτη και την μορφαμετρική ανάλυση. Εννοείται ότι όλα αυτά ισχύουν για τα χρονικό διάστημα κατά το οποίο δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες ανθρωπογενείς επεμβάσεις, που τροποποιούν δραματικά, πλέον, την εξέλιξη του δέλτα και οι οποίες δεν είναι εύκολο να ενταχθούν σε ένα πλαίσιο ελέγχου, τουλάχιστον ποσοτικό.

Βιβλιογραφία

Van Straaten, L.M. (1959). «Littoral and submarine morphology of the Rhone delta» *Nat. Acad. Scien. Nat. Res. Counc. 2nd Coastal Geography Conf. 233.*

Van Straaten, L.M. (1960). «Some recent advances in the study of deltaic sedimentation» *Liverpool Machester Geol. Journal, v. 2, pp. 411-422.*

Γαλάνη, Χ. (1995). «Γεωμαρφολογική και μορφομετρική μελέτη του δέλτα του Πηνειού ποταμού» *Μεταπτυχ. Ενδεικτ. Ωκεανογραφίας, Παν. Αθηνών.*

Wilding, A.J., Collins, M.B., Ferentinos, G. (1980). «Analyses of water level fluctuations in Thermaic Gulf and Salonica Bay, N.W. Aegean Sea» *Estuarine Coastal Mar. Sci., 10, pp. 325-334.*

Galloway, W.E. (1975). «Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems» *Brussard M.L. (ed), Deltas. Models for exploration. Houston Geol. Soc. pp. 87-98.*

Ι.Γ.Μ.Ε. (1983). «Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας» 1/500.000, *Αθήνα.*

Ι.Γ.Μ.Ε. (1987). «Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας» 1/50.000, φύλλο Ραψάνη», *Αθήνα.*

Coleman, J.M., Wright, M.L. *(ed) Deltas: Models for exploration. Houston Geol. Soc., pp. 99-114.*

Coleman, J.M. (1976). «Deltas: Processes of deposition and models for exploration» *Continuing Educational Publication Company Inc., pp. 1-93.*

Λειβαδίτης, Γ. (1991). «Σημειώσεις Γεωμορφολογίας Ελλάδος» *Αθήνα.*

Lykousis, V. (1990). «Προδελταϊκές αποθέσεις. Σεισμική στρωματογραφία - Ιζηματολογία - Ευστάθεια πρανών». *Διδ. Διατρ. Πανεπ. Πατρών.*

Lykousis, V., Collins, M.B. and Ferentinos, G. (1981). «Modern sedimentation in the N.W. Aegean sea». *Marine Geology, 43, pp. 111 - 130.*

Lykousis, V., Chronis, M.B. (1989). «Mechanisms of sediment transport and deposition: Sediment sequences and accumulation during the Holocene of the Thermaikos Plateau, the continental slope and basin (Sporades basin), N.W. Aegean Sea, Greece» *Marine Geology, Elsevier.*

Παπαπέτρου - Ζαμάνη, Α. (1993). «Γεωμορφολογία». *Παν. Αθηνών.*

Wright, L.D. (1977). «Sediment transport and deposition of river mouths. A synthesis» *Bull. Geol. Soc. Amer., v. 8, pp. 857 - 868.*

Wright, L.D. (1978). «River deltas» IN *Davis R.A. Jr (ed), Coastal Sedimentary Environments. Springer N.Y., Heidelberg, pp. 5 - 68.*

Scruton, P.C. (1960). «Delta building and the deltaic sequence» IN *Shepard, F.B. and Van American Andel, T.H. (eds), Recent sediments, northwest Gulf of Mexico, Amer. Assoc. Petrol. Geol. pp. 82 - 102.*

Stournaras, G. (1984). «Evolution et comportemet d' un systeme aquifere, heterogene. Geologie et hydrogeologie du delta du Nestos (Grece) et de ses bordures» *These, Univ. Grenoble.*

Stournaras, G. (1990). «Etude geomorphologique et morphometrique, du delta du Mornos (Grece centrale). Possibilities de prevision du regime hydrogeologique» *Ann. Scient Univ. Fr. Compte, Besanscon.*

Περιβαλλοντική αξία και σημασία της λίμνης Τριχωνίδας ως του μεγαλύτερου φυσικού ταμιευτήρα καθαρού νερού της Ελλάδας

Α.Ψιλοβίκος, Κ. Αλμπανάκης, Χ. Παλικαρίδης και Κ. Βουβαλίδης
Τομέας Γεωλογίας & Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., 54006 Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Η λίμνη Τριχωνίδα θεωρείται ως τεκτονική κρυπτολίμνη, με έκταση 97 km^2, μέγιστο βάθος 59 m, στάθμη + 16.0 m και όγκο νερού 2.9×10^9 m^3. Λόγω της μεγάλης τροφοδοσίας της σε υπόγειο νερό και των φυσικών διεργασιών, η ποιότητα του νερού είναι εξαιρετική (πόσιμο), ενώ υπάρχουν σημαντικά πλεονάσματα νερού κάθε χρόνο.

Τα πλεονάσματα αυτά του νερού παροχετεύονται στη λεκάνη του Κάτω Αχελώου μέσω τεχνικών έργων και συμβάλλουν στην απομάκρυνση και αραίωση των ρύπων της Λυσιμαχείας, στην ενίσχυση και ομαλοποίηση της ροής του Αχελώου, στην άρδευση των δελταϊκών πεδιάδων Αχελώου - Εύηνου και στην εν γένει περιβαλλοντική αναβάθμιση της περιοχής.

Η Τριχωνίδα αποτελεί το μεγαλύτερο φυσικό ταμιευτήρα καθαρού νερού της χώρας, ρυθμίζει το μικροκλίμα και τις φυσικές εξωγενείς διεργασίες της περιοχής και πρέπει να διατηρηθεί σε άριστη κατάσταση. Για το λόγο αυτό πρέπει να ελαχιστοποιηθούν αι ανθρωπογενείς επεμβάσεις και να ληφθούν μέτρα ώστε αυτή να μη ρυπαίνεται με λύματα, απόβλητα και απορρίματα.

Abstract

The lake Trichonis is considered as a tectonic cryptodepression, having surface area 97 km^2 at + 16.0 m water level, maximum depth of 59 m and estimated water volume 2.9×10^9 m^3. Owing to the great supply of underground water to the lake, as well as to natural limnological processes, the lake has both high water quality (potable) and considerable excess in volume per year.

This excess of water is discharged into the drainage system of Low Acheloos basin, through artificial canals. This contributes to the dilution of pollutants and clearance of lake Lysimachia, to the increase and the

normalization of the Acheloos river flow, to the irrigation of the deltaic plains of the rivers Acheloos and Evinos, as well as to the environmental upgrading in the entire area.

The lake Trichonis is the greater natural reservoir of pure water in Greece. It both regulates the microclimate and influences the natural exogenic processes of the surrounding area. Such an important lake should be preserved in good conditions, by taking strict antipollution measures for domestic, industrial or farming activities.

Εισαγωγή

Η λίμνη Τριχωνίδα κατέχει το ανατολικό τμήμα της τάφρου Αγρινίου και αποτελεί υπολειμματική μορφή της μεγάλης Τεταρτογενούς λίμνης Αγρινίου. Παρότι επηρεάστηκε δευτερογενώς από καρστικά φαινόμενα και προσχώσιγενείς διεργασίες, διετήρησε τον τεκτονικό της χαρακτήρα μέχρι σήμερα.

Η Τριχωνίδα αποτελεί την πιο αξιόλογη φυσική λίμνη της Ελλάδας, η οποία αποταμιεύει περίπου 3 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα ($2.9 \times 10^9\ m^3$) καθαρού γλυκού νερού.

Η λίμνη αυτή μελετήθηκε από την ερευνητική μας ομάδα στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος 8477 της Επιτροπής Ερευνών του Α.Π.Θ. που αφορά στη λεκάνη του Κάτω Αχελώου, με χρηματοδότηση της Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ7) της Γεν. Γραμματείας Δημοσίων Έργων του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Ευχαριστίες για τη συνεργασία τους στην έρευνα εκφράζουμε προς το λέκτορα του Τμήματος Χημικών Μηχανικών κ. Μ. Μήτρακα, προς τη Δρ. Υδροχημικό κ. Ε. Ντότσικα και προς το γεωλόγο κ. Α. Μουσουρίδη.

Η έρευνα στο χώρο της λίμνης πραγματοποιήθηκε με το πλήρως εξοπλισμένο ερευνητικό σκάφος «ΑΙΟΛΟΣ» της ομάδας μας, το οποίο μεταφέρθηκε στην Τριχωνίδα για το σκοπό αυτό.

Γεωγραφικά - Γεωλογικά στοιχεία

Η λίμνη Τριχωνίδα βρίσκεται 6 km ΝΔ του Αγρινίου, στο Ν. Αιτωλοακαρνανίας και αποτελεί υδρολογικά και υδρογραφικά τμήμα της λεκάνης του Κάτω Αχελώου.

Η τάφρος Αγρινίου είναι ένα Τεταρτογενές τεκτονικό βύθισμα το οποίο σχηματίστηκε στο χώρο της οροσειράς της Νάτιας Πίνδου και διέκοψε την προς νότο πορεία της στην περιοχή αυτή.

Η διακοπή αυτή της συνέχειας είναι πιο εντυπωσιακή από γεωλογική άποψη. Η Τριχωνίδα διακόπτει τη συνέχεια προς νότο των γεωλογικών ζωνών Πίνδου (ανατολικά), Γαβρόβου (κέντρο) και Ιονίου (δυτικά).

Τα πετρώματα που επικρατούν στην περιοχή αυτή είναι ο φλύσχης (αργιλλοψαμμιτικός σχηματισμός) των αντίστοιχων γεωλογικών ζωνών με μεγάλη συμμετοχή ανθρακικών ιζημάτων. Η συμμετοχή αυτή είναι μεγάλη στη ζώνη της Πίνδου (Β και Α της Τριχωνίδας) όπου τα ανθρακικά πετρώματα υπό μορφή λεπίων εμφανίζονται στην επιφάνεια.

Πολυπληθή ρήγματα Δ/ΒΔ-Α/ΝΑ διεύθυνσης και Α/ΒΑ-Δ/ΝΔ διεύθυνσης έχουν τεμαχίσει την περιοχή και έχουν δημιουργήσει την τάφρο Αγρινίου. Η υψηλή σεισμικότητα στην περιοχή της Τριχωνίδας δείχνει ότι η τεκτονική της είναι και πρόσφατη και ενεργός.

Η ευρύτερη περιοχή των Ακαρνανικών λιμνών και της Τριχωνίδας έχει μελετηθεί από τον Λεοντάρη (1970) και άλλους ερευνητές (βιβλ.).

Γεωμορφολογικά στοιχεία (Πίν. 1)

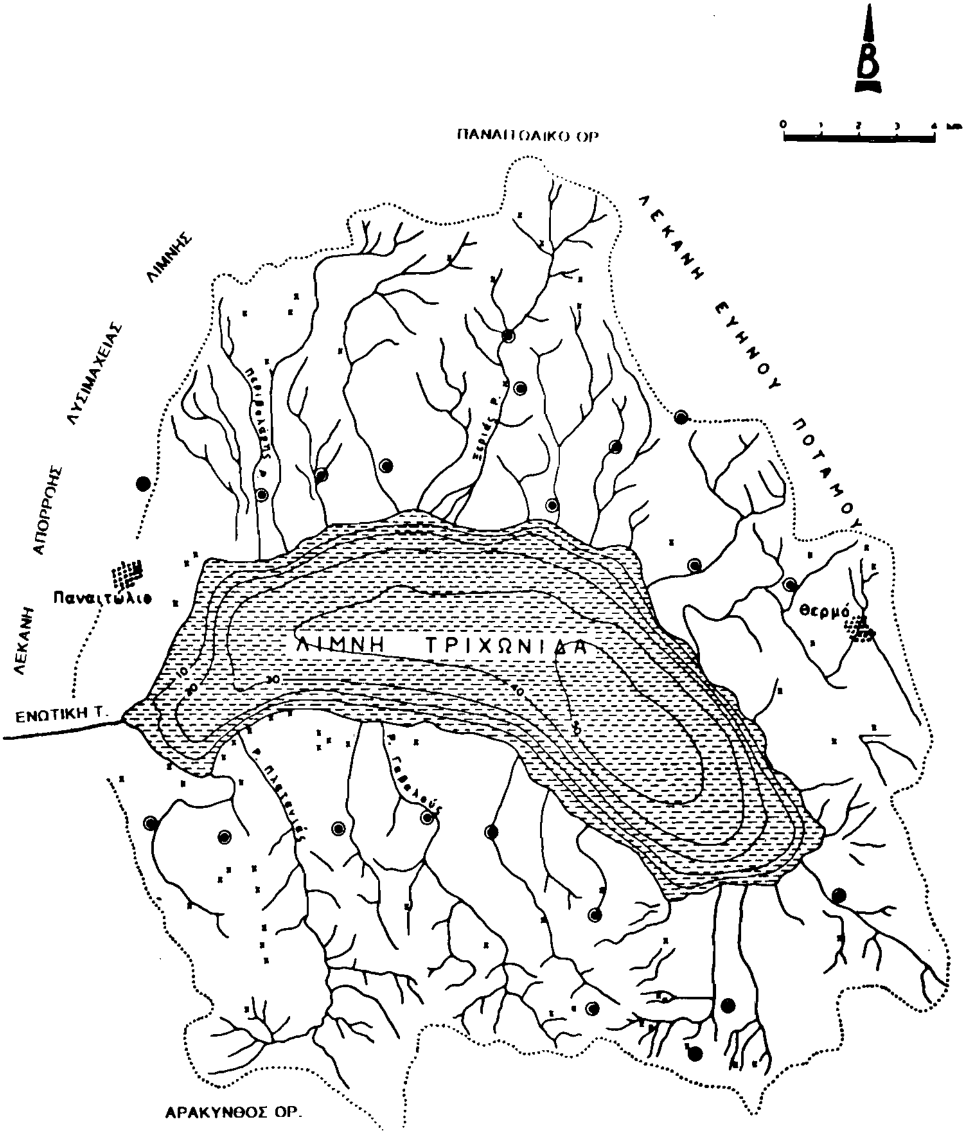
Η Τριχωνίδα κατέχει το βαθύτερο τμήμα της ανατολικής περιοχής της τάφρου και πεδιάδας Αγρινίου, μεταξύ των ορεινών όγκων του Παναιτωλικού στα βόρεια και του Αράκυνθου στα νότια. Η λεκάνη απορροής της έχει σχήμα περίπου τραπεζοειδές με συνολική έκταση 399 km^2 από τα οποία 97 km^2 αποτελούν τον καθρέπτη της λίμνης και 302 km^2 την περιλίμνια χερσαία περιοχή.

Στα ανατολικά συνορεύει με τη λεκάνη απορροής του ποταμού Εύηνου, του οποίου η κοίτη βρίσκεται σε απόσταση 4-7 km από τις ακτές της λίμνης (περιβάλλει τη λίμνη). Στα δυτικά επικοινωνεί με τη λεκάνη απορροής της λίμνης Λυσιμαχείας, μέσω ενωτικής τάφρου.

Το υδρογραφικό δίκτυο, όπως φαίνεται στο Σχ. 1, αποτελείται από περιφερειακούς χειμάρρους που συγκλίνουν στη λίμνη, με μικρή διαδρομή και μικρές λεκάνες απορροής. Η μορφή του δικτύου είναι δενδριτική. Εξαίρεση αποτελεί το δίκτυο της ανατολικής πλευράς (περιοχή Θέρμου) όπου το δίκτυο έχει ορθογώνια μορφή και υποτυπώδη ανάπτυξη, λόγω του σχηματισμού επιφανειακού και υπόγειου κάρστ (πόλγες Θέρμου-καταβόθρες).

Οι κλίσεις των πρανών της λεκάνης είναι μεγάλες και οι χείμαρροι έχουν δημιουργήσει ζώνη αλλουβιακών ριπιδίων καθώς πλησιάζουν τη λίμνη και αποθέτουν τα υλικά διάβρωσης. Η ανατολική πλευρά είναι απότομη, ρηξιγενής και στερείται ριπιδιοπαγών σχηματισμών.

Η λίμνη έχει σχήμα νεφροειδές με την κοίλη πλευρά προς τα νότια, με έκταση 97 km^2 περίπου και στάθμη ρυθμιζόμενη μεταξύ +16.0 και +13.5 m (Πίν. 1).



Σχ. 1. Υδρογραφικό δικτυο της λίμνης Τριχωνίδας.

Ο πυθμένας της λίμνης εμφανίζει ασυμμετρία. Τα μεγαλύτερα βάθη εντοπίζονται στην ανατολική πλευρά (50-59 m) υπό μορφήν βυθίσματος Β/ΒΔ-Ν/ΝΑ προσανατολισμού.

Η Τριχωνίδα αποτελεί κρυπτολίμνη, αφού το μεγαλύτερο τμήμα της βρίσκεται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας (0 έως – 43 m) στο ίδιο βάθος με το δίαυλο Ρίου - Αντίρριου. Επομένως αποτελεί το βασικό επίπεδο της ευρύτερης περιοχής με ιδιαίτερη υδρολογική σημασία.

Ο όγκος της λίμνης είναι 2.9×10^9 m^3 και την καθιστά το μεγαλύτερο φυσικό ταμιευτήρα της χώρας μας.

Υδρολογικά στοιχεία (Πίν. 1).

Η λίμνη Τριχωνίδα, μεγαλύτερη σε έκταση και όγκο φυσική λίμνη της Ελλάδας, έχει πολύ περιορισμένη λεκάνη απορροής. Αν λάβουμε υπόψη ότι τα μέσα ετήσια κατακρημνίσματα της περιοχής (ΕΜΥ Αγρινίου) είναι 930 mm/yr και η έκταση της περιλίμνιας χερσαίας λεκάνης απορροής είναι 302 km^2, ενώ ο συντελεστής απορροής είναι 0,40, τότε η συνολική απορροή υπολογίζεται σε 112.3×10^6 m^3/y, η οποία καταλήγει στη λίμνη.

Ο καθρέπτης της λίμνης ο οποίος έχει έκταση 97 km^2, δέχεται όγκο νερού από κατακρημνίσματα 90.2×10^6 m^3, ενώ έχει απώλειες από εξάτμιση συνολικού όγκου 142.5×10^6 m^3/yr.

Από τα ανωτέρω στοιχεία προκύπτει ότι οι καθαρές εισροές νερού στην Τριχωνίδα εκτιμώνται σε 60.0×10^6 m^3/y κατά μέσο όρο. Οι εισροές αυτές σε σχέση με το συνολικό όγκο της λίμνης (2.9×10^9 m^3) είναι ελάχιστες ώστε για την ανανέωση του νερού της Τριχωνίδας θα χρειάζονταν 10 - 14 χρόνια.

Έχει όμως διαπιστωθεί μεγάλη τροφοδοσία της λίμνης από υπολίμνιες πηγές, τόσο στην ανατολική περιοχή του κάρστ, όσο και σε άλλες περιοχές, η παροχή των οποίων δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί προς το παρόν. Η αδυναμία εκτίμησης προκύπτει από την ανυπαρξία μέτρησης των εκροών από τη λίμνη. Η εκτίμηση που μπορεί να γίνει μέχρι στιγμής βασίζεται στα στοιχεία των αρδεύσεων, από τα οποία προκύπτουν ότι:

- Για τις περιλίμνιες αρδευτικές καλλιέργειες (31.000 στρεμ.) αντλούνται από την Τριχωνίδα 34×10^6 m^3/y περίπου.
- Για εκροές της Τριχωνίδας προς τη Λυσιμαχεία και μέσω της ομώνυμης σήραγγας προς τις δελταϊκές πεδιάδες του Αχελώου και του Εύηνου, τις οποίες ο ΓΟΕΒ Αγρινίου τις υπολογίζει σε 548×10^6 m^3/yr, ενώ η ερευνητική ομάδα του καθηγητή κ. Χ. Τζιμόπουλου τις υπολογίζει σε 570×10^6 m^3. Από αυτές αρδεύονται επίσης 159.000 στρεμ. των πεδινών εκτάσεων της Αιτωλοακαρνανίας.
- Για την τροφοδοσία του Αχελώου μέσω του συστήματος της τάφρου του Δίμηκου, της Λυσιμαχείας και της ενωτικής διώρυγας με την Τριχωνίδα αντλούνται σημαντικοί όγκοι νερού κατά τη διάρκεια του έτους (160×10^6 m^3) οι οποίοι είναι αδύνατο να εκτιμηθούν με απόλυτη ακρίβεια.

Από τις ανωτέρω εκτιμήσεις προκύπτει το συμπέρασμα ότι η Τριχωνίδα έχει μεγάλο πλεόνασμα καθαρού νερού με το οποίο καλύπτει τόσο τις αρδευτικές ανάγκες της ευρύτερης περιοχής, όσο και τις περιβαλλοντικές λειτουργίες μεγάλου τμήματος της λεκάνης του Κάτω Αχελώου. Για το λόγο αυτό ο ρόλος της λίμνης είναι σημαντικός για την ευρύτερη περιοχή. Σύμφωνα με τη μελέτη της ΕΤΜΕ (1994), η Τριχωνίδα έχει μέσο καθαρό όγκο εισροών $125 \times 10^6 m^3/yr$ με ανώτατο όγκο $301 \times 10^6 m^3/yr$.

Από τα σταθμηγραφήματα της Τριχωνίδας για περίοδο 40 ετών του (1949/50 - 1990/91) προκύπτει η ταπείνωση της στάθμης της λίμνης μετά το 1957/58 λόγω ανθρωπογενών επεμβάσεων και η διακύμανση της στάθμης της κατά 1.0 - 1.5 m το χρόνο.

Ήδη, μετά την κατασκευή του ρυθμιστικού έργου της ενωτικής διώρυγας Τριχωνίδας - Λυσιμαχείας η στάθμη της λίμνης (Παλαιά + 18 m) ρυθμίζεται μεταξύ + 13.50 m και + 16.0 m. Σημαντικοί όγκοι νερού εκρέουν από την Τριχωνίδα κατά τη χειμερινή περίοδο, όταν η στάθμη της λίμνης ανέρχεται σημαντικά (> 1.5 m) ενώ η εκροή προς τη Λυσιμαχεία είναι συνεχής (ατελές ρυθμιστικό έργο).

Λιμνολογικά στοιχεία

Όπως φαίνεται στον Πίν. 1 και στο Σχ. 2 η Τριχωνίδα κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν παρουσιάζει στρωμάτωση, έχει χαμηλές τιμές θερμοκρασίας (11 - 13°C) και αγωγιμότητας (270 - 275 μS/cm), είναι κορεσμένη σε διαλυμένο οξυγόνο (10 - 11 mg/l) μέχρι τον πυθμένα της και έχει αλκαλικό pH (8.2 - 7.7). Παρατηρείται ισχυρή ανάμειξη και ομογενοποίηση του νερού σε όλο τον όγκο της λίμνης.

Αντίθετα το καλοκαίρι παρατηρείται σαφής στρωμάτωση του νερού και ανάπτυξη θερμοκλινούς, με θερμοκλινές σε βάθος 5 - 20 m και υπολίμνιο σε βάθος μεγαλύτερο των 30 m, στο οποίο η θερμοκρασία παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Παρατηρούνται επίσης αυξημένες τιμές αγωγιμότητας (295 - 327 μS/cm), και pH (8.6 - 7.9).

Η διαύγεια του νερού της Τριχωνίδας είναι 10 - 15 m (μέτρηση με Shechi Lisk) και μπορεί να αποδοθεί στην περιορισμένη ανάπτυξη βιομάζας στο νερό. Το γεγονάς αυτό επιβεβαιώνεται και από τη μελέτη του Πανεπιστημίου Πατρών (1993) για την Τριχωνίδα (χαμηλές τιμές βιομάζας και χλωροφύλλης στο νερό της λίμνης).

Α. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Λεκάνη απορροής	302 Km^2
Διαστάσεις λίμνης	18 × 6 Km
Στάθμη (ρυθμιζ.)	+ 16.0 + 13.5m
Έκταση καθρέπτη	97 Km^2
Βάθη (μεγ. - μέσο)	59 m – 30 m
Βάθος κρυπτοβυθίσματος	– 43 m
Όγκος λίμνης	2.9×10^9 m^3
Μήκος ακτών	51.3 Km
Ανάπτυγμα ακτών	1.53

Γ. ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Διαύγεια	12 - 15 m
Θερμοκρασία	12°C - 27°C
Αγωγιμότητα	270 - 330 μS/cm
Διαλ. O_2	6 - 11 mg/l
pH	7.7 - 8.2
Θερμοκλινές	5 - 20 m
Υπολίμνιο	> 30 m

Β. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

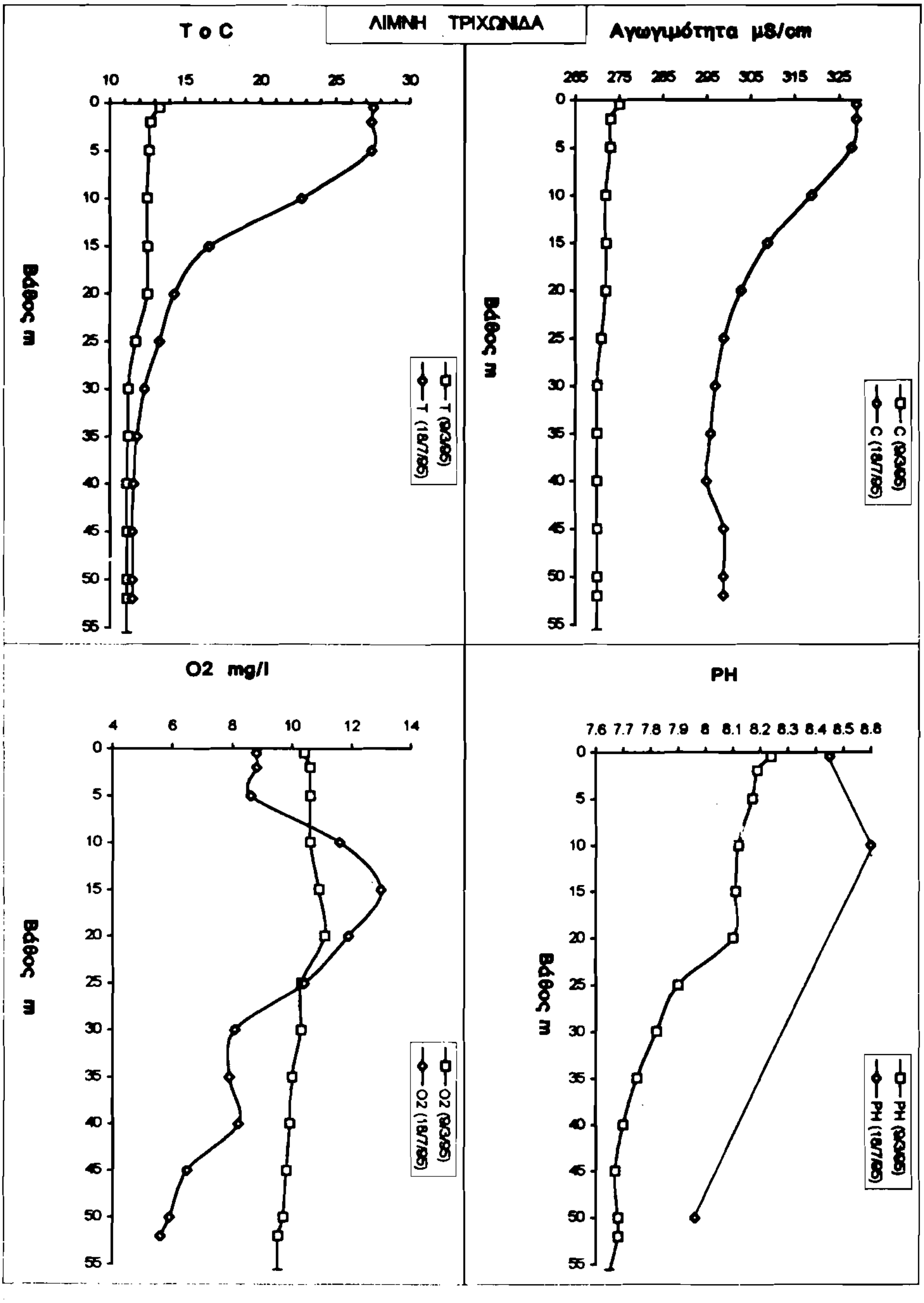
ΕΜΥ Αγρινίου κατακρ.	930 mm/yr
Όγκος κατακρ. λεκ.	280.8×10^6 m^3/yr
Συνολική απορροή (0.40)	112.3×10^6 m^3/yr
Όγκος κατακρ. λίμνης	90.2×10^6 m^3/yr
Όγκος εξατμ. (1470 mm/y)	142.5×10^6 m^3/yr
Καθαρή απώλεια	-52.3×10^6 m^3/yr
Καθαρές εισροές λίμνης	60.0×10^6 m^3/yr
Εισροές από Αχελώο και υπόγειες πηγές	$> 600 \times 10^6$ m^3/yr
Εκροές προς Λυσιμαχεία και αρδεύσεις	$> 600 \times 10^6$ m^3/yr
Χρόνος ανανέωσης	3.6 χρόνια

Δ. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Ολική σκληρ.	12 - 14°F
Νιτρικά	0.13 mg/l
Νιτρώδη	–
Θειϊκά	20 mg/l
Φωσφορικά	0.05 mg/l
Αμμωνιακά	–
Zn^{2+}	0.02 mg/l
Cu^{2+}	< 0.01 mg/l
Fe^{2+}	< 0.02 mg/l
Mn^{2+}	0.03 mg/l
SiO_2	1 - 7 mg/l
ΦΕΚ 438/86	ΠΟΣΙΜΟ

* (Μέσες ετήσιες τιμές)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μορφολογικά, υδρολογικά, λιμνολογικά και ποιοτικά στοιχεία του νερού της λίμνης Τριχωνίδας [Ε.Ε. ΑΠΘ. Ερ. Πρ. 8477, ΥΠΕΧΩΔΕ (Δ7) 1995]



Σχ. 2. Κάθετες διατομές λιμνολογικών παραμέτρων (T, Con, O_2, pH) που έγιναν στις 9-3-95 & 18-7-95.

Τα ανωτέρω στοιχεία δείχνουν με σαφήνεια ότι το νερό της λίμνης είναι καθαρό και η λειτουργία της προσομοιάζει προς αυτή των λιμνών της εύκρατης ζώνης.

Ποιοτικά στοιχεία του νερού

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του Πίνακα 1, τα οποία αφορούν στην ποιότητα του νερού της Τριχωνίδας, πρόκειται για καθαρό νερό το οποίο μπορεί να χαρακτηριστεί πόσιμο.

Στη χημική σύσταση του νερού η συμμετοχή των δεικτών ρύπανσης από αστικά λύματα, ή γεωργικά υπολείμματα είναι πολύ κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια για το πόσιμο νερό (ΦΕΚ 438/86). Το ίδιο συμβαίνει και για τη συμμετοχή των στοιχείων Zn, Cu, Fe, Mn τα οποία αφορούν σε άλλου είδους ρυπάνσεις όπως π.χ. από βιομηχανικά απόβλητα.

Εξετάσεις για τη συμμετοχή μικροβιακού φορτίου στο νερό της Τριχωνίδας έδειξαν επίσης ότι πρόκειται για καθαρό νερό (Παν. Πατρών, 1993).

Είναι γνωστό βέβαια ότι στην Τριχωνίδα καταλήγουν ορισμένα λύματα και απορρίματα, τα οποία δεν φαίνεται προς το παρόν να επηρεάζουν την ποιότητα του νερού, ίσως λόγω του μεγάλου όγκου της λίμνης και της αντίστοιχης αραίωσης των ρύπων. Γύρω από την Τριχωνίδα λειτουργούν ελαιοτριβεία (30), χοιροτροφεία (10), 3 τυροκομεία, 1 σφαγείο και 1 ιχθυοτροφείο πέστροφας. Είναι όμως απαραίτητο να ληφθούν μέτρα αντιμετώπισης αυτών των ρυπογόνων εστιών ώστε να μην καταλήγουν στη λίμνη τα λύματά τους χωρίς επεξεργασία.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η Τριχωνίδα αποτελεί υπολειμματική μορφή της Τεταρτογενούς λίμνης Αγρινίου, η οποία διατήρησε τα βασικά χαρακτηριστικά της τεκτονικής λίμνης, ανέπτυξε σημαντική καρστική υπόγεια υδροφορία και ελαχιστοποίησε τις προσχωσιγενείς διεργασίες. Για το λόγο αυτό ο πυθμένας της βρίσκεται 43 m κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, το βάθος είναι μεγάλο, η έκτασή της και ο όγκος της είναι επίσης μεγάλα και η τροφοδοσία της σε νερό, κυρίως υπόγειο, είναι συνεχής.

Η Τριχωνίδα αποτελεί το βασικό επίπεδο (τοπικό) για μια μεγάλη περιοχή της Ν. Πίνδου, γεγονός που της εξασφαλίζει συνεχή τροφοδοσία σε νερό. Έτσι εξηγείται η άριστη οξυγόνωσή της καθ' όλη τη διάρκεια του έτους μέχρι τον πυθμένα της. Το νερό αυτό έχει μικρή αγωγιμότητα και φαίνεται άτι ανανεώνεται πολύ συχνά είτε λόγω της μεγάλης υπάγειας τροφοδοσίας (άνοιξη - καλοκαίρι) είτε λόγω των λιμνολογικών διεργασιών (χειμώνας).

Η Τριχωνίδα έχει μεγάλο πλεόνασμα καθαρού νερού, το οποίο παροχετεύεται στη Λυσιμαχεία μέσω ενωτικής διώρυγας, προκειμένου να διατεθεί για την κάλυψη αρδευτικών και περιβαλλοντικών αναγκών των δελταϊκών πεδιάδων Αχελώου-Εύηνου, μέσω της σήραγγας Λυσιμαχείας και της ροής του Αχελώαυ, μέσω της τάφρου του Δίμηκου. Ένα πολύ μεγάλο μέρος του πλεονάζοντος αυτού νερού καταλήγει στη θάλασσα. Η σύνδεση της Τριχωνίδας με το υπόλοιπο υδρογραφικό και υδρολογικό δίκτυο οφείλεται στην επέμβαση του ανθρώπου, η οποία στην πραγματικότητα αποκατέστησε τις φυσικές διεργασίες επικοινωνίας της λίμνης με το όλο σύστημα της λεκάνης του Κάτω Αχελώου.

Το νερό της Τριχωνίδας είναι εξαιρετικής ποιότητας, έχει χαρακτηριστικά πόσιμου νερού και δεν επηρεάζεται από ρυπαντικές δραστηριότητες του ανθρώπου, οι οποίες είναι περιορισμένες. Ο μεγάλος όγκος της λίμνης, η μεγάλη τροφοδοσία της σε νερό και οι ανανεωτικές διεργασίες εξασφαλίζουν την ποιότητα του νερού στο μέλλον.

Φυσικά χρειάζεται να ληφθούν μέτρα προστασίας της λίμνης από λύματα, απορρίματα, απόβλητα κλπ., έτσι ώστε η ποιότητα του νερού να παραμείνει στα σημερινά της επίπεδα. Χρειάζεται επίσης και η λήψη μέτρων ώστε να εξασφαλιστεί η σταθερή στάθμη στη λίμνη, χωρίς περαιτέρω υποβιβασμούς, οι οποίοι θα θέσουν σε κίνδυνο τις φυσικές ισορροπίες της.

Η περιβαλλοντική αξία και σημασία της Τριχωνίδας για την ευρύτερη περιοχή της Αιτωλοακαρνανίας είναι μεγάλες.

Συνοπτικά η Τριχωνίδα:

- Ρυθμίζει το μικροκλίμα της τάφρου Αγρινίου.
- Τροφοδοτεί με καθαρό νερό ολόκληρη τη λεκάνη του Κάτω Αχελώου
- Καθαρίζει τους ρύπους της Λυσιμαχείας.
- Ενισχύει και ομαλοποιεί την ασυνεχή ροή του Αχελώου κατάντη του Στράτου.
- Ικανοποιεί τις αρδευτικές ανάγκες των δελταϊκών πεδιάδων των ποταμών Αχελώου και Εύηνου.
- Αποτελεί το μεγάλο ταμιευτήρα καθαρού νερού, που μπορεί στο μέλλον σε περιπτώσεις σοβαρών αναγκών να σώσει την ευρύτερη περιοχή από οικολογικές ή άλλες καταστροφές.

Βιβλιογραφία

ΓΟΕΒ Αχελώου, Αύγουστος (1978). Έκθεση πεπραγμένων. Νομαρχία Αιτωλοακαρνανίας, Αγρίνιο.

ΕΚΒΥ, (1994). Απογραφή Ελληνικών Υγροτόπων, ως Φυσικών Πόρων. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας, Θεσ/νίκη.

ΕΤΜΕ (Αντωνίου-Πέππας κ.ά.) (1994). Τεχνικοοικονομική μελέτη σκοπιμότητας άρδευσης εκτάσεων και αντιπλημμυρικής προστασίας πεδινών περιοχών Ν. Αιτωλοακαρνανίας. ΥΠΕΧΩΔΕ, Δ7, 1-271, Αθήνα

Λεοντάρης, Σ. (1970). Γεωμορφολογικαί έρευναι επί της λεκάνης των Αιτωλοακαρνανικών λιμνών. Γεωλ. Χρον. Ελλ. Χωρών, XIX, 541-688, Αθήναι.

Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας & Γεωφυσικής, Εργαστήριο Υδρογεωλογίας & Τεχνικής Γεωλογίας, (1993). Οικολογική Χωροταξική μελέτη των χαρακτηριστικών οικοσυστημάτων λιμνών Αιτωλοακαρνανίας. ΥΠΕΧΩΔΕ, Δ/νση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Αθήνα.

Ο περιβαλλοντικός ρόλος της λίμνης Λυσιμαχίας ως κομβικού υγροτοπικού συστήματος της τάφρου Αγρινίου

Α. Ψιλοβίκος, Κ. Αλμπανάκης, Χ. Παλικαρίδης και Κ. Βουβαλίδης
Τομέας Γεωλογίας & Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας,
Α.Π.Θ., 54006 Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Η λίμνη Λυσιμαχία είναι ρηχή και προσχωσιγενής, με έκταση 13 km^2, μέγιστο βάθος 8 m, στάθμη ρυθμιζόμενη μεταξύ + 14.50 m και + 12.50 m και όγκο νερού 57×10^6 m^3.

Η Λυσιμαχία μετατράπηκε από φυσική λίμνη σε ανθρωπογενή ρυθμιστικό ταμιευτήρα, με σειρά τεχνικών έργων (τάφρων και σηράγγων). Έτσι σήμερα δέχεται νερά από τη λίμνη Τριχωνίδα μέσω ενωτικής διώρυγας, από το αρδευτικό και στραγγιστικό δίκτυο του Αχελώου στην πεδιάδα Αγρινίου, από τη λεκάνη απορροής της και από το αποχετευτικό δίκτυο του Αγρινίου. Σημαντικός όγκος ρυπαντικών ουσιών οδηγείται στη λίμνη κάθε χρόνο. Ταυτόχρονα, τα νερά της Λυσιμαχίας παροχετεύονται στον Αχελώο μέσω της τάφρου του Δίμηκου και στα αρδευτικά δίκτυο των δελταϊκών πεδιάδων Αχελώου-Εύηνου (Πατραϊκός κόλπος) μέσω της σήραγγας Λυσιμαχίας.

Υπολογίζεται ότι όγκος νερού μεγαλύτερος από 700×10^6 m^3 κάθε χρόνο διέρχεται από τον κομβικό ταμιευτήρα της Λυσιμαχίας και η λειτουργία αυτή σώζει τη λίμνη από τη μόνιμη ρύπανση και τον ευτροφισμό.

Είναι ανάγκη να ολοκληρωθούν τα έργα επεξεργασίας λυμάτων Αγρινίου και της ευρύτερης περιοχής για να απαλλαγεί η λίμνη από τη ρύπανση και να μετατραπεί σε κομβικό ταμιευτήρα καθαρού νερού για άρδευση, ύδρευση και περιβαλλοντική αναβάθμιση της ευρύτερης περιοχής.

Abstract

The lake Lysimachia is a shallow silted remnant of the Quaternary tectonic lake of Agrinion basin, having 13 km^2 area, 8 m maximum depth, regulated water level between + 14.5 m and + 12.50 m and 57×10^6 m^3 of water volume.

Lysimachia has turned from a natural to an anthropogenic regulated reservoir, through series of works (channels, canals and tunnels). At present there is an inflow of water to the lake from the lake Trichonis through a connecting canal, from the irrigational and drainage system of Acheloos in the Agrinion plain, from its drainage basin, as well as from the town of Agrinion (sewage). Considerable volume of pollutants, domestic and agricultural, reach the lake every year.

From Lysimachia there is also an outflow of water to the Acheloos channel through Dimikos canal, as well as to the deltaic plains of the rivers Acheloos and Evinos, through the Lysimachia tunnel and irrigation canals.

The entire volume of water flowing through the lake each year exceeds 700×10^6 m^3. This key character of the lake as a regulated reservoir, saves also the lake from permanent pollution and eutrophication.

Once the domestic pollutants of Agrinio area diverted from the lake to the Kalyria station, Lysimachia would become a reservoir of clean, high quality water, to meet all the needs of the broader area.

Εισαγωγή

Η λίμνη Λυσιμαχία βρίσκεται στη νότια πλευρά του κεντρικού προσχωσιγενούς πεδίου της τάφρου Αγρινίου και αποτελεί υπολειμματική μορφή της μεγάλης Τεταρτογενούς λίμνης Αγρινίου. Λόγω της ανάπτυξης των μεγάλων δελταϊκών κώνων του Αχελώου και του Ερμίτσα στη βόρεια πλευρά της μητρικής λίμνης, αυτή πληρώθηκε με φερτά υλικά, με συνέπεια να μετατραπεί σε πεδιάδα. Στα νότια περιθώρια των δελταϊκών κώνων παρέμειναν ως υπολειμματικές μορφές οι θυγατρικές λίμνες Λυσιμαχίας και Οζερού, σε επαφή με τα πετρώδη πρανή της νότιας πλευράς της τάφρου.

Η Λυσιμαχία, επομένως μετατράπηκε σε μια προσχωσιγενή, ρηχή λίμνη με μικρή επιφάνεια και περιορισμένο όγκο νερού. Παρουσιάζει όμως μεγάλο ενδιαφέρον από υδρολογική και περιβαλλοντική άποψη γιατί αποτελεί κομβικό υγροτοπικό σύστημα, το οποίο δέχεται μεγάλους όγκους νερού από τον Αχελώο, την Τριχωνίδα, τους περιλίμνιους χειμόρρους και τα λύματα Αγρινίου, ενώ στη συνέχεια τους παροχετεύει στον Αχελώο, στις δελταϊκές πεδιάδες, στη θάλασσα και στις αρδευόμενες καλλιέργειες της περιοχής.

Η λίμνη αυτή μελετήθηκε από την ερευνητική μας ομάδα στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος 8477 της Επιτροπής Ερευνών του Α.Π.Θ. που αφορά στη λεκάνη του Κάτω Αχελώου, με χρηματοδότηση

της Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ7) της Γεν. Γραμματείας Δημοσίων Έργων του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Ευχαριστίες για τη συνεργασία τους στην έρευνα εκφράζουμε προς το λέκτορα του Τμήματος Χημικών Μηχανικών κ. Μ. Μήτρακα, προς τη Δρ. Υδροχημικό κ. Ε. Ντότσικα και προς το γεωλόγο κ. Α. Μουσουρίδη.

Η έρευνα στο χώρο της λίμνης πραγματοποιήθηκε με το πλήρως εξοπλισμένο ερευνητικό σκάφος «ΑΙΟΛΟΣ» της ομάδας μας, το οποίο μεταφέρθηκε στην Λυσιμαχία για το σκοπό αυτό.

Γεωγραφικά - Γεωλογικά στοιχεία

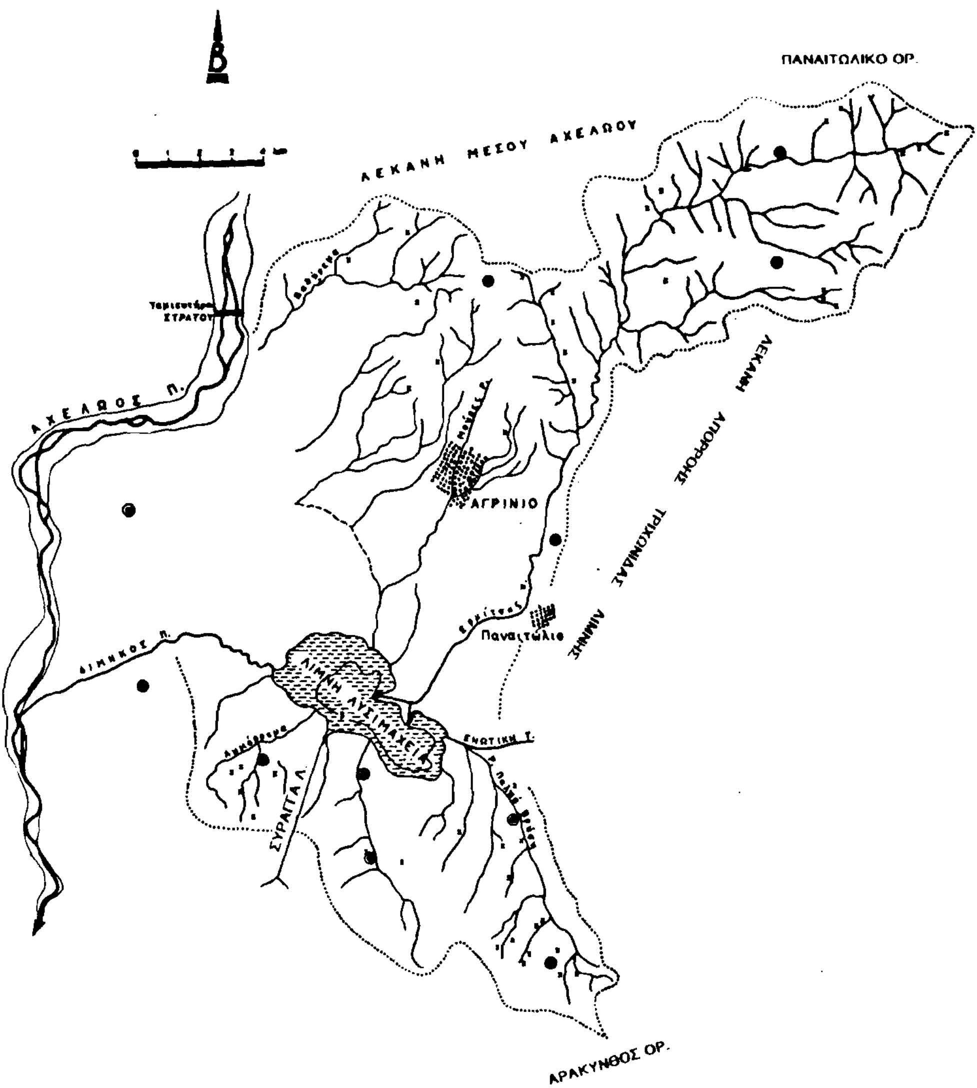
Η λίμνη Λυσιμαχία βρίσκεται 6 km περίπου νότια του Αγρινίου, του Ν. Αιτωλοακαρνανίας και αποτελεί κομβικό υδρολογικό και υδρογραφικό σύστημα της λεκάνης του Κάτω Αχελώου. Η λεκάνη του Κάτω Αχελώου αποτελείται από ένα σύστημα τεκτονικών τάφρων και κεράτων που σχηματίστηκαν στην ορεινή αλυσίδα της Πίνδου κατά το νεοτεκτονικό στάδιο, καταστρέφοντας το αρχικό ορεινό, πτυχωσιγενές και συνεχές ανάγλυφο.

Τα πετρώματα που επικρατούν στην περιοχή αυτή είναι ο φλύσχης της Ιονίου ζώνης, αργιλλοψαμμιτικός σχημστισμός με παρεμβαλές ασβεστολιθικών λεπίων, στον κεντρικό τομέα της τάφρου Αγρινίου, ενώ στο δυτικό τμήμα επικρατούν ασβεστόλιθοι του Ηωκοίνου και ταυ Α. Κρητιδικού της Ιονίου ζώνης. Νεώτερες ιζημστογενείς αποθέσεις του Νεογενούς και εκτεταμένες αποθέσεις του Τεταρτογενούς, καλύπτουν τη λοφώδη και πεδινή περιοχή της τάφρου.

Η Λυσιμαχία αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης τάσο στο παρελθόν, κυρίως από το Λεαντάρη (1970), όσο και πρόσφατα από το ΕΚΘΕ (1994), τους Λεονταρίτη κ.ά. (1989), το Πανεπιστήμιο Πατρών (1993) κ.ά.

Γεωμορφολογικά στοιχεία (Πίν. 1)

Η θέση της Λυσιμαχίας στη νότια πλευρά της πεδιάδας Αγρινίου, την οποία μάλιστα διαρρέει ο Αχελώος, προσδίδει σαφή ασυμμετρία στην ανάπτυξη του υδρογρσφικού της δικτύου και δυσχεραίνει την οριοθέτηση της λεκάνης απορροής της. Πράγματι, το δενδριτικής μορφής δίκτυο, όπως φαίνεται στο Σχ. 1, διατάσσεται αμφίπλευρα, με μεγάλη ανάπτυξη της λεκάνης απορροής του και των επιμέρους χειμάρρων στη βόρεια πλευρά (ΝΔ πλαγιές Παναιτωλικού) και μικρή ανάπτυξη στη νότια πλευρά (Β/ΒΑ πλαγιές του Αράκυνθου).



Σχ. 1. Υδρογραφικό δίκτυο της λίμνης Λυσιμαχιας.

Η λεκάνη απορροής της Λυσιμαχίας έχει περιλίμνια χερσαία έκταση 314 km^2 στην οποία περιλαμβάνεται και το πεδινό τμήμα των Καλυβίων με έκταση περίπου 49 km^2. Το τμήμα αυτό βρίσκεται σε επαφή με τον Αχελώο, αλλά η αποστράγγισή του γίνεται προς τη Λυσιμαχία, ή προς το Δίμηκο με τεχνικά έργα (τάφρους στράγγισης).

Το εντυπωσιακότερο στοιχείο του δικτύου είναι η υπέρμετρη ανάπτυξη του χειμάρρου Ερμίτσα προς τις κορυφές του Παναιτωλικού, όπου έχει συλλάβει κλάδους του Αχελώου. Ο Ερμίτσας με έκταση λεκάνης 110 km^2 διασχίζει την πεδιάδα Αγρινίου, εκβάλλει στη ΒΑ πλευρά της λίμνης και σχηματίζει δέλτα τύπου πέλματος πτηνού. Στη νότια πλευρά αν και επικρατούν χείμαρροι με μικρές λεκάνες απορροής (Λυκορρέματα 10 km^2, Φραγκουλέικα 9.5 km^2, Παλαιά Βρύση 20 km^2) δημιουργούν ακτινωτά δέλτα στις ακτές της λίμνης. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη κλίση της κοίτης και στη μικρή διαδρομή των χειμάρρων που επιτρέπει την απ' ευθείας απόθεση των φερτών υλικών στις ακτές της Λυσιμαχίας. Μορφολογικά φαίνεται ότι κυρίως ο Ερμίτσας και δευτερευόντως ο χείμαρρος Παλιάς Βρύσης δημιούργησαν την πεδινή προσχωσιγενή ζώνη μεταξύ Τριχωνίδας και Λυσιμαχίας.

Η ανάπτυξη δέλτα στις ακτές της λίμνης ευνοήθηκε από το μικρό της μέγεθος, το μικρό της βάθος και τις ήρεμες συνθήκες του νερού.

Η Λυσιμαχία έχει σχήμα περίπου ελλειψοειδές με άξονα μήκους 6.5 km προσανατολισμένο ΒΔ-ΝΑ και έκταση 13 km^2. Η στάθμη της είναι ρυθμιζόμενη με όρια + 14.5 m και + 12.5 m. Το βάθος της είναι μικρό (4.5 m το μέσο και μέχρι 8 m το μέγιστο) όπως συμβαίνει συνήθως στις προσχωσιγενείς λίμνες, η δε τοπογραφία του πυθμένα της ομαλή. Ο όγκος του νερού της λίμνης υπολογίζεται σε 57×10^6 m^3, με ετήσιες αυξομειώσεις της τάξεως των 35% περίπου, λόγω διακυμάνσεων της στάθμης.

Υδρολογικά στοιχεία

Η Λυσιμαχία δεν λειτουργεί σήμερα υδρολογικά ως αυτόνομη λίμνη, αλλά ως ένα ρυθμιζόμενο κομβικό υγροτοπικό σύστημα. Για το λόγο αυτό οι υδρολογικοί υπολογισμοί είναι εξαιρετικά δυσχερείς κυρίως λόγω της έλλειψης στοιχειωδών μετρήσεων και καταγραφών των παροχών των ρυθμιστικών έργων.

Η Λυσιμαχία σε φυσικές συνθήκες λειτουργίας δέχεται καθαρές εισροές από την περιλίμνια λεκάνη απορροής της 102.2×10^6 m^3/y (Πιν. 1), ενώ η διαφορά εισροών-εξάτμισης στην ίδια τη λίμνη ήταν και παραμένει αρνητική στα -7.1×10^6 m^3/yr. Η εισροή του όγκου αυτού του νερού κρίνεται ικανή για να προκαλέσει την ανανέωση του νερού της λίμνης 2 φορές το χρόνο. Από αυτή την άποψη λοιπόν και χωρίς να υπολογίσουμε την τροφοδοσία της λίμνης από άλλες πηγές, η Λυσιμαχία έχει τις προϋποθέσεις να παραμείνει μια καθαρή λίμνη, με συχνή ανανέωση του νερού της.

Α. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Λεκάνη απορροής	314 (265) Km^2
Διαστάσεις λίμνης	6.5 × 2.0 Km
Στάθμη (ρυθμιζ.)	+ 14.5 ± 12.5 m
Έκταση καθρέπτη	13 Km^2
Βάθη (μεγ. - μέσο)	8 m – 4.5 m
Όγκος λίμνης	57 × 10^6 m^3
Μήκος ακτών	22 Km
Ανάπτυγμα ακτών	1.72

Γ. ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Διαύγεια	2 - 4 m
Θερμοκρασία	13°C - 24°C
Αγωγιμότητα	330 - 405 μS/cm
Διαλ. O_2	6 - 12 mg/l
pH	7.4 - 8.2

Β. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΕΜΥ Αγρινίου κατακρ.	930 mm/yr
Όγκος κατακρ. λεκ.	292 × 10^6 m^3/yr
Συνολική απορροή (0.35)	102.2 × 10^6 m^3/yr
Όγκος κατακρ. λίμνης	12 × 10^6 m^3/yr
Όγκος εξατμ. (1470 mm/y)	19.1 × 10^6 m^3/yr
Καθαρή απώλεια	– 7.1 × 10^6 m^3/yr
Καθαρές εισροές	95.1 × 10^6 m^3/yr
Χρόνος ανανέωσης	6 μήνες
Εισροές λυμάτων Αγρινίου	7.3 × 10^6 m^3/yr
Εισροές από Αχελώο - Τριχωνίδα	> 600 × 10^6 m^3/yr
Εκροές Δίμηκου	160 × 10^6 m^3/yr
Εκροές Σήραγγας	570 × 10^6 m^3/yr
Εκροές για αρδεύσεις	20 × 10^6 m^3/yr

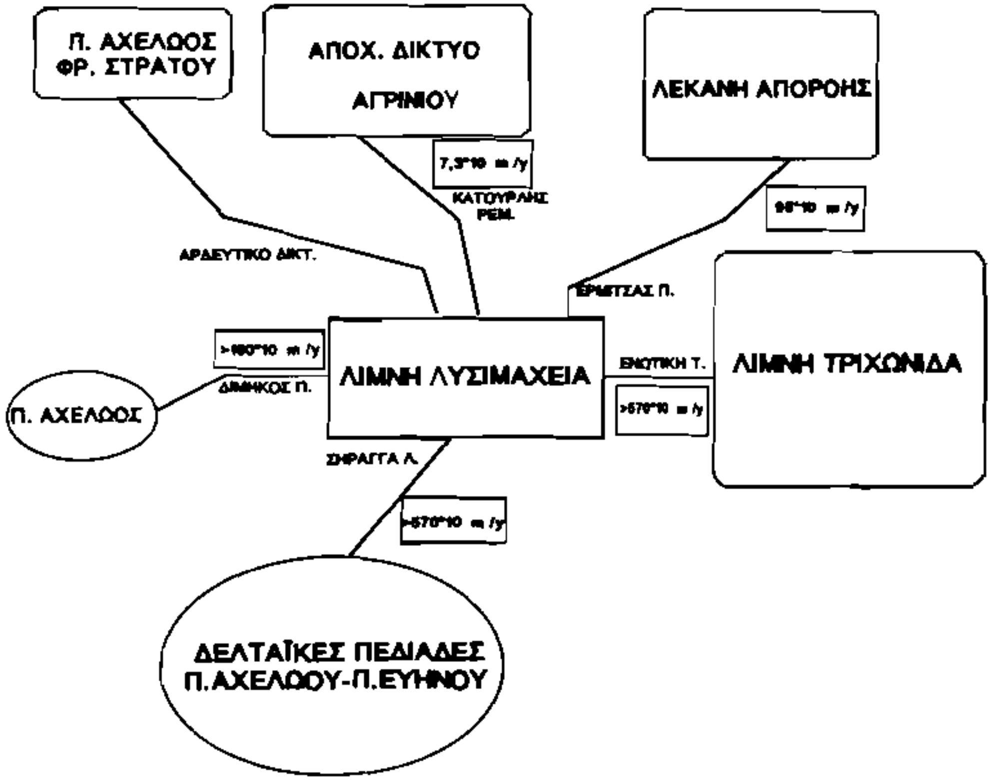
Δ. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Ολική σκληρ.	12.30°F
Νιτρικά**	0.17 - 4.7 mg/l
Νιτρώδη	0.008 - 0.125 mg/l
Θειϊκά	8 - 17 mg/l
Φωσφορικά	0.01 - 0.50 mg/l
Αμμωνιακά**	0.01 - 2.3 mg/l
SiO_2	1.5 - 2.5 mg/l
Zn^{2+}	0.08 mg/l
Cu^{2+}	< 0.01 mg/l
Fe^{2+}	< 0.02 mg/l
Mn^{2+}	< 0.01 mg/l

* (Μέσες ετήσιες τιμές)
** Κατά θέσεις και περιόδους

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μορφολογικά, υδρολογικά, λιμνολογικά και ποιοτικά στοιχεία του νερού της λίμνης Λυσιμαχίας [Ε.Ε. ΑΠΘ. Ερ. Πρ. 8477, ΥΠΕΧΩΔΕ (Δ7) 1995]

Το φυσικό υδρογραφικό και υδρολογικό σύστημα της Λυσιμαχίας μεταβλήθηκε σε απόλυτα ρυθμιζόμενο ανθρωπογενές σύστημα κατά τα τελευταία 20-30 χρόνια.



Σχ. 2. Σχηματικό διάγραμμα των ποσοτήτων νερού που εισέρχονται και εξέρχονται στη λίμνη Λυσιμαχία.

Η λίμνη σήμερα (Σχ. 2) λειτουργεί ως ρυθμιστικός ταμιευτήρας, κομβικός υγρότοπος της λεκάνης του Κάτω Αχελώου.

- Έχει εισροές από τον Αχελώο μέσω του υδροηλεκτρικού της ΔΕΗ Στράτος ΙΙ και της Διώρυγας Δ7 για την άρδευση 89.000 στρ. της πεδιάδας Αγρινίου (250×10^6 m^3/yr), κατά την αρδευτική περίοδο.
- Έχει εισροές από την Τριχωνίδα μέσω της Ενωτικής Διώρυγας με όγκο καθαρού νερού περίπου 570×10^6 m^3/yr, κυρίως κατά την αρδευτική περίοδο.
- Έχει εισροές από το δίκτυο Αγρινίου (λύματα) μέσω του Κοτουρλή συνολικού όγκου 7.3×10^6 m^3/yr.

- Έχει εκροές προς τον Αχελώο μέσω της τάφρου του Δίμηκου όγκου 160×10^6 m^3/yry, κυρίως κατά την περίοδο υψηλής στάθμης.
- Έχει εκροές προς τις δελταϊκές πεδιάδες Αχελώου - Εύηνου μέσω της σήραγγας Λυσιμαχίας κατά την αρδευτική περίοδο, για την άρδευση 159.000 στρ. Σύμφωνα με τα στοιχεία λειτουργίας του ρυθμιστικού της σήραγγας λυσιμαχείας του ΓΟΕΒ Αγρινίου, αλλά και της ερευνητικής ομάδας του καθηγητή κ. Χρ. Τζιμόπουλσυ, ο όγκος του νερού που διέρχεται από τη σήραγγα υπολογίζεται αε 569×10^6 m^3/yr.
- Έχει εκροές για άρδευση καλλιεργειών περίπου 20×10^6 m^3/yr.

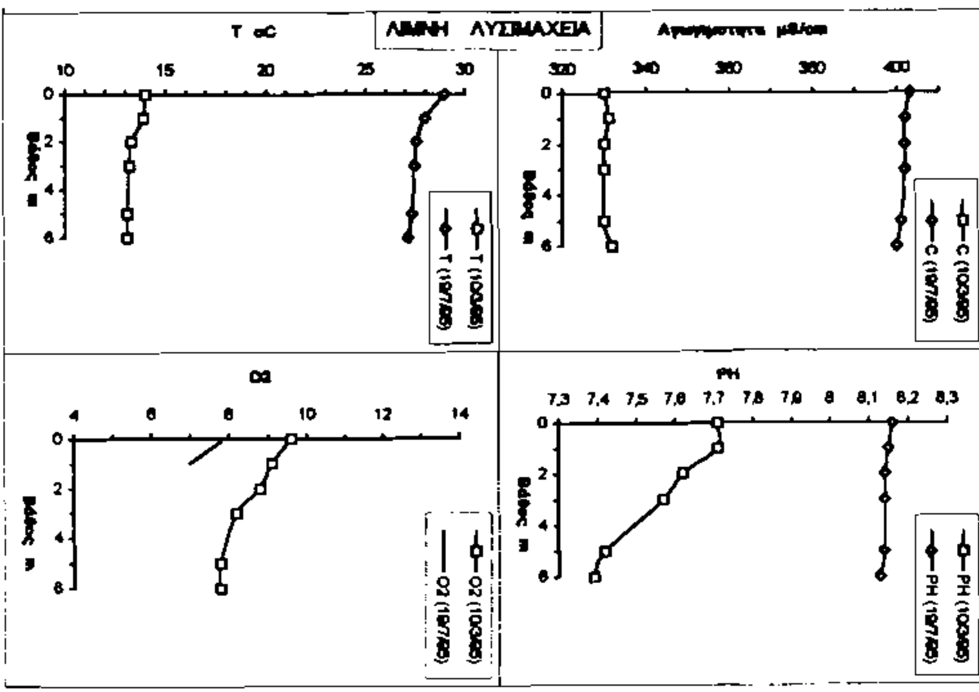
Ο νέος αυτός ρόλος της Λυσιμαχίας δημιούργησε μια νέα κατάσταση στα υδρογραφικά και υδρολογικά δεδομένα, αφού συνδέθηκαν μεταξύ τους πρώην ανεξάρτητα και απομονωμένα συστήματα. Ταυτόχρονα από τη Λυσιμαχία διέρχεται σήμερα πεντοπλάσιος περίπου όγκος νερού από αυτόν που εισέρεε από το δίκτυο της λεκάνης απορραής της. Άρα η ανανέωση του νερού της λίμνης, ιδιαίτερα κατά την αρδευτική περίοδο είναι πολύ συχνή, γεγονός που αποτρέπει την καταστροφή της λίμνης λόγω ισχυρών ρυπάνσεων από τα λύματα Αγρινίου και από τα γεωργικά λιπάσματα - φυτοφάρμακα των αρδευόμενων καλλιεργειών.

Ακόμα πιο σημαντικός είναι ο βιολογικός ρόλος της Λυσιμαχίας ως υγροτοπικού συστήματος κυκλοφορίας οργανισμών και ουσιών, μεταξύ Αχελώου - Τριχωνίδας - λιμνοθαλοσσών και Πατραϊκού κόλπου.

Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις έχουν αλλάξει τη λειτουργία της λίμνης. Σημαντική είναι η αλλαγή της στάθμης και των διακυμάνσεων αυτής κατά τη διάρκεια του έτους, η οποία θα πρέπει να αποτελέσει στοιχεία σοβαρής περιβαλλοντικής μελέτης στο μέλλον, γιατί επηρεάζει την οικολογία της λίμνης.

Λιμνολογικά στοιχεία

Στη Λυσιμαχία λόγω του περιορισμένου βάθους της, αλλά και της συνεχούς κυκλοφορίας του νερού, δημιουργούνται συνθήκες ομογένειας στη στήλη του νερού. Έτσι (Σχ. 3) δεν συμβαίνει στρωμάτωση και ανάπτυξη θερμοκλινούς, ενώ υπάρχει διαφορά τιμών των παραμέτρων μεταξύ χειμερινής και θερινής περιόδου. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 13°C και 24°C, η αγωγιμότητα κυμαίνεται μεταξύ 330 και 405 μS/cm, το διαλυμένο οξυγόνο κυμαίνεται μεταξύ 8 - 12 mg/l και 6 - 8 mg/l με τις μικρότερες τιμές στα βαθύτερα στρώματα και το pH επίσης κυμαίνεται μεταξύ 8.1 - 8.2 και 7.4 - 7.7 αντίστοιχα.



Σχ. 3. Κάθετες διατομές λιμνολογικών παραμέτρων (T, Con, O_2, pH) που έγιναν στις 10-3-95 & 19-7-95.

Η διαύγεια του νερού της λίμνης είναι μικρή (2-4 m) λόγω του υψηλού επιπέδου παραγωγικότητας στα επιφανειακά στρώματα. Σύμφωνα με τη μελέτη του Παν. Πατρών (1993) η Λυσιμαχία δείχνει να έχει μεγαλύτερους φωτοσυνθετικούς ρυθμούς από τις βαθειές λίμνες Τριχωνίδα και Αμβρακία, λόγω της φόρτισής της με σπόβλητα από το πολεοδομικό συγκρότημα Αγρινίου.

Καλό βέβαια είναι να λαμβάνεται υπόψη τόσο η διακύμανση της στάθμης της λίμνης η οποία προκαλεί σημαντική μείωση του βάθους της, όσο και οι συνθήκες υψηλού κυματισμού, οι αποίες προκαλούν αναταραχές του υλικού στον πυθμένα και θολώσεις της λίμνης. Ανάλογη συμπεριφορό παρουσιάζει και η λίμνη Κορώνεια (Λαγκαδά - Αγ. Βασιλείου), η οποία είναι εξίσου ρηχή με τη Λυσιμαχία.

Ανοξικές συνθήκες στο βάθας κατά τη διάρκεια του θέρους (Παν. Πατρών, 1993) δεν διαπίστωσε η ερευνητική μας ομάδα.

Η Λυσιμαχία περιβάλλεται από μια εκτεταμένη ζώνη καλαμώνων (200-300 m πλάτος), η οποία φαίνεται ότι συμβάλλει ουσιαστικά στην περιβαλλοντική της αναβάθμιση.

Ποιοτικά στοιχεία του νερού

Όπως προκύπτει από τον Πίν. 1, αλλά και από στοιχεία άλλων ερευνητικών ομάδων (Λεονταρίτης κ.ά., 1989), καθώς επίσης και από μηνιαίες μετρήσεις του Υπ. Γεωργίας για περίοδο 5 ετών, η Λυσιμαχία παρουσιάζει κατά θέσεις και περιόδους ορισμένες αυξημένες τιμές δεικτών ρύπανσης (νιτρικών, νιτρωδών, αμμωνιακών). Στη βόρεια πλευρά μάλιστα, όπου χύνονται τα λύματα του Αγρινίου, οι τιμές των δεικτών παρουσιάζονται αυξημένες κατά περιόδους.

Όμως, οι τιμές αυτές σε συνδυασμό με τις μεγάλες διακυμάνσεις τους, καθώς επίσης και με την αυξημένη συμμετοχή του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό της λίμνης, δείχνουν ότι η Λυσιμαχία έχει πρόβλημα ρύπανσης, αλλά δεν έχει μετατραπεί σε εύτροφη λίμνη. Ίσως σε ορισμένες περιόδους να παρουσιάζει φαινόμενα ευτροφισμού, κυρίως στη βόρεια πλευρά της.

Το νερό της Λυσιμαχίας είναι κατάλληλο για άρδευση, και ιχθυοπαραγωγή, κυρίως σαλμονιδών και κυπρινιδών, για το λόγο αυτό γίνεται σχετική εκμετάλλευσή της από συνεταιρισμένους και μη ψαράδες της περιοχής (πρόσφατοι εμπλουτισμοί με κυπρίνους). Δεν είναι βέβαια κατάλληλο για ύδρευση, χωρίς επεξεργασία, αφού πέραν των άλλων έχει θετικούς μικροβιακούς δείκτες.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η Λυσιμαχία αποτελεί μια ρηχή λίμνη την οποία οι φυσικές διεργασίες οδηγούν σε πράσχωση και μετατροπή της σε έλος. Η κατάσταση αυτή μάλιστα επιδεινώνεται τόσο με την παροχέτευση μεγάλου όγκου αστικών λυμάτων της ευρύτερης περιοχής Αγρινίου στη λίμνη, όσο και με την έκπλυση γεωργικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων των αρδευόμενων καλλιεργειών της πεδιάδας Αγρινίου, που την περιβάλλουν.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες η Λυσιμαχία θα έπρεπε να έχει μετατραπεί σε μια εύτροφη λίμνη και σταδιακά να αποκτούσε χαρακτήρες τενάγους.

Ο ρόλος όμως της Λυσιμαχίας ως κομβικού υγροτοπικού συστήματος, που είναι αποτέλεσμο των ανθρωπογενών επεμβάσεων, κατορθώνει και τη διατηρεί σε ανεκτά ποιοτικά επίπεδα.

Αυτό οφείλεται στη συνεχή εισροή μεγάλου όγκου νερού από χειμάρρους, από τον Αχελώο και από την Τριχωνίδα, ιδιαίτερα κατά την αρδευτική περίοδο, με ταυτόχρονη εκροή του νερού αυτού προς τον Αχελώο μέσω του Δίμηκου και προς τις δελταϊκές πεδιάδες μέσω της σήραγγας Λυσιμαχίας.

Δεν είναι όμως δυνατό να συνεχιστεί αυτή η κατάσταση, δεδομένου ότι το καθαρό νερό της Τριχωνίδας και του Αχελώου (πόσιμο) ρυπαίνεται στη Λυσιμαχία και στη συνέχεια μεταφέρει τους ρύπους στον Αχελώο και στις δελταϊκές πεδιάδες (Πατραϊκός κόλπος). Άρα προκαλείται ρύπανση –έστω και σε μικρό βαθμό– της ευρύτερης περιοχής.

Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να χρηματοδοτηθούν τα έργα Επεξεργασίας Λυμάτων της ΔΕΥΑ Αγρινίου και τα έργα της κατασκευής των αγωγών μεταφοράς των λυμάτων στα Καλύβια, έτσι ώστε η Λυσιμαχία να γίνει μια καθαρή λίμνη με άριστης ποιότητας νερό (πόσιμο). Υπό την έννοια αυτήν η Λυσιμαχία μπορεί στο μέλλον να μετατραπεί σε κομβικό υγροτοπικό σύστημα άρδευσης-ύδρευσης για ολόκληρη την Αιτωλοακαρνανία και την ευρύτερη περιοχή της.

Επίσης, θα πρέπει να αποφευχθούν περαιτέρω επεμβάσεις ταπείνωσης της στάθμης της (κάτω από τα +12.5 m), γιατί κινδυνεύει να αλλάξει η λειτουργία της με τη μείωση του βάθους και της χωρητικότητας της λίμνης.

Βιβλιογραφία

ΓΟΕΒ Αχελώου, Αύγουστος (1978). Έκθεση πεπραγμένων. Νομαρχία Αιτωλοακαρνανίας, Αγρίνιο.

ΕΚΒΥ (1994). Απογραφή Ελληνικών Υγροτόπων, ως Φυσικών Πόρων. μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας, Θεσ/νίκη.

Λεοντάρης, Σ. (1970). Γεωμορφολογικαί έρευναι επί της λεκάνης των Αιτωλοακαρνανικών λιμνών. Γεωλ. Χρον. Ελλ. Χωρών, XIX, 541-688, Αθήναι.

Λεονταρίτης, Ι., κ.ά. (1989). Μελέτη των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων στο Δέλτα του Αχελώου από την Εκτροπή στη Θεσσαλία. ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα.

Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας & Γεωφυσικής, Εργαστήριο Υδρογεωλογίας & Τεχνικής Γεωλογίας, (1993). Οικολογική Χωροταξική μελέτη των χαρακτηριστικών οικοσυστημάτων λιμνών Αιτωλοακαρνανίας. ΥΠΕΧΩΔΕ, Δ/νση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Αθήνα.

Landschaftsökologische Einheiten in Nordost Slowenien

*A. Vovk und S. Verginis**

**Beide: Institut für Geographie der Universität Wien
Physiogeographisches Laboratorium,
Liebiggasse 5, 1010 Wien, Austria.*

Περίληψη

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας γίνεται μια περιβαλοντολογική φυσικογεωγραφική ταξινόμηση της βορειοδυτικής Σλοβενίας. Έχουν μελετηθεί και διαχωριστεί οικότοποι με φυσικογεωγραφικά κριτήρια όπως, η λιθολογία, τα κλιματολογικά στοιχεία της υπό εξέταση περιοχής, η επιφανειακή και υπόγεια απορροή, η εδαφολογία, η βλάστηση και η καλλιέργεια. Οι διαχωριζόμενοι οικότοποι εξεταζόμενοι ποιοτικά και ποσοτικά, παρουσιάζουν σε μια μικρή κλίμσκα μια κάποια χαρακτηριστική «ομογένεια». Η περαιτέρω ταξινόμηση αυτών των οικοτόπων, σε χάρτες διοφορετικής κλίμακσς, βασίζεται σε ιζηματολογικές και εδαφολογικές εργαστηριακές αναλύσεις.

Η οριζόντια και κάθετη διαίρεση των τυπικών φυσικογεωγραφικών οικοτόκων (μικροοικότοποι) έγιναν με βάση την εποχιακή διακύμανση του εδαφικού νερού, το πορώδες και το δείκτη πόρων των ιζημάτων και του εδάφους, την εναλλογή ανιόντων και κοτιόντων εντός του εδάφους, την ταχύτητα διεισδύσεως του εδοφικού νερού, δηλαδή όλους τους παράγοντες που επιδρούν στη φυσική βλάστηση και στην καλλιέργεια της υπό εξέταση περιοχής. Με αυτόν τον τρόπο χωρίστηκαν 7 διαφορετικοί οικότοποι σε μια συνολική έκταση 491 km^2.

Εκτός των φυσικογεωγραφικών κριτηρίων, που είναι και οι βασικοί παράγοντες γιο μια οικολογική διαίρεση, έχει ληφθεί υπόψη και ο παράγωντας «άνθρωπος», ο οποίος επιδρά κατά το πλείστον αρνητικά στην προσπάθειά του να μεταβάλλει τα οικοσυστήματα για μια καλύτερη καλλιέργεια και διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος.

Η υπό εξέταση περιοχή υπάγεται κλιματολογικά μεταξύ της υποπανονίου και της προαλπικής περιοχής με λιθολογικά στοιχεία τριαδικούς ασβεστόλιθους και δολομίτη, ψαμμίτη του Ολιγοκαίνου, μάργες και αργιλικούς άμμους του Μειοκαίνου, κροκάλες και ψαμμιτικές άμμους του Πλειστοκαίνου, καθώς επίσης και χερσαία ιζήματα του Ολιγοκαίνου.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι μεταξύ 5,5° στους ορεινούς και 9,5° στους πεδινούς οικοτόπους. Η ετήσια βροχόπτωση είναι 806 km στην υπο-

πανόννια περιοχή και 1202 km στην προαλπική περιοχή. Περισσότερο από 50% των βροχοπτώσεων κυμαίνεται μεταξύ Απριλίου και Σεπτεμβρίου έτσι ώστε το υδατικό ισοζύγιο στην προαλπική περιοχή να παρουσιάζει πλεόνασμα ύδατος 467,8 km και στην υποπανόννια περιοχή έλλειμμα ύδατος 52,34km (ετησίως). Αυτές οι εποχιακές διακυμάνσεις του υδατικού ισοζυγίου μελετώνται παράλληλα με τους διαφορετικούς τύπους εδαφών και μικροαναγλύφου.

Με αυτόν τον τρόπο γίνονται προτάσεις για μια υγιή φυτική βλάστηση και καλλιέργεια, προστατεύοντας τον παράγοντα «άνθρωπος» στη διαίρεση του περιβάλλοντος.

Zusammenfassung

In dem vorliegenden Artikel werden die räumliche Differenzierung und die Haushalts-beziehungen in Nordost Slowenien vorgestellt. Die Untersuchung typischer Grundeinheiten (landschaftsökologische Einheiten, Ökotopengruppen und Ökotopen) wird durch die Gliederung der Testgebiete in homogene Einheiten durchgeführt. Die typische Dimension ist die Größenordnung der elementaren Grundeinheiten der Landschaft, die sich auf Grund ihrer definierbar einheitlichen Eigenschaften von Lithologie, Klima, Wasserhaushalt, Boden, Vegetation und Nutzung eindeutig beschreiben läßt. Die Landschaftseinheiten dieser Größenordnung weisen eine für die quantitative und qualitative Untersuchung der Landschaftshaushalte "ausreichende Homogenität" auf. Die Grundlage für die typische Landschaftsgliederung stellen thematische Bild und Gelände-,bzw. Laborarbeit dar. Die komplexe Standortanalyse wurde durch vertikale Funktionszusammenhänge (Bodenwasser, Poren- und Substanzvolumen, Kationenaustausch Kapazität, nutzbare Feldkapazität, Wasserdurchlässigkeit) und deren Einfluß auf die Vegetation und Nutzung zusammengestellt.
Im Rahmen dieser Forschung wurden sieben Testgebiete mit einer Gesamtfläche von 491 km untersucht. Eine besondere Bedeutung für die landschaftsökologische Gliederung fanden die quantitative und qualitative Beschreibung und Darstellung der abiotischen und biotischen Parameter. Der Einfluß der Menschen auf das landschaftliche Ökosystem wurde durch vorwiegende Nutzung berücksichtigt.

Die Testgebiete Nordost-Sloweniens erfassen den subpannonischen Teil und das Alpenvorland. In den Testgebieten erscheinen verschiedene geologische Einheiten (aus dem Trias Kalk und Dolomit, aus dem Ologozän verschiedene Sandsteine und aus dem Miozän Mergel; tonige-, sandige- und schluffige Ablagerungen sind aus Pliozän, Kies und Sand aus Pleisto-

zän und aus dem Holozän rezente Anschwemmungen). Die mittleren Jahrestemperaturen liegen bei 5,5°C (Mittelgebirge Boc) bis 9,5°C (Hügelland). Die jährliche Niederschlagsmenge erreicht 806 mm im subpanonischen Teil und 1202 mm im Alpenvorland. Mehr als 50% der Niederschläge fallen in den Monaten von April bis September. Die Wasserbilanzen zeigen im Alpenvorland einen Wasserüberschuß von 467,8 mm und im subpanonischen Teil einen Wassermangel von 52,34 mm. Wichtige Bodenformen sind Ranker, Redzina, Braunerde, vergleyte Braunerde, Pseudogley-Braunerde, Hangpseudogleye, brauner Auboden und Gleye.

Der wichtigste Teil des vorliegenden Artikels umfaßt die Vergleichung der verschiedenen Standorteinheiten (Eigenschaften und morpho-pedologische Prozesse). Die Frage war, ob die reale vorwiegende Nutzung (bzw. Vegetation) sinngemäß mit der landschaftsökologischen Eigenschaft ist und wo und warum es zu einer unharmonischen ökologischen Entwicklung kommt.

1. Einleitung

2. Arbeitsmethoden für Landschaftsökologie
   2.1. Angewandte landschaftsökologische Gliederung
   2.2. Parameter für angewandte landschaftsökologische Gliederung
      a) Lithologie
      b) Relief
      c) Klimatische Verhältnisse
      d) Evapotranspiration und Wasserbilanz
      e) Boden (als Hauptfaktor einer angewandten landschaftsökologischen Gliederung)
      f) Vegetation
         – Reale natürliche Vegetation
         – Vorwiegende Nutzung

3. Geländeaufnahme
   3.1. Lage der Bodenprofile
         – Schema 1: Dravinja Hügelland und Mittelgebirge Boc
         – Schema 2: Drava Ebene und Mittelgebirge Pohorje Ost
         – Schema 3: Slowenisches Hügelland West
         – Schema 4: Prekmurje Ebene und Hügelland Goricko

4. Laborarbeit:
         – Bodenfarbe
         – Korngrößenverteilung
         – Rohdichte und Wassergehalt

- Reindichte
- Porenvolumen und Luftgehalt
- Maximale Wasserkapazität
- Karbonatgehalt
- pH- Wert
- Organische Substanz
- Sorptionsverhältnisse

5. Hydrologie:
   5.1. Methode für die Berechnung der ober- und unterirdischen Wasserzirkulation
   5.2. Die landschaftsökologische Bedeutung der ober- und unterirdischen Wasserzirkulation
6. Landschaftsökologische Gliederung:
   6.1. Okotopen- bzw. Standorteinheitengliederung
   6.2. Karten der landschaftsökologischen Einheiten Nordostsloweniens
   6.3. Diskussion der Ergebnisse
7. Anhang: Darstellung und Berechnung der Parameter in den Testgebieten in Nordostslowenien (Untersuchungsgebiet)
8. Literatur:

1. Einleitung

In der vorliegende Arbeit werden die räumliche Differenzierung und typische Merkmale eines bestimmten Landschaftsökosystems dargestellt. Es wurden sieben Testgebiete von einer Gesamtfläche von 491 km^2 in Nordostslowenien abgegrenzt und landschaftsökologisch untersucht. Eine besondere Bedeutung hat die analytische Betrachtung der quantitativen und qualitativen Beschreibung von Parametern wie: Lithologie, Relief, Klima, Wasserbilanz, Boden und Vegetation. Der Einfluß des Menschen auf das landschaftliche Okosystem wurde durch die reale natürliche Vegetation und die vorwiegende Nutzung berücksichtigt.

Das Ziel dieser Arbeit ist:

– räumliche Differenzierung von Nordostslowenien durch physiogeographische landschaftsökologische Einheiten.

– Vorstellung und Beschreibung der landschaftsökologischen Einheiten mit quantitativen und qualitativen Angaben (besondere Berücksichtigung des Bodens als hochintegrativer Faktor).

Es werden folgende landschaftsökologische Parameter untersucht:

1. Lithologie (ober- und unterirdische Wasserzirkulation)
2. Klimatische Verhältnisse (monatliche und jährliche Werte für Temperatur und Niederschläge im Zeitabschnitt 1961-1990)

3a. Wasserbilanz nach C.W.Thornthwaite: potentielle und tatsächliche Evapotranspiration, Bodenwasserverhältnisse (Wasserüberschuß und Wasserdefizit).

3b. Klimaklassifikation nach C.W.Thornthwaite: Bodenfeuchtigkeitsindex, Wärmeindex, Wärmeindex in Sommermonaten

4. Boden: Geländeaufnahme (Profile, Bohrungen) wie auch Boden- und Sedimentanalyse im Labor.
5. Reale natürliche Vegetation (Waldgemeinschaften)

6a. Vorwiegende Nutzung: Landwirtschaftliche Nutzflächen an den Gesamtflächen (Äcker, Wiesen, Wälder)

6b. Wassernutzflächen, wie auch Schotter-, Kies-, und Tongruben.

Arbeitskonzept:

1. Datensammlung durch Literatur, Geländearbeit und Laboruntersuchungen für die Testgebiete.
2. Komplexe Standortanalyse landschaftsökologischer Parameter auf 83 Boden- und Sedimentprofile.
3. Landschaftsökologische Gliederung der Testgebiete in Haupteinheiten (Ökotopgruppe) und Untereinheiten (Ökotopen). Darstellung und Beschreibung der Eigenschaften von homogenen Einheiten, besonders der gegenwärtigen Prozesse.
4. Ausscheidung der dominanten Parameter für landschaftsökologische Gliederung.
5. Vergleich zwischen realer, natürlicher Vegetation und vorwiegender Nutzung und den Ökotopeneigenschaften.

Die Testgebiete in Nordostslowenien sind morphologisch dem subpannonischen Bereich wie auch den Alpenvorlandlandschaften zuzuordnen. Geologisch gesehen umfassen sie den Zeitraum von 225 Mio. Jahren bis heute, mit stratigraphisch belegbaren Schichten von Trias, Oligozän, Miozän, Pliozän, Pleistozän und Holozän. Die klimatischen Daten der mittleren Jahrestemperatur liegen zwischen 5.5° C und 9.5° C und die jährliche Niederschlagsmenge liegt bei 806 mm bis 1202 mm, wobei mehr als 50 % der Niederschläge in den Monaten von April bis September fallen. Die Wasserbilanz zeigt in den westlichen Testgebieten ein Wasserüber-

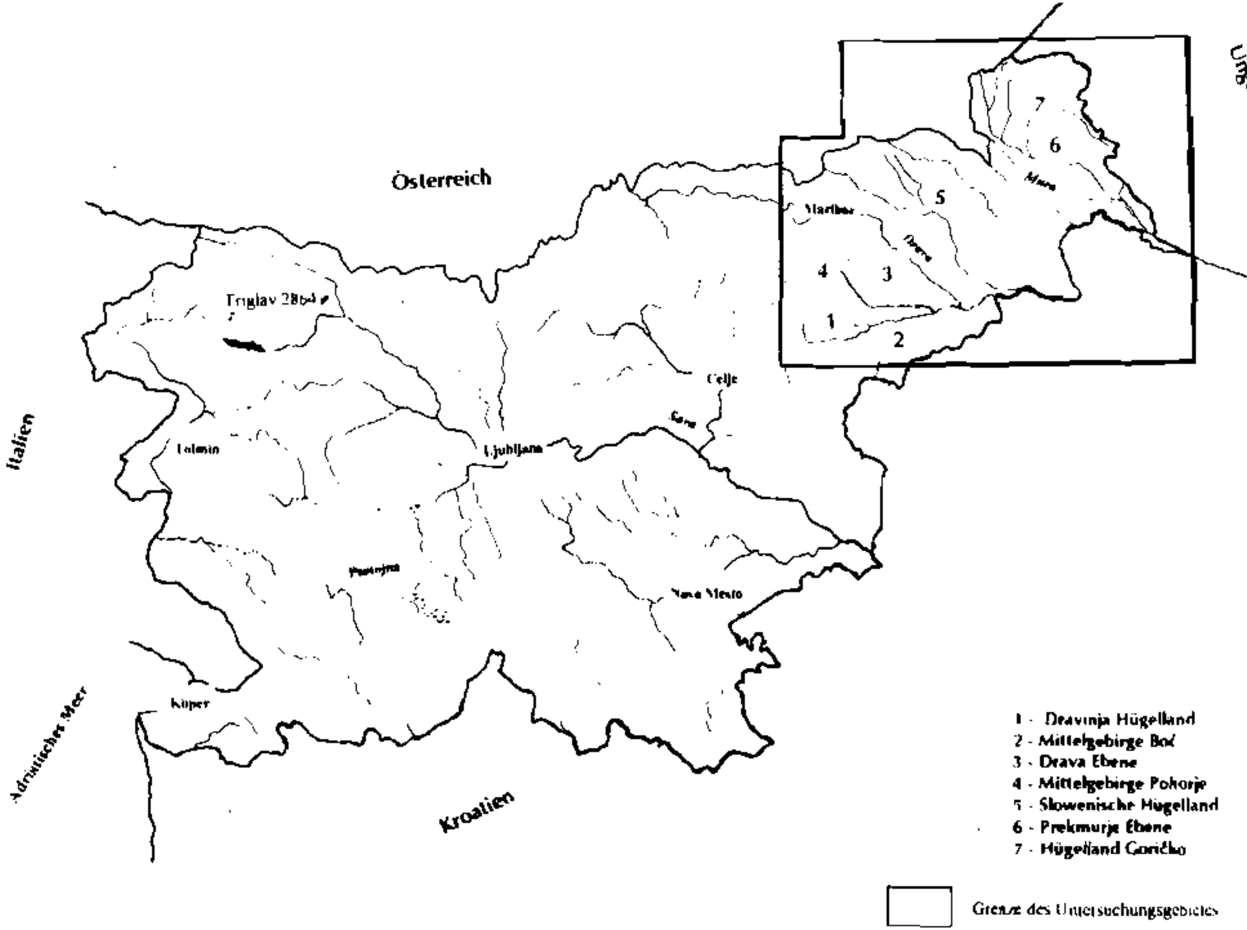


Bild 1. Lage der Testgebiete und Bodenprofile in Nordostslowenien im Vergleich zu ganz Slowenien.

schuß, im Vergleich dazu leiden die östlichen Gebiete unter einem Wasserdefizit. Pedologisch gesehen sind in den Testgebieten Landböden mit Bodentypen von Ranker, Rendzina, Braunerde, vergleyte Braunerde, Pseudogley - Braunerde und Pseudogley, wie auch brauner Auboden und Gley, daß heißt Böden, die vom Grundwasser beeinflußt sind, vertreten. (Vergleich Bild Nr. 1: Abgrenzung des Grtersuchungsgebietes).

2. Arbeitsmethoden in der Landschaftsökologie

2.1. Angewandte landschaftsökologische Gliederung

Die Untersuchung der lokalen Grundeinheiten wird durch die Gliederung der Testgebiete in homogene Einheiten durchgeführt. Die topographische Dimension ist die Größenordnung der elementaren Grundeinheiten der Landschaft (Relief), welche sich auf Grund ihrer definierbar einheitlichen Eigenschaften von Lithologie, Klima, Wasserhaushalt, Boden und Vegetation (Nutzung) eindeutig beschreiben lassen. Landschaftseinheiten dieser Größenordnung weisen eine für die quantitative und qualitative Untersuchung des Landschaftshaushaltes "ausreichende Homogenität" auf (HEEB, J. 1991). Die Grundlage für die Landschaftsgliederung stellen Karten der Lithologie, Bodenformen, aktuelle natürliche Vegetation und Nutzung im Maßstab 1.25000 dar, sowie auch die Labordaten der Boden - und Sedimentprobe.

Die komplexe Standortanalyse wurde durch vertikale Funktionszusammenhänge (Bodenwasser, Poren- und Substanzvolumen, Kationenumtauschkapazität, nutzbare Feldkapazität, Wasserdurchlässigkeit) und deren Einfluß auf die Vegetation und Nutzung zusammengestellt.

2.2. Parameter für angewandte landschaftsökologische Gliederung

Die Gliederung des Gesamtsystems in kleinere Einheiten ermöglicht die Differentialanalyse der Partialkomplexe. Die Partialkomplexe (landschaftsökologische Parameter) werden mit flächenhafter Kartierung und mit den Standorten räumlich untersucht (HEEB, J. 1991). Die komplexe Standortanalyse ermöglicht eine Gesamtbewertung des Landschaftshaushaltes und der Haushaltsbeziehungen in den Testgebieten.

a) Lithologie

Die lithologischen Karten zeigen im Hinblick auf ihre ökologische Wertigkeit die Eigenschaften und räumliche Verbreitung verschiedener lithologischer Einheiten. Damit sind gleichzeitig die lithologischen Einheiten nach Wasserdurchlässigkeit, Karbonatgehalt, Bodenbildung und Mineralzusammensetzung begrenzt. Ober- und unterirdische Wasserzirkulation ist ebenso stark mit der Lithologie verbunden.

b) Relief

Die quantitativen Daten über die Seehöhe, Neigung und Exposition werden den topographischen Karten 1:25.000 entnommen. Die Reliefeigenschaften beeinflussen Klima, Wasserhaushalt, Boden, Vegetation und Nutzung. Das Relief als Parameter für eine landschaftsökologische Gliederung beeinflußt Landschaftsdifferenzierung durch Reliefformen (Entstehung, Eigenschaften und Alter), Hangneigung (Erosionsintensität) und durch Exposition (die Verwitterungsunterschiede zwischen warmen und kalten Lagen).

c) Klimatische Verhältnisse

Für Klimastationen des Untersuchungsgebietes werden folgende Daten im Zeitraum 1961-1990 berücksichtigt:
Temperatur
- mittlere Lufttemperatur °C (monatliche, jährliche und für die Vegetationsperiode)
- mittlere maximale Lufttemperatur °C (monatliche, jährliche und für die Vegetationsperiode)
- mittlere minimale Lufttemperatur °C (monatliche, jährliche und für die Vegetationsperiode)
- Anzahl der Tage mit der minimalen Lufttemperatur –10° C (Jahr)
- Anzahl der Tage mit der maximalen Lufttemperatur +30° C (Jahr)

Niederschläge
- Niederschlagshöhe in mm (monatliche, jährliche und für die Vegetationsperiode)
- Anzahl der Tage mit der Niederschlagsmenge mehr als 200 mm (Jahr)
- Anzahl der Tage mit Nebel (Jahr)
  und mittlere relative Luftfeuchtigkeit in Prozent (monatlich - jährlich).

Die absolute Seehöhe für neun Klimastationen in Nordost Slowenien beträgt 178m bis 358m, relative Seehöhe erreicht also 76m.

d) Evapotranspiration und Wasserbilanz (Klimaklassifikation nach C.W. Thornthwaite)

Durch das Verhältnis von Verdunstungskraft und Niederschlag wird bestimmt, ob das Klima als trocken oder als feucht zu bezeichnen ist. Als ein wesentlicher Faktor wird die potentielle Evapotranspiration angesehen, die mit Hilfe der Temperatur und dem Niederschlag bestimmt wird. Zur Ermittlung der

Wasserbilanz eines Gebietes wird die korrigierte potentielle Evapotranspiration zur Niederschlagssumme in Beziehung gesetzt. Damit können Perioden mit Wasserüberschuß oder mit Wasserdefizit festgestellt werden.

Die Klimaklassifikation nach C.W.Thornthwaite liefert eine Buchstabenkombination, die auf folgenden Elementen beruht:

- Bodenfeuchteindex
- Jahreszeitlicher Wechsel der wirksamen Bodenfeuchtigkeit
- Wärmeindex
- Wärmeindex in den Sommermonaten

Wasserverhältnisse im Boden wurden mit den Wasserbilanzdiagrammen für die Testgebiete gezeigt.

e) Boden (Als Hauptfaktor einer angewandten landschaftsökologischen Gliederung)

Als Grundlage sind die Bodenkarten 1:50.000 und die dazugehörigen Erläuterungen Sloweniens, wie auch Veröffentlichungen mit bodenkundlichen Informationen für die Testgebiete (Untersuchungsgebiete) verwendet worden. Da derartige Bodenkarten immer generalisiert sind, wurden zusätzlich noch 83 Bodenprofile aufgenommen und nach den Kriterien der österreichischen Bodenkartierung im Maßstab 1:25.000 der Bundesanstalt für die Bodenkartierung und Bodenwirtschaft in Wien interpretiert.

In Nordost - Slowenien, besonders im Untersuchungsgebiet, kommen folgende Bodentypen vor:

Landböden: Rendzina A-C, Ranker A-C, Felsbraunerde A-Bv-C, Lockersediment Braunerde A-Bv-C, vergleyte Braunerde A-Bt-C, Pseudogley - Braunerde A-Bv-C.

Böden im Grundwasserbereich: grauer und brauner Auboden A-M-C, Gley A-Go-Gr und Nassgley A-Gr.

Atypische Boden: Anthropogene Böden wie Rigosole und Gleymelioration.

f) Vegetation - reale natürliche Vegetation

In Slowenien sind nur wenige Gebiete mit realer natürlicher Vegetation bedeckt. Häufiger sind diese Flächen von anthropogen beeinflußter Vegetation unterbrochen, wie z.B. große Ackerflächen zwischen Wälder und Wiesen. Alle diese Flächen sind wirtschaftlich genutzt. Die Verbreitung der Walder ist in den Vegetationskarten Sloweniens im Mastab 1:25000 zusammengefaßt.

– Vorwiegende Nutzung

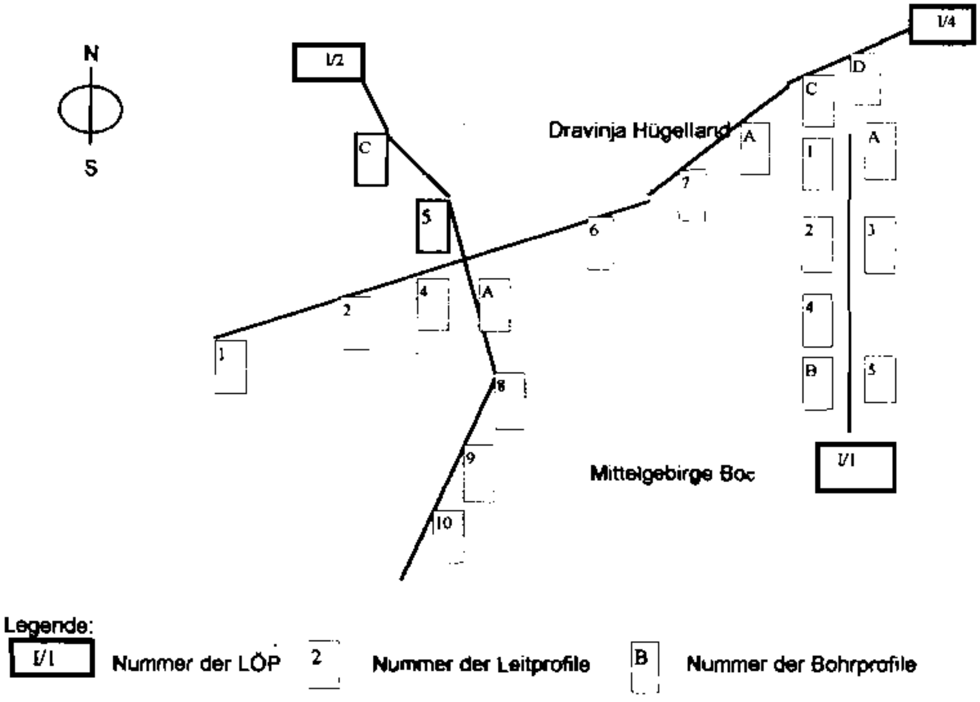
Die Kategorien der vorwiegenden Nutzung, die Flächen und ihr Anteil an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche werden aus den Luftaufnahmen im Maßstab 1:17500 abgelesen. Es werden folgende Nutzungskategorien beachtet:

- Äcker (mit und ohne meliorationstechnischen Maßnahmen)
- Wiesen
- Wein- und Obstbau
- Wälder (Waldgemeinschaften)
- andere Nutzung (Wasserflächen, Steinbruch, Kies- und Schottergrube).

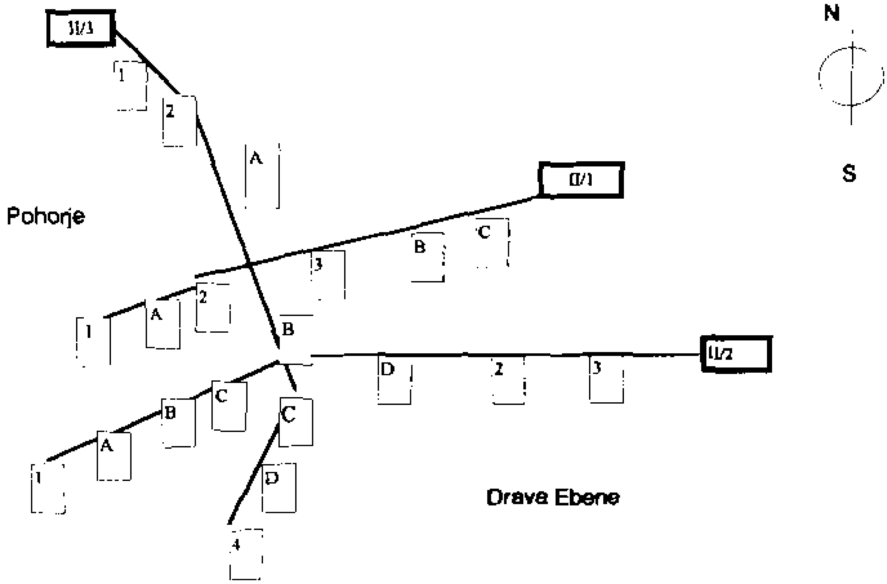
3. Geländeaufnahme

3.1. Lage der Bodenprofile und Entnahme von Boden- und Sedimentproben:

Die Entnahme der Boden- und Sedimentproben erfolgte mittels Drehbohrer und Profilgruben. Während der Drehbohrer nur die Entnahme von gestörten Boden- und Sedimentproben erlaubt, bleiben bei den Profilgruben (Leitprofile) die Lagerungsverhältnisse der Schichten erhalten (ungestörte Boden- und Sedimentproben). Ein weiterer Vorteil der Profilgrube ist die Möglichkeit Horizonte abzugrenzen (Bodentypen) und je nach Horizont gestörte oder und ungestörte Boden- und Sedimentproben zu entnehmen.



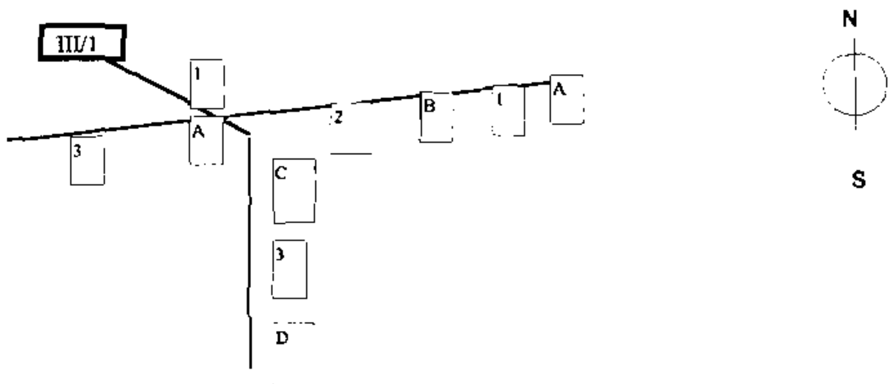
Schema 1. Dravinja Hugelland und Mittelgebirge Boc.



Legende:

II/1 Nummer der LÖP 2 Nummer der Leitprofile B Nummer der Bohrprofile

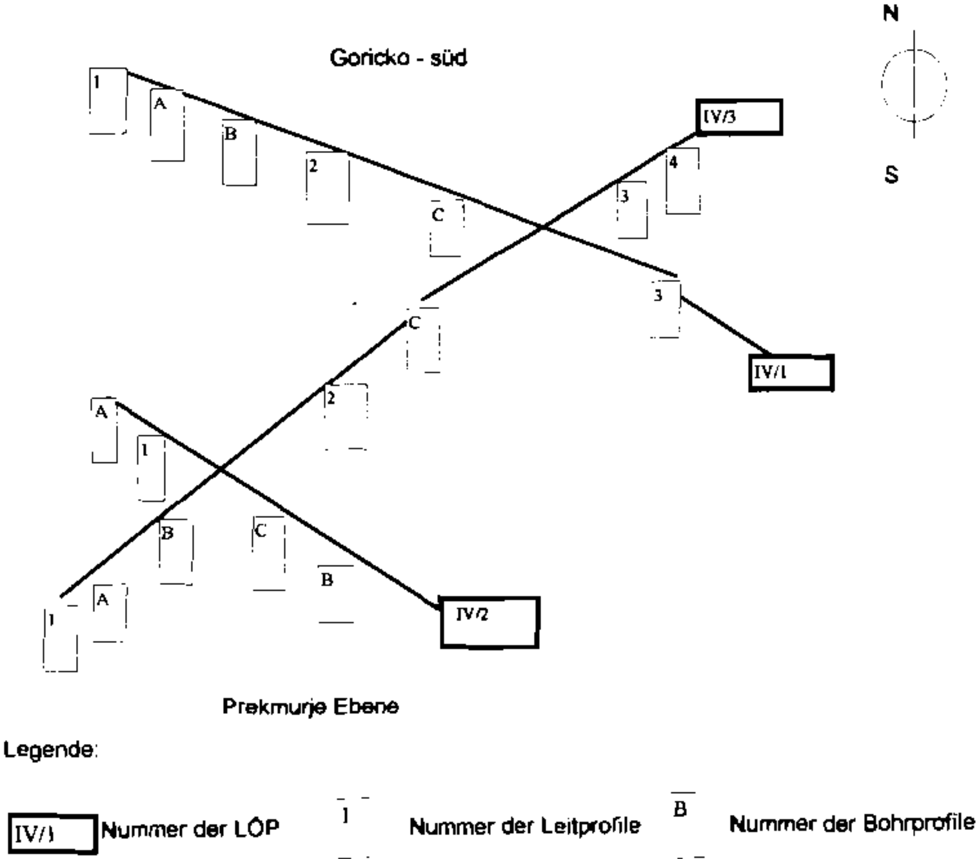
Schema 2. Drava Ebene und Mittelgebirge Pohorje - ost.



Legende:

III/1 Nummer der LÖP 2 Nummer der Leitprofile B Nummer der Bohrprofile

Schema 3. Slowenisches Hugelland - west.



Schema 4. Prekmurje Ebene und Hügelland Goricko - süd.

Die schematische Darstellungen 1, 2, 3, 4 zeigen die **Lage der Profillinie** (Bohr - und Leitprof*ile*) für die sieben Testgebiete (Untersuchungsgebiet, Vergleich Bild 1) in Nordost - Slowenien.

4. Laborsrbeit (Physikalische und chemische Boden- und Sedimentanalysen):

Es werden folgende Bodeneigenschaften betrachtet: Bodenfarbe, Korngrößenverteilung, Kalkgehalt, Reindichte, Rohdichte (Wassergehalt in Masse- und Volumsprozenten der ungestörten Boden- und Sedimentproben, wie auch Feucht- und Trockenrohdichte) Substanzvolumen, Porenvolumen, Luftvolumen, maximale Wasserkapazität, Durchlässigkeit, pH-Wert, organische Substanz und Sorptionseigenschaften.

Bodenfarbe: Die Farbbestimmung ist ein wichtiges Charakteristikum für die Klassifikation oder Zusammensetzung des Bodens und läßt Rückschlüsse auf Bodeneigenschaften und Prozesse der Bodenentwicklung zu. Die Farbbestimmung im Labor wird mit der Farbtafel von **Munsell** (Soil Color Chart) mit atro-getrockneter oder bis zur maximalen Wasserkapazität befeuchteter Bodenprobe durchgeführt.

Korngrößenverteilung: Die Anteile von Sand, Ton und Schluff sind für die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens sehr entscheidend. Je mehr eine dieser Fraktionen in den Vordergrund tritt, desto mehr bestimmt diese die Bodeneigenschaften. Nach der Korngrößenklassifikation der Bodenkartierung (Bundesanstalt für Bodenwirtschaft, 1965) gliedern sich die Korngrößenfraktionen wie folgt:

Sandfraktionen (S): Grobsand (2-0.2 mm) und Feinsand (0.2 - 0.02 mm)
Schluffraktionenen (Z): Schluff (0.02 - 0.002 mm)
Tonfraktionen (T): Ton (< 0.002 mm)

Aus der Korngrößenzusammensetzung wird durch den Anteil von Sand, Schluff und Ton die **Boden- oder Sedimentart** festgelegt. Dies ist mittels der Korngrößenanalyse, eine Kombination aus Siebanalyse und Pipettenmethode nach Köhn oder Kubiena, möglich.

Rohdichte: (Gesamtdichte) ist das Verhältnis von Bodenmasse zum Gesamtvolumen (einschließlich der mit Luft und Wasser gefüllten Hohlräume) in g/cm^3. In der Feuchtrohdichte ist das bei der Probennahme vorhandene Bodenwasser mitenthalten. Zur Bestimmung der Trockenrohdichte wird es jedoch durch Trocknung bei 105°C entfernt. So kann man den Wassergehalt des ungestörten Boden entweder in Masseprozenten oder in Volumsprozenten bestimmen.

Reindichte: (Substanzdichte) ist das Verhältnis Trockenmasse zu Substanzvolumen (ohne Hohlräume) in g/cm^3.

Porenvolumen und Luftgehalt: Der prozentuelle Anteil des mit Wasser und Luft gefüllten Hohlräume des Bodens wird als Porenvolumen bezeichnet, und gilt als Maß für die Bodenstruktur (Verdichtungserscheinungen). Das Verhältnis zwischen Wassergehalt und Luftgehalt weist auf die Durchlüftung und die Wasserbeweglichkeit im Boden hin, was große Bedeutung für das Wachstum der Pflanzen hat.

Maximale Wasserkapazität: Die maximale Wasserkapazität steht im sehr engen Zusammenhang mit der Korngrößenverteilung und die Bodenstruktur (Bodengefüge) stellt diejenige Wassermenge dar, die ein Boden bis zur Sättigung aufnehmen und gegen die Schwerkraft halten kann. Sie wird im Stechzylinder 100 ml in Massen- oder Volumsprozenten gemessen.

Wasserdurchlässigkeit: Ist die Wassermenge, die durch einen Bodenquerschnitt von F = 1cm (Fläche) bei einem Gefälle von I = 1sek. fließt. Die Analyse wird in einem Stechzylinder 100cm mit einem Bodenquerschnitt von 25cm und einer Bodensäule von 4cm in cm/sek (Geschwindigkeit) oder ml/sek (Menge) durchgeführt. Die Durchlässigkeit ist eine gute Kennzeichnung des Bodens und hat in Hinblick auf meliorationstechnische Maßnahmen große Bedeutung.

Karbonatgehalt: Die Bedeutung des Calciums im Boden liegt weniger im Bereich als Pflanzennährstoff, vielmehr wirkt es als neutralisierender Faktor für Bodenzustand und Bodenentwicklung, um der Bodenversauerung und deren Begleiterscheinungen entgegenzuwirken. Wird im Labor mit der Apparatur nach Scheibler als Menge von CO_2 in ml bestimmt und in Menge CaO oder $CaCO_3$ umgerechnet.

pH - Wert: Gibt Auskunft über die Menge der vorhandenen H-ionen, die für die Art der Bodenreaktion, basisch oder alkalisch, verantwortlich sind. Die Bedeutung des pH-Wertes liegt in seiner Aussagekraft über die Bodenbildung und vor allem über Nährstoffgehalt des Bodens.

Organische Substanz: Darunter versteht man alle im und auf dem Boden befindliche, abgestorbene pflanzliche und tierische Stoffe und deren organische Umwandlungsprodukte. Die organische Substanz beeinflußt die Bodenstabilität (Bodengefüge), verbessert Wasser und Luftgehalt und bestimmt mit dem pH-Wert die Sorptionsverhältnisse im Boden.

Sorptionsverhältnisse: Kennzeichnen die Fruchtbarkeitsverhältnisse eines Bodens. Der Sorptionskomplex (Austauschkapazität zwischen Bodenkolloiden und Feinwurzelraum im Boden) kann unterschiedlich mit Kationen belegt sein. Er erfaßt die basischen Kationen (S-Wert = Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+) und Polymere (H-Wert = Al^{2+}, H^+) und wird als totale Kationenumtauschkapazität (KUK) bezeichnet. Anteil der basischen Kationen am KUK Wert wird als V-Wert bezeichnet.

5. Hydrologie

5.1. Methode für die Berechnung der ober- und unterirdischen Wasserzirkulation:

Im Rahmen dieser Arbeit wird versucht die Menge des ober- und unterirdischen Wasserabflusses auf den verschiedenen lithologischen Einheiten festzustellen. Die Menge und Verteilung der ober- und unterirdischen Wasserzirkulation ist von den Beziehungen zwischen klimatischen Elementen wie z.B. den mittleren monatlichen Werten von Niederschlag und Temperatur und den lithologischen Einheiten (im Hinblick ihrer ökologischen Wertigkeit) des Untersuchungsgebietes abhängig. Für die rechnerische Erfassung der jährlichen Wasserzirkulation eines Gebietes (ohne Berücksichtigung des Faktors Boden) ist folgende Wasserhaushaltsgleichung zu berechnen:

$$Q = NS - E - R$$

Q = Gesamtmenge des infiltrierten Wassers in ml
NS = Jährliche Niederschlagsmenge in mm oder %
E = Jährliches Evapotranspirationspotential in mm oder %
R = Oberirdischer Abfluß in ml

Die Gesamtmenge des infiltrierten Wassers **(Q)** ist von dem Niederschlagskoeffizienten **(N)**, der Fläche der einzelnen lithologischen Einheiten **(F)**, wie auch von der Drainage bzw. dem Infiltrationskoeffizienten **(L)** jeder verschiedenen lithologischen Einheit abhängig.

- Die Fläche jeder lithologischer Einheit - im Hinblick auf ihre ökologische Wertigkeit- (F in ml)
- Der Niederschlagskoeffizient (N) ist die jährliche Niederschlagsmenge in mm oder %
- Niederschlagsfracht (NF) oder jährliches Niederschlagsvolumen erreicht man durch Multiplikation des Niederschlagskoeffizienten (N) mit der Fläche (F) der verschiedenen lithologischen Einheiten
- Infiltrationskoeffizient: jede lithologische Einheit hat einen eigenen empirischen Infiltrationskoeffizienten. Die höchste Drainage haben karbonathältige Gesteine, wie Kalk und Dolomit (Verkarstungsprozeß) und Lockersedimente wie Schotter, Kies und Sandschichten. Die niedrigsten Werte zeigen kristalline und metamorphe Gesteine, Flysch, Sandstein und Mergelschichten mit hoher Diagenese (Verfestigungsgrad) usw.

Somit ist mit der Formel

$$Q = N^* \cdot F^* \cdot L$$

die Gesamtmenge des infiltrierten Wassers auf die verschiedenen lithologischen Einheiten des Untersuchungsgebietes (unterirdische Wasserzirkulation in ml) oder und in Prozenten des Gesamtniederschlagsvolumen zu berechnen.

Aus der Differenz zwischen der Verteilung des Niederschlagsvolumen (in ml) und der Menge des infiltrierten Wassers (in ml) auf das gesamte Untersuchungsgebiet ergibt sich die Menge (in ml) der an der Oberfläche fließenden bzw. verdunsteten (produktive- und unproduktive Verdunstung) Wassermenge. (Ober- und unterirdische Wasserzirkulation).

Von dieser oberirdischen Wasssermenge verdunstet ein Teil - Evapostranspiration (Evaporation von Wasserflächen und Transpiration der Pflanzen) und ein Teil fließt bei den Gewässern oberirdisch ab.

Nach C.W. THORNTHWAITE (1955) ist die potentielle Evapotranspiration (produktive- und unproduktive Verdunstung) für Untersuchungsgebiete im Maßstab 1:50.000 - 1:25.000 wie folgt zu berechnen:

- Empirischer Temperaturkoeffizient (**I**):
  durch die Summe der 12 monatlichen Werte aus der Formel

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514} \qquad t = \text{mittlere monatliche Lufttemperatur in °C}$$

- Mittlere monatliche potentielle Evapotranspiration aus der Formel:

$$e = 1,6 \cdot \left(\frac{10 \cdot t}{I}\right)^{a}$$

t = mittlere monatliche Lufttemperatur in °C

I = Empirischer Temperaturkoeffizient berechnet aus:

$$\Sigma^{12} \approx i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,7 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 0,01792 \cdot I + 0,49239$$

Mit diesem Rechengang wurde für das Untersuchungsgebiet die Verdunstung bzw. die potentielle Evapotranspiration **(E)** und anschließend der oberirdische Wasserabfluß **(R)** aus der Formel

$$Q = NS - E - R \quad \text{berechnet.}$$

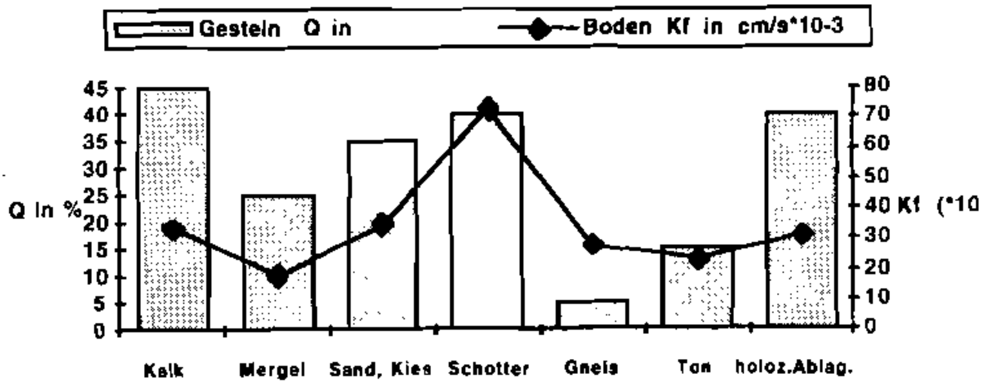
Tabelle 1. Beziehungen zwischen den klimatischen Faktoren und den lithologischen Einheiten des Untersuchungsgebietes

Gebiet	Gestein	Q in %	R in %	E in %
Dravinja Hügelland	Sand, Mergel, Kies	32,2	40,3	27,5
Mittelgebirge Boc	Kalk, Dolomit	46,0	30,3	23,7
Drava Ebene	fluvioglaziall.Schotter	38,1	33,1	28,8
Mittelgebirge Pohorje	magmat.Gesteine	24,3	47,9	27,8
Slowenisches Hügelland	Mergel, holoz.Ablag.	33,3	36,3	30,4
Prekmurje Ebene	Schotter, Kies, Lehm	34,2	31,8	34,0
Hügelland Goricko	Quarzsand, Lehm	29,5	36,2	34,3

Zu dieser prozentuellen Verteilung der ober- und unterirdischen Wasserzirkulation unter Berücksichtigung der lithologischen Einheiten (in Hinblick ihrer ökologischen Wertigkeit) und den klimatischen Elementen, wie Niederschlag, Temperatur und potentielle Evapotranspiration ist noch die jahreszeitliche Verteilung der **Bodenfeuchtigkeit** des Untersuchungsgebietes zuzurechnen. Für die Berechnung des Bodenfeuchteindex sind alle landschaftsökologischen Parameter, die im Rahmen dieser Arbeit für die angewandte landschaftökologische Gliederung des Untersuchungsgebietes verwendet worden sind, zu berücksichtigen. (Geländeaufnahme, Sediment- und Bodenprobenentnahme, Laboranalyse ect., s. Anhang)

Tabelle 2. Vergleichbare Daten von Drainage (Lithologie) und Durchlässigkeit (Boden) für das Untersuchungsgebiet

Gestein	Q in %	Boden	Kf in cm/s*10^{-3}
Kalk	45	Rendsina	3,4
Mergel	25	Pseudogley	1,8
Sand, Kies	35	Braunerde	3,5
Schotter	40	Ranker	7,3
Gneis	5	Braunerde	2,8
Ton	15	Gleyboden	2,3
holozäne Ablagerung	40	Auboden	3,1



5.2. Die landschaftskologische Bedeutung der ober- und unterirdisches Wasserzirkulation für das Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, daß zwischen oberirdischer **(R)**- und unterirdischer **(Q)** Wasserzirkulation und morphologischen Prozessen eine enge Verknüpfung besteht. Wo die R-Werte hoch sind, (z.B. auf dem Mergel, Gneis), sind wegen Abtragungs- bzw. Erosionsprozessen unsteile und sanfte Reliefformen zu beobachten. Auf dem Karbonatgestein (Kalk, Dolomit) mit einem geringem Oberflchanwasserabfluß herrscht im Gegensatz dazu aber eine starke unterirdische Wasserzirkulation und es sind andere Formen zu beobachten (z.B. Karstformen). Das bedeutet, daß die Reliefenergie Formen schafft, die von der Verteilung der ober- und unterirdischen Wasserzirkulation abhängen.

Auch die Bodenbildung ist eng mit der Wasserzirkulation verbunden. Tiefgründige Boden können nur auf Gesteinen (Ausgangsmaterial C- Horizont) mit den hohen Q-Werten entstehen, weil die Verwitterungsprozesse (Bildung des Bv-Horizont) von der Drainage abhängig sind.

Vegetation und vorwiegende Nutzung sind weder vom Q-Wert des C-Horizonts und Kf-Wert der entsprechenden Bodenbildung abhängig, noch von Reliefenergie, Exposition, Seehöhe, Bodenart, wie auch von anthropogene Einflüssen z.B. ökonomisch -wirtschaftlichen Interessen abhängig.

6. Landschaftsökologische gliederung

6.1. Ökotopen, bzw. Standorteinheitengliederung

Die sieben Testgebiete in Nordostslowenien (Untersuchungsgebiet s. Bild 1) sind durch die analytische Betrachtung aller landschaftsökologischer

Parameter, die im Rahmen dieser Arbeit aus Geländeaufnahme und Laboranalyse resultieren, folgend gegliedert:

- **Landschaftsökologische Einheiten (LÖE)**
  sind als **"Haupteinheiten"** zu betrachten und nach Parametern wie Lithologie, Bodentyp und Wasserverhältnisse gegliedert

- **Ökotopgruppen**
  sind die **"Untereinheiten"** einer Landschaftsgliederung, gegliedert nach Parametern wie Lithologie, Bodentyp, Wasserverhältnisse, Relief (Seehöhe, Neigung, Exposition)

- **Ökotope**
  sind **"Standorteinheiten"** des Untersuchungsgebietes, d.h. die kleinste Fläche, die man in einem dreidimensionalen System (Lithosphäre, Pedosphäre, Atmosphäre) durch physiogeographische Kriterien abgrenzen kann. Diese haben als Basis für ihre Gliederung die gleichen Parameter wie die landschaftsökologischen Einheiten und wie die Ökotopgruppen. Weiters ist dazu noch die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche (wie reale natürliche Vegetation und vorwiegende Nutzung) zu berücksichtigen (Lithologie, Bodentyp, Wasserverhältnisse, Relief, Vegetation und Nutzung).

Tabelle 3. Ökotopen und Standorteinheitengliederung des Untersuchungsgebietes

Testgebiete	**landschaftsökologische Einheiten**	**Ökotopgruppe**	**Ökotope**
Dravinja Hügelland	4	11	33
Mittelgebirga Boc	2	3	14
Drava - Ebene	2	9	29
Pohorje - Ost	2	4	10
Slowenisches Hügelland	5	9	24
Prekmurje - Ebene	2	8	30
Hügelland Goricko - Süd	1	2	5
Zusammen	18	46	145

Landschaftsökologische Einheiten (LÖE) für das gesamte Untersuchungsgebiet (Haupteinheiten)

LÖE A = entlang fließendes Wassers, auf den kies-sandlehmigen Anschwemmungen, mit den Rezentakkumulationen, mit dem hohen Grundwasserspiegel und mit der hohen Wasserdurchlässigkeit. Im Sommer sind kurze Wasserdefizit Perioden möglich, semihumide bis humide Klima.

Bodentyp: Brauner Auboden

Nutzung: Acker, Wiese

LÖE B = in Tal- und Ebenbereichen auf den schluffigen und schlufftonigen Ablagerungen. Schlechte Wasserdurchlässigkeit, Oxidation und Reduktionsprozesse in der Tiefe unter 20 bis 40 cm. Im Sommer sind kurze Wasserdefizit Perioden möglich, semihumide bis humide Klima.

Bodentypen: Gley, Pseudogley, Gley mit Dränage (meliorationstechnische Maßnahme)

Nutzung: Acker, Wiese

LÖE C = Mergelhügelland, schlechte Wasserdurchlassigkeit, starke fluviale Denudation und merkliche Unterschiede in Reliefenergie (Seehöhe 250 bis 450m, Neigung°5 - 25°). Humide Klima mit dem niedrigen Wasserdefizit im Sommer.

Bodentypen: vergleyte Braunerde und Braunerde in den Tiefgebieten und Rendzina, Braunerde auf den steilen Böschungen.

Nutzung: Wiese/Acker (südexpositionen)
Wald (nordexposition)

LÖE D = Mergelhügelland aus den verschiedenen plio-pleistozänen kalkfreien Sedimenten (Ton, Lehm, Sand). Starke Denudation und leichte ansteigende Böschungen, Seehöhe bis 330m. Humides Klima mit Wasserüberschuß.

Bodentypen: Hangpseudogley, vergleyte Braunerde (Flußböschungen), Braunerde

Nutzung: gemischte Wald/Wiese/Acker Nutzung

LÖE E = Mittelgebirge und Hügelland aus Kalk und Dolomit. Ungefähr 50% des Wassers fließt unterirdisch ab, deshalb sind Denudation und steile Böschungen gering. Seehöhe erreicht 978m und die Neigung über 30°. Humide Klima mit dem Wasserüberschuß.

Bodentypen: Rendzina und Terra fusca

Nutzung: Wald

LÖE F = magmatische und metamorphe Gesteine (Gneis), toniger Schiefer. Reliefformen sind breite Hangböschungen wegen der schnellen Verwitterung und starken Denudation. Humide Klima mit Wasserüberschuß.

Bodentypen: sauere Braunerde und Ranker

Nutzung: Wald/Wiese

6.2. Karten der landschaftsökologischen Einheiten Nordostsloweniens[1]

Die Karten "Landschaftsökologische Einheiten Nordostsloweniens" haben als Grundlage folgende topographische Karten 1:25.000 Sloweniens:

- Dravinja Hügelland: TK 015/1/3 Poljcane 1:25.000
- Mittelgebirge Boc: TK 015/1/3 Poljcane 1:25.000
- Drava Ebene: TK 015/1/2 Pragersko 1:25.000
- Pohorje -Ost: TK 015/1/2 Pragersko 1:25.000
- Slowenisches Hügelland - Westeil: TK 005/4/3 Lenart 1:25.000
- Prekmurje Ebene: TK 006/3/2 Murska Sobota 1:25.000
- Hügelland Goricko - Süd: TK 006/3/2 Murska Sobota 1:25.000

6.3. Diskussion der Ergebnisse

- In Tal - und Flachgebieten sind die LE nur zum Teil von den natürlichen Gegebenheiten abhängig. Böden im Grundwasserbereich wurden durch Hydromeliorationen vollständig verändert. Statt nassen Wiesen und Wäldern herrschen Ackerflächen vor.
- Im Hügelland und im Mittelgebirge spielen Lithologie und Relief eine wichtige Rolle für LOE - Gliederung. Die Bodenentwicklung hängt von Reliefeigenschaften ab und die Bodentypen beeinflussen stark die Nutzung und Vegetation. Somit haben die natürlichen Gegebenheiten im Hügelland eine wesentliche Rolle für die landschaftsökologische Gliederung.
- Für das gesamte Untersuchungsgebiet:
  - ober und unterirdische Wasserzirkulation: Intensität der morphologischen Prozesse und Formen, Gleyerscheinigungen

---

1. Die Ökotopenkarte 1: 25.000 und ihre Legende mit den landschaftsökologischen Einheiten (LOE), Ökotopgruppen (OG) sowie Ökotopen (O) findet sich in: VOVK, A., 1995, Pokrajinsko ekoloske enote severovzhodne Slovenije. Doktorska disertacija, Filozofska fakulteta, Ljubljana.

- Klimaverhltnisse (Niederschläge nehmen von west nach ost ab, Wasserdefizit tritt nur in subpanonnischem Teil auf).
- nutzbare Feldkapazität spielt wichtige Rolle nur in Trockengebieten: mächtige schluffige und tonige Böden speichern mehr Wasser als sandige Böden.
- Bewaldung: Wald verbreitet sich auf den wirtschaftlich uninteressanten Flächen, meist sind dort schlechte Boden- bzw. Standortbedingungen.
- Durch anthropogene Eingriffe (Siedlungsflächen, Kies - Schottergrube, Steinbrüche) sind die natürlichen Eigenschaften der Ökotopen verändert worden.

Anhang

Darstellung und berechhnung der parameter in den testgebiete in nordost slowenien

Dravinja hügelland

Kartenblatt: TK Poljcane 1:25000 015/1/3
Lage: Gemeinde Slovenska Bistrica
Gebietsfläche: 85 km^2
Höchster Punkt: 358m Sv. Jernej
Tiefster Punkt: 252m Loznica Tal
Lithologie: Sedimente aus Plio-Pleistozän, Mergel, Ablagerungen aus Holozän
Urterirdischer Abfluß Q - 32.2%
Oberirdischer Abfluß R - 40.3%
Verdunstung E - 27.5%

Relief:	Seehöhe m (%):	Neigung ° (%):	Exposition (%):
	252-264 (14%)	0-2 (21%)	N (13%)
	264-293 (39%)	2-5 (24%)	E (42%)
	293-322 (37%)	5-10 (35%)	S (11%)
	322-351 (9%)	10-20 (17%)	W (34%)
	> 351 (1%)	> 20 (3%)	

Klima: Mittlerer J-Niederschlag: 1076 mm
Mittlerer J-Temperatur: 9.5° C
Niederschlagsmenge in Vegetationsperiode: 654 mm
Mittlere Temperatur in Vegetationsperiode: 15.5° C

Wasserbilanz: Differenz: J-NS-PE_{korr}: 406.6 mm
Wasserüberschuß: 354.5 mm
Wasserdefizit: 0
Bodenfeuchteindex: 63.3
Klimatyp: $B_3rB_1b_3$

Wichtigste Bodenformen: Grauer Auboden A-M-C, vergleyte Auboden A-M-C-Go, Gley A-Go-Gr, Pseudogley A-Sw-Sd, Braunerde A-Bv-C

Vegetation: Pseudostellario-Quercetum roboris, Carici elongatae-Alnetum glutinosae, Homogyne sylvestris- Fagetum, Querco roboris-Carpinetum, Vaccinio myrtilli-Pinetum

Nutzung: Acker 4.4%, Acker/Wiesen 7.1%, Wiesen 18.8%, Weinbau 1.2%, Wlder 65%, Siedlungsflächen 3.5%

Mittelgebirge BOC

Kartenblatt: Poljcane TK 1.25000 015/1/3
Lage: Gemeinde Slovenska Bistrica, Slovenske Konjice
Gebietsfläche: 13.4 km^2
Höchster Punkt: 987 m Gipfel Boc
Tiefster Punkt: 388 m Bela Tal
Lithologie: Dolomit, Kalk, Tonschiefer
Urterirdischer Abfluß Q: 46%
Oberirdischer Abfluß R: 30.3%
Verdunstung E: 23.7%

Relief:	Seehöhe m (%):	Neigung ° (%):	Exposition (%):
	388-434 (12%)	0-2 (0%)	N (13%)
	434-500 (35%)	2-5 (3%)	E (32%)
	500-696 (31%)	5-10 (7%)	S (14%)
	696-832 (17%)	10-20 (33%)	W (41%)
	832-978 (5%)	> 20 (57%)	

Klima: Mittlerer J-Niederschlag: 1202 mm
Mittlerer J-Temperatur: 5.5°C
Niederschlagsmenge in Vegetationsperiode: 721 mm
Mittlere Temperatur in Vegetationsperiode: 11.6° C

Wasserbilanz: Differenz: J-NS-PE_{korr}: 392.4 mm
Wasserüberschuß: 330.8 mm
Wasserdefizit: 0
Bodenfeuchteindex: 49.89
Klimatyp: $B_2rB_1b_3$

Wichtigste Bodenformen: Pseudogley-Braunerde A-Bv/Sw-Sd, Braunerde A-Bv-C, Ranker A-C

Vegetation: Luzulo albidae-Carpinetum, Castaneo Fagetum Sylvaticae, Querco-roboris-Carpinetum, Carici elongatae-Alnetum glutinosae, Vaccinio myrtilli-Pinetum, var.geogr. Castaneo sativa

Nutzung: Wiesen 11.6%, Acker/Wiesen 10.2%, Weinbauen 7.2%, Wälder 59.4%, Siedlungsflächen 11.6%

Slowenische Hügelland - Westteil

Kartenblatt: Lenart TK 1:25000
Lage: Gemeinde Lenart
Gebietsfläche: 128.3 km^2
Höchster Punkt: 407m - bei dem Ort Korena
Tiefster Punkt: 232m - Pesnica Tal
Lithologie: Mergel, Kalk, Sand und Kies, sandige Ton, Deluvij und holozäne Ablagerungen
Urterirdischer Abfluß Q: 33.3%
Oberirdischer Abfluß R: 36.4%
Verdunstung E: 30.3%

Relief:

Seehöhe m (%):	Neigung ° (%):	Exposition (%):
232-267 (38%)	0-2 (14%)	N (14%)
267-302 (36%)	2-5 (25%)	E (43%)
302-337 (19%)	5-10 (39%)	S (12%)
337-372 (6%)	10-15 (18%)	W (31%)
372-407 (1%)	15-20 (4%)	

Klima: Mittlerer J-Niederschlag -Jahr: 940mm
Mittlerer J-Temperatur: 9.5°C
Niederschlagsmenge in Vegetationsperiode: 586mm
Mittlere Temperatur in Vegetationsperiode: 15.8°C

Wasserbilanz: Differenz: J-NS-PE_{korr}: 250.8 mm
Wasserüberschuß: 187.8 mm
Wasserdefizit: 52.34 mm
Bodenfeuchteindex: 20.49
Klimatyp: $B_1rB_2b_3$

Wichtigste Bodanformen: Grauer Auboden A-C, Gley A-Go-Gr, Pseudogley-Braunerde A-Bv/Sw-Sd, Braunerde A-Bv-C, Oxy-Gley A-Go

Vegetation: Castaneo-Fagetum Sylvaticae, Luzulo albidae-Carpinetum

Nutzung: Äcker (mit Melioration) 7.1%, Acker (ohne Melioration) 2.6%, Äcker/Wiesen 40.0%, Wiesen 20.3%, Weinbau 2%, Wälder 23%, Siedlungsflächen 5%

Prekmurje ebene

Kartenblatt: Murska Sobota TK 1:25000 006/3/2
Lage: Gemeinde Murska Sobota
Gebietsfläche: 91 km^2
Höchster Punkt: 355m bei dem Ort Polana
Tiefster Punkt: 179m bei dem Ort Moravci
Lithologie: Kies und Sand, Lehm und Ton, Lehm mit den Quarzsand
Urterirdischer Abfluß Q: 34.2%
Oberirdischer Abfluß R: 31.8%
Verdunstung E: 34%

Relief:

Seehöhe m (%):	Neigung ° (%):	Exposition (%):
179-198 (76%)	0-1 (86%)	N (37%)
198-217 (16%)	1-2 (6%)	E (29%)
217-263 (7%)	2-3 (4%)	S (14%)
263-355 (1%)	3-4 (1%)	W (20%)
	> 4 (3%)	

Klima: Mittlerer J-Niederschlag -Jahr: 817mm
Mittlerer J-Temperatur: 9.2°C
Niederschlagsmenge in Vegetationsperiode: 516mm
Mittlere Temperatur in Vegetationsperiode: 15.7°C

Wasserbilanz: Differenz: J-NS-PE_{korr}: 105.4mm
Wasserüberschuß: 34.3mm
Wasserdefizit: 35.2mm
Bodenfeuchteindex: 0
Klimatyp: $C_2rB_1b_3$

Wichtigste Bodenformen: Braunerde A-Bv-C, Auboden A-M-C, Ranker A-C, Gley A-Go-Gr, Pseudogley A-Sw-Sd

Vegetation: Luzulo albidae-Carpinetum, Querco roboris-Carpinetum, Carici elongatae-Alnetum glutinosae

Nutzung: Äcker (mit melioration) 23.5%, Äcker (ohne melioration) 34.8%, Wiesenacker 11.9%, Wald/Wiese/Äcker 2.1%, Wälder 14.9%, Siedlungsflächen 10.1%, andere Nutzung 2.7%

Hügelland Goricko - SÜD

Kartenblatt: Murska Sobota TK 1:25000 006/3/2
Lage: Gemeinde Murska Sobota
Gebietsfläche: 30 km²
Höchster Punkt: 344m - Gipfel Komen
Tiefster Punkt: 207m - entlang Bach (Mackovski potok)
Lithologie: Lehm aus Pliozäne, Lehm mit den Quarzsand aus Pliozäne
Unterirdischer Abfluß Q: 29.5%
Oberirdischer Abfluß R: 36.2%
Verdunstung E: 34.3%

Relief:	Seehöhe m (%):	Neigung ° (%):	Exposition (%):
	207-234 (25%)	0-2 (20%)	N (3%)
	234-261 (29%)	2-5 (24%)	E (39%)
	261-299 (30%)	5-10 (50%)	S (15%)
	299-315 (14%)	10-15 (6%)	W (43%)
	315-344 (2%)		

Klima: Mittlerer J-Niederschlag -Jahr: 806mm
Mittlerer J-Temperatur: 9.3°C
Niederschlagsmenge in Vegetationsperiode: 503mm
Mittlere Temperatur in Vegetationsperiode: 15.6°C

Wasserbilanz: Differenz: J-NS-PE_{korr}: 156.4mm
Wasserüberschuß: 82.0mm
Wasserdefizit: 20.6mm
Bodenfeuchteindex: 19.1
Klimatyp: $C_1dB_1b_3$

Wichtigste Bodenformen: Pseudogley A-Sw-Sd, Braunerde A-Bv-C, Ranker A-C, Auboden A-C

Vegetation: Castaneo Fagetum Sylvaticae, Luzulo albidae - Carpinetum, Galio rotundifolli.Pinetum

Nutzung: Äcker/Wiesen 26.7%, Weinbauen 1.7%, Wiesen 4.2%, Wälder 67.5%

Literaturliste

GAMS, I., (1979). K pokrajinsko ekoloski razclenitvi Mariborske regije. 11. zborovanje slovenskih geografov, Mariborsko Podravje, Geografsko drustvo Maribor, 37-51.

GRUBNER, E., (1990). Landwirtschaftliche Gliederung und landschaftsökologische Parameter sowie deren Bewertung unter besonderer Berücksichtigung des Bodens. Diplomarbeit, Universität Wien.

HEEB, J., (1991). Haushaltsbeziehungen in Landschaftsökosystem typischer Dimensionen in einer Elementarlandschaft des Schweizerischen Mittellandes, Steinhuserberg - Basel.

HEIMRITZ, G., (1994). Studienführer Geographie. Braunschweig, Westermann (Das Geographische Seminar), 294.

LOVRENCAK, F., M., Bat, (1989). Zveze med pokrajinotvornimi elementi in dolocanje pokrajinsko ekoloskih enot, Ljubljana.

NAGL, H., (1990). Proseminar für Landschaftsökologie. Universität Wien, Institut für Geographie, Wien, 220.

PLUT, D., (1980). Raziskovalne zasnove in delovne metode pokrajinske ekologije. Geografski vestnik 52, Raziskovalne metode, Ljubljana, 87-95.

RICHLING, A., (1990). System of landscape classifications in Poland. Miscellae Geogr., Warsava, 5-15.

VERGINIS, S., (1981). Beiträge zur physischen Geographie des Nord-Peloponnes (Griechenland). Habilitationsschrift an der Grund- und

Integrativwissenschaftlichen Fakultät der Univ. Wien. Bulletin de la Societe Geographigne Hellenique, Bd- I, S 355, ersch. 1986 Athen.
VERGINIS, S., (1990). Mechanische und chemische Boden - und Sediment-analyse. Laborpraxis I, II und III, Institut für Geographie der Universität Wien.
VERGINIS, S., (1992). Die geographische Bodenforschung und ihre praktische Bedeutung. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, Heft 130/131.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Στατιστική ανάλυση Ελληνικών χρονοσειρών για τη διαπίστωση ύπαρξης κλιματικών αλλαγών

Χ. Ανυφαντή

Γαλήνης 32-34, Ζωγράφου 15772

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας, το λεγόμενο φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Γίνεται λόγος για κλιματική αλλαγή και μελετώντοι διάφορες σειρές παρατηρήσεων, κυρίως η θερμοκρασία και η κατακρήμνιση. Οι σταθμοί που έχουν μελετηθεί σε προηγούμενες εργασίες είναι το Αστεροσκοπείο Αθηνών, η Αλίαρτος και ο Βοιωτικός Κηφισός.

Οι μεταβλητές που έχουν μελετηθεί είναι: μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία θερμοκρασία και κατακρήμνιση του Αστεροσκοπείου Αθηνών, κατακρήμνιση της Αλιάρτου και παροχή του Βοιωτικού Κηφισού.

Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιούνται πάλι οι ίδιοι σταθμοί γιατί τα test πρέπει να εφαρμοστούν σε χρονοσειρές μακρές άνω των 60 ετών. Δεν ήταν εύκολο να βρεθούν άλλες τέτοιες μακρές χρονοσειρές, διότι οι σταθμοί της Ελλάδας που ανήκουν στην υπηρεσία του Αστεροσκοπείου σταματούν να λειτουργούν γύρω στα 1931 και κατόπιν αρχίζουν να λειτουργούν οι σταθμοί της ΕΜΥ και της ΔΕΗ.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η εφαρμογή μη παραμετρικών στατιστικών test για την ανίχνευση σημείου αλλαγής καθώς και ο συνδυασμός δύο σταθμών συγχρόνως.

Επισκόπηση Βιβλιογραφίας

Για το θέμα της κλιματικής αλλαγής και την ύπαρξη τάσεων στις χρονοσειρές έγιναν παλαιότερα μελέτες. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των κινουμένων μέσων όρων τριάντα ετών. (Καραπιπέρης 1960, Katsoulis Kambetzidis 1989, Katsoulis 1987). Για την κατακρήμνιση και τη θερμοκρασία το χειμώνα στην Αθήνα έγινε έλεγχος κλιματικής τάσεως κάθε μιας από τις δύο εξεταζόμενες παραμέτρους και του συνδυασμού τους. Οι χρονοσειρές για τις ανάγκες του test χωρίζονται σε τριακονταετίες.

(Κανελλοπούλου, Νικολάκης 1984). Εξετάστηκε η κατακρήμνιση σε σχέση με την ηλιακή δραστηριότητα με τη βοήθεια των κινουμένων μέσων όρων δέκα ετών. (Κατσούλης, Τσελεπιδάκι, Θεοχαράτος 1976). Ακόμη χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις παλινδρόμησης για την κατακρήμνιση και τη θερμοκρασία σε σχέση με το χρόνο. (Νάστος και Δικαιάκος, Φ. Κανδύλης 1991, P. Nastos 1993).

Οι Χ. Ζερεφός, Γ. Κοσμάς, Χ. Ρεπάπης, Ι. Ζαμπάκας (1977) έκαναν για την κατακρήμνιση τον έλεγχο Cramer για την ομογένεια των στοιχείων καθώς και τον έλεγχο Wald και Wolfowitz για την ύπαρξη εμμονής. Επίσης έγιναν φάσματα ισχύος για την περιοδικότητα, αναζήτηση της επίδρασης των φάσεων της σελήνης στην κατακρήμνιση με τη μέθοδο των υπερτιθεμένων εποχών, καθώς και δοκιμαστική πρόβλεψη του ετησίου ύψους κατακρήμνισης. Το test Mann-Kendall χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο κλιματικής τάσης (Χ. Ζερεφός, Γ. Κοσμάς, Χ. Ρεπάπης, Ι. Ζαμπάκας (1977), Katsoulis Kambetzidis 1989, C.C. Repapis 1989) καθώς και το test γραμμικής συσχέτισης (Ναλμπάντης, Μαμάσης, Κουτσογιάννης 1992). Για την τάση χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα (Katsoulis Kambetzidis 1989, Katsoulis 1987, Katsoulis Kambetzidis 1984). Για να ελεγχθεί η κανονικότητα έγινε το test Fisher. (Katsoulis 1987).

Για την περιοδικότητα έγινε φασματική ανάλυση (P. Nastos 1993, C.C. Repapis 1989) (Katsoulis Kambetzidis 1989) (Ναλμπάντης, Μαμάσης, Κουτσογιάννης 1992). Επίσης έγινε ανάλυση εμμονής και εξίσωση παλινδρόμησης για τη συσχέτιση μεταξύ ελάχιστης θερμοκρασίας και πληθυσμού με λογαριθμικά μοντέλο (Katsoulis 1987, Katsoulis Kambetzidis 1984) καθώς και συσχέτιση της θερμοκρασίας και κατακρήμνισης με τον ηλιακό κύκλο με ετεροσυσχετόγραμμα (Katsoulis Kambetzidis 1984, C.C. Repapis 1989).

Οι σταθμοί που έχουν μελετηθεί στις προηγούμενες μελέτες είναι το Αστεροσκοπείο Αθηνών, η Αλίαρτος και ο Βοιωτικός Κηφισός.

Μελετήθηκαν οι εξής μεταβλητές:

Μέγιστη, ελάχιστη και μέση θερμοκρασία για το Αστεροσκοπείο Αθηνών από τους Κανελλοπούλου και Νικολάκη 1984, Κατσούλη και Καμπετζίδη 1984, Κατσούλη, Τσελεπιδάκη, Καμπετζίδη 1986, Κατσούλη 1987, Νάστο και Δικαιόκο.

Η κατακρήμνιση του Αστεροσκοπείου Αθηνών μελετήθηκε από τους εξής: Καραπιπέρη (1960), Κατσούλη, Τσελεπιδάκη και Θεοχαράτο (1976), Κανδήλη (1991), Κανελλοπούλου και Νικολάκη (1984), Ζερεφό, Κοσμά, Ρεπάπη και Ζαμπάκα (1977), Κατσούλη και Καμπετζίδη (1989), Κατσούλη, Τσελεπιδάκη και Καμπετζίδη (1986), Νάστο (1993).

Η κατακρήμνιση της Αλιάρτου μελετήθηκε από τους Μαμάση, Ναλμπάντη και Κουτσογιάννη (1992) και Repapis (1989).

Η παροχή του Β. Κηφισού μελετήθηκε από τους Μαμάση, Ναλμάντη και Κουτσογιάννη (1992).

Περιληπτικά συμπεράσματα

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Για τη μέγιστη θερμοκρασία του ΕΑΑ παρατηρείται αύξηση μέχρι το 1950 σύμφωνα με τους Κατσούλη και Καμπετζίδη, ενώ για τους Νάστο και Δικαιάκο υπάρχει αυξητική τάση. Για την ελάχιστη θερμοκρασία συμφωνούν ότι υπάρχει αυξητική τάση.

ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ

Για την κατακρήμνιση του ΕΑΑ σύμφωνα με τους Ζαμπάκα κ.λπ. και Καμπετζίδη, Κατσούλη δεν υπάρχει τάση στα ετήσια ενώ οι εξισώσεις παλινδράμησης με το χρόνο (Νάστος) δείχνουν καθοδική πορεία στο ετήσιο. Το θέρος ο Ζαμπάκας κ.ά. παρατηρούν τάση για ελάττωση της κατακρήμνισης ενώ οι Κατσούλης και Καμπετζίδης στα εποχικά (αντιπροσωπευτικός μήνας ο Ιούλιος) δεν παρατηρούν τάση.

Για τον αριθμό ημερών κατακρήμνισης συμφωνούν ότι υπόρχει τάση στα ετήσια. Για την κατακρήμνιση Αλιάρτου οι Ρεπάπης και Μαμάσης κ.ά. συμφωνούν ότι υπάρχει τάση στα ετήσια.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Χρησιμοποιήθηκαν μη παραμετρικά στατιστικά test που έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν γίνεται υπόθεση για την κατανομή που ακολουθούν οι μετρήσεις. Οι αλλαγές που ανακαλύπτονται δεν είναι κατ' ανάγκη κλιματικές. Μπορεί να οφείλονται στο όργανο, στον τρόπο υπολογισμού, στη θέση του οργάνου, το χρόνο μετρήσεων κ.λπ.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Πρώτα γίνεται έλεγχος για την ανεξαρτησία των μετρήσεων. Η μηδενική υπόθεση είναι η ανεξαρτησία των μετρήσεων με εναλλακτική την ύπαρξη της συσχέτισης. Υπολογίζεται ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης r. Χρησιμοποιείται η κανονική κατανομή με μέση τιμή $E(r) = -1/(n-1)$ και διασπορά $varr = 1(n-1)$ όπου r ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης πρώτης τάξεως και n ο αριθμός παρατηρήσεων. Το test είναι δίπλευρο.

TEST MANN-KENDALL

Για να ευρεθεί αν όλα τα στοιχεία της σειρός ανήκουν στην ίδια κατανομή έγινε το test Mann-Kendall. Για κάθε στοιχείο x_i υπολογίζεται ο αριθμός n_i των προηγουμένων σταιχείων που είναι μικρότερα από x_i και η στατιστική μεταβλητή του test είναι η ποσότητα

$$t = \sum n_i$$

με εναλλακτική υπόθεση την ύπαρξη τάσης.

Η μεταβλητή t για $n_i \geqslant 10$ ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή και διασπορά που δίνονται από τις σχέσεις

$$E(t) = n(n-1)/4 \quad \text{και} \quad \text{var}\,t = (n-1)(2n+5)/72$$

Στην περίπτωση που οι θερμοκρασίες αυξάνονται και παρατηρούνται μεγάλες τιμές του t χρησιμοποιείται μονόπλευρο test. Όταν η εναλλακτική υπόθεση δεν είναι γνωστή χρησιμοποιείται δίπλευρο test.

Εάν t είναι η στατιστική τιμή του test, η κανονικοποιημένη τιμή u_t λαμβάνεται με το μετασχηματισμό

$$u_t = [t - E\{t\}] / \sqrt{\text{var}\,t}$$

Όταν η μηδενική υπόθεση περί μη υπάρξεως τάσης απορρίπτεται τίθεται το ερώτημα τι είδους τάση παρατηρείται στη χρονοσειρά.

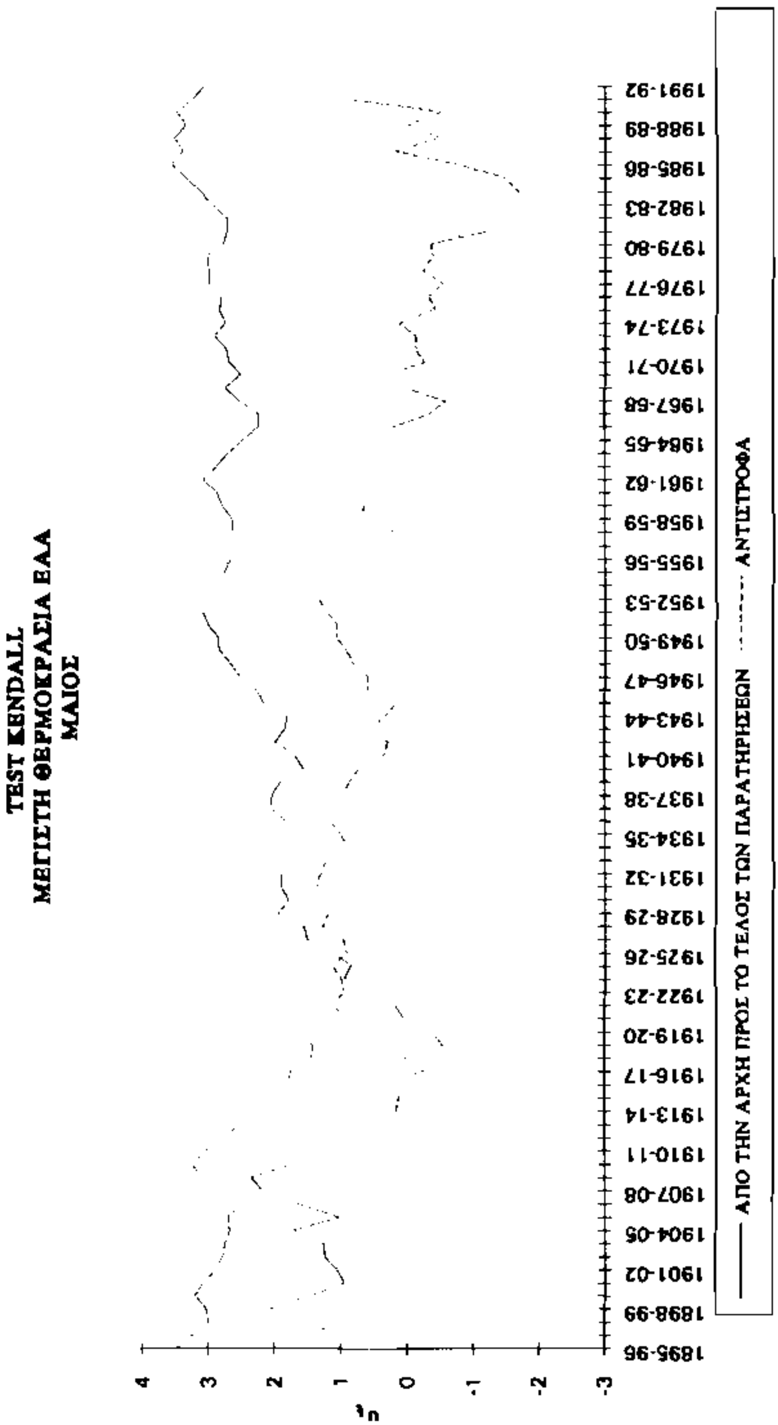
Ακόμη και όταν η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται, μπορεί να είναι το αποτέλεσμα αναιρουμένων τάσεων κατά την περίοδο των παρατηρήσεων. Για τον σκοπό αυτό εφαρμόζεται το test Kendall από την αρχή και το τέλος της χρονοσειράς. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση μεταβάλλονται για κάθε στοιχείο της χρονοσειράς. Μία ειδική περίπτωση είναι όταν υπάρχει τάση και την ίδια στιγμή το διάγραμμα Kendall των τιμών του u_t από την αρχή προς το τέλος των παρατηρήσεων και αντίστροφα τέμνεται σε ένα σημείο.

TEST PETTITT

Για την εξακρίβωση της υπάρξεως αλλαγής εφαρμόζεται το test Pettitt με στατιστική μεταβλητή

$$x_k = 2R_k - k(n+1)$$

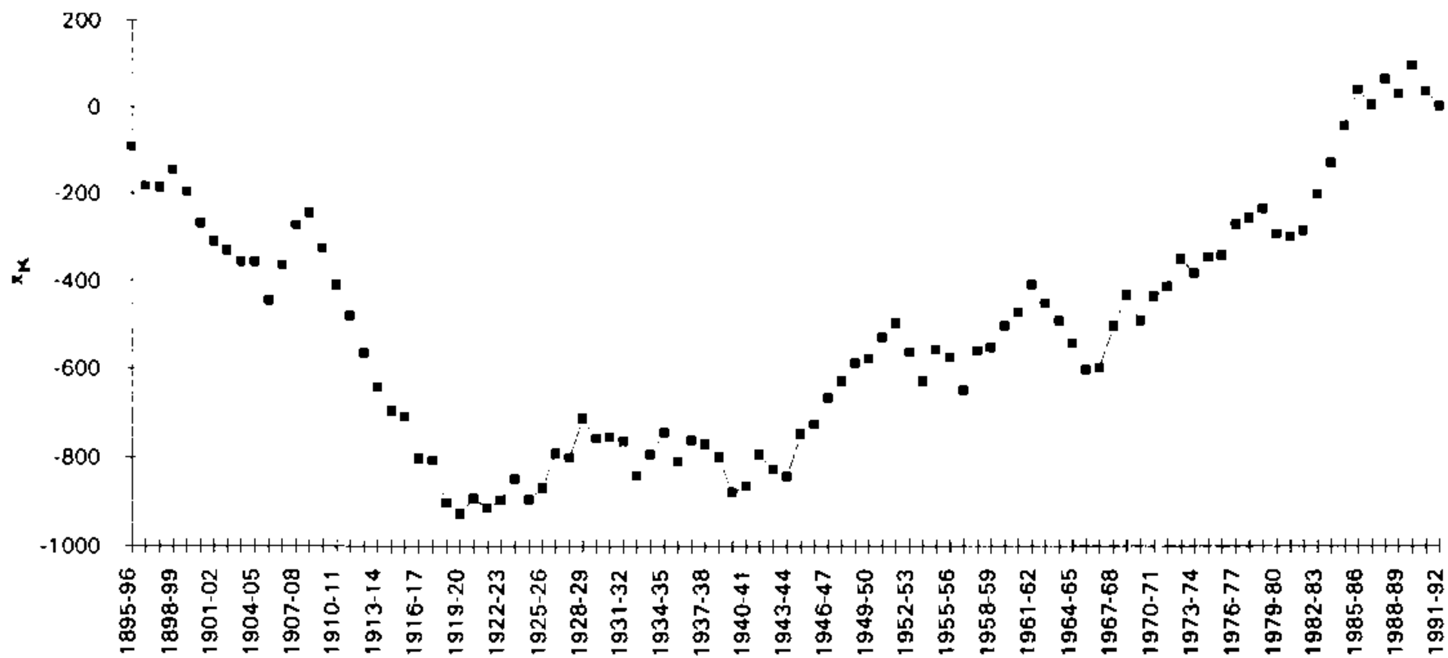
όπου $k = 1, 2, \ldots, n$ και $R_k = \Sigma \tau_i$ όπου τ_i η τάξη του στοιχείου x_i ταξινομημένου κατ' αύξουσα τάξη με άθροισμα Σ από 1 έως k.


TEST KENDALL
ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΛΛ
ΜΑΙΟΣ
u_t
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
1895-96
1898-99
1901-02
1904-05
1907-08
1910-11
1913-14
1916-17
1919-20
1922-23
1925-26
1928-29
1931-32
1934-35
1937-38
1940-41
1943-44
1946-47
1949-50
1952-53
1955-56
1958-59
1961-62
1964-65
1967-68
1970-71
1973-74
1976-77
1979-80
1982-83
1985-86
1988-89
1991-92
ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΗ ΠΡΟΣ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΑ

Σχ. 1.

TEST PETTITT
ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΑΑ

ΜΑΙΟΣ



Σχ. 2.

Το σημείο αλλαγής δίνεται από την τιμή k του x_k για την οποία γίνεται μέγιστο ή ελάχιστο εφόσον η μεταβολή είναι μείωση ή αύξηση. Η χρονοσειρά πρέπει να είναι ομογενής δηλαδή δεν υπάρχει αλλαγή στις παρατηρήσεις (αλλαγή οργάνου, τρόπου υπολογισμού, θέσης οργάνου, χρόνου μέτρησης κ.λπ.).

Στην περίπτωση που υπάρχει τάση και την ίδια στιγμή το διάγραμμα Kendall των τιμών του ut από την αρχή προς το τέλος των παρατηρήσεων και αντίστροφα τέμνεται σε ένα σημείο οι τιμές χωρίζονται σε δύο ομάδες και στη μία υπάρχει το μέγιστο ή ελάχιστο των τιμών που υπολογίζονται από το test Pettitt. Εφαρμόζεται το test Mann-Whitney με μηδενική υπόθεση $M_I = M_{II}$ που είναι οι διάμεσοι του x_k των δύο ομάδων που χωρίζονται οι τιμές. Η εναλλακτική υπόθεση είναι $M_I \neq M_{II}$. Όταν η τιμή της πιθανότητας είναι μικρότερη από 0.01, τότε θεωρείται ότι οι δύο ομάδες της μεταβλητής διαφέρουν σημαντικά και το σημείο που εμφανίζεται το μέγιστο ή ελάχιστο των τιμών θεωρείται σημαντικό σημείο αλλαγής.

Περίπτωση περισσοτέρων σημείων αλλαγής

Όταν το διάγραμμα Kendall των τιμών του u_t από την αρχή προς το τέλος των παρατηρήσεων και αντίστροφα τέμνεται σε περισσότερα από ένα σημεία, τότε η χρονοσειρά παρουσιάζει πολλές διακυμάνσεις. Στην περίπτωση αυτή γίνεται ανάλυση των διαφόρων υποσειρών.

Εάν a_0 είναι το επίπεδο σημαντικότητας της χρονοσειράς (στην περίπτωση αυτή είναι 0.01) και n' το μέγεθος της υποσειράς, η συνθήκη ώστε το επίπεδο σημαντικότητας να παραμένει σταθερό είναι

$$(1 - a')^{n/n'} = 1 - a_0$$

όπου a' το επίπεδο σημαντικότητας της υποσειράς. (R. Sneyers On the use of statistical analysis for the objective determination of climate change). Εφαρμόζεται το test Pettitt και βρίσκεται το μέγιστο και το ελάχιστο της στατιστικής μεταβλητής xk και εάν k_1, k_2 είναι τα χρονικά σημεία των ακρότατων, τότε γίνεται ανάλυση των υποσειρών $(1, k_1)$, (k_1, k_2), (k_2, n), $(1, k_2)$ και (k_1, n).

Εξετάζεται εάν υπάρχει τάση στις υποσειρές $(1, k_1)$, (k_1, k_2) και (k_2, n). Στην περίπτωση που είναι σταθερές η εφαρμογή του test Kendall από την αρχή προς το τέλος των παρατηρήσεων και αντίστροφα δεν μπορεί να γίνει για εξακρίβωση της σημαντικότητας των k_1, k_2. Εφαρμόζεται χωριστά το test Pettitt στις υποσειρές $(1, k_2)$ και (k_1, n) και υπολο-

Το σημείο αλλογής δίνεται από την τιμή k του x_k για την οποία γίνεται μέγιστο ή ελάχιστο εφόσον η μεταβολή είναι μείωση ή αύξηση. Η χρονοσειρά πρέπει να είναι ομογενής δηλαδή δεν υπάρχει αλλαγή στις παρατηρήσεις (αλλαγή οργάνου, τρόπου υπολογισμού, θέσης οργάνου, χρόνου μέτρησης κ.λπ.).

Στην περίπτωση που υπάρχει τάση και την ίδια στιγμή το διάγραμμα Kendall των τιμών του ut από την αρχή προς το τέλος των παρατηρήσεων και αντίστροφα τέμνεται σε ένα σημείο οι τιμές χωρίζονται σε δύο ομάδες και στη μία υπάρχει το μέγιστο ή ελάχιστο των τιμών που υπολογίζονται από το test Pettitt. Εφαρμόζεται το test Mann-Whitney με μηδενική υπόθεση $M_I = M_{II}$ που είναι οι διάμεσοι του x_k των δύο ομάδων που χωρίζονται οι τιμές. Η εναλλακτική υπόθεση είναι $M_I \neq M_{II}$. Όταν η τιμή της πιθανότητας είναι μικρότερη από 0.01, τότε θεωρείται ότι οι δύο ομάδες της μεταβλητής διαφέρουν σημαντικά και το σημείο που εμφανίζεται το μέγιστο ή ελάχιστο των τιμών θεωρείται σημαντικό σημείο αλλαγής.

Περίπτωση περισσοτέρων σημείων αλλαγής

Όταν το διάγραμμα Kendall των τιμών του u_t από την αρχή προς το τέλος των παρατηρήσεων και αντίστροφα τέμνεται σε περισσότερα από ένα σημεία, τότε η χρονοσειρά παρουσιάζει πολλές διακυμάνσεις. Στην περίπτωση αυτή γίνεται ανάλυση των διαφόρων υποσειρών.

Εάν a_0 είναι το επίπεδο σημαντικότητας της χρονοσειράς (στην περίπτωση αυτή είναι 0.01) και n' το μέγεθος της υποσειράς, η συνθήκη ώστε το επίπεδο σημαντικότητας να παραμένει σταθερό είναι

$$(1 - a')^{n/n'} = 1 - a_0$$

όπου a' το επίπεδο σημαντικότητας της υποσειράς. (R. Sneyers On the use of statistical analysis for the objective determination of climate change). Εφαρμόζεται το test Pettitt και βρίσκεται το μέγιστο και το ελάχιστο της στατιστικής μεταβλητής xk και εάν k_1, k_2 είναι τα χρονικά σημεία των ακρότατων, τότε γίνεται ανάλυση των υποσειρών $(1, k_1)$, (k_1, k_2), (k_2, n), $(1, k_2)$ και (k_1, n).

Εξετάζεται εάν υπάρχει τάση στις υποσειρές $(1, k_1)$, (k_1, k_2) και (k_2, n). Στην περίπτωση που είναι σταθερές η εφαρμογή του test Kendall από την αρχή προς το τέλος των παρατηρήσεων και αντίστροφα δεν μπορεί να γίνει για εξακρίβωση της σημαντικότητας των k_1, k_2. Εφαρμόζεται χωριστά το test Pettitt στις υποσειρές $(1, k_2)$ και (k_1, n) και υπολογίζεται το επίπεδο σημαντικότητας της ακρότατης τιμή x_E που δίνεται από τη σχέση

$$a = \exp\{-6(x_E)^2/(n^3 + n^2)\}.$$

Όταν το x_E είναι θετικό τότε γίνεται η σύγκριση με το α' χωρίς να διπλασιασθεί η τιμή του α, διαφορετικά η τιμή του α διπλασιάζεται.

Εάν $a > a'$ τότε το ακρότατο x_E που βρέθηκε δεν είναι σημαντικό σημείο αλλαγής.

Εάν $a < a'$ τότε το ακρότατο x_E της υποσειράς είναι σημαντικό σημείο αλλαγής.

Στην περίπτωση που οι υποσειρές $(1, k_1)$, (k_1, k_2) και (k_2, n) έχουν τάση, εφαρμόζεται το test Pettitt σε όλη τη χρονοσειρά με τον ίδιο τρόπο. Όταν υπάρχει ένα ακρότατο μέγιστο ή ελάχιστο, τότε υπάρχουν δύο υποσειρές για ανάλυση.

TEST ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ

Για τους δύο σταθμούς χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των κυρίων συνιστωσών. Έστω x ο πρώτο σταθμός και y ο δεύτερος. Πρώτα έγινε η τυποποίηση των μεταβλητών

$$x_s = \frac{x - \bar{x}}{s_x} \qquad y_s = \frac{y - \bar{y}}{s_y}$$

όπου $\bar{x}$, $\bar{y}$ η μέση τιμή και sx,sy η τυπική απόκλιση.
Δημιουργούνται οι νέες μεταβλητές

$$u = (x_s + y_s)/\sqrt{2} \qquad v = (x_s - y_s)/\sqrt{2}$$

που είναι ανάλογες αντίστοιχα της πρώτης και της δεύτερης κύριας συνιστώσας.

Οι μεταβλητές u και v είναι ασυσχέτιστες. Χρησιμοποιούμε τις χρονοσειρές u(t) και v(t).

Έτσι x Αθήνα και y Αλίαρτος (1)

y Αλίαρτος και w παροχή Β. Κηφισού (2)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν είναι του Αστεροσκοπείου Αθηνών και της Αλιάρτου και οι παροχές του Β. Κηφισού επειδή οι χρονοσειρές που θα εφαρμοστούν τα στατιστικά test πρέπει να είναι μακρές άνω των 60 χρόνων. Δεν ήταν εύκολο να βρεθούν άλλες μακρές χρονοσειρές, διότι οι σταθμοί της Ελλάδας που ανήκουν στην υπηρεσία του Αστεροσκοπείου σταματούν να λειτουργούν γύρω στο 1931 και μετά αρχίζουν να λειτουργούν της ΕΜΥ και της ΔΕΗ. Για την κατακρήμνιση του ΕΑΑ το διάστημα από το 1893 έως σήμερα, κατά το οποίο οι μετρήσεις γίνονται στην ίδια θέση και γίνεται σύγκριση μεταξύ βροχομέτρου και βροχογράφου, μπορεί να θεωρηθεί ως περίοδος ομογενών παρατηρήσεων. Για τη θερμοκρασία του ΕΑΑ οι μετρήσεις έγιναν στις 8,12 και 21 (1858-1929) και στις 8,12 και 20 (1930-σήμερα). Από το 1984 χρησιμοποιείται θερμογράφος 24 ωρών και γίνεται σύγκριση με τις τρεις ημερήσιες τιμές. Η Αλίαρτος για το 1907-1964 έχει βροχομετρικά δεδομένα από τον Οργανισμό Κωπαΐδος και βρίσκονται στη Μελέτη υδατικού ισοζυγίου μετά υδρογεωλογικής ερεύνης κοιλάδος Βοιωτικού Κηφισού και πεδιάδων Κωπαΐδος και Θηβών των Π.Δ. Λαδόπουλου και Ν.Δ. Χωραφά (Αθήνα Φεβρουάριος 1974). Το βροχόμετρο της ΕΜΥ θεωρείται το πλέον αξιόπιστο της ευρύτερης περιοχής. Το βροχόμετρο είναι 090 Αναγνώστου και έχει έναρξη λειτουργίας 1967, είναι σε άριστη κατάσταση και δεν έχει μετακινηθεί. Η συμπλήρωση του σταθμού έγινε με βάση το σταθμό της Τανάγρας, διότι οι μετρήσεις της ΕΜΥ αρχίζουν το 1965.

Η θερμοκρασία της Αλιάρτου από το 1907-1958 είναι του Οργανισμού Κωπαΐδας και από το 1967 έως σήμερα της ΕΜΥ. Οι μετρήσεις θερμοκρασίας του Οργανισμού Κωπαΐδας υπάρχουν στη μελέτη των Αλτηγού-Κυριακού-Μαχαίρα Ύδρευση Αθηνών προκαταρκτική έκθεση (Αθήνα 1964). Τα θερμόμετρα είναι σε άριστη κατάσταση και δεν έγινε μετακίνηση του σταθμού όσον αφορά την ΕΜΥ. Η μέση θερμοκρασία δεν μελετήθηκε λόγω του ότι είναι αποτέλεσμα υπολογισμού. Για την ελάχιστη θερμοκρασία Αλιάρτου ο συντελεστής συσχέτισης με την Τανάγρα τον Αύγουστο είναι 0.15, αλλά η συμπλήρωση έγινε με βάση το σταθμό αυτό.

Η ετήσια απορροή του Β. Κηφισού δεν είναι φυσική ροή, διότι είναι φυσική τους χειμερινούς μήνες μέχρι το Μάιο και το καλοκαίρι επηρεάζεται από την άρδευση. Το 1942-43 έχει έλλειψη σε Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Επίσης τα έτη 1964-65, 1965-66, 1966-67, 1967-68 και 1976-77 λείπουν. Ο Β. Κηφισός με λεκάνη απορροής 2010 km^2 μέσω της Σήραγγας Καρδίτσας τροφοδοτεί την Υλίκη. Η απορροή του Β. Κηφισού μετριέται από το 1906-07 με μικρές περιόδους ελλείψεων. Μέχρι το 1975-76 οι μετρήσεις γίνονταν στην Παλιά Διώρυγα Καρδίτσας και στη συνέχεια στη Νέα Διώρυγα, όπου υπάρχει σταθμήμετρο της ΕΥΔΑΠ. Η στάθμη ανάγεται σε παροχή με υδραυλικές μεθόδους, αλλά ο συντελεστής τραχύτητας της διώρυγας έχει εκτιμηθεί από μία μόνο υδρομέτρηση. Θεωρούμε ότι οι χρονοσειρές έχουν αναχθεί σε αμογενείς..

ΣΤΑΘΜΟΙ

ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ
Αστεροσκοπείο Αθηνών	Κατακρήμνιση (1870 - 1992), Θερμοκρασία (1896 - 1992), αριθμός ημερών βροχής (1870 - 1992)
Αλίαρτος	Κατακρήμνιση (1907 - 1993), Θερμοκρασία (1907 - 1988)
Βοιωτικός Κηφισός (Σήραγγα Καρδίτσας ΕΥΔΑΠ)	Παροχή (1907-1993)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΤΗΣΙΩΝ

ΣΤΑΘΜΟΙ	TEST KENDALL	TEST PETTITT
ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΤΑΣΗ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΗΜΕΙΟ ΑΛΛΑΓΗΣ
ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ	ΤΑΣΗ ΑΥΞΗΤΙΚΗ ΣΗΜΕΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ 1918 - 19 ΚΑΙ 1920 - 21	1922 - 33 ΕΛΑΧΙΣΤΟ
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΤΑΣΗ	1922 - 23 ΕΛΑΧΙΣΤΟ
ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΑΛΙΑΡΤΟΥ	ΠΤΩΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΣΗΜΕΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ 1971 - 72 ΚΑΙ 1979 - 80	1955 - 56 ΜΕΓΙΣΤΟ
ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΛΙΑΡΤΟΥ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΤΑΣΗ	1961 - 62 ΜΕΓΙΣΤΟ
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΛΙΑΡΤΟΥ	ΠΤΩΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΣΗΜΕΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ 1939 - 40 ΚΑΙ 1940 - 41	1947 - 48 ΜΕΓΙΣΤΟ
ΠΑΡΟΧΗ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ	ΠΤΩΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΣΗΜΕΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ 1985 - 86 ΚΑΙ 1986 - 87	3 ΦΟΡΕΣ ΤΟ ΙΔΙΟ ΜΕΓΙΣΤΟ

Για τον αριθμό ημερών κατακρήμνισης του Αστερασκοπείου δεν υπάρχει τά - ση και σημείο αλλαγής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΝΙΑΙΩΝ

ΣΤΑΘΜΟΙ	TEST KENDALL	TEST PETTITT
ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΤΑΣΗ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΗΜΕΙΟ ΑΛΛΑΓΗΣ
ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ	ΤΑΣΗ ΑΥΞΗΤΙΚΗ ΣΗΜΕΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΣ 1921-22 (ΕΛΑΧΙΣΤΟ) ΙΟΥΝΙΟΣ 1921-22 (ΕΛΑΧΙΣΤΟ)	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 1922-23 ΕΛΑΧΙΣΤΟ
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΤΑΣΗ	ΙΟΥΝΙΟΣ 1924-25 ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΙΟΥΛΙΟΣ 1925-26 ΕΛΑΧΙΣΤΟ*
ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΑΛΙΑΡΤΟΥ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΤΑΣΗ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΗΜΕΙΟ ΑΛΛΑΓΗΣ
ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΛΙΑΡΤΟΥ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΤΑΣΗ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΗΜΕΙΟ ΑΛΛΑΓΗΣ
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΛΙΑΡΤΟΥ	ΠΤΩΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΣΗΜΕΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΙΟΥΛΙΟΣ 1931-32 ΕΩΣ 1936-37*	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΗΜΕΙΟ ΑΛΛΑΓΗΣ
ΠΑΡΟΧΗ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ	ΠΤΩΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΣΗΜΕΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 1985-86 (ΜΕΓΙΣΤΟ)	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΗΜΕΙΟ ΑΛΛΑΓΗΣ

* Παρατηρούνται σε κοντινές χρονολογίες τα σημεία αλλαγής.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗΣ
Το test Pettitt δεν έδειξε σημεία αλλαγής.

Το test Kendall έδειξε πτωτική τάση τον Ιούνια, Ιούλιο, Αύγουστο αλλά κανένα σημείο αλλαγής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

Για τη μέγιστη θερμοκρασία του Αστεροσκοπείου το test Kendall έδειξε σημείο αλλαγής στο 1918-19 και στο 1920-21, ενώ το test Pettitt έδειξε σημείο αλλαγής το 1922-23 (ελάχιστο) στα ετήσια. Αυτά οφείλονται στα σημεία αλλαγής που παρουσιάζονται τον Απρίλιο το 1921-22 και Ιούνιο το 1921-22 για το test Kendall και το Νοέμβριο το 1922-23 (ελάχιστο) για το test Pettitt. Η ελάχιστη θερμοκρασία του ΕΑΑ δεν παρουσιάζει τάση ενώ το test Pettitt παρουσιάζει το 1922-23 σημείο αλλαγής (ελάχιστο) που οφείλεται στο σημείο αλλογής που παρουσιάζεται τον Ιούνιο 1924-25 (ελάχιστο) και τον Ιούλιο το 1925-26 (ελάχιστο).

ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΕΑΑ

Στην κατακρήμνιση δεν παρουσιάζεται τάση και σημείο αλλαγής. Για τον αριθμό ημερών κατακρήμνισης το test Pettitt δεν έδειξε σημειο αλλαγής. Το test Kendall δεν έδειξε τάση στα ετήσια ενώ υπάρχει πτωτική τάση στον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο αλλά κανένα σημείο αλλαγής.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΛΙΑΡΤΟΥ

Η μέγιστη θερμοκρασία της Αλιάρτου δεν παρουσιάζει τάση. Τα ετήσια παρουσιάζουν σύμφωνα με το test Pettitt μέγιστο το 1961-62 που δεν επαληθεύεται από τα μηνιαία. Η ελάχιστη θερμοκρασία Αλιάρτου σύμφωνα με το test Kendall παρουσιάζει σημεία αλλαγής το 1939-40 και 1940-41 που οφείλονται στα σημεία αλλαγής που εμφανίζονται τον Ιούλιο από το 1931-32 έως το 1936-37. Σύμφωνα με το test Pettitt παρουσιάζει το 1947-48 μέγιστο που δεν επαληθεύεται από τα μηνιαία.

ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΑΛΙΑΡΤΟΥ

Η κατακρήμνιση Αλιάρτου σύμφωνα με το test Kendall παρουσιάζει σημεία αλλαγής το 1971-72 και το 1979-80 που δεν επαληθεύονται από τα μηνιαία. Σύμφωνα με το test Pettitt παρουσιάζει το 1955-56 μέγιστο που δεν επαληθεύεται από τα μηνιαία.

ΠΑΡΟΧΗ Β. ΚΗΦΙΣΟΥ

Η παροχή Β. Κηφισού σύμφωνα με το test Kendall παρουσιάζει σημεία αλλαγής το Φεβρουάριο το 1985-86 ενώ το test Pettitt δεν έδειξε σημείο αλλαγής. Τα ετήσια δεν λαμβάνονται υπόψη λόγω του ότι η χρονοσειρά δεν είναι φυσική ροή.

Συμπεράσματα

Η θερμοκρασία του ΕΑΑ παρουσιάζει σημείο αλλαγής γύρω στο 1920, είναι ελάχιστο και συμφωνεί με τη μελέτη του Κατσούλη (1987). Η κατακρήμνιση του Αστεροσκοπείου Αθηνών δεν έδειξε τάση και σημείο αλλαγής. Για τον αριθμό ημερών κατακρήμνισης του Αστεροσκοπείου υπάρχει πτωτική τάση τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο αλλά δεν υπάρχει στο ετήσιο. Η ελάχιστη θερμοκρασία Αλιάρτου έχει σημεία αλλαγής γύρω στο 1940 σύμφωνα με το test Kendall, ενώ η παροχή του Βοιωτικού Κηφισού γύρω στο 1986 (Φεβρουάριος) σύμφωνα με το ίδιο test. Για την κατακρήμνιση και τη μέγιστη θερμοκρασία της Αλιάρτου τα ετήσια δεν επαληθεύονται από τα μηνιαία.

Βιβλιογραφία

Ζερεφός, Χ.Σ. Κοσμάς, Ρεπάπης, Ζαμπάκας. (1977). Μελέτη επί των χρονοσειρών βροχής εις τον σταθμόν του Εθν. Αστ. Αθηνών κατά την εκατονταετία 1871 - 1970. Δημοσιεύματα Εργ. Κλιματολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών.

Kambetzidis, H.D. (1989). Analysis of the long term precipitation series at Athens Greece Climatic Change 14 p. 263 - 290.

Κανδήλη, Φ. (1991). Τάση υψών υετού στον Ελλαδικό χώρο την τελευταία 30ετία 1960 - 1989. Δημοσιεύματα Εργαστηρίου Κλιματολογίας Αθηνών Διευθυντής Καθηγ. Ι.Δ. Ζαμπάκας Αθήνα.

Κανελλοπούλου, Ε.Α., Νικολάκης, Δ.Ι. (1984). Κλιματική τάση θερμοβροχομετρικής καταστάσεως των χειμώνων στην Αθήνα. Τεχνικά Χρονικά Α' Τόμ. 4 Τεύχ. 4.

Carapiperis, Leon. (1960) Trends in the Mediterranean rainfall.

Κατσούλης Β., Τσελεπιδάκη, Θεοχαράτος. (1976). Χαρακτηριστικά του υετού εν Αθήναις. Δελτίον Ελληνικής Μετεωρολογικής Εταιρείας Τόμος 1ος Τεύχος 2ο.

Katsoulis, B.D. (1987). Indications of change of climate from the analysis of air temperature time series in Athens, Greece. Climatic Change 10 p. 67 - 79.

Katsoulis, B.D., Τσελεπιδάκη, Καμπετζίδης. (1986). Analysis of the long term series of climatic data from Athens Greece. Τελική έκθεση προς την 11η διεύθυνση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής GLI - 118 - GR.

Katsoulis, B.D. Kambetzidis H.D. (1984). Evidence of the change of climate as revealed from climatological analysis of Athens time series air temperature XVIII International Conference for Apline Meteorology Opatija.

Μαμάσης, Ν., Ναλμπάντης, Κουτσογιάννης. (1992). Διερεύνηση υδρολογικών χαρακτηριστικών των λεκανών Μόρνου και Β. Κηφισού-Υλίκης. Ημερίδα ΤΕΕ.

Nastos, P. Th. (1993). Changements de la pluie au region hellenique pendant la period 1858-1992. Συνέδριο Κλιματολογίας Θεσσαλονίκη.

Nastos, P., Dikaiakos J. Temperature variations over Greece during the period 1858-1990 1st General Conference of the Balkan Physical Union.

Repapis, C.C. (1989). A quasi-nine year oscillation of the water level in Lake Copais (Greece) cited by Theophrastus (4th century b.C.) and Pliny (1st century a.D.). Climatic Change 14 p. 81-87.

Sneyers, R. (1992). On the use of statistical analysis for the objective determination of climate change Meteorol. Zeitschrift N.E. 1, p. 247-256.

Vannitsem, St., Demaree G. (1991). Detection et modelisation des secheresses au Sahel. Hydrol. continent. vol. 6, no 2 p. 155-171.

Μετρήσεις επιφανειακών θαλάσσιων θερμοκρασιών στο κεντρικό Αιγαίο από δεδομένα LANDSAT TM

Αθ. Γκανάς και Μ. Στεφούλη***

**Department of Geography, GrHelveticaity of Reading, Whiteknights, Reading, RG6 2AB, UK.*

***Διεύθυνση Τηλεπισκόπησης, ΙΓΜΕ, Μεσογείων 70, 11527 Αθήναι*

Περίληψη

Η θερμοκρασία της θαλάσσιας επιφάνειας είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες μελέτης του φυσικού περιβάλλοντος, αφού υπεισέρχεται ως κυρία παράμετρος στον υπολογισμό παγκοσμίων ενεργειακών ισοζυγίων, ενώ ακόμη και απειροελάχιστες διακυμάνσεις της έχουν μεγάλες επιπτώσεις στην ισορροπία πολλών θαλασσίων οικοσυστημάτων. Η Τηλεπισκόπηση, παρέχει το μοναδικό, αξιάπιστο και συνεπές επιχειρησιακό σύστημα ταχείας και ακριβούς μετρήσεως των επιφανειακών θαλασσίων θερμοκρασιών *(εθθε)* σε παγκάσμια κλίμακα.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε μία μεθοδολογία εξαγωγής εθθε, χρησιμοποιώντας ψηφιακά δεδομένα του θερμικού διαύλου (10.4 - 12.5 μικρά) του σαρωτή TM (Thematic Mapper, Θεματικός Χαρτογράφος), ο οποίος μεταφέρεται επί των δορυφόρων Landsat - 4 και Landsat - 5. Τα δεδομένα TM έχουν ιδιαίτερη σημασία γιά χώρες με κλειστά αρχιπελάγη, όπως η Ελλάδα, επειδή τα ακτινόμετρα περιοχικής καλύψεως αδυνατούν να παράσχουν τοπικές μετρήσεις. Αξιοποιώντας την υψηλή χωρική διακριτική ικανότητα (120 m) του TM και εφαρμόζοντας ένα πρόσφατο μοντέλο ατμοσφαιρικής διορθώσεως, χαρτογραφήσαμε τοπικές θερμοκρασιακές δομές σε περιοχές του Κεντρικού Αιγαίου, στον Παγασητικό και Βόρειο Ευβοϊκό Κόλπο, με ακρίβεια καλύτερη του 0.5°C. Η επεξεργασία θερμικών δεδομένων του TM παρέχει πολλαπλές, νέες δυνατότητες στις γεωεπιστήμες, όπως στην μελέτη των χωροχρονικών μεταβολών της θερμικής αδρανείας του εδάφους, στην ανίχνευση παρακτίων πηγών από καρστικούς υδροφορείς, και ακόμη στην εκμετάλλευση γεωθερμικών πεδίων.

Abstract

Sea Surface Temperature (SST) is one of the most important parameters of the natural environment. It plays a key role in the

calculation of the global energy budgets and its fluctuations affect marine ecosystems considerably. It is therefore of paramount importance, the quick and accurate estimation of SST, using thermal infrared data collected by spaceborn sensors.

In oceanic scale, the most-commonly used sensors are AVHRR/2 and ATSR-1 and -2, carried by the satellites series NOAA and ERS, respectively, that are capable of extracting SST twice a day with an accuracy of less than 0.3 degrees Centigrade. However, within closed seas, such as the Aegean, the wide-field of view of the aforementioned sensors (resulting in a pixel area of approximately 1 km^2), fails to map local temperature patterns. These patterns, on the other hand, are visible when the Thematic Mapper (TM) sensor, mounted on Landsat-4 and -5 satellites, is used that acquires thermal IR images with a 120-m spatial resolution.

This study applied TM thermal data collected by Landsat-4 on 28.1.1988 over Central Greece, towards the estimation of SST for the purpose of distinguishing local temperature patterns associated with sea currents, drainage supply and groundwater discharge. Brightness Temperatures were derived using the parameters from Singh (1988), and correction for the atmospheric effect was applied according to Richter (1991). We tested our results with SST extracted from digitally processed AVHRR imagery, of the same day, that was supplied to us in raw format by the GrHelveticaity of Dundee Satellite Station. For the Central Aegean Sea and the Northern Gulf of Evia, our estimation differs by 0.5°C. For the coastal areas we do not have an independent spaceborn test or any seatruth information, so our results may deviate as much as 1°C from the actual SST. It is proposed that cold temperatures recorded on Maliakos Gulf resulted from Sperchios river outflow, whereas cold spots along the coastlines of Lokris, Pelion and Dirfy mountains are groundwater spring discharges.

Εισαγωγή

Η Τηλεπισκόπηση της θαλάσσιας επιφάνειας με την χρήση αερομεταφερομένων και δορυφορικών σαρωτών, αποτελεί πλέον μία πολύτιμη τεχνική για την μελέτη και παρακολούθηση της καταστάσεως αυτού του περιβαλλοντικού συστήματος. Ενα προϊόν της Τηλεπισκόπησης, η μέτρηση των επιφανειακών θαλασσίων θερμοκρασιών *(εθθε-SST)* χρησιμοποιείται σε επιχειρησιακή βάση από ορισμένα διεθνή Ωκεανογραφικά κέντρα και Μετεωρολογικές Υπηρεσίες, από το 1979, με την τροχιοθέτηση της σειράς των Αμερικανικών πολικών δορυφόρων NOAA. Οι δορυφόροι της σειράς αυτής φέρουν τον σαρωτή AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) με δύο θερμικούς διαύλους, καθώς επίσης και μιό σειρά άλλων οργάνων-μετρητών διαφόρων ατμοσφαιρικών παραμέτρων (Πίνακας 1).

ΕΥΡΟΣ ΣΑΡΩΣΕΩΣ	± 55.4 degrees	
ΕΔΑΦΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ	2700 km	
ΥΨΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ	833 km	
.ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ	102 min	
ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΤΡΟΧΙΑΣ	98.8 degrees	
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ	1.16 km nadir	
ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	10 - bits	
ΦΑΣΜΑΤΙΚΟ ΕΥΡΟΣ	ΔΙΑΥΛΟΣ - 1 Mapping	0.58 - 0.68 μm
	ΔΙΑΥΛΟΣ - 2 Surface Water	0.725 - 1.10 μm
	ΔΙΑΥΛΟΣ - 3 Cloud Mapping	3.55 - 3.93 μm
	ΔΙΑΥΛΟΣ - 4 SST	10.30 - 11.30 μm
	ΔΙΑΥΛΟΣ - 5 SST	11.50 - 12.50 μm

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Χαρακτηριστικά συστήματος NOAA/AVHRR

Επιπλέον, από το 1991, γίνεται εξαγωγή *εθθε* με καλύτερη ακρίβεια από το ακτινόμετρο ATSR (Along Track Scanning Radiometer), το οποίο μεταφέρεται από τον Ευρωπαϊκό δορυφόρο ERS - 1 και - 2. Το ATSR έχει μικρότερο μεν εδαφικό αποτύπωμα (500 km), το οποίο όμως σαρώνεται διπλά κατά την ίδια διέλευση, λόγω της δυνατότητας ταυτόχρονης εμπρόσθιας σαρώσεως. Η διπλή σάρωση περιορίζει στο ελάχιστο τις ατμοσφαιρικές επιδράσεις στην εξαγωγή των εθθε, δηλαδή, τον σημαντικότερο παράγοντα σφάλματος κατά τους υπολογισμούς.

Εν τούτοις, ήδη από το 1982, με την τροχιοθέτηση του δορυφόρου Landsat - 4, ενέκυψε η δυνατότητα χωροχρονικής παρακολουθήσεως των μεταβολών των *εθθε*, σε κλίμακα δέκα φορές μεγαλύτερη αυτής των ακτινομέτρων περιοχικής καλύψεως. Η εργασία αυτή παρουσιάζει μία μεθοδολογία εξαγωγής εθθε χρησιμοποιώντας παράμοια θερμικά δεδομένα γιά τις θαλάσσιες περιοχές του Κεντρικού Αιγαίου, του Παγασητικού, Μαλιακού και Βορείου Ευβοϊκού κόλπου (Εικ. 1). Η αξιοποίηση του χωρικού πλεονεκτήματος, καθιστά τις εξαγόμενες *εθθε* εξαιρετικά σημαντικές, ιδιαίτερα γιά την μελέτη παρακτίων φαινομένων. Επί παραδείγματι, δεδομένα Landsat έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην παρακολούθηση της καταστάσεως θερμικών πιδάκων, προϊόντων της λειτουργίας πυρηνικών αντιδραστήρων (Liu and Kuo, 1994).

Εικ. 1. Θερμική εικόνα της Ανατολικής Στερεας και θαλασσίων περιοχών, της 28.1.1988, συλλεχθείσα από τον σαρωτή TM του δορυφόρου Landsat-4. Ο πίνακος συσχετίσεως (LUT) ψηφιακών τιμών-τιμών ακτινοβολίας ειναι κονονικός, δηλαδή, οι ψυχρότερες περιοχές αντιπροσωπεύονται με μελανές αποχρώσεις του τεφρού, και οι θερμότερες με λευκότερες. Η επίδραση του αναγλύφου στην κατανομή των θερμοκρασιών είναι καταλυτική, με τις προσήλιες δομές να ακτινοβολούν περισσότερο. Ορισμένες τοπικές θερμοκρασιακές ανωμαλίες διακρίνονται στην θάλασσα, ειδικό στις παράκτιες περιοχές. Κλίμακα περίπου 1:500000.

Ακόμη, στην βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετά παραδείγματα χρήσεως τέτοιων δεδομένων με ιδιαιτέρως ικανοποιητική ακρίβεια (π.χ., 0.6°C αναφέρουν οι Schneider and Mauser, 1991). Πιστεύουμε ότι τα δεδομένα αυτά χρήζουν μεγαλύτερης προσοχής από τους γεωεπιστήμονες, ειδικά στον Ελληνικό χώρο, ο οποίος λόγω της νεοτεκτονικής του κατασκευής, έχει κατατμηθεί σε μιά σειρά θαλασσίων λεκανών, κόλπων και ορμίσκων. Οι εξαγόμενες εθθε έχουν εξαιρετική σημασία σε επιστημονικές περιοχές όπως στην Θαλάσσια Γεωλογία και Βιολογία, στην Ιχθυολογία, στην Παράκτια Γεωμορφολογία και στην Υδρογεωλογία.

Θεωρητικό υπόβαθρο

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που λαμβάνει ο δορυφορικός σαρωτής από την θαλάσσια επιφάνεια έχει τρείς συνιστώσες, την πηγή (επιφάνεια) εκπομπής, την ατμόσφαιρα, και τον ήλιο. Η ατμόσφαιρα επηρεάζει δραστικώς το εκπεμπόμενο σήμα μέσω των διεργασιών της απορροφήσεως, της ιδίας εκπομπής ακτινοβολίας και της σκεδάσεως. Αυτές οι διεργασίες προκαλούνται από τα διάφορα συστατικά της ατμόσφαιρος, δηλαδή τους υδρατμούς, τα αιωρούμενα σωματίδια, διάφορες χημικές ενώσεις αερίων (π.χ., CO_2, O_3), κρυστάλλους πάγου και άλατος και τέλος από διάφορους ρύπους (ηφαιστειακής ή αιολικής προελεύσεως). Μία περιεκτική παρουσίαση των ατμοσφαιρικών επιδράσεων στο θερμικό υπέρυθρο δίνει ο Fiuza (1992), αναδεικνύοντας τον ρόλο της απορροφήσεως στην απόσβεση της ηλεκτρομαγνητικής ακτιναβολίας, και ειδικότερα την σημασία των υδρατμών.

Η κατανόηση της λειτουργίας του TM και τα χαρακτηριστικά κατασκευαστικά του σημεία, είναι απαραίτητα για την παρακολούθηση της μεθοδολογίας που παρουσιάζουμε εδώ. Ετσι στο σημείο αυτό παραθέτουμε μία σύνοψη (περισσότερα στοιχεία δίνουν οι Καρτέρης και Μελιάδης, 1992). Αναλυτική περιγραφή αυτού του σαρωτή δίνεται σε ειδικές εκδόσεις της NASA (1984, 1985). Ο TM είναι ένας ηλεκτρομηχανικός σαρωτής, τροχιοθετημένος επί της δεύτερης γενιάς των δορυφόρων Landsat (Landsat-4 και -5). Καταγράφει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε επτά (7) φασματικές ζώνες, εκ των οποίων η μία εκτείνεται από τα 10.45-12.43 μm, όπου σημειώνεται το μέγιστο της εκπομπής ακτινοβολίας από την γήϊνη επιφάνεια. Επίσης, η χωρική διακριτική ικανότητα του σαρωτή είναι 120 m, καθιστώντας τον TM τον αναλυτικότερο διαστημικό θερμικό καταγραφέα ακόμη μέχρι και σήμερα. Η ψηφιοποίηση του σήματος γίνεται εν τροχιά, σε 256 επίπεδα, αν και στο θερμικό υπέρυθρο η διακύμανση της καταγραφής σπανίως ξεπερνά τα 50 εξ' αυτών.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του TM αφορά τον τρόπο σαρώσεως. Ο TM συλλέγει δεδομένα και κατά τις δύο διευθύνσεις του περιστρεφόμενου κατόπτρου, εγκαρσίως ώς προς το εδαφικό ίχνος της τροχιάς. Καθώς οι ανιχνευτές στη θερμική φασματική ζώνη είναι 4, αυτό σημαίνει ότι 4 γραμμές δεδομένων συλλέγονται κατά την πρόσθια (προς ανατολάς) σάρωση, και 4 γραμμές κατά την ανάστροφη, με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός συστηματικού θορύβου, γραμμικής διαμορφώσεως και περιόδου 4 γραμμών (banding, 16 γραμμών στους ανακλώμενους διαύλους). Πάντως η αφαίρεση αυτού του θορύβου θεωρείται πλέον τυπική διαδικασία γιά σύγχρονα λογιομικά επεξεργασίας εικόνας.

Απεναντίας, δυσκολότερη καθίσταται η αφαίρεση συστηματικών λωριδώσεων (striping), εμφανιζομένων εντός της τετρα-γραμμικής σαρώσεως, εξ' αιτίας διαφορετικών αποκρίσεων ορισμένων εκ των ανιχνευτών (π.χ., Malaret et al., 1985). Η συνήθης αντιμετώπιση αυτού του θορύβου στα κέντρα προ-επεξεργασίας γίνεται με μετασχηματισμούς Fourier, συχνά με μεγάλα ποσοστά αποτυχίας, έτσι ώστε ο θόρυβος αυτός να μεταφέρεται στο τελικό προϊόν το οποίο παραδίδεται στον χρήστη.

Επιπλέον, τα συλλεγόμενα δεδομένα εμπεριέχουν και σειρά άλλων θορύβων, είτε ακτινομετρικής είτε γεωμετρικής υφής. Η αφαίρεση αυτών των ανεπιθυμήτων συστατικών της σαρώσεως λαμβάνει χώρα στα κατά τόπους κέντρα λήψεως και προ-επεξεργασίας, με την εφαρμογή κατάλληλων αλγορίθμων επί των πρωτογενών δεδομένων. Εν συντομία, οι ακτινομετρικές διορθώσεις αποσκοπούν στην ενίσχυση του λόγου σήματος/θορύβου εξ' αιτίας διακυμάνσεως της αποδόσεως των συστημάτων ψύξεως, και στον έλεγχο της βαθμονομήσεως, ο οποίος είναι απαραίτητος για την άμεση διάγνωση ολισθήσεων του gain του σαρωτή, οι οποίες μπορούν να εισαγάγουν ένα τυπικό σφάλμα στις μετρήσεις έως και 6°C (Schott and Volchok, 1985). Η ακτινομετρική προ-επεξεργασία ολοκληρώνεται με την επανασύνθεση (resampling) της εικόνας μέσω ενός πολυωνύμου παρεμβολής, συνήθως τρίτου βαθμού. Οι γεωμετρικές διορθώσεις αποκαθιστούν τις παραμορφώσεις λόγω της περιστροφής της γής κατά την διάρκεια της διελεύσεως, καθώς και τυχαίων αποκλίσεων του δορυφόρου από την καθορισμένη τροχιά. Τέλος, η σκηνή εγγράφεται σε ένα παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων, συνήθως UTM (ζώνη 34 γιά την Ελλάδα), και παραδίδεται στον χρήστη.

Μεθοδολογία Εργασίας

Τα δεδομένα TM προέρχονται από το αρχείο δορυφορικών εικόνων του ΙΓΜΕ και η σκηνή που μελετήθηκε (Πίνακας 2) έχει παραχθεί από τον Landsat-4 στις 28 Ιανουαρίου 1988 και φέρει τον αριθμό 4202208284 (πλαίσιο 183/33 στο παγκόσμιο σύστημα αναφοράς των δορυφόρων Landsat).

ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ	LANDSAT-4
ΣΑΡΩΤΗΣ	THEMATIC MAPPER
ΥΨΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ	705.3 Km
ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΕΙΚΟΝΑΣ	4202208284
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΕΩΣ	28-1-1988
ΩΡΑ ΛΗΨΕΩΣ	09:42 local time
ΗΛΙΑΚΗ ΓΩΝΙΑ	25 degrees
ΗΛΙΑΚΟ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ	145 degrees North
ΧΩΡΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ	120 m
ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	8-bits
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ	Cubic Convolution
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ	system corrected (UTM, zone 34)
ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	4096 × 4096 pixels

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Στοιχεία εικόνας Landsat

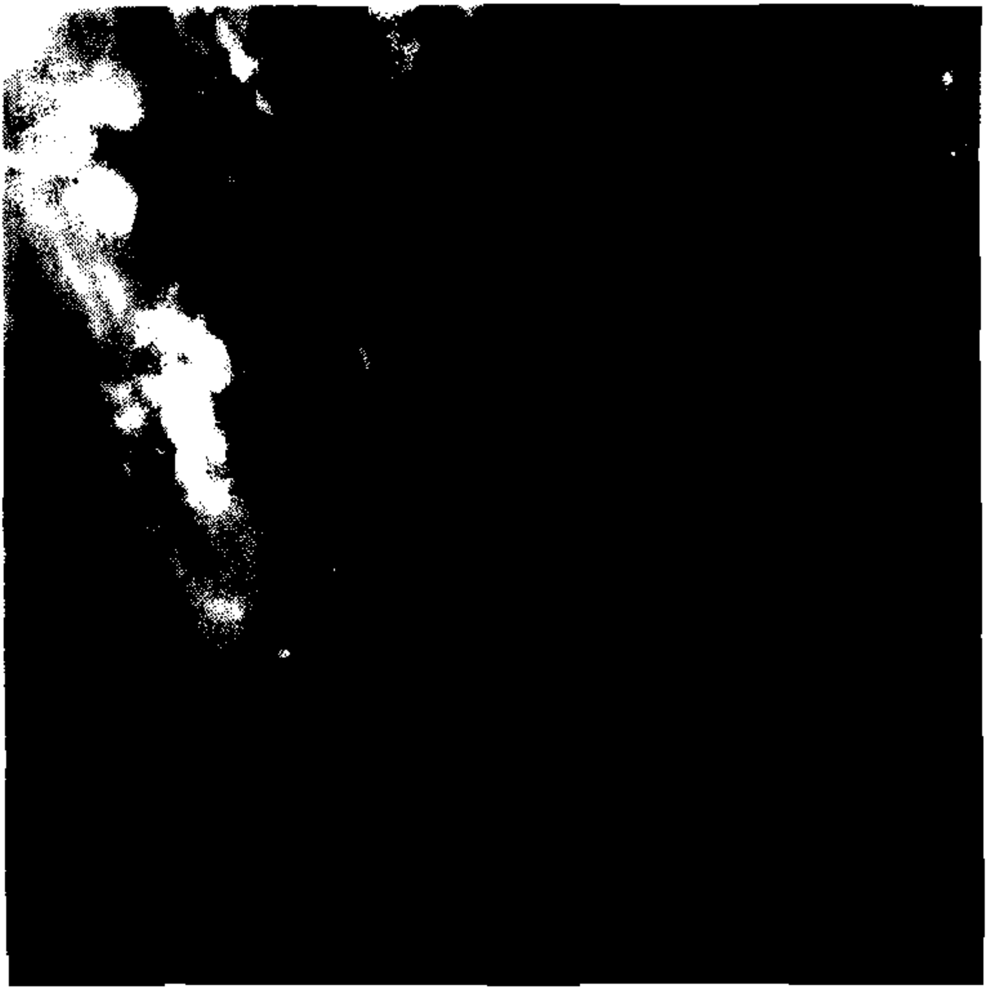
Η σκηνή έχει υποστεί τις τυποποιημένες διορθώσεις σε επίπεδο system-corrected, στο κέντρο παραγωγής του Fucino. Η μεθοδολογία της εργασίας μας, στα βασικά της στάδια, συνίσταται (Πίνακας 3) πρώτον, στην αφαίρεση των εικονοστοιχείων της ξηράς από την εικόνα (masking) μέσω της ψηφιοποιήσεως της ακτογραμμής στο δίαυλο-4 (εγγύς υπέρυθρο), και κατασκευή νέου εικονοαρχείου, δεύτερον, στην εφαρμογή του αλγορίθμου ατμοσφαιρικής διορθώσεως ATCOR (Richter, 1991), τρίτον στην εφαρμογή ενός ισοτροπικού φίλτρου εξομαλύνσεως για την ομογενοποίηση του τελικού ιστογράμματος, και, τέταρτον, στις δοκιμές τεχνικών ψευδο-έγχρωμης τονώσεως των αποτελεσμάτων, για την ανάδειξη των θερμοκρασιακών διαβαθμίσεων.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, system corrected
2. ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΔΙΑΥΛΟΥ (band 6)
   ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ
   ΤΟΝΩΣΗ ΑΝΤΙΘΕΣΕΩΣ
3. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΞΗΡΑΣ
   ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ ΣΤΟΝ ΔΙΑΥΛΟ 4
4. ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΙΚΟ
5. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ (Richter, 1991)
6. ΕΞΑΓΩΓΗ SST
7. ΙΣΟΤΡΟΠΙΚΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΦΙΛΤΡΟ, 7 × 7
8. ΨΕΥΔΟΕΓΧΡΩΜΗ ΤΟΝΩΣΗ
   ΕΠΙΛΟΓΗ LUT
9. ΕΚΤΥΠΩΣΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Μεθοδολογία επεξεργασίας δεδομένων TM

Το ισοτροπικό φίλτρο εξομαλύνσεως εφαρμόστηκε γιά να εξαλείψουμε τον ακατάστατο, γραμμικής υφής, θόρυβο (striping). Υιοθετήσαμε ένα παράθυρο 7 επί 7 εικονοστοιχείων, επειδή αφ' ενός μεν το φίλτρο 5 επί 5 έδειξε ελάχιστη βελτίωση, αφ' ετέρου δε το φίλτρο 11 επί 11 υποβάθμισε υπερβολικά την ποιότητα της εικόνας. Επιλέξαμε δε την γραμμική εξομάλυνση έναντι άλλων φίλτρων (πχ., ενδιαμέσου - median), επειδή τα γραμμικά φίλτρα αποκόπτουν τον θόρυβο στα άκρα του ιστογράμματος (π.χ., Cushnie and Atkinson, 1985), και ως εκ τούτου ομογενοποιούν την εικόνα απορρίπτοντας θερμοκρασιακές τιμές άνω των δεκατεσσάρων (14) και κάτω των οκτώ (8) βαθμών Κελσίου, αντιστοίχως.

Ο αλγόριθμος ATCOR χρησιμοποιεί τη μέθοδο του Singh (1988) για τον υπολογισμό των θερμοκρασιών λαμπρότητος, υϊοθετεί τους ατμοσφαιρικούς συντελεστές του μοντέλου Lowtran 7, και προϋποθέτει μία τυπική τιμή ειδικής εκπομπής γιά τη θαλάσσια επιφάνεια ίση με 0.98. Ο έλεγχος της ακρίβειας των μετρήσεων μας, έγινε με την σύγκριση σειράς τιμών 10 × 10 εικονοστοιχείων TM έναντι μετρήσεων εθθε εξαχθέντων διά της «κλασσικής» μεθόδου, δηλαδή από ψηφιακή επεξεργασία δεδαμένων του αισθητή AVHRR, του δορυφόρου NOAA-9, ο οποίος διήλθε υπεράνω του ελληνικού χώρου την ίδια ημέρα (Εικ. 2), κινούμενος σε ανοδική τροχιά και με διαφορά 5 ωρών.



Εικ. 2. Θερμική εικόνα της περιοχής του Αιγαίου από το ακτινόμετρο περιοχικής σαρώσεως AVHRR (δίαυλος - 4), δορυφόρου NOAA - 9, στις 2μ.μ της 28.1.1988. Εξ' αιτίας του ανεστραμμένου πίνακα συσχετίσεως (LUT), τα ψυχρά νέφη εμφανίζονται με λευκό χρώμα, ενώ οι διάφορες θερμοκρασίες στην θάλασσα στην κλίμακα αποχρώσεων του τεφρού. Διακρίνεται καθαρό το θερμικό μέτωπο στο Βόρειο Αιγαίο.

Η σκηνή AVHRR που χρησιμοποιήσαμε φέρει τον αριθμό 714/09A (αριθμός τροχιάς 16111) και μας χορηγήθηκε από τον σταθμό λήψεως του Dundee. Το διάγραμμα ροής της ψηφιακής επεξεργασίας των δεδομένων AVHRR περιλαμβάνει τα εξής βήματα: ανάγνωση των δεδομένων και εξαγωγή των παραμέτρων βαθμονομήσεως από το αρχείο header, αποκοπή παραθύρου εργασίας 512 × 512 εικονοστοιχείων περικλειόντων την περιοχή ενδιαφέροντος, μετατροπή των 10-bit ψηφιακών τιμών των δύο θερμικών διαύλων σε αντίστοιχες τιμές ακτινοβολίας mW/cm^2 sr μm με την επίλυση των γραμμικών εξισώσεων για τη συγκεκριμένη διέλευση του NOOA-9, υπολογισμό των θερμοκρασιών λαμπρότητος διά κάθε εικονοστοιχείο μέσω της επιλύσεως της εξισώσεως του Planck για κάθε δίαυλο και, τέλος, εφαρμογή του split-window αλγορίθμου MCSST [MCSST (4,5) = [T_{12} + 3.15 (T_{11} − T_{12}) + 0.10] − 273.15] του Walton (1988), ο οποίος και παρέχει τις τελικές θερμοκρασίες. Οι παράμετροι βαθμονομήσεως ήταν οι εξής: κλίσεις δίαυλων-4 και -5 -0.164855 και -0.195250, αντιστοίχως, και τεταγμένες διαύλων-4 και -5 159.499 και 191.703, αντιστοίχως. Η επεξεργασία έγινε σε σταθμό εργασίας Sun Sparc 20, με τη χρήση του λογισμικού ERDAS.

Αποτελέσματα

Η σύγκριση των εξαχθέντων *εθθε* από τους δύο διαφορετικούς σαρωτές έδωσε εντυπωσιακά αποτελέσματα. Η μέση θερμοκρασιακή απόκλιση στα ανοικτά των Κόλπων Μαλιακού, Βορείου και Νοτίου Ευβοϊκού, Παγασητικού, καθώς και στο Κεντρικό Αιγαίο πέλαγος, ήταν 0.5 βαθμοί Κελσίου. Αυτό αποδεικνύει ότι το ατμοσφαιρικό μοντέλο χειμώνος μέσων γεωγραφικών πλατών πού επιλέξαμε ως βασική παράμετρο του αλγορίθμου ATCOR ήταν σωστό, γιά την συγκεκριμένη εποχή (Ιανουάριος). Επιπλέον, οι τιμές των παρακτίων εικονοστοιχείων θα πρέπει να παρακολουθούν αυτή την εντυπωσιακή συμπεριφορά, με κάποια ίσως μεγαλύτερη απόκλιση (που δεν εκτιμούμε ότι υπερβαίνει τον ένα βαθμό Κελσίου). Αναλυτικότερα, μεταξύ των αποτελεσμάτων μας (Εικ. 3) συγκαταλέγεται η ανίχνευση πολλών παρακτίων θερμοκρασιακών ανωμαλιών, τις οποίες και αποδίδουμε στην εμφάνιση υποθαλασσίων πηγών, οι οποίες εκφορτίζουν τους καρστικούς υδροφορείς των ορεινών μαζών της Λοκρίδος, του Πηλίου, της Δίρφυος και του Παρνασσού. Μία εξ' αυτών, η μεγάλη παράκτια πηγή της Τραγάνας, επιβεβαιώθηκε με εργασίες πεδίου. Επίσης, εντοπίζεται ένα θερμικό μέτωπο στον άξονα Σκύρου-Αγ. Ευατρατίου, το οποίο διαχωρίζει το ψυχρό ρεύμα του Βορείου Αιγαίου με τα ανερχόμενα θερμά ύδατα της Ανατολικής Μεσογείου. Η θαλάσσια περιοχή δυτικώς της Σκύρου και νοτίως των Σποράδων νήσων χαρακτηρίζεται από χαμηλές θερμοκρασίες.

Η ψηφιακή επεξεργασία των θερμικών δεδομένων του TM παρέχει νέες, πολλαπλές δυνατότητες στις γεωεπιστήμες, όπως στη μελέτη των χωροχρονικών μεταβολών της θερμικής αδρανείας του εδάφους

Εικ. 3. Χωρική κατανομή των επιφανειακών θαλασσίων θερμοκρασιών μετά το τέλος της ψηφιακής επεξεργασίας. Με λευκό χρώμα απεικονίζεται η ξηρά. Η κλίμακα των χρωμάτων, ερυθρό έως κίτρινο, παρακολουθεί τις θερμοκρασιακές διαβαθμίσεις από τις ψυχρότερες στις θερμότερες *εθθε*. Με ερυθρό χρώμα απεικονίζονται οι ιδιατέρως ψυχρές περιοχές, συσχετιζόμενες με παράκτια και αναβλύζοντα καρστικά ύδατα, και εκβολές υδραγραφικών δικτύων (π.χ. Σπερχειός). Ένας μεγάλος χώρος μίξεως των θαλασσίων υδάτων εμφανίζεται βορείως της Ευβοίας. Κλίμακα περίπου 1:1000000.

προς τον εντοπισμό ορυκτών πρώτων υλών και στην παρακολούθηση των μεταβολών της εδαφικής υγρασίας, στην ανίχνευση υποθαλασσίων πηγών από καρστικούς υδροφορείς, όπως δείξαμε παραπάνω, και ακόμη στη χαρτογράφηση και εκμετάλλευση γεωθερμικών πεδίων. Επίσης, ο συνδυασμός τέτοιων δεδομένων με ψηφισκά μοντέλα εδάφους οδηγεί στον άμεσο υπολογισμό ουσιωδών περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως της χιονοκαλύψεως, η οποία και αποτελεί απαράιτητο στοιχείο εισόδου σε υδρολογικά μοντέλα (π.χ., Δαλέζιος, 1993). Η πρόσφατη ίδρυση σταθμών λήψεως ψηφιακών δεδομένων υψηλής ευκρίνειας AVHRR στην Ελλάδα (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ΕΜΥ) παρέχει πλέον τη δυνατότητα συνεχούς βαθμονομήσεως του θερμικού διούλου του TM, ώστε να καθίσταται εφικτή η ανάπτυξη ερευνητικών και επιχειρησιακών δραστηριοτήτων στους ανωτέρω τομείς.

Ευχαριστίες

Τα δεδομένα Ιανουαρίου 1988 του AVHRR παραχωρήθηκαν ευγενώς από τον δορυφορικό σταθμό του πανεπιστημίου Dundee του Ηνωμένου Βασιλείου. Ευχαριστούμε ιδιαιτέρως, εκεί, τους Peter Baylis και N. Lonie. Ευχαριστούμε θερμώς τον Dr. Sadhu Singh του ερευνητικού κέντρου NUTIS (Reading) διά την διάθεση προγραμμάτων αναγνώσεως, σε περιβάλλον SunOs, αυτών των δεδομένων. Αναγνωρίζουμε επίσης, τις χρήσιμες συζητήσεις περί *εθθε* με τον Graham Ferrier, και την τεχνική βοήθεια των Peter Read και Erica Meller, όλων του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Reading. Ο πρώτος εκ των συγγραφέων υποστηρίζεται από το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών (Πρόγραμμα Υποτροφιών Εξωτερικού).

Βιβλιογραφία

Cushnie, J.L., and Atkinson, P. (1985). Effect of spatial filtering on scene noise and boundary detail in Thematic Mapper Imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 51, 1483-1493.

Δαλέζιος, Ν. (1993). Remote Sensing in Water Resources. Σημειώσεις για το καινοτομικό πρόγραμμα καταρτίσεως Συμβούλων Τηλεπισκόπησης, ΕΛΚΕΠΑ/ΙΤΕ, Αθήνα, 37 σελ.

Fiuza, A.F. (1992). The measurement of sea surface temperature from satellites. In: Space Oceanography (Edited by A.P. Cracknell), World Scientific Ltd., Singapore, 197-279.

Καρτέρης, Μ.Α., και Μελιάδης, Ι.Μ. (1992). Τηλεπισκόπηση Φυσικών Πόρων και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Τόμος ΙΙ. Έκδοση Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 278 σελ.

Liu, G.-R., and Kuo, T.-H. (1994). Improved atmospheric correction process in monitoring SST around the outfall of a nuclear plant. Int. J. Remote Sensing, 15, 2627-2636.

Malaret, E., Bartolucci, L.A., Lozano, D.F., Anuta, P.E., and McGillem, C. D. (1985). Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper Data Quality Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 51, 1407-1416.

NASA, (1984). Landsat-4 Science Investigations Summary. Conference Publication 2326, Vol. I, 199 p; Vol. II, 174 p.

NASA, (1985). Landsat-4 Science Characterisation Early Results. Conference Publication 2355, Vol. II, 477 p.; Vol. III, 593 p.; Vol. IV, 448 p.

Richter, R. (1991). Atmospheric Correction of Landsat TM, MSS, and SPOT Images: ATCOR User Manual, DLR-IB 552-14/90, Oberpfaffenhofen, 35 p.

Schneider, K., and Mauser, W. (1991). The impact of the meteorological situation upon the satellite-derived surface skin temperature. Proceedings of the 11th EARSeL Symposium, Graz, 270-283.

Schott, J.R., and Volchok, W.J. (1985). Thematic Mapper Thermal Infrared calibration. photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 51, 1351-1357.

Singh, S.M. (1988). Brightness Temperature Algorithms for Landsat Thematic Mapper Data. Remote Sensing of Envinornment, 24, 509-512.

Walton, C.C. (1988). Nonlinear multichannel algorithms for estimating sea surface temperature with AVHRR satellite data. Journal of Applied Meteorology, 27, 115-124.

Εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού στην Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου

Ε. Κανελλοπούλλου, Π. Νάστος και Κ. Παγώνης
Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας,
Πανεπιστήμιο Αθηνών, 157 84 Αθήνα

Περίληψη

Η περιοχή της Πανεπιστημιούπολης έχει τα χαρακτηριστικά περιαστικού κλίματος, η μελέτη του οποίου παρουσιάζει μικροκλιματικό ενδιαφέρον. Για το λόγο αυτό θεωρήθηκε απαραίτητη η λειτουργία ενός μετεωρολογικού σταθμού, η εγκατάσταση του οποίου στη θέση φ = 37° 58′ και λ = 23° 47′, πραγματοποιήθηκε στις 20-5-1995 και έκτοτε παρακολουθείται και ελέγχεται ως προς την αξιοπιστία των μετρήσεων, ένα δείγμα των οποίων παρατίθεται στην παρούσα ανακοίνωση.

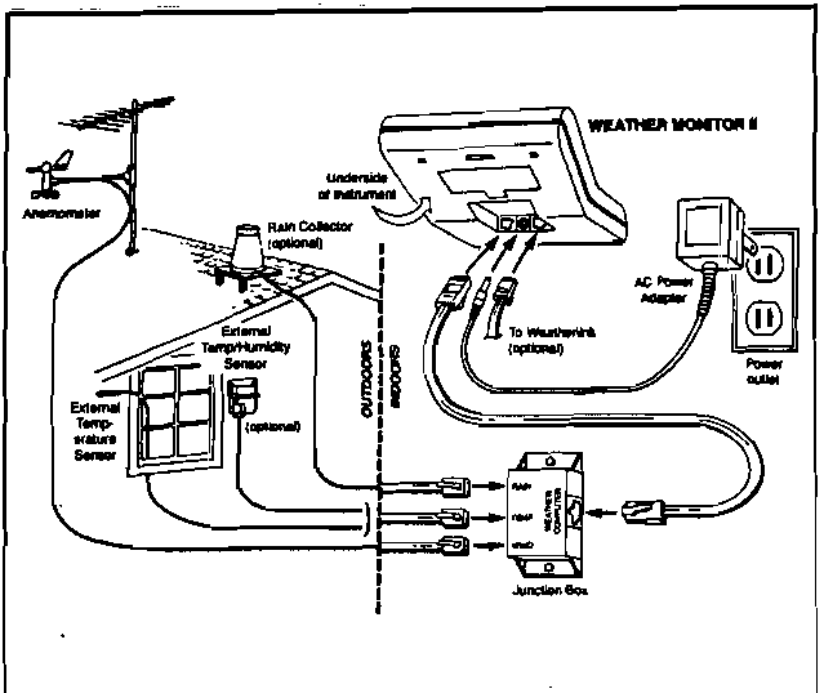
Abstract

The region of the University Campus has the characteristics of a suburbian climate, the study of which presents microclimatic interest. For that reason the operation of a meteorological station was considered neccessary, the establishment of which was done in 20-5-1995, (φ = 37° 58′, λ = 23° 47′) and since then the meteorological data are under investigation for reliability, a sample of them is shown in the present study.

Εισαγωγή

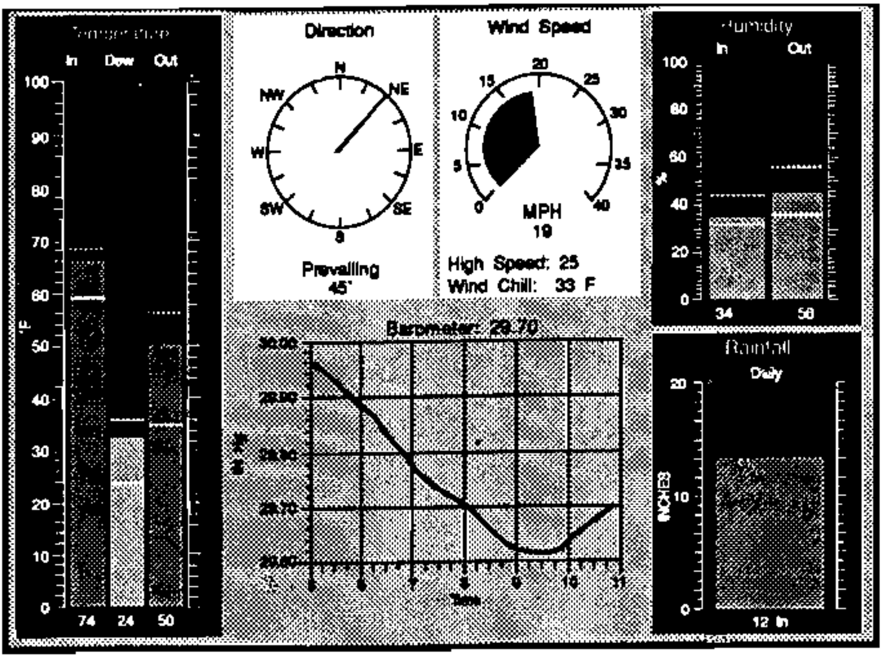
Η ανεξέλεγκτη και άναρχη αστικοποίηση του Λεκανοπεδίου Αττικής, πέραν των κοινωνικών και διαφόρων άλλων προβλημάτων που συσσώρευσε, προκάλεσε με την πάροδο του χρόνου αλλοίωση της μικροκλιματικής του εικόνας. Φαινόμενα όπως η έξαρση των επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καταστροφικών πλημμυρών κ.ά. είναι προϊόν αυτής ακριβώς της αλλοίωσης. Η επιτυχής αντιμετώπιση αναλόγων φαινομένων απαιτεί την συγκρότηση ενός όσο το δυνατό πυκνότερου δικτύου μετεωρολογικών σταθμών, ώστε η εκ των στοιχείων τους προκύπτουσα μικροκλιματική εικόνα να αποδίδει πιστά την πραγματικότητα.

Από την άποψη αυτή κρίθηκε απαραίτητη η εγκατάσταση, στο χώρο της Πανεπιστημιούπολης, ενός πλήρους Μετεωρολογικού Σταθμού, ο οποίος πέραν των προαναφερθεισών αναγκών θα καλύπτει και εκπαιδευτικές ανάγκες του Εργαστηρίου Κλιματολογίας. Η ιδέα υλοποιήθηκε τον Μάιο του 1995 με την εγκατάσταση στους χώρους του Εργαστηρίου Κλιματολογίας του Γεωλογικού Τμήματος του Παν/μίου Αθηνών ενός αυτόματου μετεωρολογικού σταθμού, που κατέγραφε τα στοιχεία: Βροχής, Ατμοσφαιρικής Πίεσης, Ανέμου, Θερμοκρασίας και Υγρασίας. Στα σχήματα (1) και (2) απεικονίζεται η τυπική μορφή ενός απλουστευμένου συστήματος αυτόματης καταγραφής των βασικών Μετεωρολογικών στοιχείων.



Σχ. 1. Τυπική μορφή εγκατάστασης ενός αυτόματου Μετεωραλογικού σταθμού.

Μετά από επίπονες γραφειοκρατικές διαδικασίες υλοποιήθηκε η δημιουργία ενός ειδικά διαμορφωμένου χώρου, στην Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, πληρούντας άλους τους απαροίτητους διεθνώς όρους εγκο-



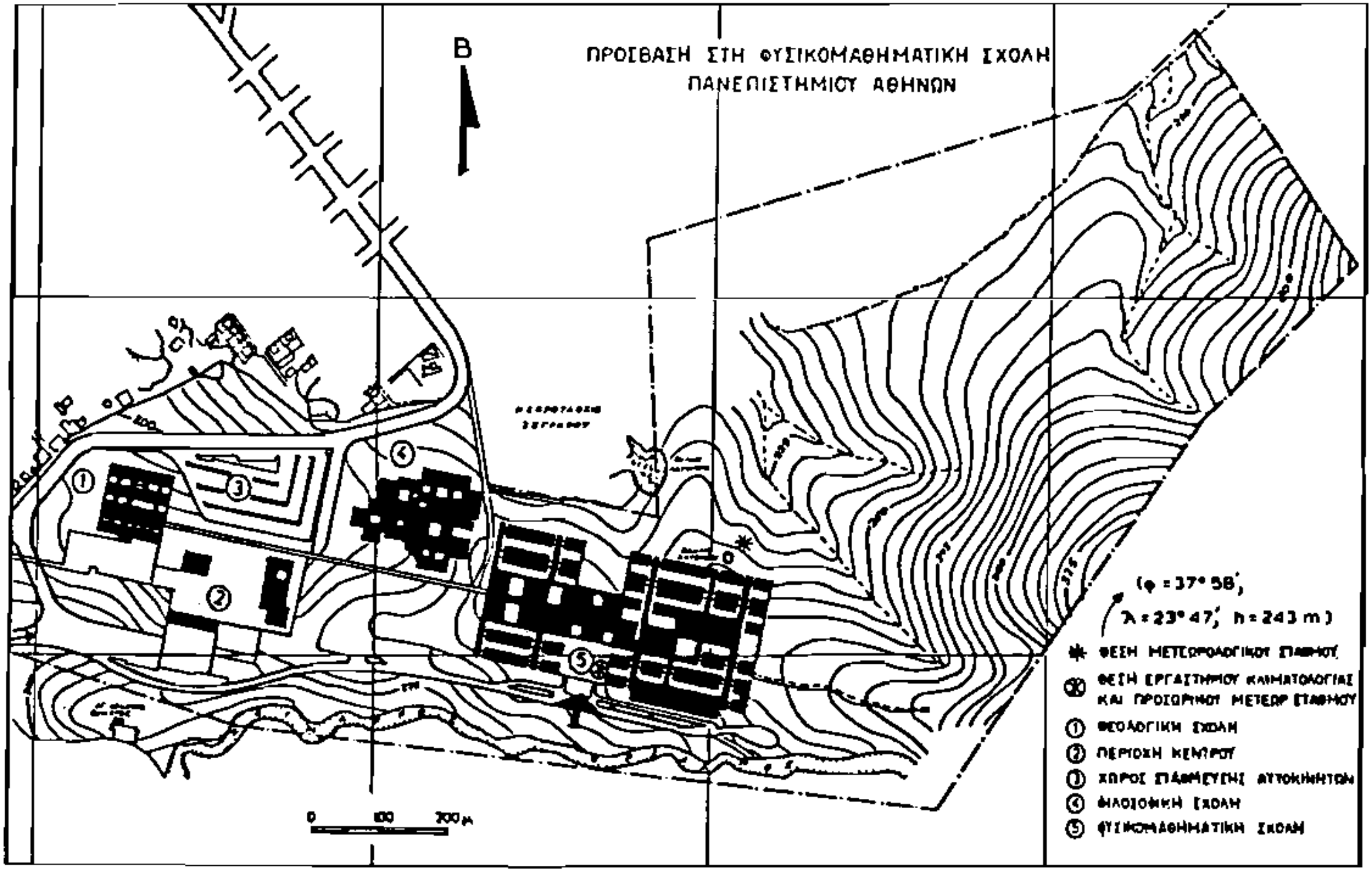
Σχ. 2. Παρουσίαση των καταγραφομένων μετρησεων στην σθόνη του υπολογιστη.

τάσταοης ενός μετεωρολογικού στσθμού, με προοπτική να γίνεται καταγαφή και οτοιχείων ηλιακής ακτινοβολίας και ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ο χώρος αυτός έχει έκταση 70 m^2, γεωγραφικές συντεταγμένες φ = 37° 58′, λ = 23° 47′ και στον χάρτη (1), η θέση του εντοπίζεται στο σημείο όπου υπάρχει το σύμβολο του αατερίσκου (*).

Στο πρώτο στάδιο λειταυργίας της Μετεωραλογικής μονάδας (και μέχρι την ολοκλήρωση των εργασιών εγκατάστασης: μετεωρολογικού κλωβού, ανεμαγράφου, βροχαγράφαυ κ.λ.π. αταν διαμορφωθέντα χώρο), οι μετρήσεις ελήφθησαν στη θέση άπου στο χάρτη (1) υπάρχει ο αστερίσκος [*]. Έτσι ειδικά ως προς το ατοιχείο της θερμοκρασίας οι παρατηρήαεις έχουν οπωαδήποτε διαφαραποιηθεί από την παρουσία του κτιριακού συγκροτήματος.

1. Γενικές προδιαγραφές συγκρότησης του μετεωρολογικού σταθμού

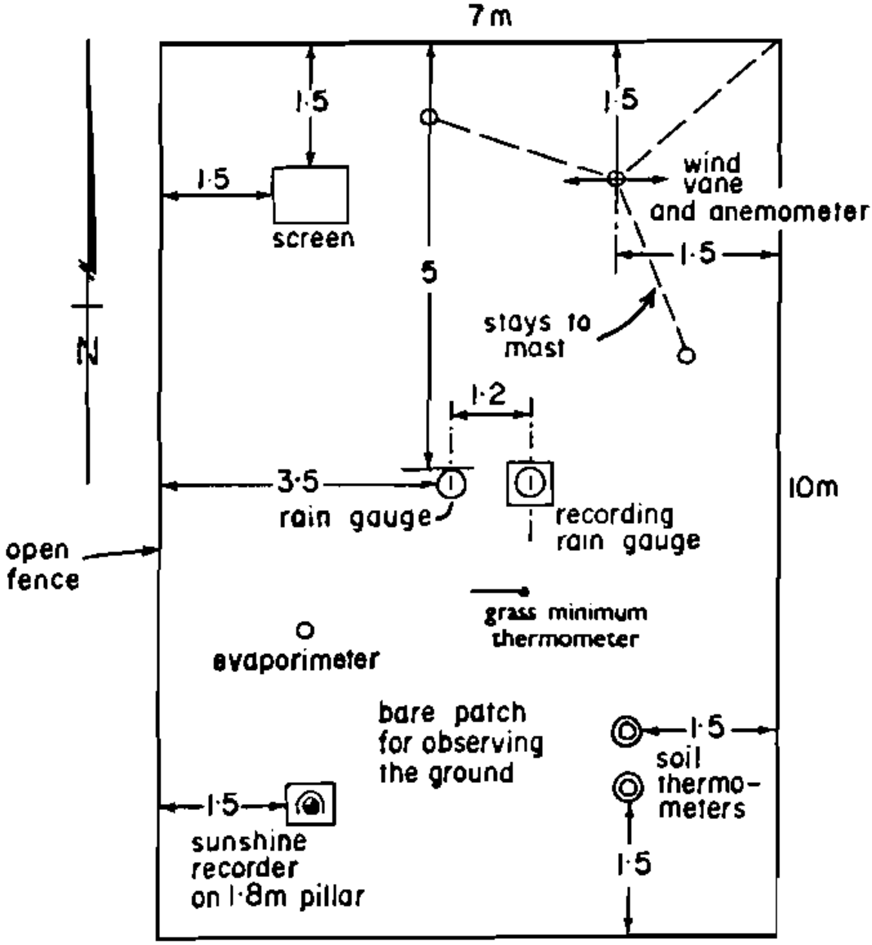
Η επιλεγείσα θέση του οταθμού επιτρέπει την ανεμπόδιστη πρόσβαση του ανέμου, (το κτίριο της Φυσικομαθηματικής Σχολής απέχει 300 m). Σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές, (οι οποίες ετηρήθησαν



Χάρτης 1. Τοπαγραφικός χάρτης της περιοχής Πανεπιστημιούπολης Αθηνών.

και από εμάς), η συγκρότηση ενός Μετεωρολογικού σταθμού πρέπει να έχει την ακόλουθη μορφή.

Το άνοιγμα της πόρτας του Μετεωρολογικού κλωβού βλέπει τον βορρά ώστε τα όργανα να μην επηρεάζονται από τις προσπίπτουσες ακτινοβολίες, (Καραπιπέρης Λ., 1966).

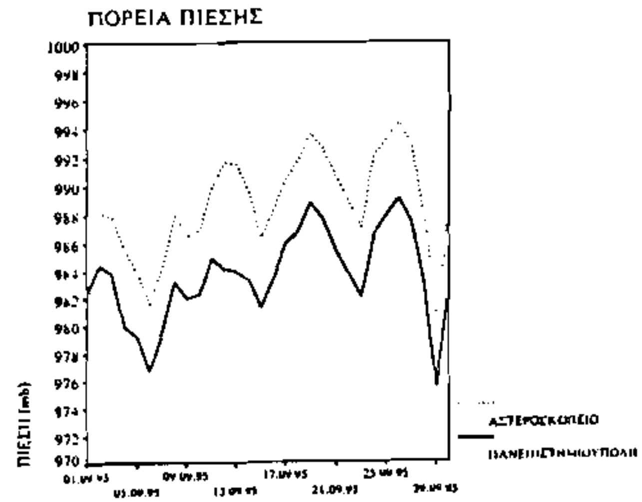


Σχ. 3. Τυπική μορφή της συγκρότησης ενός Μετεωρολογικού σταθμού (Linacre E.).

2. Συγκριτική εικόνα δύο ταυτόχρονων δειγμάτων μετεωρολογικών παρατηρήσεων στην Πανεπιστημιούπολη και στο Αστεροσκοπείο

Είναι γνωστό ότι η κλιματική εικόνα σε μικρο - ή μακρο - κλίμακα καταγράφεται αξιόπιστα με μεγάλες χρονοσειρές παρατηρήσεων των κλιματικών στοιχείων. Το παρατιθέμενο επομένως δείγμα παρατηρήσεων, (λόγω έλλειψης μακρού χρόνου λειτουργίας), σκοπό έχει να καταγράψει μία ενδεικτική εικόνα του μικροκλίματος της περιοχής και να την ελέγξει ως προς την συνδιακύμανσή της με τις, αντίστοιχης χρονικής περιόδου, παρατηρήσεις του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, (1/9-30/9, 1995), επί των ίδιων μετεωρολογικών στοιχείων.

Στα σχήματα 2.1 έως 2.7 απεικονίζεται η συγκριτική κατανομή των παραμέτρων πίεσης, θερμοκρασίας, υγρασίας, ανέμου και βροχής μεταξύ των παρατηρήσεων του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και αυτών της Πανεπιστημιούπολης.

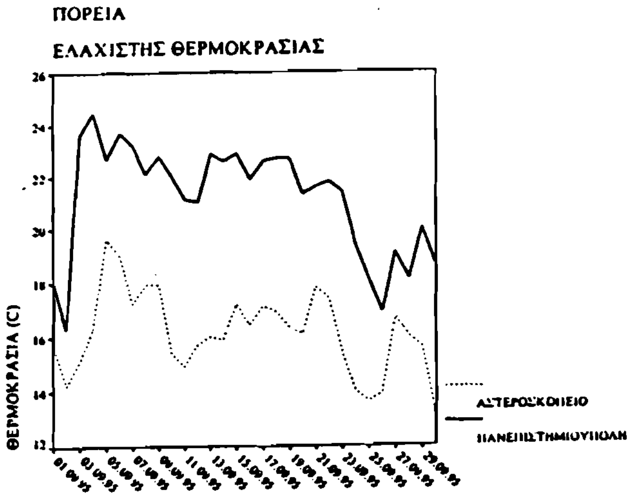


Σχ. 2.1. Μέση ημερήσια μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης το Σεπτέμβριο 1995.

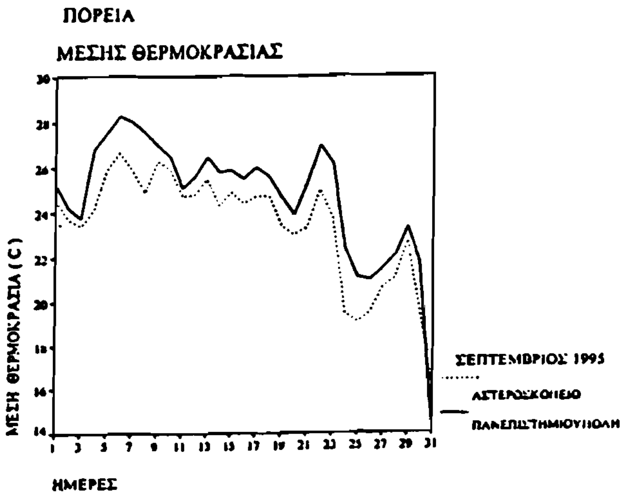
3. Γενικές παρατηρήσεις

Ο έλεγχος της αξιοπιστίας των παρατηρήσεων του συσταθέντος δοκιμαστικού Μετεωρολογικού σταθμού, στο Εργαστήριο Κλιματολογίας του Γεωλογικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών, έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

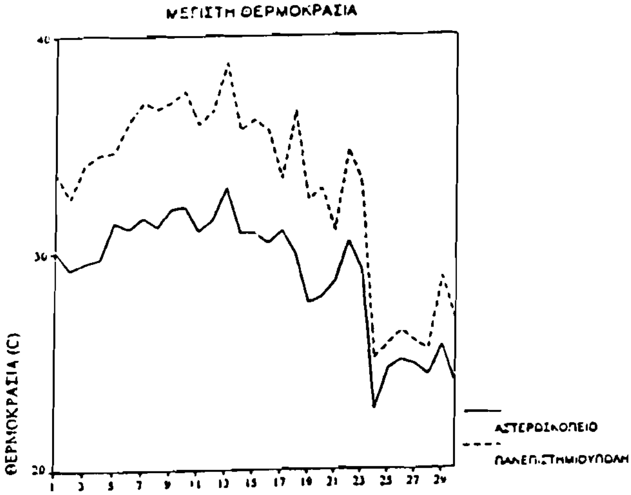
Το δείγμα των διακυμάνσεων των κλιματικών παραμέτρων δεν αποτελεί προς το παρόν οριστική καταγραφή της κλιματικής εικόνας, δεδομένου ότι ειδικά οι παρατηρήσεις της θερμοκρασίας επηρεάζονται από την παρουσία του κτιριακού συγκροτήματος. Τα οποιαδήποτε όμως σφάλμα-



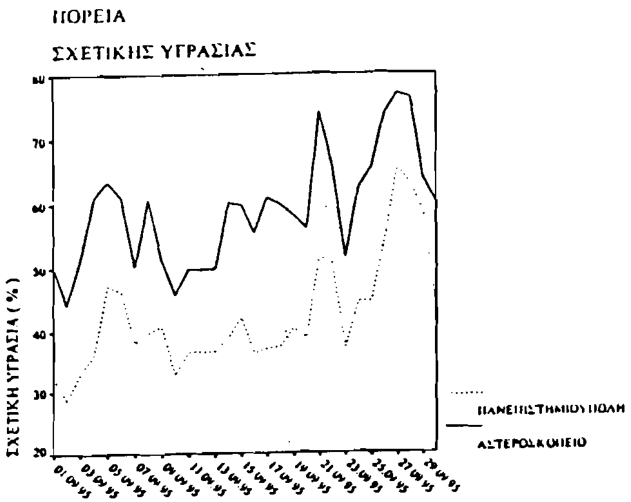
Σχ. 2.2. Μέση ημερήσια μεταβολή της ελάχιστης θερμοκρασίας τον Σεπτέμβριο 1995.



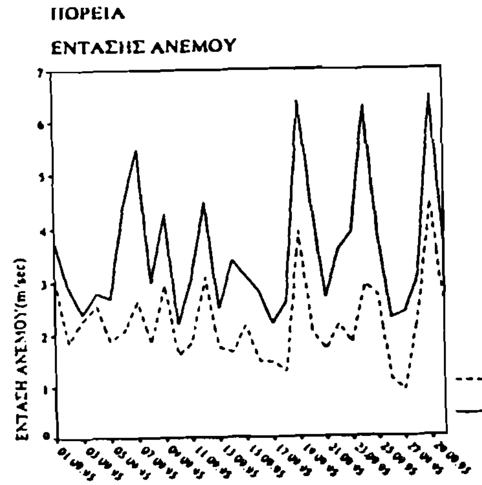
Σχ. 2.3. Μέση ημερήσια μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας τον Σεπτέμβριο 1995.



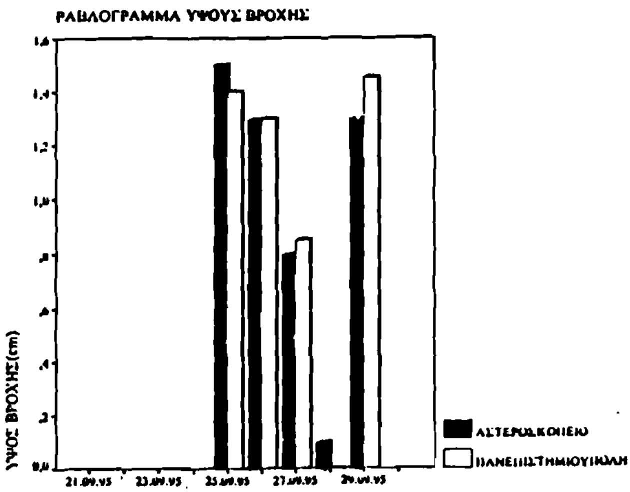
Σχ. 2.4. Μέση ημερήσια μεταβολή της μέγιστης θερμοκρασίας τον Σεπτέμβριο 1995.



Σχ. 2.5. Μέση ημερήσια μεταβολή της σχετικής υγρασίας τον Σεπτέμβριο 1995.



Σχ. 2.6. - Μέση ημερήσια μεταβολή της έντασης του ανέμου τον Σεπτέμβριο 1995.



Σχ. 2.7. Ημερήσιο ύψος υετού τον Σεπτέμβριο 1995.

τα θα εξομαλυνθουν με την οριστική εγκατάσταση της μετεωρολογικής μονάδας στον ιδρυθέντα Μετεωρολογικό σταθμό ($\varphi = 37° 58'$, $\lambda = 23° 47'$), στην εγγύς περιοχή. Ο σταθμός αυτός πληρεί όλες τις διεθνώς αποδεκτές προδιαγραφές λειτουργίας ενός συγχρόνου Μετεωρολογικού σταθμού.

Βιβλιογραφία

Καραπιπέρης, Λ. (1966). Πρακτική Μετεωρολογία, σελ. 30.
Linacre, E. (1992). Climate data and resources, p.p. 23-24.

Κατανομή του δείκτη δυσφορίας κατά τον Ιούνιο στον Ελληνικό χώρο

Χ. Μπαλαφούτης, Α. Αρσένη-Παπαδημητρίου και Π. Χαντσαρίδης
Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Α.Π.Θ.
540 06 Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Μελετάται η γεωγραφική κατανομή του Δείκτη Δυσφορίας, κατά Thom, για τη δεκαετία 1976-85, για 40 μετεωρολογικούς σταθμούς του ελληνικού χώρου για τον Ιούνιο, με βάση τις ημερήσιες μέγιστες θερμοκρασίες και τη σχετική υγρασία της 14ης ώρας. Ο Ιούνιος είναι ο μήνας των εξετάσεων και είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζει κανείς πόσο ευνοϊκές ή δυσμενείς μπορεί να είναι οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες για την απόδοση των μαθητών. Η ανάλυση έδειξε ότι σε ορισμένες πόλεις επικρατούν σε πολύ μικρό ποσοστό, περίπου 0.2% συνθήκες «επείγουσας ιατρικής βοήθειας», ενώ συνθήκες έντονης δυσφορίας εμφανίζουν συχνότητα ίση με το 9.2% του συνόλου των περιπτώσεων. Η συνθήκη όπου το 50% και πλέον του πληθυσμού δυσφορεί φθάνει το 52% του συνόλου των ημερών της περιόδου. Ακόμη περιγράφονται τα συνοπτικά αίτια τα οποία είναι υπεύθυνα για την εμφάνιση ακολουθιών ημερών με υψηλό Δείκτη Δυσφορίας.

Abstract

The geographical distribution of the Discomfort Index, according to Thom, is examined over 40 Greek stations, during June. The daily values of maximum air temperatures and relative humidities at 1400 local time, were used to estimate the DI for the period 1976-85. June was chosen as in this month the students exams take place. The DI conditions are responsible for the students efficiency. According to Thom scale conditions of a state of medical emergency are very rare covering only about 0.2% of the cases. Intense discomfort feeling for the majority of the people appears with a frequency of 9.2%. The cases where over 50% of the people suffers discomfort have an appearance of 52% of the total days. The synoptic systems responsible for these conditions are also described.

Εισαγωγή

Το βιοκλίμα του Ελληνικού χώρου έχει αποτελέσει αντικείμενο μελετών πολλών ερευνητών. Έχει γραφεί ένας πολύ σημαντικός και αξιόλογος αριθμός μελετών του βιοκλίματος περιοχών, πόλεων ή και ολοκλήρου του Ελληνικού χώρου. Μέσα από το πλήθος των μελετών αυτών μπορούμε να αναφέρουμε μερικές, όπως αυτές των Balafoutis (1990), Balafoutis and Maheras (1986), Giles, Balafoutis and Arseni (1987), Giles and Balafoutis (1990), Ματζαρόκη (1995) κ.λπ.

Στο σύνολό τους οι εργασίες αυτές αναλύουν τις βιοκλιματικές συνθήκες οι οποίες επικρατουν σε ανοιχτούς χώρους και όχι σε κλειατούς, προστατευόμενους χώρους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται είτε για εργασία, είτε για ανάρρωση, είτε για αναψυχή, είτε τέλος για μελέτη, δηλαδή: γραφεία, νοσοκομεία, αναγνωστήρια, σχολεία ή κατοικίες. Στην εργασία αυτή θα επιχειρηθεί η ανόλυση των βιοκλιματικών συνθηκών οι οποίες επικρατουν στους παραπάνω χώρους, σε διάφορες περιοχες της Ελλάδος και πλέον συγκεκριμένα θα μελετηθούν οι βιοκλιματικές συνθήκες κατά τον μήνα Ιούνιο, για τους ακόλουθους λόγους.

Ο Ιούνιος είναι ο μήνας των πόσης φύσεως μαθητικών ή φοιτητικών εξετάσεων, είτε αυτές αφορούν τις εξετάσεις που γίνονται για να προαχθεί ο μαθητής στο Γυμνάσιο ή το Λύκειο, για να περάσει ο φοιτητής τα μαθήματα της αντίστοιχης περιόδου ή το κυριότερο και σπουδαιότερο ο απόφο.τος του Λυκείου να συμμετάσχει στις πολύ καθοριοτικές για τη αταδιοδρομία του εισαγωγικές εξετάσεις στα ΑΕΙ ή τα ΤΕΙ. Επομένως θα πρέπει κατά το μήνα αυτό να ληφθεί υπόψη ένα πλήθος παραγόντων οι οποίοι διαμορφώνουν το άμεσο περιβάλλον, το οποίο θα πρέπει να είναι όσο δυνατό πιο ευχάριστο και πιο άνετο για να μπορέσει ο κάθε μαθητής, ο υποψήφιος ή ο φοιτητής να αποδώσει θετικά στο έργο του. Ένας από τους βασικότερους παράγοντες που διαμορφωνουν το κατάλληλο ή μη περιβάλλον είναι οι βιοκλιματικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν κατά το μήνα αυτό. Ιδιαίτερη δε σημασία έχουν οι βιοκλιματικές συνθήκες που διαμορφώνονται μέσα στις κλειστές αίθουσες, στις οποίες ο μαθητής είναι υποχρεωμένος είτε να προετοιμαστεί, είτε να δοκιμαστεί. Η δυνατότητα τροποποίησης του άμεσου περιβάλλοντος από κλιματική άποψη είναι βέβαια δυνατή με την εγκατάσταση μηχανημάτων κλιματισμού, αλλά προς το παρόν τουλάχιστον οι συσκευές αυτές αποτελούν προνάμιο λίγων σχετικά οικογενειών και οπωσδήποτε είναι οικονομικά αδύνατον να εξοπλισθεί το πλήθος των σχολικών σιθουσών με τα σχετικά μηχανήματα, που θα καθιστούσαν το βιοκλιματικό περιβάλλον ανετότερο. Οι μαθητές και ιδιαίτερα οι υποψήφιοι θα πρέπει μεταξύ των άλλων αιτίων, που κατά κανόνα είναι δυσμενή στην όλη διαδικασία των εξετάσεων, να αντιμετωπίσουν και τις βιοκλιματικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν κατά το μήνα αυτό. Προκειμένου να υπάρξει πληροφόρηση των υπευθύνων, με αντικειμενικά κριτήρια, για το πως ακριβώς διαμορφώνονται αυτές και ποιες περιοχές της Ελλάδος παρουσιάζουν εντονότερο το φαινόμενο των δυσμενών καιρικών συνθηκών, θα επιχειρήσουμε, στην εργασία αυτή, να δώσουμε μια πλήρη εικόνα της γεωγραφικής κατανομής των επικρατουσών βιοκλιματικών συνθηκών, καθώς και των καιρικών συστημάτων τα οποία είναι υπεύθυνα για τη διαμόρφωσή τους.

Μέθοδος - Υλικό

Για να εκτιμηθεί ο βαθμός δυσφορίας ο οποίος επικρατεί σε ένα τόπο κάποια ημέρα ή ώρα του χρόνου, ο πλέον εύχρηστος δείκτης για τους υπολογισμούς του μεγέθους αυτού είναι ο δείκτης δυσφορίας (Discomfort Index DI) του Thom (1959), ο οποίος υπολογίζεται από τις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα και των υγρομετρικών παραμέτρων της θερμοκρασίας του σημείου δρόσου ή της σχετικής υγρασίας του αέρα. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήσαμε τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία και επομένως ο δείκτης δυσφορίας εκτιμήθηκε από τη σχέση:

$$DI = TEM - 0.55*(1 - 0.01*HUM)*(TEM - 14.5)°C \qquad (1)$$

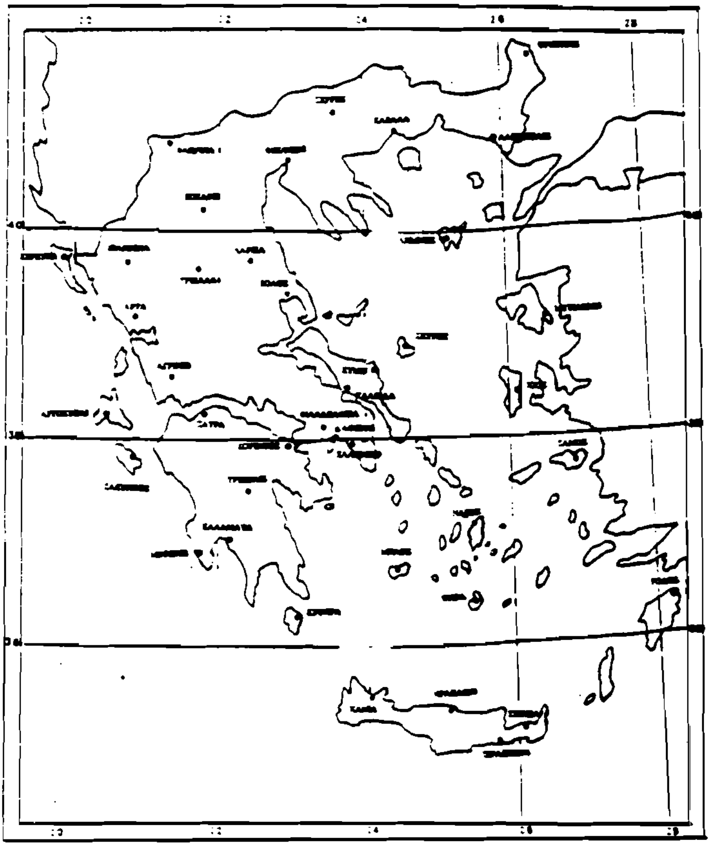
Ο δείκτης αυτός εκφράζεται σε βαθμούς Κελσίου. Κάθε τιμή του δείκτη δυσφορίας εκφράζει και κάποιο βαθιμό αισθήματος δυσφορίας που

	ΑΙΣΘΗΜΑ ΔΥΣΦΟΡΙΑΣ	DI°C
1	Δεν υπάρχει δυσφορία	<21
2	Δυσφορεί ποσοστό <50% του πληθυσμού	21-24
3	Δυσφορεί ποσοστό >50% του πληθυσμού	24-27
4	Δυσφορεί το πλείστο του πληθυσμού	27-29
5	Ο καθένας αισθάνεται δυσφορία	29-32
6	Στάδιο ιατρικού συναγερμού	>32

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Τιμές τους Δείκτη Δυσφορίας (DI), σε βαθμούς Κελσίου και κλίμακες αισθήματος δυσφορίας.

αισθάνονται μερικοί, λίγοι, πολλοί ή όλοι οι άνθρωποι μιας ομάδας που βρίσκονται ή εργάζονται σε κάποιο **κλειστό** χώρο. Για να εκτιμηθεί το αίσθημα δυσφορίας καθορίσθηκαν κάποια όρια, τα οποια και παρατίθενται στο σχετικό Πίνακα 1. Ο δείκτης DI χρησιμοποιείται από πολλών ετών στις Ηνωμένες Πολιτείες ως ένα κριτήριο διακοπής των εργασιών στις δημόσιες υπηρεσίες τους, όταν αυτός υπερβεί κάποιο προκαθορισμένο όριο.

Προκειμένου να εκτιμηθεί ο Δείκτης Δυσφορίας (DI) στον ελληνικό χώρο για το μήνα Ιούνιο χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα 40 μετεωρολογικών σταθμών του δικτύου παρατηρήσεων της ΕΜΥ, που δημοσιεύονται στο Μηνιαίο Κλιματολογικό Δελτίο αυτής. Το δίκτυο των 40 σταθμών παρουσιάζεται στο Σχ. 1, όπου φαίνεται ότι αυτό είναι αρκετά καλά κατανεμημένο στον ελληνικό χώρο και όλες οι πολυπληθείς πόλεις αντιπροσωπεύονται σ' αυτό. Έτσι η εκτίμηση την οποία κάνουμε μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσω-



Σχ. 1. Θέσεις των 40 μετεωρολογικών σταθμών τα δεδομένα των οποία χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

πευτική του ελληνικού χώρου. Τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν καλύπτουν τη δεκαετία 1976-1985. Δυστυχώς οι γνωστοί γραφειοκρατικοί λόγοι δεν μας επέτρεψαν να επεκτείνουμε την ανάλυση και στα πλέον πρόσφατα έτη και κατ' αυτό τον τρόπο δεν μπορούμε να προβούμε στην ανίχνευση κάποιας πιθανής τάσης του βιοκλίματος στον ελληνικό χώρο.

Τα δεδομένα αυτά αναφέρονται στις μέγιστες ημερήσιες θερμοκρασίες και στη σχετική υγρασία, η οποία μετρείται κατά την 14η ώρα. Ο συνδυασμός των δύο αυτών μεγεθών δίδει μια βιοκλιματική παράμετρο η οποία αντιπροσωπεύει το θερμότερο τμήμα της ημέρας και επεκτείνεται αρκετά πριν το μεσημέρι μέχρι αργά το απόγευμα.

Ανάλυση των δεδομένων

Η εκτίμηση του Δείκτη Δυσφορίας (DI) με τη βοήθεια της σχέσης (1), έγινε για 11.443 παρατηρήσεις που αντιπροσωπεύουν σχεδόν όλη τη δεκαετία του Ιουνίου και για τους 40 σταθμούς. Μία πρώτη ταξινόμηση των τιμών του δείκτη αυτού, σύμφωνα με τις βαθμίδες του Πίνακα 1, έδωσε συνοπτικά ένα αποτέλεσμα το οποίο παρατίθεται στον Πίνακα 2. Η ανάλυση του πίνακα αυτού δείχνει ότι οι τιμές του DI, κατά τον Ιούνιο, καλύπτουν όλες τις βαθμίδες του αισθήματος δυσφορίας, φυσικά με διαφορετικό ποσοστό συχνότητας.

Βαθμίδα Αίσθησης	Σύνολο περιπτώσεων	Ποσοστό %
1 (<21.0°C)	844	7.38
2 (21.0-23.9°C)	4650	40.69
3 (24.0-26.9°C)	4897	42.79
4 (27.0-28.9°C)	812	7.11
5 (29.0-31.9°C)	219	1.91
6 (≥32.0°C)	21	0.18
Έλλειψη δεδομένων	557	
Σύνολο	12000 – 557 = 11443	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Ταξινόμηση του Δείκτη Δυσφορίας (DI), σύμφωνα με τις κλίμακες του Πίνακα 1 (περίοδος 1976-85, σταθμοί 40).

Έτσι η κατάσταση ιατρικής ετοιμότητας (DI ≥32.0°C), εκδηλώνεται με ένα πολύ μικρό ποσοστό μικρότερο του 0.2%. Το μεγαλύτερο ποσοστό των περιπτώσεων (42.8%) εμφανίζεται στη βαθμίδα 24-27°C. Τιμές αυτού του μεγέθους στο Δείκτη Δυσφορίας δηλώνουν ότι ένα ποσοστό μεγαλύτερο του 50% του πληθυσμού δυσφορεί. Αν λάβουμε υπόψη και τα ποσοστά των μεγαλύτερων βαθμίδων, όπου η δυσφορία είναι έκδηλη στο σύνολο σχεδόν του πληθυσμού, τότε συνάγεται ότι από το σύνολο των περιπτώσεων που έχουν εκτιμηθεί, σχεδόν ένα ποσοστό 52% αυτών προκαλούν έντονο αίσθημα δυσφορίας στο μεγαλύτερο τμήμα του πληθυσμού. Επίσης πολύ σημαντικό (40.7%) είναι και το ποσοστό εκείνο των περιπτώσεων, όπου το αίσθημα δυσφορίας στο μεγαλύτερο τμήμα του πληθυσμού. Επίσης πολύ σημαντικό (40.7%) είναι και το ποσοστό εκείνο των περιπτώσεων, όπου το αίσθημα δυσφορίας εκδηλώνεται (21-24°C) εμφανίζουν πολλά άτομα. Τέλος, συνθήκες άνεσης παρατηρούνται μόνο στις περιπτώσεις, όπου ο DI <21 και αυτές αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό που φθάνει μόλις το 7.4% του συνόλου των περιπτώσεων που μελετήθηκαν. Από την πρώτη αυτή συνοπτική ανάλυση συνάγεται ότι ο Ιούνιος ή ο μήνας των εξετάσεων χαρακτηρίζεται από ένα πολύ μεγάλο ποσοστό περιπτώσεων όπου το αίσθημα δυσφορίας είναι έντονο και ως εκ τούτου μπορεί να συναχθεί ένα πρώτο γενικό συμπέρασμα, ότι δηλαδή οι συνθήκες που επικρατούν επιδρούν δυσμενώς στη μελέτη και την απόδοση των μαθητών. Βέβαια το συμπέρασμα αυτό είναι πολύ γενικό και δεν αποκαλύπτει ούτε τις περιοχές που ο DI εκδηλώνεται εντονότερα, αλλά ούτε και αν οι συνθήκες αυτές αντιπροσωπεύουν συνεχείς ή μη ημέρες. Για τους λόγους αυτούς θα επιχειρηθεί μια λεπτομερέστερη ανάλυση των τιμών του δείκτη δυσφορίας για τον καθένα από τους 40 σταθμούς, η οποία και θα καλύπτει τόσο το μέγεθος του Δείκτη Δυσφορίας, όσο και τη συνεχή διάρκεια σε ημέρες της εμφάνισης αυτού.

α) Επεισόδια με DI ≥32.0°C

Όπως προαναφέραμε επεισόδια αυτού του μεγέθους παρουσιάζουν πολύ μικρή συχνότητα. Από την ανάλυση των ημερήσιων τιμών του δείκτη (Πίνακας 2), φαίνεται ότι αυτά ανέρχονται μόνο στο 0.18% του συνόλου των παρατηρήσεων. Ο περιορισμένος αυτός αριθμός των επικίνδυνων επεισοδίων έχει εκδηλωθεί κατά κύριο λόγο στο σταθμό του Ελληνικού, όπου το 1981 δίδεται ένα επεισόδιο διάρκειας 5 ημερών. Ακολουθεί η Κόρινθος και η Θήβα. Τιμές Δείκτη Δυσφορίας >32°C, σημειώνονται επίσης στην Ιεράπετρα, την Πάτρα, τη Φιλαδέλφεια, τη Χαλκίδα, τη Χίο και τα Χανιά. Όλοι αυτοί οι σταθμοί (εκτός της Φιλαδελφείας) είναι παράκτιοι ή νησιωτικοί και η κύρια αιτία των υψηλών τιμών DI είναι κατά κανόνα η αυξημένη σχετική υγρασία του αέρα, με την επιφύλαξη της ορθότητας των παρατηρήσεων.

β) Επεισόδια με DI ≥ 29.0°C

Τα επεισόδια με τιμές δείκτη δυσφορίας πάνω από 29.0°C καλύπτουν περίπου το 2.1% του συνόλου των ημερών. Από το σύνολο των 40 σταθμών η Κοζάνη, η Νάξος και η Τρίπολη –αν και καλύπτουν πλήρως τη δεκαετία– δεν παρουσιάζουν καμμία τιμή μέσα στην τάξη αυτή. Σε όλους τους άλλους σταθμούς έχουν σημειωθεί τιμές που ανήκουν στη βαθμίδα αυτή, εκείνο όμως που έχει σημασία είναι η εμφάνιση ή μη διαδοχικών ημερών με τιμές μεγαλύτερες των 29°C. Από την άποψη αυτή η Φιλαδέλφεια και η Θήβα παρουσιάζουν τρία επεισόδια διάρκειας τουλάχιστον 3 ημερών, το Ελληνικό, η Κόρινθος και η Χαλκίδα από δύο, ενώ στο Αγρίνιο, την Άρτα, την Καλαμάτα, την Κέρκυρα, τη Λάρισα, τη Μήλο και τη Σκύρο παρατηρείται από μία ακολουθία αυτού του είδους. Παρατηρούμε, δηλαδή, ότι οι πολύ δυσμενείς συνθήκες είναι γενικά σπάνιες κατά τον Ιούνιο στην Ελλάδα. Η κατανομή των τιμών αυτών παρουσίασε τη μεγαλύτερη συχνότητα το 1981 και 1982, ενώ το 1976 και το 1983 δεν παρατηρήθηκε κανένα επεισόδιο. Τέλος οι ακολουθίες αυτές –εκτός εξαιρέσεων– παρατηρούνται κατά το τελευταίο πενθήμερο του μήνα.

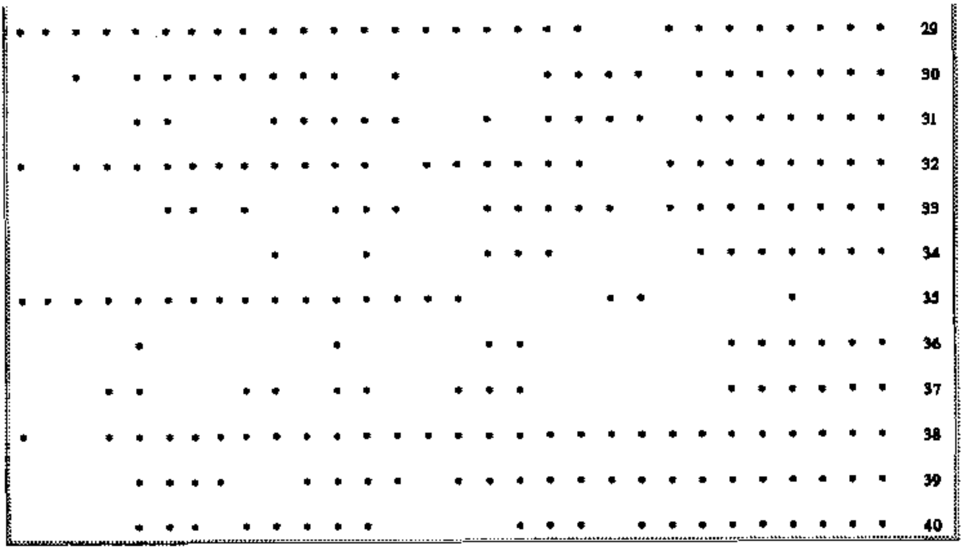
γ) Επεισόδια με DI ≥ 27.0°C

Το σύνολο των ημερών με τιμές DI ≥27.0°C, αντιπροσωπεύει το 9.2% όλων των μετρήσεων. Η κατανομή των τιμών παρουσιάζεται συχνότερα σε μερικούς σταθμούς και σπανιότερα σε άλλους, αν και όλοι σχεδόν οι σταθμοί παρουσιάζουν ακολουθίες διάρκειας τριών τουλάχιστον συνεχών ημερών. Στο Βόλο, το 1979 έχει παρατηρηθεί η μεγαλύτερη ακολουθία με 13 συνεχείς ημέρες (11-23 Ιουνίου). Γενικά μεγάλη συχνότητα παρουσιάζουν οι ακολουθίες συνεχών ημερών στη Φιλαδέλφεια, το Βόλο, τη Θήρα, τη Λάρισα, την Ορεστιάδα, τα Τρίκαλα και τη Χαλκίδα, ενώ στο Ηράκλειο και τη Νάξο δεν έχουν ευρεθεί τέτοιες ακολουθίες. Σε όλους τους άλλους σταθμούς οι ακολουθίες κυμαίνονται από ένα μέχρι και τέσσερα επεισόδια διαρκείας έως και επτά ημερών. Τα επειδόδια αυτά ενώ μέχρι το 1979 εκδηλώνονται κυρίως κατά το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουνίου, από το 1980 έως το 1985 μετατοπίζονται στην τελευταία εβδομάδα του μήνα. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 1, οι συνθήκες αυτές είναι δυσάρεστες για τη συντριπτική πλειοψηφία των κατοίκων, αλλά ευτυχώς καλύπτουν λιγότερες από τρεις ημέρες ανά μήνα κατά μέσο όρο.

δ) Επεισόδια με DI $\geqslant$ 24.0°C

Θεωρήθηκε πολύ σημαντικό να παρουσιάσουμε την κατανομή του συνόλου των περιπτώσεων που παρουσιάζουν τιμές με DI $\geqslant$24.0°C. Κάτω από τις συνθήκες αυτές υποφέρει ένα πολύ σημαντικό μέρος του πληθυσμού το οποίο υπερβαίνει κατά πολύ το 50% του συνόλου. Η κατηγορία αυτή παρουσιάζει μια πολύ μεγάλη συχνότητα, αφού καλύπτει σχεδόν το 52% του συνόλου των επεισοδίων. Οι ακολουθίες συνεχών ημερών είναι αρκετά συχνές και έχουν μεγάλο μήκος. Αυτές καλύπτουν κατά κανόνα τις τρεις τελευταίες εβδομάδες του μήνα, όπου μπορούν να εκδηλωθούν 1, 2 ή 3 ακολουθίες τριών ή περισσοτέρων ημερών, ενώ ακολουθίες διάρκειας 10 και πλέον ημερών είναι πάρα πολύ συχνές. Η μεγαλύτερη ακολουθία του Ιουνίου έχει διάρκεια 30 ημερών και έχει σημειωθεί στο σταθμό του Αστεροσκοπείου Αθηνών το 1985. Ακολουθίες συνεχών ημερών με διάρκειες 25 έως 28 συνεχών ημερών έχουν παρατηρηθεί στο Αγρίνιο, την Άρτα, το Βόλο, τη Θήρα και αλλού. Προκειμένου να γίνει αντιληπτή η μεγάλη συχνότητα και το μήκος των ακολουθιών παρατίθεται το Σχήμα 2, στο οποίο δίνεται η κατανομή των επεισοδίων με DI $\geqslant$24.0°C, για το έτος 1981 και στους 40 σταθμούς. Το έτος αυτό παρουσιάζει τις ίδιες περίπου κατανομές επεισοδίων με τα περισσότερα έτη της μελετώμενης περιόδου και θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν ένα αντιπροσωπευτικό έτος. Η σημαντική διαφορά αυτού με ορισμένα άλλα έτη, όπως π.χ. το 1978 έγκειται στο γεγονός ότι εδώ έχουμε υψηλές τιμές του DI και κατά την πρώτη εβδομάδα του μήνα. Το έτος το οποίο παρουσιάζει τα λιγότερα επεισόδια αυτής της κατηγορίας είναι το 1976, όπου αυτά καλύπτουν κυρίως το δεύτερο δεκαπενθήμερο του μήνα. Καθώς μεταβαίνουμε από το 1976 στο 1985, παρατηρείται μία αύξηση της συχνότητας των επεισοδίων, γεγονός που θα πρέπει να αποδοθεί τόσο στην αύξηση της αστικής επίδρασης, όσο και στη μεταβολή των κλιματικών συνθηκών. Η ανάλυση των επεισοδίων αυτής της κατηγορίας, που αντιπροσωπεύει το ήμισυ και πλέον του συνόλου των ημερών, δείχνει ότι ο ελληνικός χώρος κατά τον Ιούνιο παρουσιάζει μεγάλες ακολουθίες συνεχών ημερών με έντονες συνθήκες δυσφορίας κατά τις μεσημβρινές ώρες, που είναι περισσότερο έκδηλες στους κλειστούς χώρους, οι οποίες και ασκούν δυσμενή επίδραση στην απόδοση των πνευματικά εργαζόμενων και ιδιαίτερα των νέων που προετοιμάζονται ή συμμετέχουν στις πάσης φύσεως δοκιμασίες των εξετάσεων. Βέβαια τα μεγέθη τα οποία παρουσιάζουμε αναφέρονται στο θερμότερο τμήμα της ημέρας αυτής, αλλά συντελούν σημαντικά στην αποδιοργάνωση του ρυθμού της πνευματικής εργασίας για αρκετές ώρες της ημέρας.

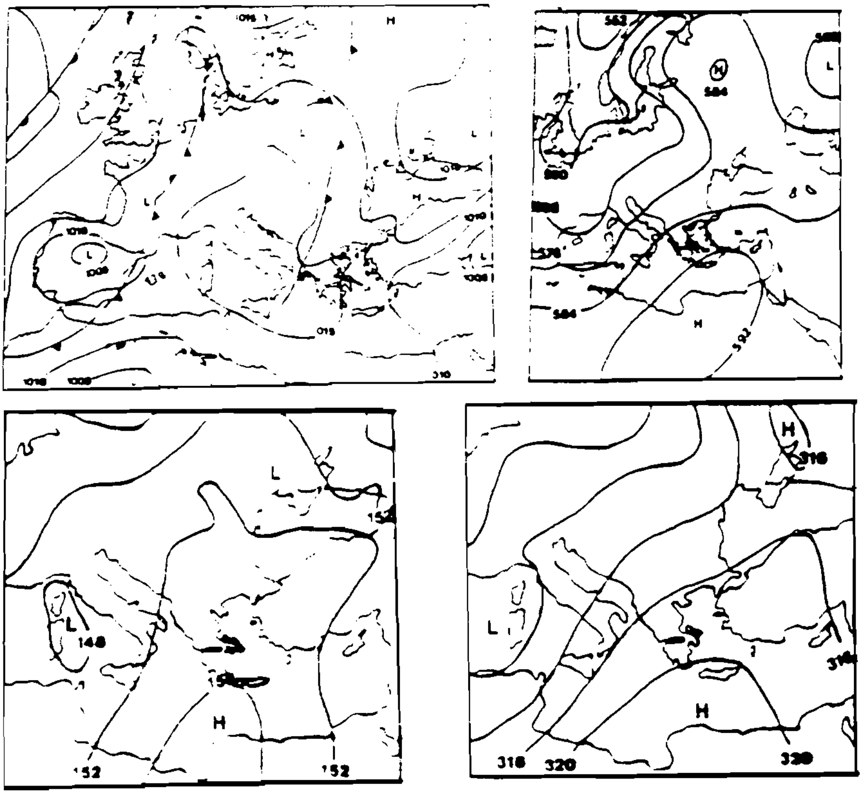
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
				•	•	•		•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	1
			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	4
					•	•	•	•	•	•	•	•					•	•	•					•	•	•	•	•	•	5
•	•	•		•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					•	•	•	•	•	•	•	6
•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•						•	•	•	•	•	•	7
•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	8
•	•		•	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					•	•	•	•	•	•	•	9
									•	•		•				•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	10
•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	11
				•		•				•	•	•	•		•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	12
					•	•		•	•				•					•	•				•	•		•	•	•	•	13
	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•		•	•	•	•							•	•	•	•	•	•	14
								•	•	•	•	•						•						•	•	•	•	•	•	15
	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	16
•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•					•	•	•	•	•	•	17
			•	•												•	•								•	•	•	•	•	18
			•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					•	•	•	•	•	•	•	19
											•													•	•	•	•	•	•	20
									•	•						•	•	•	•						•	•	•	•	•	21
	•			•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	22
							•	•	•	•		•					•		•			•	•	•	•	•	•	•	•	23
	•								•		•		•	•	•	•	•	•		•	•		•	•	•	•	•	•	•	24
				•	•	•				•	•	•				•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	25
				•	•	•	•		•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	26
					•	•	•			•		•	•				•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	27
			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	28



Σχ. 2. Κατανομή των επεισοδίων με δείκτη δυσφορίας DI ≥24.0°C, κατά τον Ιούνιο του 1981 στην Ελλάδα. (Η τελευταία στήλη δείχνει τον α.ο. του κάθε σταθμού).

Συνοπτικές καιρικές συνθήκες

Μετά τη στατιστική παρουσίαση και ανάλυση των επεισοδίων θεωρήσαμε σκόπιμο να επιχειρήσουμε μια ερμηνεία αυτών σε σχέση με τα καιρικά συστήματα. Η προσπάθεια αυτή δεν μπόρεσε να δώσει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ο κυριότερος λόγος είναι ότι τα επεισόδια δεν εκδηλώνεται ταυτάχρονα σε ένα μικρό ή μεγάλο γεωγραφικό χώρο. Έτσι τα μεγέθη που είναι μεγαλύτερα των 27°C, δεν παρουσιάζουν μια οργανωμένη χρονική κατανομή. Αντίθετα, είναι διάσπαρτα σε διάφορες ημερομηνίες και δεν παρουσιάζουν σημαντικό αριθμό ακαλουθιών που θα μπορούσε να αναλυθεί σε σχέση με τις κρατούσες καιρικές συνθήκες. Μία χρονική ομαδοποίηση αυτών σημειώνεται μόνο κατά τα έτη 1981 και 82, όπου το σύνολα σχεδόν των ακολουθιών εμφανίζεται κατά το τελευταίο εξαήμερο του μηνάς. Κατά τα υπόλοιπα έτη η διασπορά των επεισοδίων είναι τυχαία. Σε ότι αφορά την περίπτωση της ομαδοποίησης, αναζητήθηκαν στους σχετικούς χάρτες καιρού τα συστήματα επιφάνειας και ανώτερης ατμόσφαιρας. Η μελέτη των χαρτών καιρού έδειξε ότι ο υψηλός Δείκτης Δυσφορίας εμφανίζεται όταν έχουμε στη μεν επιφάνεια αντικυκλώνα ή έλλειψη βαροβαθμίδας, στις δε διάφορες στάθμες Αφρικανική αντικυκλωνική ράχη.

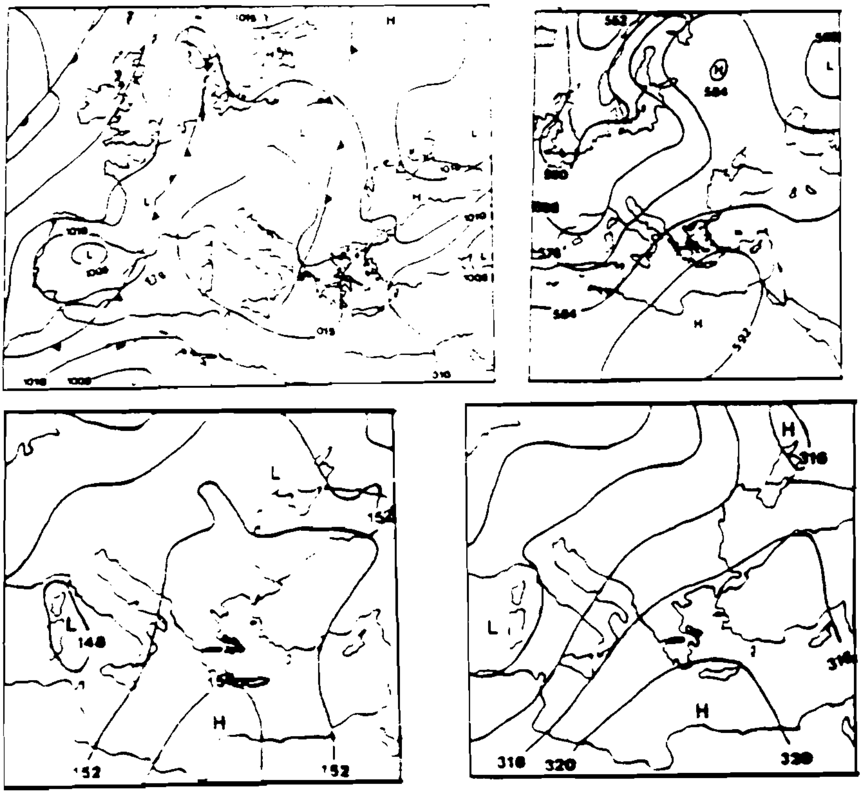


850 mbar 00GMT

700 mbar 00GMT

Σχ. 3. Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες κυκλοφορίας που επικράτησαν σε ένα επεισόδιο έντονης δυσφορίας στην επιφάνεια και στη στάθμη των 500 hPa (άνω), καθώς και στις στάθμες των 850, 700 hPa (κάτω).

Στο Σχ. 3, παρουσιάζονται οι καιρικές συνθήκες οι οποίες επικράτησαν την 27/6/81 στην περιοχή μας. Όπως φαίνεται στην επιφάνεια υπάρχει ένας ασθενής αντικυκλώνας, ενώ στις στάθμες των 850, 700 και 500 hPa υπάρχει αντικυκλωνική ράχη αφρικανικής προέλευσης, η οποία τροφοδοτεί την περιοχή με θερμές αέριες μάζες. Τα συστήματα αυτά είναι αντιπροσωπευτικά των συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή όταν ο Δείκτης Δυσφορίας είναι υψηλός. Συστήματα αυτού του είδους είναι αρκετά συχνά κατά τον Ιούνιο και αυτά φέρουν κατά κανόνα την ευθύνη των έντονων συνθηκών δυσφορίας. Στα ίδια συμπεράσματα σε ότι αφορά τα συστήματα έχει καταλήξει και ο Ματζαράκης (1995) σε σχετική βιοκλιματική μελέτη. Βέβαια τα συστήματα αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν ως τα μόνα υπεύθυνα για τις υψηλές



850 mbar OOGMT 700 mbar OOGMT

Σχ. 3. Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες κυκλοφορίας που επικράτησαν σε ένα επεισόδιο έντονης δυσφορίας στην επιφάνεια και στη στάθμη των 500 hPa (άνω), καθώς και στις στάθμες των 850, 700 hPa (κάτω).

Στο Σχ. 3, παρουσιάζονται οι καιρικές συνθήκες οι οποίες επικράτησαν την 27/6/81 στην περιοχή μας. Όπως φαίνεται στην επιφάνεια υπάρχει ένας ασθενής αντικυκλώνας, ενώ στις στάθμες των 850, 700 και 500 hPa υπάρχει αντικυκλωνική ράχη αφρικανικής προέλευσης, η οποία τροφοδοτεί την περιοχή με θερμές αέριες μάζες. Τα συστήματα αυτά είναι αντιπροσωπευτικά των συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή όταν ο Δείκτης Δυσφορίας είναι υψηλός. Συστήματα αυτού του είδους είναι αρκετά συχνά κατά τον Ιούνιο και αυτά φέρουν κατά κανόνα την ευθύνη των έντονων συνθηκών δυσφορίας. Στα ίδια συμπεράσματα σε ότι αφορά τα συστήματα έχει καταλήξει και ο Ματζαράκης (1995) σε σχετική βιοκλιματική μελέτη. Βέβαια τα συστήματα αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν ως τα μόνα υπεύθυνα για τις υψηλές τιμές δυσφορίας. Τα μεμονωμένα διάσπαρτα επεισόδια δείχνουν ότι ουσιαστικό ρόλο στη διαμόρφωση των μεγάλων αυτών τιμών διαδραματίζουν και οι γεωγραφικοί παράγοντες, όπως είναι η τοπογραφία και οι κλειστές θερμές θάλασσες, που εφοδιάζουν την ατμόσφαιρα με αυξημένη σχετική υγρασία. Έτσι λοιπόν μαζί με την ηλιοφάνεια, που είναι μεγάλη κατά την περίοδο αυτή, η πνοή ασθενών ανέμων (εξαιτίας των ορεινών φραγμών) και η μεγάλη σχετική υγρασία δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για υψηλές τιμές του Δείκτη Δυσφορίας. Γενικότερα, η όλη ατμοσφαιρική κυκλοφορία του Ιουνίου σε συνδυασμό με τη γεωγραφική θέση κάθε σταθμού ευνοεί τη δημιουργία υψηλών τιμών DI($\geqslant$24.0) οι οποίες είναι πάρα πολύ συχνές στους περισσότερους σταθμούς.

Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των ημερήσιων μεσημβρινών τιμών του Δείκτη Δυσφορίας κατά τον Ιούνιο, στον ελληνικό χώρο, προκύπτει ότι ο δείκτης αυτός παρουσιάζει μία συχνότητα τιμών δύσφορου περιβάλλοντος, η οποία φθάνει το 93.6%. Από τις τιμές αυτές μόνο 7.4% δίδει συνθήκες άνεσης. Το 40.6% κατανέμεται στη βαθμίδα 21.0-23.9°C, προκαλώντας ένα αίσθημα δυσφορίας σε ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού. Τέλος, το υπόλοιπο 52% παρουσιάζει τιμές που υπερβαίνουν το όριο των 24.0°C, δηλαδή κατανέμονται σε βαθμίδες οι οποίες προκαλούν έντονο αίσθημα δυσφορίας, το οποίο είναι σημαντικά υπεύθυνο για την αποδιοργάνωση του προγράμματος μελέτης ή απόδοσης των πνευματικά εργαζομένων νέων. Μέσα στο ποσοστό αυτό περιλαμβάνονται και μερικές ημέρες όπου το αίσθημα δυσφορίας είναι πάρα πολύ έντονο και μπορεί, ευτυχώς σε ελάχιστες περιπτώσεις (0.2%), να θέσει σε στάδιο ετοιμότητας τις υπηρεσίες άμεσης βοήθειας. Βέβαια, οι συνθήκες εκδηλώνονται έντονα σε ορισμένες περιοχές, ενώ σε άλλες είναι περισσότερο σπάνιες. Σε ότι δε αφορά τα συστήματα ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας τα οποία είναι υπεύθυνα για τη διαμόρφωση υψηλών τιμών Δ. Δυσφορίας επικρατέστερη είναι η παρουσία αντικυκλωνικής αφρικανικής ράχης πάνω από τη Βαλκανική στις στάθμες 850, 700 και 500 hPa, ενώ στην επιφάνεια ή δεν υπάρχει αξιόλογο βαρομετρικό σύστημα ή κάνει την εμφάνισή του ένας ασθενής αντικυκλώνας. Για μικρότερες σχετικά τιμές Δείκτη Δυσφορίας η τοπογραφία και η γειτνίαση με τη θάλασσα είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες.

τιμές δυσφορίας. Τα μεμονωμένα διάσπαρτα επεισόδια δείχνουν ότι ουσιαστικό ρόλο στη διαμόρφωση των μεγάλων αυτών τιμών διαδραματίζουν και οι γεωγραφικοί παράγοντες, όπως είναι η τοπογραφία και οι κλειστές θερμές θάλασσες, που εφοδιάζουν την ατμόσφαιρα με αυξημένη σχετική υγρασία. Έτσι λοιπόν μαζί με την ηλιοφάνεια, που είναι μεγάλη κατά την περίοδο αυτή, η πνοή ασθενών ανέμων (εξαιτίας των ορεινών φραγμών) και η μεγάλη σχετική υγρασία δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για υψηλές τιμές του Δείκτη Δυσφορίας. Γενικότερα, η όλη ατμοσφαιρική κυκλοφορία του Ιουνίου σε συνδυασμό με τη γεωγραφική θέση κάθε σταθμού ευνοεί τη δημιουργία υψηλών τιμών DI($\geqslant$24.0) οι οποίες είναι πάρα πολύ συχνές στους περισσότερους σταθμούς.

Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των ημερήσιων μεσημβρινών τιμών του Δείκτη Δυσφορίας κατά τον Ιούνιο, στον ελληνικό χώρο, προκύπτει ότι ο δείκτης αυτός παρουσιάζει μία συχνότητα τιμών δύσφορου περιβάλλοντος, η οποία φθάνει το 93.6%. Από τις τιμές αυτές μόνο 7.4% δίδει συνθήκες άνεσης. Το 40.6% κατανέμεται στη βαθμίδα 21.0-23.9°C, προκαλώντας ένα αίσθημα δυσφορίας σε ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού. Τέλος, το υπόλοιπο 52% παρουσιάζει τιμές που υπερβαίνουν το όριο των 24.0°C, δηλαδή κατανέμονται σε βαθμίδες οι οποίες προκαλούν έντονο αίσθημα δυσφορίας, το οποίο είναι σημαντικά υπεύθυνο για την αποδιοργάνωση του προγράμματος μελέτης ή απόδοσης των πνευματικά εργαζομένων νέων. Μέσα στο ποσοστό αυτό περιλαμβάνονται και μερικές ημέρες όπου το αίσθημα δυσφορίας είναι πάρα πολύ έντονο και μπορεί, ευτυχώς σε ελάχιστες περιπτώσεις (0.2%), να θέσει σε στάδιο ετοιμότητας τις υπηρεσίες άμεσης βοήθειας. Βέβαια, οι συνθήκες εκδηλώνονται έντονα σε ορισμένες περιοχές, ενώ σε άλλες είναι περισσότερο σπάνιες. Σε ότι δε αφορά τα συστήματα ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας τα οποία είναι υπεύθυνα για τη διαμόρφωση υψηλών τιμών Δ. Δυσφορίας επικρατέστερη είναι η παρουσία αντικυκλωνικής αφρικανικής ράχης πάνω από τη Βαλκανική στις στάθμες 850, 700 και 500 hPa, ενώ στην επιφάνεια ή δεν υπάρχει αξιόλογο βαρομετρικό σύστημα ή κάνει την εμφάνισή του ένας ασθενής αντικυκλώνας. Για μικρότερες σχετικά τιμές Δείκτη Δυσφορίας η τοπογραφία και η γειτνίαση με τη θάλασσα είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες.

Βιβλιογραφία

Balafoutis, Ch. (1990). Urban effects on the secular variations of annual and seasonal wind chill index in Athens (Greece). Z. Meteorologie 40, 6, 383-386.
Balafoutis, Ch., Maheras, P. (1986). Geographical Distribution and Grouping of Bioclimatic Types in Greece related to Air Enthalpy. Zeitschrift Fur Meteorologie 36. 4. 259-264.
Giles B., Balafoutis Ch. (1990). The Greek heatwaves of 1987 and 1988. International Journal of Climatology, Vol. 10, 505-517.
Giles, B., Balafoutis, Ch., Arseni, A. (1987). A study of climatic stress and Physiological regimes in Greece. Journal of Climatology. Vol. 7. pp. 303-313.
Thom, E.C. (1959). The discomfort index. Weatherwise, 12, 2, 57-60.
Ματζαράκης, Α. (1995). Ανθρωποβιομετεωρολογική εκτίμηση του κλίματος της Ελλάδος. Διδ. Διατριβή. Θεσσαλονίκη.

Χωρική και χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα στην περιοχή των Βαλκανίων

Π. Νάστος και Κ. Φιλάνδρας***

** Εργαστήριο Κλιματολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών, 157 84 Αθήνα*

*** Κέντρον Ερεύνης Φυσικής Ατμοσφαίρας και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών*

Περίληψη

Στην παρούσα μελέτη ερευνάται, τόσο σε ετήσια όσο κοι σε εποχική βάση, η διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα, στην ευρύτερη περιοχή των Βαλκανίων.

Η κατανομή των 12 σταθμών, με μακροχρόνιες παρατηρήσεις, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη αυτή κρίνεται ικανοποιητική.

Η χωρική κατανομή της διακύμανσης της θερμοκρασίας σε ετήσια και εποχική βάση, ερμηνεύτηκε με την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες, (Principal Components Analysis).

Οι τάσεις της θερμοκρασίας του αέρα εκτιμήθηκαν με την μέθοδο Mann Kendall, ενώ οι κυμάνσεις μελετήθηκαν με την μέθοδο των φασματικών αναλύσεων.

Abstract

In this study the annual and seasonal variation of the air temperature in the wider Balkan area is investigated.

The distribution of the 12 meteorological stations, with long term observations which were used in the present study, is satisfactory.

The spatial distribution of the annual and seasonal air temperature is explained by the Principal Components Analysis, while the air temperature trends are computed by the Mann Kendall method and the Spectrum analysis is used to examine the periodicities of the air temperature in the Balkan area.

Εισαγωγή

Η αναμενόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στην επιφάνεια της Γης εξαιτίας της εντατικοποιήσεως του φαινομένου του θερμοκηπίου, έχει διατυπωθεί από πολλούς ερευνητές κατά τα τελευταία χρόνια. Όλα τα μοντέλα γενικής κυκλοφορίας, (Climatic Model) εξαιτίας του διπλασιασμού της συγκεντρώσεως του CO_2 και των άλλων θερμοκηπικών αερίων στήν ατμόσφαιρα, προβλέπουν μία μέση αύξηση της θερμοκρασίας ταυ αέρα από 2.5°C - 5.0°C ανάλογα με το μοντέλο.

Η κατανόηση λοιπόν των τάσεων της θερμοκρασίας του αέρα, που παρατηρούνται, παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον για τον έλεγχο των κλιματικών μοντέλων και την πρόγνωση των κλιματικών τάσεων. Για την περιοχή της Μεσογείου έχουν γίνει αναλύσεις των τάσεων και διακυμάνσεων της θερμοκρασίας του αέρα από πολλούς ερευνητές, (Repapis et al. 1988, Maheras 1989, Bartzokas et al. 1992, Repapis et al. 1994, Φιλάνδρας 1995 κ.ά.).

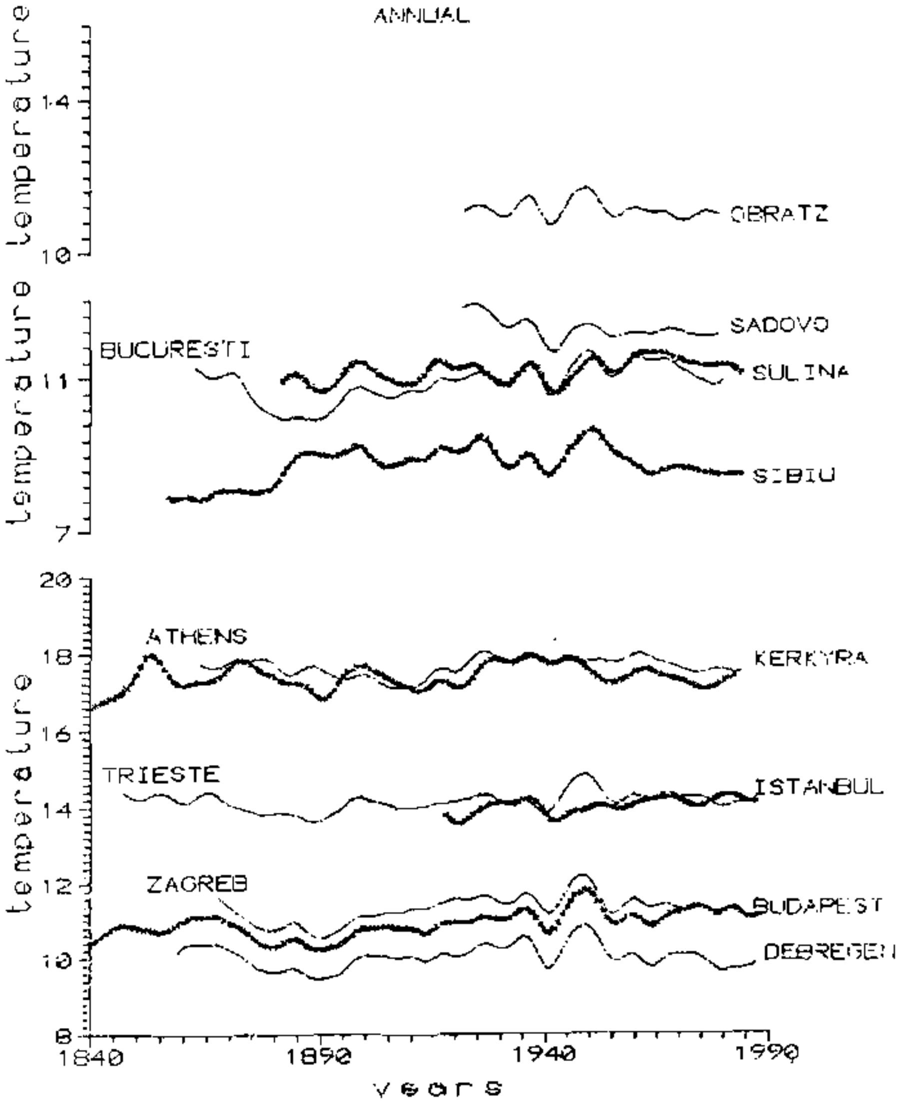
Στήν παρούσα μελέτη εξετάζεται η χωρική και χρονική διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στήν ευρύτερη περιοχή των Βαλκανίων με την βοήθεια 12 σταθμών της περιοχής αυτής, οι οποίοι κατανέμονται σχεδόν ομοιόμορφα στήν υπό μελέτη περιοχή, δεν έχουν ασυνέχειες στίς παρατηρήσεις τους καί οι περισσότεροι των σταθμών λειτουργούν άνω των 100 ετών (Πίν. 1). Τά στοιχεία της θερμοκρασίας ελήφθησαν από την Climatic Research Grit του Πανεπιστημίου East Anglia, (Chadwyck - Healey, 1992).

Α/Α	ΣΤΑΘΜΟΣ	Γ. ΜΗΚΟΣ	Γ. ΠΛΑΤΟΣ	ΥΨΟΣ (m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ
1	ATHENS	23°43	37°58	107	1858 - 1993
2	BUCURESTI	26°08	44°30	90	1857 - 1986
3	BUDAPEST	19°01	47°31	130	1840 - 1993
4	DEBREGEN	21°38	47°29	112	1840 - 1993
5	KERKYRA	19°55	39°37	2	1840 - 1990
6	KON/POLIS	29°04	40°58	100	1912 - 1993
7	OBRATZ	26°02	43°48	153	1916 - 1985
8	SADOVO	24°57	42°09	150	1916 - 1985
9	SIBIU	24°09	45°48	444	1851 - 1990
10	SULINA	29°40	45°09	9	1872 - 1990
11	TRIESTE	13°45	45°39	20	1841 - 1993
12	ZAGREB	16°02	45°49	128	1862 - 1990

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

A. Τάσεις

Για την καλύτερη εμφάνιση και κατανόηση των τάσεων εφαρμόσθηκε στίς χρονοσειρές των ετησίων και εποχικών τιμών (Χειμώνα, Θέρους), της μέσης θερμοκρασίας του αέρα το κατά Gaussian φίλτρο, το οποίο είναι ένα από τό καταλληλότερα φίλτρα στήν μελέτη των κλιματικών μεταβολών.



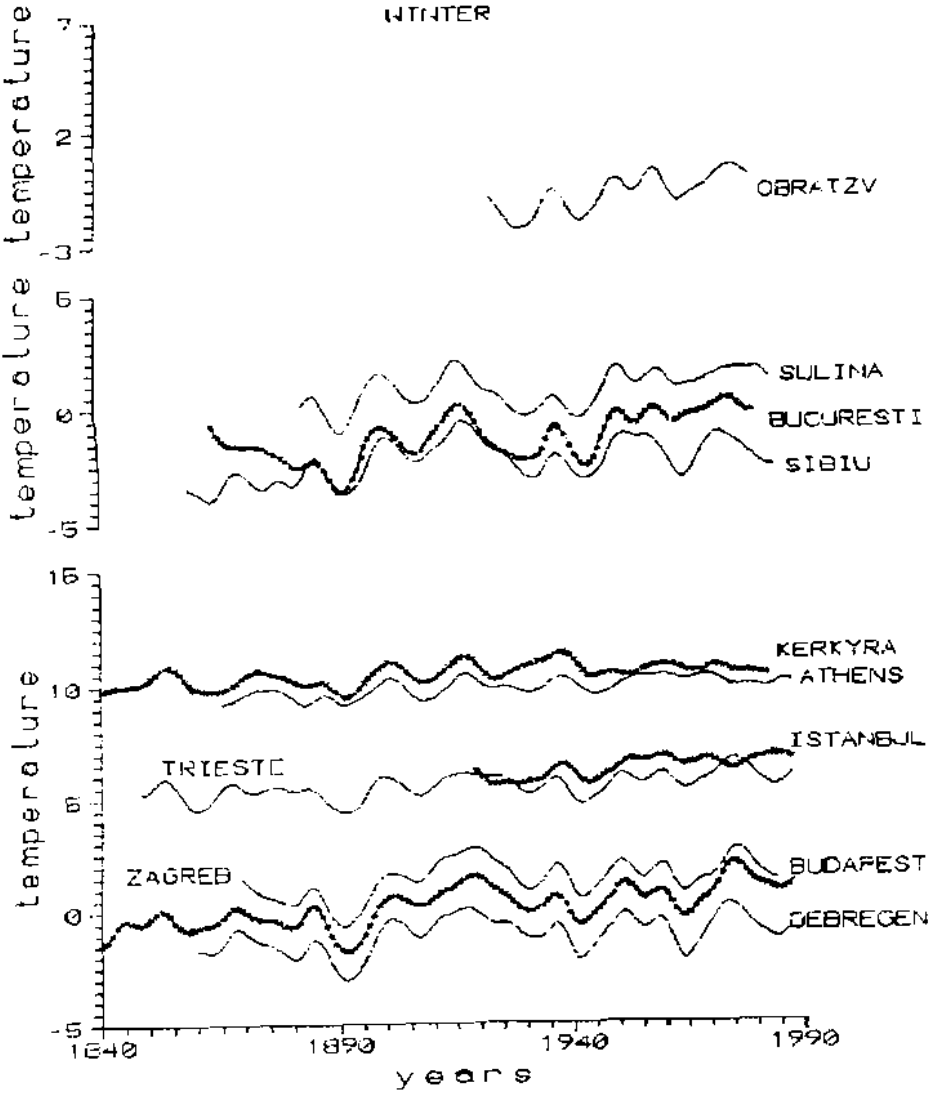
Σχ 1. Χρονοσειρές της μέσης Ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα, (εξομάλυνση με το φίλτρο Gaussian), στη περιοχή των Βαλκανίων.

Όπως φαίνεται στο Σχ. 1, οι χρονοσειρές των ετησίων τιμών της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, όλων των εξεταζομένων σταθμών, εκτός της χρονοσειράς των Αθηνών, εμφανίζουν από την αρχή της εξεταζομένης περιόδου τάση ψύξης με ελάχιστο, που σημειώνεται περίπου στα τέλη της δεκαετίας του 1880. Τό ελάχιστο της θερμοκρασίας στην Αθήνα παρατηρείται περίπου μια 20ετία αργότερα το 1910, περίοδο κατά την οποία και η χρονοσειρά της Κέρκυρας εμφανίζει και ενα δεύτερο μικρότερο ελάχιστο. Οι Repapis et al. (1988), μελετώντος τις τάσεις των χρονοσειρών της ανατολικής Μεσογείου διεπίστωσαν ότι το 1910 όλες οι χρονοσειρές της περιοχής εμφανίζουν ελάχιστο. Ακολούθως η θερμοκρασία του αέρα μετά το ελάχιστο του 1880, παρουσιάζει τάση θέρμανσης με μέγιστο, που σημειώνεται το 1950 και μέση αύξηση περίπου 2.0°C. Αντιθέτως το μέγιστο των χρονοσειρών των Αθηνών και της Κερκύρας εμφανίζεται στα μέσα της δεκαετίας του 1920, μια 20ετία περίπου νωρίτερα από την υπόλοιπη Βαλκανική, παραμένει σε υψηλά επίπεδα έως το 1950 καί η παρατηρούμενη μέση αύξηση είναι περίπου 1.0°C. Μετά το μέγιστο του 1950 οι χρανοσειρές εμφανίζουν ψύξη, που ανακόπτεται στά μέσα της δεκαετίας του 1970.

Κατά τα τελευταία 15 περίπου χρόνια η μέση αύξηση της θερμοκρασίας, πού παρατηρείται είναι περίπου 0.4°C σε όλους σχεδόν τούς εξεταζομένους σταθμούς εκτός των Αθηνών που είναι περίπου 0.1°C. Οι Bartzokas and Metaxas, (1990), αναλύσαντες τα δεδομένα της πίεσης επιφανείας των τελευταίων 100 ετών καί τα δεδομένα της μέσης κατώτερης τροπόσφαιρας της περιόδου 1945-1988 αναφέρουν ότι η καθυστέρηση της θέρμανσης στις χρονοσειρές της ανατολικής Μεσογείου, κατό την πρόσφατη εικοσαετία θα πρέπει να οφείλεται σε στατιστικώς σημαντική τάση αύξησης της μεταφοράς ψυχρών αερίων μαζών υπεράνω της περιοχής της ανατολικής Μεσογείου καί θερμών αερίων μαζών υπεράνω της δυτικής καί βορειοδυτικής Ευρώπης.

Α1) Χειμώνας

Ομοίως όπως και στίς χρονοσειρές των ετησίων τιμών, οι χρονοσειρές τον Χειμώνα, (Σχ. 2), εμφανίζουν ελάχιστο περίπου το 1890. Ακολούθως η μέση θερμοκρασία του αέρα παρουσιάζει τάση θέρμανσης έως περίπου τίς αρχές της δεκαετίας του 1920. Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας την περίοδο αύτη είναι περίπου 3.0°C στην βόρεια και κεντρική Βαλκανική, ενώ δυτικά η Τεργέστη εμφανίζει αυξηση της τάξεως του 1.5°C. Νοτιότερα δε, η Κέρκυρα καί η Αθήνα εμφανίζουν αύξηση περίπου 1.0°C. Ακολούθως, όπως φαίνεται στό σχήμα, μετό τό 1920 οι

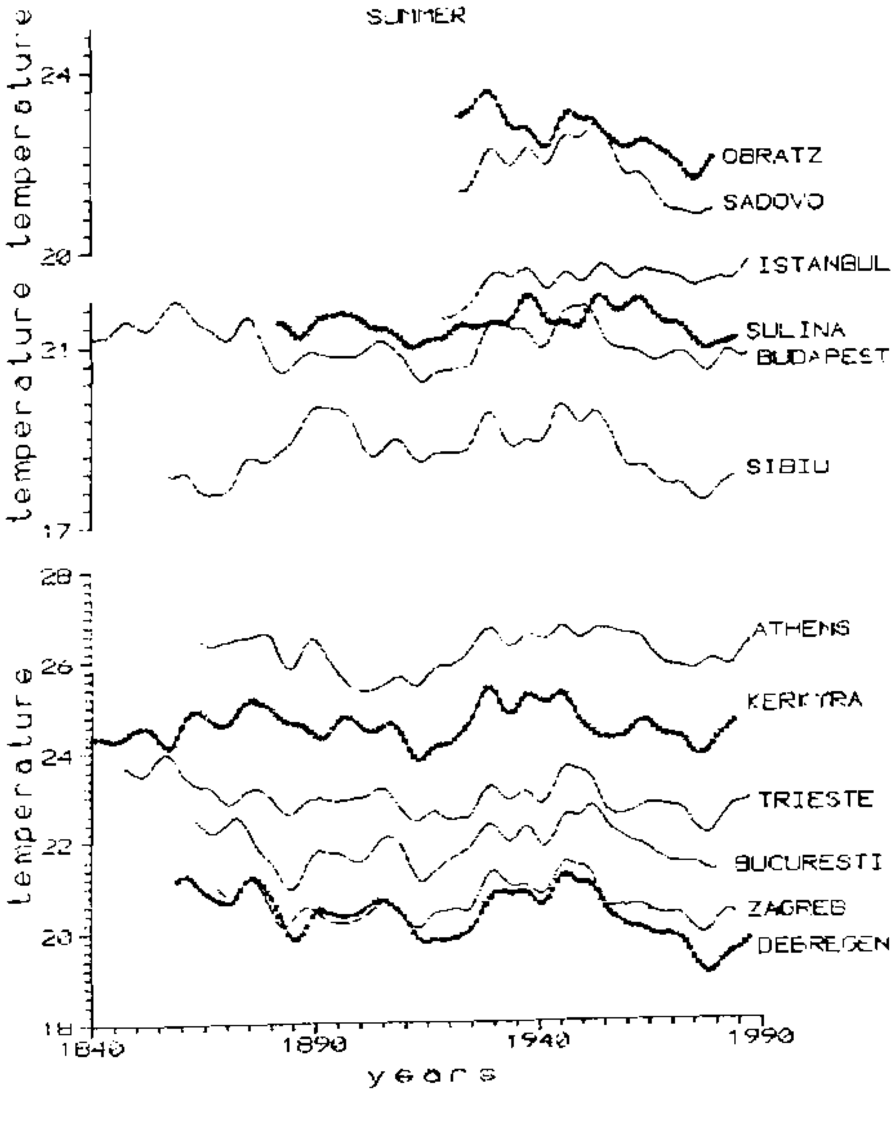


Σχ. 2. Χρονοσειρές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα κατά τον Χειμώνα, (εξομάλυνση με το φίλτρο Gaussian), στη περιοχή των Βαλκανίων.

χρονοσειρές εμφανίζουν ψύξη της τάξεως των 2.5°C περίπου, με ελάχιστο το 1940. Στή συνέχεια η μέση θερμοκρασία εμφανίζει ανοδική τάση, με διακυμάνσεις έως τα μέσα της δεκαετίας του 1970, όταν η τάση αντιστρέφεται σε τάση ψύξης με ελάχιστο την δεκαετία του 1980. Νοτιότερα οι χρονοσειρές της Κερκύρας καί των Αθηνών μετά το ελάχιστο του 1940, εμφανίζουν μικρή ανοδική τάση μέχρι σήμερα.

A2) Θέρος

Όπως φαίνεται στο Σχ. 3, από την αρχή της εξεταζομένης περιόδου, οι χρονοσειρές της μέσης θερμοκρασίας τού αέρα εμφανίζουν έντονη τάση ψύξης μέ ελάχιστο πού σημειώνεται στά μέσα της δεκαετίας του 1910. Αντιθέτως η χρονοσειρά των Αθηνών εμφανίζει το ελά-



Σχ. 3. Χρονοσειρές της μέσης θερμοκρασιας του αέρα κατό το Θέρος, (εξομάλυνση με το φίλτρο Gaussian), στη περιοχή των Βαλκανίων.

χιστο περίπου 15 έτη νωρίτερα, το 1900. Στη συνέχεια οί χρονοσειρές παρουσιάζουν τάση θέρμανσης το μέγιστο της οποίας σημειώνεται στα μέσα της δεκαετίας του 1940. Στο νότιο και ανατολικά τμήμα της Βαλκανικής, (Kerkyra, Athens, Sadovo), το μέγιστο σημειώνεται νωρίτερα στις αρχές της δεκαετίας του 1930 και παραμένει σε υψηλά επίπεδα έως σχεδόν την δεκαετία του 1950, όταν η θέρμανση αντιστρέφεται σε ψύξη έως τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Στη βορειοδυτική Βαλκανική, (Trieste, Zagreb, Debregen), τα θερμοκρασιακά επίπεδα του 1970 είναι τα χαμηλότερα της εξεταζομένης περιόδου.

Ο έλεγχος της σημαντικότητας των τάσεων με το κριτήριο Mann-Kendall έδειξε ότι γιά την περίοδο 1858-1993 οι τάσεις των χρονοσειρών των Ετησίων τιμών καθώς καί των τιμών του Χειμώνα, εμφανίζονται θετικές καί στατιστικώς σημαντικές σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% στούς περισότερους σταθμούς. Τήν ίδια περίοδο, στο Θέρος, οι χρονοσειρές της θερμοκρασίας εμφανίζουν τάσεις αρνητικές, εκ των οποίων μόνο η χρονοσειρά του Debregen είναι στατιστικώς σημαντική, (ε.ε. 95%). Τά ίδια αποτελέσματα εμφανίζονται καί την περίοδο 1858-1935, ενώ την περίοδο 1936-1993 οι χρονοσειρές των Ετησίων τιμών καί των τιμών του Θέρους εμφανίζουν αρνητικές τάσεις, οι οποίες είναι στατιστικώς σημαντικές, (ε.ε. 95%) μόνο το Θέρος ενώ τον Χειμώνα οι παρατηρούμενες τάσεις είναι θετικές.

Β. Φασματική Ανάλυση

Εφαρμόζοντας στίς χρονοσειρές των Ετησίων καί Εποχικών τιμών της μέσης θερμοκρασίας του αέρα την μέθοδο της φασματικής ανάλυσης, (Power Spectrum) κατά Blacman and Tukey (1958), γιά την περίοδο 1858-1993 με maximum lag 45 γιά τις περισσότερες των χρονασειρών και για την περίοδο 1912-1993 με maximum lag 27 για τις μικροτέρας περιόδου χρονοσειρές φαίνεται ότι οι χρονοσειρές των Ετησίων καί των Εποχικών τιμών εμφανίζουν περιοδικάτητα περίπου 2.3 ετών η οποία στους περισσότερους σταθμούς είναι στατιστικώς σημαντική (ε.ε. 95%), και πιθανάν να οφείλεται στην επίδραση επί της γενικής κυκλοφορίας, της σχεδον διετούς κύμανσης (QBO) της ατμοσφαίρας στην περιοχή των τροπικών. Ορισμένοι σταθμοί επίσης εμφανίζουν καί περιοδικότητα περίπου 4.0 ετών, στατιστικώς σημαντική (ε.ε. 95%), η οποία πιθανώς οφείλεται στην επίδραση επι της γενικής κυκλοφορίας της κύμανσης της ατμοσφαίρας του νοτίου Ημισφαιρίου της γνωστής SO.

Οι Μαχαίρας καί Αρσένη-Παπαδημητρίου (1990) εκτάς των ανωτέρω ευρεθεισών περιοδικοτήτων ευρήκαν καί περιοδικότητες μακράς περιόδου (42.7 καί 67.5 ετών) κατά την ανάλυση μακρών (άνω των 100 ετών) χρονοσειρών της θερμοκρασίας του αέρα τεσσάρων σταθμών της Μεσογείου.

Γ. Ανάλυση σε κύριες συνιστώσες, (Principal Components Analysis)

Η χωρική κατανομή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, στην εξεταζόμενη περιοχή, ερευνήθηκε με την εφαρμογή της Ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες, πάνω στις χρονοσειρές των ετησίων και εποχικών τιμών (Χειμώνα, Θέρους), των 9 μετεωρολογικών σταθμών με την μεγαλύτερη κοινή περίοδο, (1894 - 1986).

Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς ερευνητές, (Μαχαίρας Π. Μεταχάς Δ.), στις πρόσφατες κλιματολογικές έρευνες και μελέτες, με αξιόλογα συμπεράσματα, ερμηνεύοντας τόσο την χωρική (S mode), όσο και χρονική (T mode), κατανομή της εξεταζόμενης κλιματικής παραμέτρου.

	Έτος		Χειμώνας		Θέρος		
Σταθμός	**PC1**	**PC2**	**PC1**	**PC2**	**PC1**	**PC2**	**PC3**
Budapest	0.93	0.19	0.96	0.17	0.90	0.22	0.27
Bucuresti	0.67	0.60	0.77	0.46	0.37	0.58	0.50
Trieste	0.90	0.14	0.87	0.25	0.89	0.30	0.11
Athens	0.07	0.92	0.30	0.91	0.21	0.89	0.26
Kerkyra	0.20	0.74	0.21	0.89	0.52	0.69	0.20
Zagreb	0.92	0.24	0.94	0.20	0.88	0.41	0.15
Debregen	0.88	0.37	0.90	0.33	0.77	0.20	0.52
Sibiu	0.63	0.54	0.77	0.52	0.52	0.45	0.56
Sulina	0.44	0.66	0.75	0.48	0.14	0.23	0.90
EIGVL	5.81	1.31	6.70	1.14	6.11	0.99	0.64
CV(%)	64.6	79.1	74.5	87.1	67.8	78.8	85.9

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. S-mode. P.C.A. συνιστώσες (rotated factor loadings), ιδιοτιμές (eigenvalues) και συνολική διασπορά (cumulative variance) του Ετους, του Χειμώνα, και του Θέρους.

Η ανάλυση βασίστηκε στον πίνακα συσχετίσεων, που προέκυψε με ορθογώνια στροφή Varimax, που είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη, (Richman, 1981).

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι επί τοις εκατό διασπορές, που εξηγούνται από τις πλέον σημαντικές κύριες συνιστώσες. Η επιλογή του αριθμού των κυρίων συνιστωσών έγινε με βάση το κριτήριο: η ιδιοτιμή (eigenvalue), να είναι μεγαλύτερη της μονάδας, (EIGVL > 1), (Kaiser, 1959).

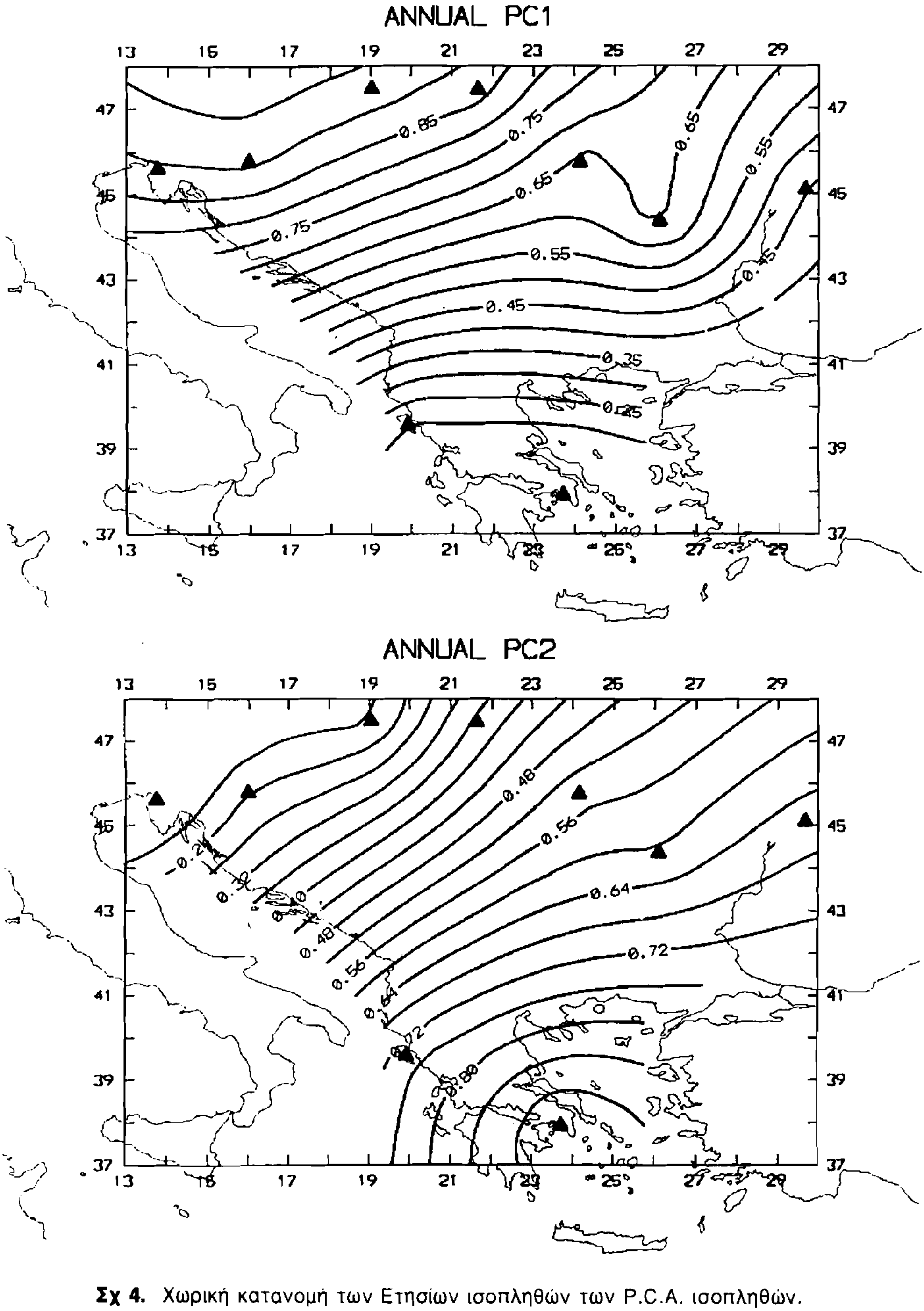
Όπως φαίνεται στον πίνακα 2, όσον αφορά το Έτος, η πρώτη κύρια συνιστώσα εξηγεί το 64,6% της διασποράς. Με τον υπολογιομό των rotated factor loadings, συμπεραίνουμε ότι μεγάλες τιμές εμφανίζονται κυρίως στο βόρειο ηπειρωτικό τμήμα των Βαλκανίων, (Σχ. 4), που περιλαμβάνει τους σταθμούς Budapest, Trieste, Zagreb, Debregen, Sibiu και Bucuresti.

Η δεύτερη κύρια συνιστώσα εξηγεί το 14.5% της διασποράς και μεγάλες τιμές των rotated factor loadings, (Σχ. 4), εμφανίζουν οι σταθμοί των Αθηνών, Κέρκυρας και Sulina, σταθμοί που δέχονται την επίδραση της θάλασσας, η οποία μετριάζει τις θερμοκρασιακές αντιθέσεις.

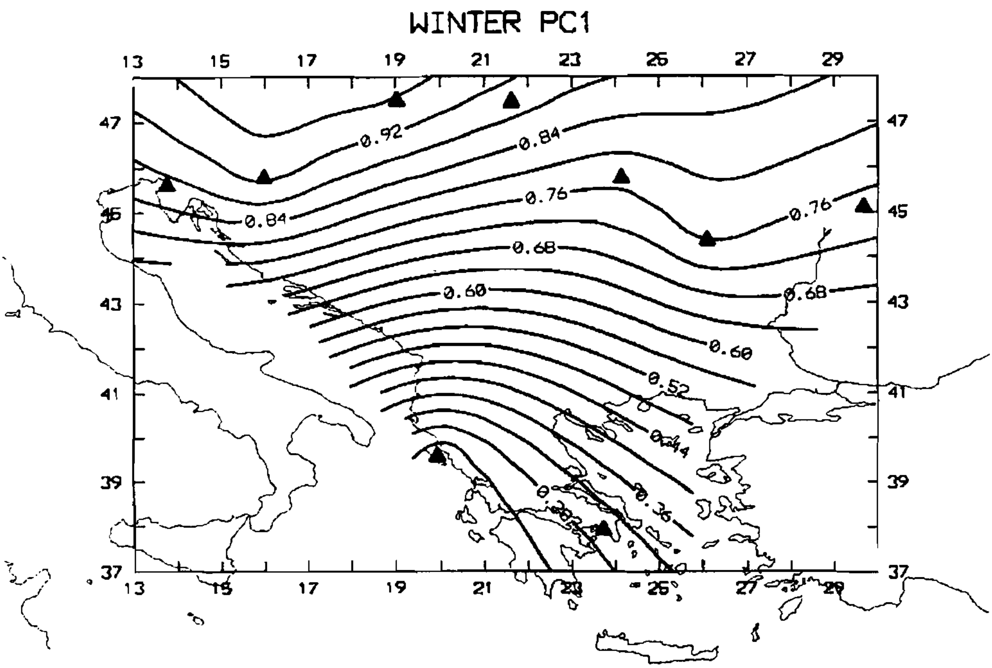
Όσον αφορά τον Χειμώνα, η πρώτη κύρια συνιστώσα εξηγεί το 74.5% και μεγάλες τιμές, (Σχ. 5), εμφανίζουν οι σταθμοί Budapest, Trieste, Zagreb, Debregen, Bucuresti, Sibiu και Sulina, ενώ η δεύτερη κύρια συνιστώσα, εξηγώντας το 12,7% της διασποράς, αντιπροσωπεύει την ομάδα σταθμών, (Σχ. 5), που αποτελείται από την Αθήνα και την Κέρκυρα.

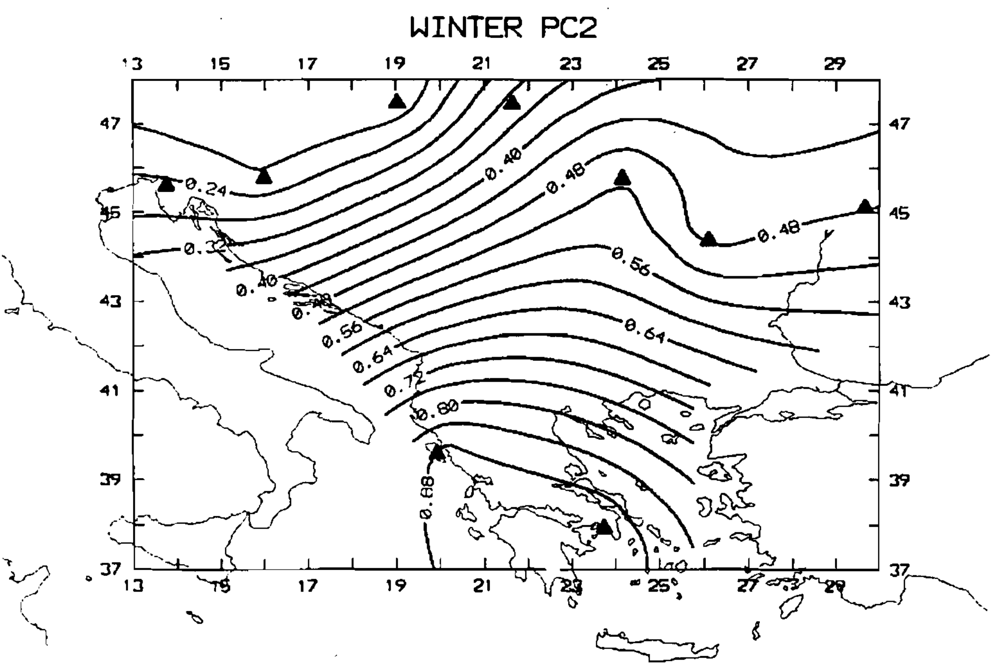
Κατά το Θέρος η πρώτη κύρια συνιστώσα εξηγεί το 67,8% της διασποράς και ομαδοποιεί τους σταθμούς Budapest, Trieste, Zagreb, Debregen, (Σχ. 6) ενώ η δεύτερη κύρια συνιστώσα, εξηγεί το 11,0% της διασποράς και αντιπροσωπεύει τους σταθμούς των Αθηνών και Κερκύρας, (Σχ. 6). Στην περίπτωση του Θέρους υπαλογίστηκαν οι rotated factor loadings και της τρίτης κύριας συνιστώαας, (7,1%), ώατε αφ' ενός η συνολική διασπορά να φθάσει το ποσοστό 85,9% και αφετέρου να αναλυθεί και εξηγηθεί καλύτερα η θερμοκρασιακή διαφοροποίηση των σταθμών εξαιτίας εποχικών δυναμικών αιτίων. Μεγάλες τιμές εμφανίζει η Sulina στα παράλια του Εύξεινου Πόντου.

Οι ισοπληθείς των rotated factor loadings των κυρίων συνιστωσών διατάσσονται κατά γεωγραφικό πλάτος κατά τον Χειμώνα ενώ η διάταξη αυτή διαταράσσεται κατά το Θέρος και οι ισοπληθείς εμφανίζονται να τέμνουν τους παράλληλους κύκλους.

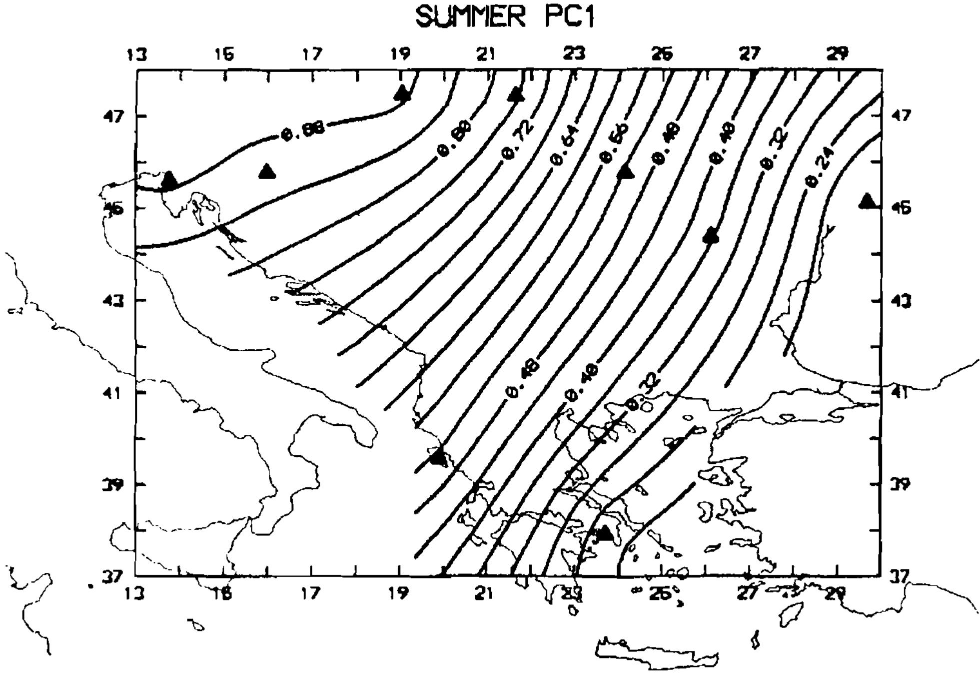


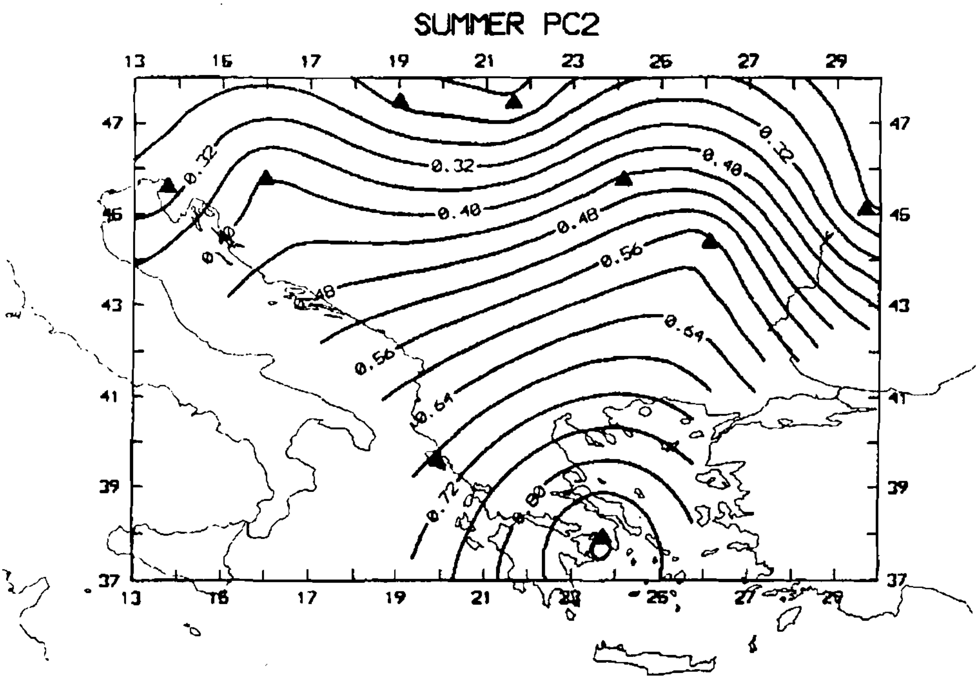
Σχ 4. Χωρική κατανομή των Ετησίων ισοπληθών των P.C.A. ισοπληθών.





Σχ 5. Χωρική κατανομή των ισοπληθών των P.C.A. ισοπληθών, κατά το Χειμώνα.





Σχ 6. Χωρική κατανομή των ισοπληθών των P.C.A. ισοπληθών, κατα το Θερος.

Δ. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα της μελέτης αυτής μπορούν να συνοψισθούν στά εξής:

Οι χρονοσειρές της μέσης Θερμοκρασίας του αέρα κατά τα τελευταία 140 περίπου έτη παρουσιάζουν μεγαλύτερη μεταβλητότητα στό Βόρειο τμήμα της εξεταζομένης περιοχής, (Budapest, Debregen, Zagreb, Bucurest, Sibiu κ.ά.) σε σχέσει με χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, (Kerkyra, Athens). Το ίδιο επίσης παρατηρείται καί στις χρονοσειρές που βρίσκονται στο εσωτερικό των ηπείρων σε σχέση με αυτές που βρίσκονται πλησίον της θαλάσσης (Trieste). Επίσης η μεταβλητότητα της θερμοκρασίας των Εποχικών τιμών είναι μεγαλύτερη της αντιστοίχου των Ετησίων τιμών στό βόρειο τμήμα και από τις εποχές ο Χειμώνας εμφανίζει την μεγαλύτερη μεταβλητότητα. Αντιθέτως στο νότιο τμήμα η μεταβλητότητα είναι ίδια στις Ετήσιες καί Εποχικές τιμές.

Επίσης οι χρονοσειρές των Ετησίων τιμών της μέσης θερμακρασίας του αέρα στην βόρεια περιοχή εμφανίζουν ελάχιστο την δεκατία του 1880, η δε θέρμανση που ακολουθεί στη συνέχεια καταλήγει σε μέγιστο την δεκαετία του 1950. Μετά δε το ελάχιστο πού παρατηρείται την δεκαετία του 1970 οι χρονοσειρές εμφανίζουν έντονη τάση θέρμανσης. Ενώ αντιθέτως στο νότιο τμήμα οι χρονοσειρές εμφανίζουν ελάχιστο το 1910, το δε μέγιστο που ακολουθεί εμφανίζεται νωρίτερα στά μέσα της δεκαετίας του 1920. Μετά το ελάχιστο του 1970 οι χρονοσειρές δεν εμφανίζουν έντονη θέρμανση.

Όσον αφορά την χωρική κατανομή της μέσης θερμοκρασίας, η εφαρμογή της Ανάλυσης σε κύριες συνιστώαες πάνω στους εννέα μετεωρολογικούς σταθμούς έδωσε δύο κύριες αμάδες, που εκφράζονται από την πρώτη και την δεύτερη κύρια συνιστώσα αντίστοιχα. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τους βόρειους ηπειρωτικούς σταθμούς Budapest, Trieste, Zagreb, Debregen, Sibiu, Bucuresti, ενώ η δεύτερη ομάδα αποτελείται από τους σταθμούς των Αθηνών, της Κέρκυρας και Sulina. Η ομαδοποίηση αυτή ελάχιστα διαφοροποιείται ως προς την εποχή.

Βιβλιογραφία

Bartzokas, A. and Metaxas, D.A. April (1990). Climatic Fluctuations of Temperature and Air Circulation in the Mediterranean. Procceding of the Course on Climate and Global Change of the European School of Climatology and Natural Hazards, Arles, 4-12.

Blackman, R.B. and J.W. Tukey (1958). The Measurement of power spectra, Dover Publ. New York, 190 p.

Kaiser, H.F. (1959). Computer program for varimax rotation in factor analysis, Edvc. Psychol., Meas., 19, 413-420.

Maheras, P. (1989). Principal Component Analysis of Western Mediterranean Air Temperature Variations 1866-1985: Theor. Appl. Climatol. 39, 137-145.

Maheras, P. and Arseni-Papadimitriou (1993). Spectral Analysis of Temperature over the Mediterranean Sea. Journal of Climatology 16, 194-200.

Repapis, C.C. and C.M. Philandras (1988). A Note on the Air Temperature Trends of the Last 100 Years as Evidenced in the Eastern Mediterranean Time Series. Theor. Appl. Climatol. 39, 93-97.

Repapis, C.C. and C.M. Philandras (1994). Air Temperature Trends in the Mediterranean Basin: Eastern Europe and Global Change Workshop- Seminar 3-9 October, Kassandra, Halkidiki.

Richman, M. (1986). Rotation of principal componets, J. Climatol., 6, 293-335.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Έμπειρα συστήματα: Εργαλεία για τη συμβολική αναπαράσταση των γεωμορφών

Δ. Αργιαλάς
Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Τομέος Τοπογραφίας, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων, ΕΜΠ, 15780 Αθήνα

Περίληψη

Η πρόοδος της επιστήμης της Τεχνητής Νοημοσύνης και των Εμπείρων Συστημάτων προσθέτουν νέα εργαλεία στη δημιουργία μοντέλων και προγραμμάτων το οποία μπορούν να απεικονίζουν συμβολικά την εμπειρία των ειδικών σε πολλά γνωστικά πεδία και εφαρμογές. Σ' αυτό το άρθρο πρώτα ορίζονται οι ανάγκες για τυποποίηση της φωτογεωμορφολογικής γνώσης και οι θεωρητικές επιδιώξεις και πρακτικά ωφέλη αυτής της έρευνας. Κατόπιν αναπτύσσονται οι συνεχιζόμενες προσπάθειές μας στην ανάπτυξη ποικίλων τεχνικών εμπείρων συστημάτων για την αναπαράσταση της σχετικής με τις γεωμορφές γνώσης. Τα δημιουργηθέντα έμπειρα συστήματα συνάγουν το είδος της γεωμορφής μιας περιοχής βάσει των από τον χρήστη προσδιοριζομένων προτύπων φωτογεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της. Δίνεται έμφαση στα νέα εννοιολογικά σχήματα τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στο να αυξηθεί το επίπεδο πλοκής της αναπαριστάμενης γνώσης. Αυτά τα εννοιολογικά σχήματα εκφράζονται ως γεωμορφολογικά, χωρικά και φυσιογραφικά συμφραζόμενα. Η δημοσίευση συμπεραίνει ότι η σχετική με τις γεωμορφές γνώση μπορεί να οργανωθεί μέσω αυτών των μεθόδων αναπαράστασης ώστε να βοηθήσει στην κατανόηση της διαδικασίας της φωτοερμηνείας των γεωμορφών και να συντελέσει έτσι ώστε αυτή η διαδικασία να γίνει περισσότερο σαφής και ακριβής.

Abstract

The progress made in artificial intelligence and expert systems has added new methods and tools for the symbolic representation of expertise in many fields. In this article, at first are defined the needs for the formalization of terrain related knowledge and the theoretical goals and practical benefits of this research effort. Secondly, a number of prototype terrain expert systems are presented that explore a range of knowledge-based representation techniques. The presented prototype expert systems infer the type of landform of a site based on the landform pattern elements. Emphasis is placed on new conceptual schemes which could help in increasing the complexity and granularity of terrain knowledge representation. These conceptual schemes are expressed as geomorphologic, physiographic and regional context. The paper concludes that terrain-related knowledge can be organized through the knowledge representation methods so that to help in understanding the photointerpretation process and to contribute in making this process more explicit and accurate.

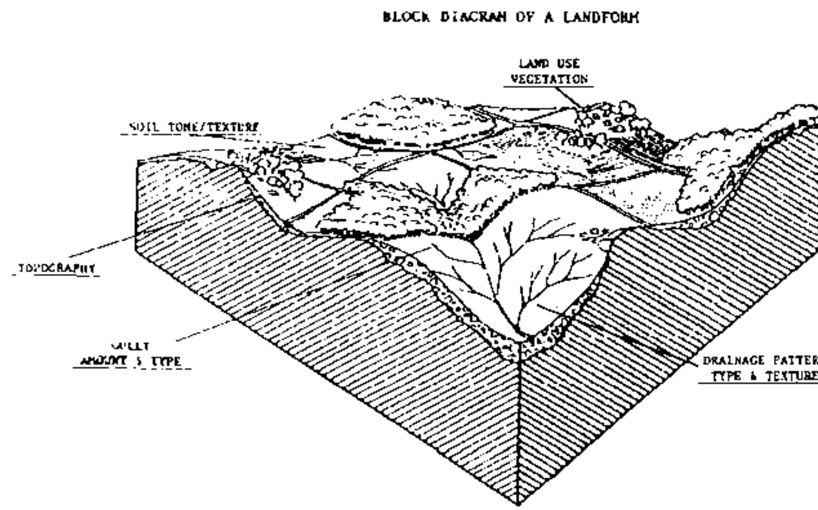
1. Εισαγωγή

1.1. Αναγνώριση μορφών γης και τεχνική φωτογεωμορφολογία

Η γνώση του πεδίου και των γεωμορφών χρησιμοποιείται κατά τα στάδια του σχεδιασμού και της κατασκευής πολλών τεχνικών έργων, αλλά και κατά την εκτίμηση της καταλληλότητας γης για τη γεωργία, δασολογία και άλλες γεωεπιστήμες. Προβλέψεις που αφορούν το είδος του εδάφους, των πετρωμάτων, της μορφής και της υφής του υδρογραφικού δικτύου, τη̇ς χρήσης γης και της βλάστησης μπορεί να είναι προσδιοριστικοί παράγοντες στο σχεδισμό των τεχνικών έργων. Η φωτοερμηνεία γεωμορφών και η ανάλυση πεδίου είναι το αποτέλεσμα αυτής της απαίτησης και δημιουργήθηκε στη δεκαετία το 1950 για να υποστηρίξει τις ανάγκες τόσο στρατιωτικών επιχειρήσεων όσο και τις ανάγκες των μηχανικών και γεωεπιστημόνων που ήθελαν να εκτιμήσουν την καταλληλότητα ενός συγκεκριμένου τοπίου για την υλοποίηση τεχνικών έργων (Way, 1978). Από τότε ερευνητές σε όλες τις ηπείρους αναπτύσσουν και επεκτείνουν τη μεθοδολογία της φωτοερμηνείας γεωμορφών και ανάλυσης πεδίου. Η μεθοδολογία έχει περιγραφεί στα συγγράμματα των Lillesand και Kiefer (1979), Way (1978), Mintzer (1983), Townshend (1981), Mitchell (1973), κ.ά. Η τεχνική φωτογεωμορφολογία έχει χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή χαρτών γεωμορφών και οι παραγόμενοι χάρτες γεωμορφών έχουν χρησιμοποιηθεί για να εκπαιδεύσουν τεχνικούς στην παραγωγή γεωμορφολογικής πληροφορίας και στην εκτίμηση της καταλληλότητας ενός πεδίου για την υλοποίηση ενός τεχνικού έργου.

Η *τεχνική φωτογεωμορφολογία* (landform interepretation for engineering terrain analysis) περιλαμβάνει τη συστηματική διερεύνηση και τυποποίηση των φωτοερμηνευτικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τη γένεση, τη μορφολογική εξέλιξη και τη λιθολογική σύσταση των γεωμορφών (landform) και τη σημασία τους στις κατασκευές τεχνικών έργων (Mitchell 1973, Way 1978, Lillesand and Kiefer 1979, Townshend 1981, Mintzer 1983). Η τυποποίηση των προτύπων φωτοερμηνευτικών χαρακτηριστικών των γεωμορφών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία φωτογεωμορφολογικών κλειδιών.

Ως *γεωμορφές* (Σχ. 1) ορίζονται σ' αυτή την προσέγγιση οι μορφολογικές ενότητες του αναγλύφου, συνήθως της τρίτης τοπογραφικής τάξης, που έχουν προέλθει από γεωλογικές και γεωμορφολογικές φυσικές διεργασίες και οι οποίες, εφόσον διεμορφώθησαν κάτω από παρόμοιες συνθήκες (κλίματος, αποσάθρωσης, διάβρωσης, κ.λπ.), θα παρουσιάζουν προσδιορίσιμη λιθολογική σύσταση και τυπικά, ορατά και φυσικά χαρακτηριστικά που αποκαλούνται *πρότυπα φωτογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά* (landform pattern elements) (Way 1978, Lillesand and Kiefer 1979, Mintzer 1983).



Σχ. 1. Ενδεικτικό διάγραμμα γεωμορφής με τα πρότυπα φωτογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της (Way, 1978).

Αυτός ο ορισμός των γεωμορφών βασίζεται στην υπόθεση ότι δυο οποιεσδήποτε γεωμορφές που έχουν προέλθει από το ίδιο μητρικό υλικό ή που έχουν αποτεθεί με την ίδια διεργασία και που και οι δυο βρίσκονται στην ίδια σχετική θέση, και κάτω από παρόμοιες κλιματικές συνθήκες θα παρουσιάζουν παράμοια πρότυπα φωτογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, φυσικές ιδιότητες, λιθολογική σύσταση, και τεχνικά χαρακτηριστικά. Έτσι για παράδειγμα, πεδία πλημμυρών (υπερχειλίσεως), αλλσυβιακά ριπίδια, κσυέστας, και φακοειδείς λιθωνολόφοι θα έχουν παρόμαια πρότυπα φωτογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά οπουδήποτε στον κόσμο και αν βρίσκονται κάτω από τις ίδιες κλιματικές συνθήκες καθώς και προσδιαρίσιμο εύρος τεχνικών χαρακτηριστικών.

Στα πρότυπα φωτογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά συμπεριλαμβάνονται η ταπογραφική μορφή, η μορφή του υδρογραφικσύ δικτύου και η υφή του, ο τύπος και το πλήθος των διαβρωτικών χαραδρώσεων, ο φωτογραφικός τόνας και η υφή του εδάφους, η χρήση γης, και το είδος της βλάστησης (Σχ. 1). Τα πρότυπα φωτογεωμορφσλογικά χαρακτηριστικά στοιχεία έχουν επιλεγεί έται ώστε να βοηθούν την περιγραφή, αναγνώριση, κατάταξη, και ερμηνεία των γεμορφών από αεροφωτογραφίες και άλλες τηλεπισκοπικές εικόνες.

Η αναγνώριση των γεωμορφών με βάσει τα πρότυπα φωτογεωμορφολογικό χαρακτηριστικά τους βασίζεται σε γνωστές συσχετίσεις μεταξύ των γεωμορφών και των χαρακτηριστικών τους. Η τοπογραφική μορφή είναι έκφραση του φυσικού αναγλύφου όπως αυτό διαμορφώθηκε μέσω διεργασιών διαβρώσεως ή αποθέσεως κάτω από δεδομένες κλιματικές και γεωλογικές συνθήκες. Η τοπογραφική μορφή περιγράφεται ως συνάρτηση των κλίσεων (ήπιες, μέτριες, μετρίως απότομες και απότομες), της μορφής του αναγλύφου (πεδινό, λοφώδες, ορεινό), και της περιοχής μελέτης (απότομες βουνοκορφές, αποστρογγυλοποιημένες βουνοκορφές κ.λπ.). Η τοπαγραφική μορφή, η διαπερατότητα, το πορώδες και ο τύπος διάβρωσης μιας γεωμορφής καθορίζουν τη μορφή και την υφή του υδρογραφικσύ δικτύου που κατά συνέπειαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση της γεωμορφής. Υπάρχουν πολλές μορφές του υδρογραφικού δικτύου, οι πιο καινές είναι το δενδριτικό (με οξείες γωνίες αυμβαλλόντων παραποτάμων), το παράλληλο (με πολλούς παράλληλους παραποτάμους), το αρθογώνιο (με σχεδόν ορθές γωνίες συμβαλλάντων παραποτάμων), το ακτινωτό, το δικτυωτό και άλλα (Argialas κ.ά. 1988). Ο τύπος της χαραδρωτικής διάβρωσης συχνά χρησιμοποιείται σαν ένδειξη του είδους του εδάφσυς και του μητρικού υλικσύ. Διακρίνονται δε συνήθως τρεις τύπσι χαραδρωτικής διάβρωσης (1) σχήματος "U" που απαντάται σε συνεκτικά εδάφη, (2) σχήματος "⊔" (αντίστροφου Π)) που απαντάται σε μερικώς συνεκτικά εδάφη και (3) σχήματος "V" που απαντάται σε μη συνεκτικά εδάφη. Η φυσική βλάστηση μπορεί να δώσει αρκετές ενδείξεις σχετικά με το είδος του εδάφους για εκείνες τις περιπτώσεις που υπάρχουν γνωστές συσχετίσεις βλάστησης-εδάφαυς. Οι σχέσεις μεταξύ χρήσεων γης και γεωμορφών είναι οι λιγότερο σαφείς μια που και η επίδραση του ανθρώπου μπορεί να επηρεάσει καθοριστικά αυτή τη σχέση.

Για τη διεκπεραίωση της φωτογεωμορφολογίας συνίσταται η συλλογή, μελέτη και ανάλυση συμπληρωματικού και βοηθητικού

- βιβλιογραφικού υλικού που αναφέρεται στη γεωλογία, γεωμορφολογία, βλάστηση και περιβάλλον της περιοχης μελέτης, και
- χαρτογραφικού υλικού (τοπογραφικών, γεωλογικών και εδαφολογικών χαρτών και χαρτών χρήσεων γης και βλάστησης).

Ο παραπάνω ορισμός των γεωμορφών δεν είναι απόλυτα συμβατός με εκείνους άλλων επιστημονικών κλάδων που ονομάζουν γεωμορφή είτε το σχήμα είτε την τοπογραφική μορφή του αναγλύφου (κοιλάδες, βουνά, πεδιάδες), είτε τα τεκτονικά χαρακτηριστικό μιας περιοχής (κανονικά ρήγματα). Τέτοιαυ τύπου ορισμοί γεωμορφών δεν λαμβάνουν υπ' όψιν τους την ομοιογένεια της λιθολογικής σύστασης ή το υλικό της γεωμορφής που είναι χρήσιμο στοιχείο για τους μηχανικούς τεχνικών έργων που ενδιαφέρονται για τον προσδιορισμό των εδαφομηχανικών ιδιοτήτων και της τεχνικης συμπεριφοράς των γεωμορφών και εδαφών στις κατασκευές (Way, 1978). Η τεχνική φωτογεωμορφολογία, απ' την άλλη πλευρά, παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων που αφορούν τη γεωλογική δομή των γεωμορφών, την λιθολογική τους σύσταση και την τεχνική τους συμπεριφορά και έτσι είναι πιο χρήσιμη για τους μηχανικούς τεχνικών έργων. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται από μηχανικούς και γεωεπιστήμονες για να προσδιορίσουν περιοχές οι οποίες απαιτούν επιπρόσθετες εργασίες διερεύνησης, όπως γεωτεχνικές μελέτες, γεωτρήσεις και άλλου είδους εργασίες υπαίθρου (Way 1978).

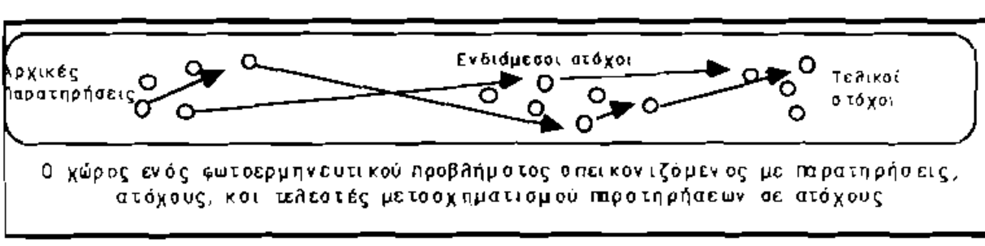
1.2. Πρακτικά ωφέλη και θεωρητικές επιδιώξεις της συμβολικής αναπαράστασης της φωτογεωμορφολογικής γνώσης μεσω έμπειρων συστημάτων

Η τεχνική φωτογεωμορφολογία είναι χρήσιμη για τους γεωεπιστήμονες και μηχανικούς που εργάζονται για την προστασία των φυσικών διαθεσίμων, τα περιβαλλοντικά προβλήματα, τις μελέτες τεχνικής γεωλογίας και τις μελέτες τεχνικών έργων. Οι ανάγκες αυτές υπάρχουν στο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., τον Ο.Κ.Χ.Ε., το Ι.Γ.Μ.Ε., το ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε., τα Δασολογικά και Εδαφολογικά Ινστιτούτα-Ι.Χ.Τ.Ε., τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού και τις Ένοπλες Δυνάμεις. Αναμφίβολα δε ο ιδιωτικός τομέας έχει παρόμοιες ανάγκες. Συνήθως όμως σε αυτούς τους φορείς υπάρχει έλλειψη ειδικών φωτοερμηνευτών και τα λίγα υπάρχοντα νέα τους στελέχη δεν έχουν την επαρκή εμπειρία για να εκτελέσουν αποτελεσματική και έγκαιρη φωτοερμηνεία όσον αφορά τα περιβαλλοντικά, και τεχνικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν.

Η διαδικασία της τεχνικής φωτογεωμορφολογίας είναι χρονοβόρα και κοστίζει μια που απαιτεί πείρα που αποκτάται μόνο μετά από εκτεταμένες σπουδές και μακροχρόνια πρακτική εμπειρία. Μπορεί δε ακόμα να χαρακτηρισθεί πιότερο σαν τέχνη παρά σαν επιστήμη μια που έχει έλλειψη μιας μεθοδικής θεωρίας. Η υπάρχουσα σε βιβλία και εγχειρίδια γνώση είναι περιγραφική και μάλλον ασαφής χωρίς συγκεκριμένη αναφορά στη στρατηγική διαδικασία (ή πορεία επίλυσης) που ενδείκνυται να ακολουθηθεί για να οδηγηθεί ένας άπειρος φωτοερμηνευτής στην αναγνώριση μιας γεωμορφής (Σχ. 2). Απ' την άλλη πλευρά, υπάρχουν εκπαιδευμένοι και ειδικευμένοι έμπειροι φωτοερμηνευτές που με επιδεξιότητα επιτελούν καθημερινά τέτοιες διαδικασίες. Προφανώς η υπονοούμενη φωτογεωμορφολογική γνώση υποβοηθά κατά κάποιο τρόπο τους έμπειρους ερμηνευτές να αναγνωρίζουν άμεσα ή να ερμηνεύουν έμμεσα τις γεωμορφές. Συνεπώς είναι χρήσιμο να τυποποιηθεί η γνώση των εμπείρων κατά τρόπο που να επιτρέπει σε αρχάριους φωτοερμηνευτές να επωφεληθούν με χρήση αυτής της τυποποίησης.

Σε επιστημονικό επίπεδο, αυτή η τυποποίηση, μέσω μιας κατάλληλης συμβολικής αναπαράστασης σε περιβάλλον υπολογιστή είναι αναγκαία διότι (Σχ. 2):

1. υπάρχει η ανάγκη για βαθύτερη κατανόηση και αντικειμενικοποίηση της φωτογεωμορφολογικής γνώσης,
2. δεν είναι γνωστό το είδος, το επίπεδο και η ακρίβεια των δεδομένων που απαιτούνται από το φωτοερμηνευτή για να επιτευχθεί μια επαρκής φωτοερμηνεία,
3. υπάρχει έλλειψη της επεξήγησης της φωτοερμηνευτικής διαδικασίας σε συγγράμματα και εγχειρίδια,
4. υπάρχει έλλειψη ενός συστηματικού πλασίου φωτοερμηνείας, και
5. η έλλειψη τυποποίησης οδηγεί στη μη επαναληπτικότητα της φωτοερμηνευτικής διαδικασίας καθώς επίσης και στη μη δυνατότητα να διδαχθεί και να μεταδοθεί με σαφήνεια.



Σχ. 2. Ο χώρος επίλυσης ενός φωτοερμηνευτικου προβληματος αποτελείται από αρχικές παρατηρήσεις, ενδιάμεσες και τελικές υποθέσεις γεωμορφολογικών διεργασιών και σχηματισμών καθώς και από τελεστές που μετατρέπουν συνδιασμούς παρατηρήσεων ή υποθέσεων σε άλλες εύλογες υποθέσεις. Αυτός είναι ο ερευνητικός χώρος του προβλήματος που προσποθούμε να ορίσουμε με αυτή την έρευνα για το αντικείμενο της φωτογεωμορφολογίας.

Έτσι είναι ευνόητο ότι για πρακτικούς αλλά και επιστημονικούς λόγους υπάρχει ανάγκη για την τυποποίηση αφ' ενός και για την αυτοματοποίηση αφ' ετέρου της υπονοούμενης φωτογεωμορφολογικής στρατηγικής διαδικασίας. Η τυποποίηση και αυτοματοποίηση της φωτοερμηνευτικής γνώσης έχει επιχειρηθεί για ορισμένα φωτοερμηνευτικά προβλήματα με τη δημιουργία παραστατικών και διαδικαστικών φωτοερμηνευτικών κλειδιών. Στην φωτογεωμορφολογία έχουν αναπτυχθεί παραστατικά κλειδιά (Way 1978), υπάρχει όμως έλλειψη διαδικαστικών κλειδιών.

Τα φωτοερμηνευτικά διαδικαστικά κλειδιά εμπεριέχουν μια σειρά από πληροφορίες που πρέπει να «ρωτήσει» ο φωτοερμηνευτής την αεροφωτογραφία, παρατηρώντας την στερεοσκοπικά, για να φθάσει στην αναγνώριση των εμφανιζομένων σ' αυτή αντικειμένων. Σήμερα τα διαδικαστικά φωτοερμηνευτικά κλειδιά μπορούν να κατασκευαστούν με χρήση σύγχρονων τεχνικών και λογισμικού έτσι ώστε να επιτρέπουν διαλογική επικοινωνία με τον υπολογιστή και κατά τρόπον που θα υποβοηθούν άπειρους ή αρχάριους φωτοερμηνευτές στην ανάλυση και ερμηνεία γεωμορφών μέσω στερεοσκοπικής παρατήρησης αεραφωτογραφιών και άλλων τηλεπισκοπικών εικόνων. Οι τεχνολογίες υπολογιστών που δίνουν αυτή τη δυνατότητα είναι εκείνες των εμπείρων συστημάτων, οι οποίες προσφέρουν την αναπαράσταση της γνώσης και εμπειρίας των ειδικευμένων επιστημόνων και επαγγελματιών μέσα σε προγράμματα υπολογιστού, που καλούνται έμπειρα συστήματα (Argialas και Harlow 1990). Αυτά τα προγράμματα μπορούν, αφού πρώτα αποταμιεύσουν τη γνώση των εμπείρων, να χρησιμοποιηθούν από αρχάριους προς αναζήτηση πληροφοριών, παραδειγμάτων, και προσεγγίσεων που έως τώρα μόνο οι έμπειροι μπορούσαν να έχουν στη διάθεσή τους.

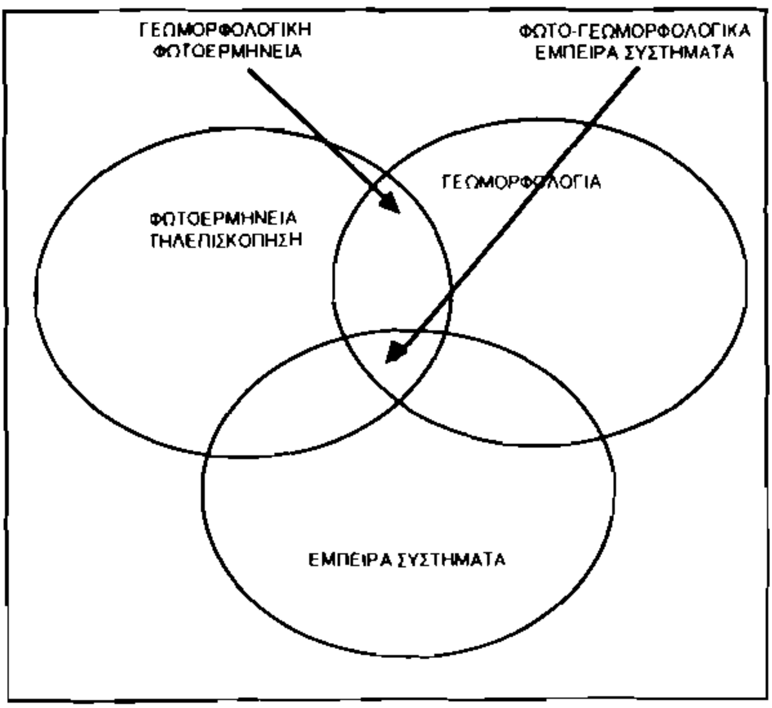
Με τη βοήθεια της διαλογικής επικοινωνίας του λογισμικού του εμπείρου συστήματος ο φωτοερμηνευτής θα βοηθηθεί στην καθημερινή πρακτική του μέσω της εφαρμογής μιας πιότερο τυποποιημένης διαδικασίας. Αυτή η τυποποίηση της διαδικασίας αναμφίβολα θα οδηγήσει σε αύξηση της παραγωγικότητας, της ποιότητας και της αξιοπιστίας της φωτοερμηνευτικής διαδικασίας μια που τώρα πια θα μπορεί να γίνεται κατά τρόπο παρόμοιο με εκείνον του έμπειρου φωτοερμηνευτή. Ο αρχάριος φωτοερμηνευτής θα μπορεί μόνος του, αλλά καθοδηγούμενος από το εκπαιδευτικό λογισμικό που θα εμπεριέχει τη «γνώση» των έμπειρων, να «εξερευνήσει» με την άνεσή του κάθε εναλλακτική φωτογεωμορφολογική υπόθεση ή συνδιασμό φωτοερμηνευτικών χαρακτηριστικών που πιθανολογικά αντιστοιχούν στην περιοχή μελέτης του.

Ανακεφαλαιώνοντας, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η συμβολικά τυποποιημένη φωτοερμηνευτική γνώση (σε περιβάλλον υπολογιστή) θα μπορεί καλύτερα να διατηρηθεί, να ανακτηθεί, να διδαχθεί, να επεκταθεί, να τροποποιηθεί και να γίνει θέμα αντικειμενικότερης κριτικής.

2. Εφαρμογές έμπειρων συστημάτων στη φωτοερμηνεία γεωμορφολογικών σχηματισμών

Για την τυπαποίηση της φωτοερμηνευτικής διαδικασίας ο Αργιαλάς και οι συνεργάται του έχουν αναπτύξει ποικίλες τεχνικές εμπείρων συστημάτων και έχουν κάνει βήματα στην αναπαράσταση της διαδικασίας της φωτοερμηνείας γεωμορφών και ανάλυσης πεδίου σε ένα στηριζόμενο σε γνώση έμπειρο σύστημα (Argialas 1996, Αργιαλάς 1995, Αργιαλάς 1994a, Αργιαλάς 1994b, Argialas 1990, Argialas 1989a, Argialas 1989b, Argialas 1988, Argialas και Mintzer 1992, Argialas και Harlow 1990, Argialas και Narasimhan 1989a, Argialas και Narasimhan 1989b, Narisimhan και Argialas 1989, Narisimhan και Argialas 1988a, Narisimhan και Argialas 1988b). Το Σχ. 3 παρουσιάζει το χώρο της παρούσας έρευνας.

Οι λόγοι της επιλογής των εμπείρων συστημάτων ως εργαλείου τυποποίησης της φωτοερμηνευτικής γνώσης είναι οι εξής:



Σχ. 3. Γραφικη σκιαγράφηση που δειχνει την ερευνητικη περιοχη αυτης της εργασίας.

1. η μεθοδολογία της φωτοερμηνείας γεωμορφών και ανάλυσης πεδίου απαιτεί γνώση που είναι σε μεγάλο βαθμό εμπειρική και ευρετική,
2. η με υπολογιστή αναπαράσταση αυτής της γνώσης δεν μπορεί εύκολα να αποδοθεί με τις άκαμπτες και ακριβείς περιγραφές που είναι διαθέσιμες στις διαδικαστικές γλώσσες,
3. ενώ αντίθετα σε μεγάλο βαθμό καταδυναστεύεται από τη συμβολική αναπαράσταση, συμβολική λογική, ασαφή αναπαράσταση και ευρετική αναζήτηση που βέβαια οδηγούν στη μεθοδολογία των εμπείρων συστημάτων.

Εκτενής περιγραφή των αρχών, μεθόδων, εργαλείων αλλά και εφαρμογών των εμπείρων συστημάτων στην τηλεπισκόπηση παρουσιάστηκαν από τους Αργιαλά και Harlow (1990). Επίσης οι ίδιοι επιμελήθηκαν ενός τόμου που περιείχε μια σειρά από έμπειρα συστήματα για τηλεπισκόπηση (Argialas και Harlow, 1990a). Εδώ δεν μας επιτρέπει ο χώρος μια λεπτομερή ανάλυση. Ακολουθεί μια πολύ περιληπτική θεώρηση των εμπείρων συστημάτων. Τα έμπειρα συστήματα περιλαμβάνουν μεθόδους αναπαράστασης της γνώσης και επίλυσης προβλημάτων όπως μεθόδους συμπερασματικής λογικής και στρατηγικών ελέγχου της πορείας επίλυσης (Hayes-Roth et al. 1983, Harmon and King 1985, Jackson 1986). Οι πιο γνωστές τεχνικές αναπαράστασης της γνώσης περιλαμβάνουν τα σημασιολογικά δίκτυα, τους κανόνες παραγωγής και τα πλαίσια. Στις τεχνικές συμπερασματικής λογικής περιλαμβάνονται ο τρόπος του θέτειν, η αρχή της απάφασης, οι μέθοδοι χειρισμού αβεβαιότητας και ασάφειας και άλλες (Harmon and King, 1986, Τζαφέστας 1988). Οι στρατηγικές ελέγχου της συμπερασματικής λογικής επιτελούνται κατά την ορθή, την αναστροφή ή την αμφίδρομη συλλογιστική διαδικασία. Επιπροσθέτως η έρευνα του χώρου υποθέσεων και συμπερασμάτων μπορεί να γίνει είτε κατά βάθος είτε κατά πλάτος (Κρικέτος και Πάστρας 1979, Hayes-Roth et al., 1983).

Στη συνέχεια περιγράφονται συγκεκριμένες εφαρμογές έμπειρων συστημάτων του συγγραφέα και των συνεργατών του στη φωτοερμηνεία γεωμορφολογικών σχηματισμών. Η μεθοδολογία ανάπτυξης των εμπείρων συστημάτων για ερμηνεία γεωμορφών (TAX-1, 2, 3, 4) συμπεριλαμβάνει πέντε ανεξάρτητα αλλά επικολυπτόμενα εν μέρει στάδια: (1) τοποθέτηση του προβλήματος, (2) σύλληψη του προβλήματος, (3) τυποποίηση ή φορμαλισμό της γνώσης σε κατάλληλες δομές αναπαράστασης, (4) υλοποίηση και προγραμματισμός του εμπείρου συστήματος σε ένα κατάλληλο εργαλείο, και (5) έλεγχο και αξιολόγηση του συστήματος. Στην ανάπτυξη των εμπείρων συστημάτων που ακολουθούν παρουσιάζονται αυτά τα στάδια σε μικρή όμως έκταση το καθένα.

2.1. Το Έμπειρο Σύστημα TAX-1

Ο TAX-1 (Terrain Analysis eXpert) είναι ένα έμπειρο σύστημα στην περιοχή της τεχνικής φωτογεωμορφολογίας που εστιάζει στην αναγνώριση γεωμορφών, όπως ασβεστολίθων, αργιλικών σχιστόλιθων, ψαμμιτών, και άλλων (Argialas and Narasimhan, 1988a, 1988b). Η βάση γνώσης του TAX-1 περιλαμβάνει περιγραφικά δεδομένα γεωμορφών καθώς και μια στρατηγική φωτοερμηνευτικής λογικής που επενεργεί επί των περιγραφικών δεδομένων για να βγάλει συμπεράσματα. Τα περιγραφικά δεδομένα γεωμορφών εκφράζουν συσχετίσεις μεταξύ φυσιογραφικών περιοχών και αναμενόμενων σε αυτές γεωμορφών, καθώς και συσχετίσεις μεταξύ γεωμορφών και των χαρακτηριστικών τους. Τα περιγραφικά δεδομένα γεωμορφών αντιπροσωπεύτηκαν με την τριπλέτα αντικείμενο-ιδιότητα-τιμή, οι δε συσχετίσεις μεταξύ τους εκφράστηκαν με κατάλληλα επιλεγμένες δεσμευμένες πιθανότητες (Πίν. 1).

Η στρατηγική της φωτοερμηνευτικής λογικής εκφράσθηκε με τη μορφή κανόνων παραγωγής. Οι κανόνες παραγωγής είχαν τη μορφή

Hypothesis (H) IF evidence (E) with LS, LN

Αν υπάρχει η μαρτυρία (E) με LS, LN, τότε είναι αληθής η Υπόθεση (H)

Δηλαδή κάθε γεωμορφολογικά χαρακτηριστικό θεωρήθηκε σαν μια μαρτυρία (E) που συνέβαλε στην ενίσχυση ή εξασθένηση μιας υπόθεσης (H) για μια συγκεκριμένη γεωμορφή με βάση δύο μέτρα LS και LN. Το LS εξέφραζε το μέτρο επάρκειας μιας παρατήρησης στην εγκαθίδρυση της δεδομένης γεωμορφής και το LN εξέφραζε το μέτρο αναγκαιότητας της ύπαρξης του εκάστοτε χαρακτηριστικού στοιχείου χωρίς την παρουσία του οποίου η συγκεκριμένη υπόθεση έπρεπε να απορριφθεί.

Τα περιγραφικά δεδομένα και οι κανόνες παραγωγής απετέλεσαν τη βάση γνώσης η οποία δομήθηκε στη συμβολική γλώσσα προγραμματισμού OPS5, που παρέχει μια μηχανή αποφάσεων της οποίσ η συλλογιστική πορεύεται από το δεδομένα προς τις υποθέσεις. Πάνω σε αυτή τη μηχανή οικοδομήθηκαν επιπρόσθετοι μηχανισμοί αποφάσεων: (1) ένας μηχανισμός ανάστροφης συλλογιστικής πορείας για να εκμαιεύει από το χρήστη τα χαρακτηριστικά στοιχεία της υπό μελέτη περιοχής και (2) ένας μηχανισμός αβέβαιης συλλογιστικής με βάση πιθανότητες δεδομένων και υποθέσεων.

Η σχεδιασθείσα βάση γνώσης περιείχε δυο ξέχωρα τμήματα. Το ένα αφορούσε συγκεκριμένη δηλωτική γνώση περί φυσιογραφικών περιοχών, γεωμορφών και των χαρακτηριστικών τους στοιχείων, η οποία αποθηκεύτηκε υπό μορφήν γεγονότων (αντικείμενο-χαρακτηριστικό-τιμή). Το

Pattern element	Pattern element value (Evidence)	P (Evidence/Hypothesis) Conditional probability of each evedence given the hypothesis of		
		Humid Sandstone	Humid Shale	Humid Limestone
Topography	Steep slopes	0.6	0.15	0.5
	Medium slopes	0.2	0.7	0.25
	Flat-undulating	0.2	0.15	0.25
Drainage pattern	Dendritic	0.6	0.8	0.1
	Rectangular	0.2	0.1	0.0
	Angular	0.2	0.1	0.1
	Internal	0.0	0.0	0.8
Drainage texture	Coarse	0.6	0.1	0.1
	Medium	0.3	0.3	0.0
	Fine	0.1	0.6	0.0
Soil tone	Light	0.7	0.2	0.3
	Medium	0.2	0.6	0.5
	Dark	0.1	0.2	0.2
Landuse-valleys	Cultivated	0.3	0.7	0.8
	Forested	0.5	0.1	0.1
	Urban	0.2	0.2	0.1
Landuse-slopes	Cultivated	0.1	0.1	0.7
	Forested	0.9	0.8	0.2
	Urban	0.0	0.1	0.1
Gully type	V-shaped	0.8	0.1	0.5
	Sag and swale	0.1	0.8	0.0
	U-shaped	0.1	0.1	0.5
Gully amount	Non	0.3	0.0	0.8
	Few	0.7	0.2	0.2
	May	0.0	0.8	0.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Υπό συνθήκες πιθανότητες εμφάνισης του κάθε φωτογεωμορφολογικού χαρακτηριστικού για την κάθε μια από τρεις γεωμορφές (υποθέσεις όπως δόθηκαν από έμπειρο φωτοερμηνευτή και χρησιμοποιήθηκαν στα έμπειρα συστήματα ΤΑΧ-1, 2, 3 (Argialas και Narasimhan, 1988a).

άλλο αφορούσε τη διαδικαστική γνώση, δηλαδή τη μέθοδο εξαγωγής συμπερασμάτων, η οποία έλαβε τη μορφή κανόνων παραγωγής που επιτελούσαν την αβέβαιη συλλογιστική διαδικασία (Πίν. 2).

Κανόνας παραγωγής γραμμένος στη γλώσσα OPS5	(p hypothesize_a_landform_type_based_on_physiography (section_landform_pair ^section_name <section_value> ^landform_type <landform_value> ^section_landform_prob <probability_value> -> (make landform of the site ^landform_type <landform_value> <probability <probability_value>
Επεξήγηση των συμβόλων της γλώσσας OPS5	p Σημαίνει κανόνας παραγωγής ^ Σημαίνει ότι χαρακτηριστικό <> Εμπεριέχει την τιμή ενός χαρακτηριατικού -> Σημαίνει «τότε»
Ερμηνεία του κανόνα	Αν ο χρήστης έχει δηλώσει τη φυσιογραφική ενότητα της περιοχής μελέτης και υπάρχει στη βάση γνώσης ένα αντικείμενο που εμπεριέχει την a priori πιθανότητα εμφάνισης μιας οποιασδήποτε γεωμορφής στη δηλωθείσα φυσιογραφική περιοχή, Τότε αρχικοποίησε την πιθανότητα εμφάνισης της «γεωμορφής της περιοχής μελέτης» με την τιμή της a priori πιθανότητας εμφάνισης της ίδιας γεωμορφής στη συγκεκριμένη φυσιογραφική περιοχή που βρέθηκε στη βάση γνώσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Ένας κανόνας παραγωγής γραμμένος στη συμβολική γλώσσα OPS5 που χρησιμοποιήθηκε στο έμπειρο σύστημα TAX-1 ο οποίος ενεργοποιεί την αναπαράσταση μιας γεωμορφής στηριζόμενος σε φυσιογραφική πληροφορία. (Argialas και Narasimhan, 1988b).

Μέσω της σχεδιασθείσας ανάστροφης συλλογιστικής διαδικασίας, ο TAX-1 πρώτα εκμαιεύει από το χρήστη δεδομένα που αφορούν τη φυσιογραφική ζώνη που ανήκει η υπό μελέτη περιοχή, βάση των οποίων παράγει εύλογες υποθέσεις για την ύπαρξη συγκεκριμένων γεωμορφών.

Κατόπιν συνεχίζει να εκμαιεύει τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά των γεωμορφών ώστε να εγκαθιδρύσει ή απορρίψει, με κάποιο βαθμό βεβαιότητας, μια ή όλες τις εύλογες υποθέσεις γεωμορφών.

Όλα τα χαρακτηριστικά στοιχεία των γεωμορφών που παρείχε ο χρήστης στο TAX-1 είχαν προσαρτημένο ένα βαθμό βεβαιότητας, οι τιμές του οποίου κυμαινόνταν μεταξύ −3 και +3 και εξέφραζε τη σιγουριά του χρήστη για την παρουσία αυτού του χαρακτηριστικού όπως εκείνος το ερμήνευε από την αεροφωτογραφία. Ο πίνακας 3 περιλαμβάνει ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα επικοινωνίας με το χρήστη από τη συμβουλευτική διαδικασία του TAX-1.

Please provide the following information about the site.
To which Physiographic-section does the site belong?
Cumberland-plateau (απάντηση του χρήστη)
Is the "gully-amount" ofthe site "none"? **−3**
Is the "gully-amount" of the site "few"? **1**
Is the "gully-type" of the site "v-shaped"? **3**
Is the "landuse-valleys" of the site "cultivated"? **−1**
Is the "landuse-valleys" of the site "forested"? **3**
Is the "landuse-slopes" of the site "cultivated"? **−3**
Is the "landuse-slopes" of the site "forested"? **3**
Is the "soil-tone" of the site "medium"? **1**
Is the "soil-tone" of the site "light"? **0**
Is the "soil-tone" of the site "dark"? **0**
Is the "drainage-texture" of the site "coarse"? **3**
Is the "drainage-type" of the site "internal"? **−2**
Is the "drainage-type" of the site "angular"? **2**
Is the "topography" of the site "steep-slopes"? **3**
Is the "gully-amount" of the site "many"? **−2**
The site appears to be "sandstone-humid"
The certainty associated with this result is "0.99"

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Τυπικός διάλογος κατά τη συμβουλευτική διαδικασία του εμπείρου συστήματος TAX-1. Οι έντονοι και υπογραμμισμένοι αριθμοί παριστάνουν τη βεβαιότητα του χρήστη, μεταξύ −3 και 3, για την εμφάνιση της συγκεκριμένης τιμής ενός φωτογεωμορφολογικού χαρακτηριστικού (Argialas και Narasimhan, 1988b).

2.2. Το Έμπειρο Σύστημα TAX-2

Μια νέα σύλληψη της δομής του TAX έγινε με την εισαγωγή πλαισίων (Argialas, 1989). Πλαίσια σχεδιάσθηκαν για την αναπαράσταση των σχετικών τάξεων και αντικειμένων όπως π.χ. των φυσιογραφικών ζωνών, των γεμορφών και των χαρακτηριστικών τους. Ιδιότητες των αντικειμένων εκφράσθηκαν διαμέσου των υποδοχών των πλαισίων. Το Σχ. 4 δίνει ένα παράδειγμα του πλαισίου που περιγράφει την τοπογραφική μορφή μιας γεωμορφής. Με σχεδιασμό κατάλληλων κληρονομικών ιεραρχιών, επιτεύχθηκε η μεταβίβαση ιδιοτήτων αλλά και διαδικασιών από γενικευμένες παραστάσεις αντικειμένων στις ειδικευμένες τους. Στο Σχ. 4 δίνεται ένα παράδειγμα κληρονομικότητας τέτοιων ιδιοτήτων από το πλαίσιο *pattern element generic* στο πλαίσιο *topography*, δηλαδή, όλες οι εμφανιζόμενες υποδοχές στο topography έχουν κληρονομηθεί από το *pattern element generic*. Διαδικαστική γνώση που αφορούσε το κάθε αντικείμενο αποθηκεύτηκε υπό μορφήν προσαρτημένων κανόνων στις υποδοχές του πλαισίου, οι οποίοι μέσω κατάλληλης ορθής ή αναστροφής συλλογιστικής, έφεραν στο προσκήνιο άλλους κανόνες προς ολοκλήρωση του αναγκαίου συμπερασματικού δικτύου. Στο Σχ. 4 οι θυρίδες *BEST* και *STEEP SLOPES* περιέχουν τις διαδικαστικές προσαρτήσεις *ASK VALUE* και *GET INFERRED* αντιστοίχως που θα ενεργοποιήσουν κατάλληλους κανόνες σε μια ανάστροφη συλλογιστική διαδικασία για να επιφέρουν τη ζητούμενη ενέργεια. Αυτό το έμπειρο σύστημα, Terrain Analysis Expert-2 (TAX-2), δομήθηκε στο περιβάλλον ανάπτυξης έμπειρων συστημάτων *Intelligence Compiler* που είναι ένα εργαλείο του οποίου η μηχανή αποφάσεων επιτρέπει ορθή και ανάστροφη συλλογιστική ακόμη δε και τη χρήση πλαισίων (Intelligence Ware). Όμως ο *Intelligence Compiler* στερούνταν μεθόδου αβέβαιης συλλογιστικής και έτσι αυτός ο μηχανισμός προγραμματίσθηκε πέρα και πάνω από τη μηχανή απόφασής τους.

2.3. Το Έμπειρο Σύστημα TAX-3

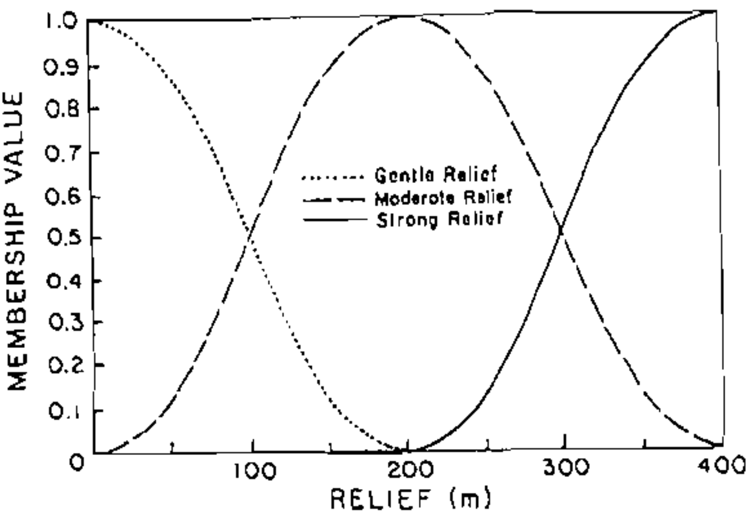
Μια πιο πρόσφατη σύλληψη της δομής του TAX έγινε με βάση τη Θεωρία των Ασαφών Συνόλων και τη θεωρία της Μαρτυρίας των Dempster-Shafer (Narasimhan και Argialas 1988b, Narasimhan και Αργιαλάς 1989). Πολλοί τοπογραφικοί και γεωμορφολογικοί όροι περιγράφονται με ποιοτικές εκφράσεις και ειδικότερα με γλωσσολογικούς όρους, όπως «ήπιο ή ομαλό ανάγλυφο», και «μερικώς τετραγωνικό, μερικώς δενδριτικό υδρογραφικό πρότυπο» οι οποίοι δεν είναι σαφείς και ακριβείς. Η θεωρία των ασαφών συνόλων προσφέρει μια μεθοδολογία για την έκφραση τέτοιων γλωσσολογικών περιγραφών. Η θεωρία των ασαφών συνόλων εφαρμόσθηκε για τη μοντελοποίηση των ασαφών γλωσσολογικών όρων που χρησιμοποιούντοι ευρέως στην γεωμορφολογική φωτοερμηνεία (Narasimhan και Argialas 1988b, Narasimhan και Argialas 1989).

Frame	**Topography**	
Parent	Pattern element generic	
Best		get-inferred
Name	Topography	
Steep_slopes	SS	ask_value
Medium_slopes	MS	ask_value
Flat_undulatin	FU	ask_value
Sandstone	Sandstone_topography-eh	
Shale	Shale_topography-eh	
Limestone	Limestone-topography-eh	

Σχ. 4. Αναπαράσταση της τοπογραφικής μορφής σε πλαίσιο στο έμπειρο σύστημα TAX-2 (Argialas, 1989).

Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας της ασαφούς λογικής καθώς και του τρόπου υπολογισμού της συνάρτησης συμμετοχής ακολουθεί στο παράδειγμα του γεωμορφολογικού όρου «ανάγλυφο». Το «ανάγλυφο» μπορεί να οριοθεί ως η διαφορά μεταξύ του μέγιστου και ελάχιστου υψομέτρου μιας περιοχής. Μια συνήθης ταξινόμηση του ανάγλυφου το διαχωρίζει σε Ήπιο (0-100 m), Μέτριο (100-300 m) και Έντονο (μεγαλύτερο των 300 m).

Η πλήρως ορισμένη και αριθμητική μεταβλητή «Ανάγλυφο σε μέτρα» μπορεί αν λάβει τη θέση της θεμελιώδους μεταβλητής στον ορισμό των ασαφών όρων Ήπιο, Μέτριο και Έντονο Ανάγλυφο. Από τους πιο πάνω ορισμούς, είναι δυνατόν να συμπεράνουμε ότι μια επίπεδη επιφάνεια (με μηδενικό ανάγλυφο) μπορεί να θεωρηθεί μέλος μόνο του συνόλου Ήπιο Ανάγλυφο. Αυτό σημαίνει ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση η συνάρτηση συμμετοχής, που γενικώς μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 0-1, έχει την τιμή 1 (Σχ. 5). Μια επιφάνεια με ανάγλυφο 100 m μπορεί να εκφραστεί σαν Ήπιο ή Μέτριο Ανάγλυφο και έτσι η συνάρτηση συμμετοχής μπορεί να έχει την τιμή 0.5 για το Ήπιο και 0.5 για το Μέτριο Ανάγλυφο. Παρατηρούμε στο Σχ. 5, ότι η τιμή της συνάρτησης συμμετοχής, η οποία εκφράζει το κατά πόσο το ανάγλυφο μιας επιφάνειας είναι μέλος της τάξης του Ήπιου Ανάγλυφου, ελοττώνεται από το 1 προς το 0 όσο το ανάγλυφο αυξάνεται, γίνεται δε 0 όταν το ανάγλυφο φτάσει τα 200 m. Ο τρόπος μεταβολής των υπολοίπων τάξεων του αναγλύφου φαίνεται στο Σχ. 5. Ο πλήρης ορισμός των τάξεων του ανάγλυφου σε σχέση με τις παραμέτρους της συνάρτησης συμμετοχής παρέχεται στην εργασία των Narasimhan και Argialas (1989).



Σχ. 5. Συναρτήσεις συμμετοχής για το τοπογραφικό ανάγλυφο στο έμπειρο σύστημα TAX-3 (Narasimhan και Argialas 1989).

2.4. Η τοποθέτηση και σύλληψη του εμπείρου συστήματος TAX-4

Στα ακόλουθα παρουσιάζεται μια κριτική θεώρηση των εμπείρων συστημάτων TAX-1, 2, 3 και εισάγεται η ανάγκη, τοποθέτηση και σύλληψη της νέας ερευνητικής προσπάθειας που μας οδηγεί στην υλοποίηση του συστήματος TAX-4.

Οι στόχοι μιας τυπικής συμβουλευτικής αλληλεπίδρασης με τα έμπειρα συστήματα TAX-1, 2, 3, ήταν οι ακόλουθοι:

1. ο προσδιορισμός του είδους της γεωμορφής, κάτω από την υπόθεση ότι ένα είδος γεωμορφής εξετάζεται κατά τον κάθε κύκλο της συμβουλευτικής διαδικασίας,
2. η προσέγγιση που ακολούθησε για την αναγνώριση των γεωμορφών ήταν η προσέγγιση των φωτογεωμορφολογικών κλειδιών που περιγράφηκε προηγουμένως,

3. η συσχέτιση μεταξύ φυσιογραφικών ενοτήτων και των αναμενόμενων γεωμορφών περιγράφθηκε με την χρήση πιθανοτήτων που εξέφραζαν την πιθανότητα εμφάνισης των γεωμορφών στις διάφορες φυσιογραφικές ενότητες,
4. επιλέχθηκαν έξι είδη γεωμορφών (ψαμμίτης, σχίστης, ασβεστόλιθος σε υγρό και ξηρό κλίμα αντίστοιχα) προκειμένου να επικεντρωθεί σε αυτές η διαδικασία της αναπαράστασης της γνώσης,
5. η στατική και δυναμική γνώση αποτελείτο από γεγονότα και κανόνες που συγκεντρώθηκαν από 1) εκπαιδευτικά εγχειρίδια (Way 1978, Lillesand and Kiefer 1979), 2) τεχνικές εκθέσεις, 3) την εμπειρία των συγγραφέων και 4) από συνέντευξη με έναν έμπειρο αναλυτή πεδίου.

Η σχεδίαση του TAX βασίστηκε σε ένα Bayesian δίκτυο λήψης αποφάσεων (συλλογιστική με πιθανότητες) που δημιουργήθηκε διαμέσου μιας ορθής συλλογιστικής διαδικασίας αναζήτησης λύσεων. Θα ήταν άδικο να υποθέσουμε ότι οι άνθρωποι σκέπτονται κατά κύριο λόγο με όρους πιθανοτήτων, βεβαιοτήτων ή συναρτήσεων συμμετοχής. Η αριθμητική αναπαράσταση της σχετικότητας της πρόσληψης των φωτογεωμορφολογικών χαρακτηριστικών είναι μια πρώτη προσέγγιση στο δύσκολο αυτό πρόβλημα. Υπάρχει ανάγκη να ανακαλύψουμε τη γνώση που κρύβεται πίσω από τις πιθανότητες και τις βεβαιότητες και να εκφράσουμε αυτή τη γνώση άμεσα με κανόνες παραγωγής. Είναι συνεπώς προφανές ότι προκειμένου να δημιουργηθούν εξυπνότερες εφαρμογές είναι απαραίτητο να αυξηθεί το επίπεδο πλοκής της αναπαριστάμενης γνώσης.

Η παραδοσιακή μέθοδος των φωτογεωμορφολογικών χαρακτηριστικών προσεγγίζει ένα μικρό τμήμα των δεδομένων που προσλαμβάνει ο έμπειρος προτού λάβει μια απόφαση. Ο έμπειρος αναλυτής, προκειμένου να ερμηνεύσει το είδος μιας γεωμορφής, είναι σε θέση αποτελεσματικότερα να θεωρήσει τα φυσιογραφικά δεδομένα, τη σχετική γεωμορφολογική θέση της γεωμορφής, τις γεωμορφολογικές διεργασίες και συνθήκες καθώς και άλλα επιπρόσθετα δεδομένα (Αστεριάδης 1990, Αυγουστίδης 1969, Γκουρνέλλος 1986, Παπαπέτρου-Ζαμάνη 1993). Ένα έμπειρο σύστημα που θα λάμβανε υπ' όψη τέτοιου είδους βαθύτερη γνώση, θα ήταν σε θέση να επιφέρει μια αποτελεσματικότερη ερμηνεία γεωμορφών απ' ότι αν στηρίζονταν μόνο στα πρότυπα φωτογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά. Προφανώς, η χρήση των τυπικών φωτογεωμορφολογικών χαρακτηριστικών ως μέσο για τον προσδιορισμό της γεωμορφής είναι μια «πρώτου βαθμού προσέγγιση» του τρόπου με τον οποίο ο έμπειρος εργάζεται κατά τη διάρκεια του προσδιορισμού των γεωμορφών και γι' αυτό το λόγο οι δυνατότητές της είναι περιορισμένες. Η χρήση των τυπικών φωτογεωμορφολογικών χαρακτηριστικών έχει συνεισφέρει στην ανάπτυξη της πρώτης γενιάς μοντέλων εμπείρων συστημάτων στην περιοχή της ανάλυσης πεδίου. Η ανάπτυξη συστημάτων της επόμενης γενιάς, τα οποία θα μπορούν επιτυχώς να διαχειριστούν επιπρόσθετες μορφές της φωτοερμηνευτικής διαδικασίας των γεωμορφών προϋποθέτει την παράλληλη ανάπτυξη νέων εννοιολογικών σχημάτων που θα απεικονίζουν άμεσα τις επιπρόσθετες πλευρές της μεθοδολογίας αναγνώρισης των γεωμορφών. Επομένως είναι απαραίτητο να μελετήσουμε επιπρόσθετα συμφραζόμενα της γεωμορφής και να τα αναπαραστήσουμε στα πλαίσια ενός εμπείρου συστήματος. Θεωρούμε συνεπώς την ανάγκη αναπαράστασης:

- των τυπικών φωτογεωμορφολικών συμφραζομένων
- των φυσιογραφικών συμφραζομένων,
- των χωρικών συμφραζομένων, και
- των γεωμορφολογικών συμφραζομένων.

Αυτές αι σκέψεις μας έχουν ωθήσει στην παρούσα κατεύθυνση της έρευνας, η οποία οδηγεί στη δημιουργία του εμπείρου συστήματος TAX-4. Οι στόχοι μιας τυπικής συμβουλευτικής αλληλεπίδρασης με το έμπειρο σύστημα TAX-4 ετέθησαν ως ακολούθως:

1. ερμηνεία γεωμορφών με χρήση ενός ευρύτερου συνόλου φωτογεωμορφολογικών χαρακτηριστικών από εκείνα που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι τώρα,
2. ερμηνεία γεωμορφών με χρήση χωρικών συμφραζομένων, δηλαδή πληροφοριών που αφορούν τη σχετική θέση των γεωμορφών στο χώρο,
3. ερμηνεία γεωμορφών με τη χρήση επιπροσθέτων γεωμορφολογικών ενδείξεων σε συνδυασμό με τα πρότυπα φωτογεωμορφαλογικά χαρακτηριστικά (γεωμορφολογικά συμφραζόμενα),
4. ερμηνεία της φυσιογραφικής ενότητος ενός ταπίου με τη χρήση φυσιογραφικών ενδείξεων,
5. ερμηνεία περισσοτέρων της μιας γεωμορφής κατά τη διάρκεια της συμβουλευτικής διαδικασίας του εμπείρου συστήματος,
6. αναζήτηση φωτοερμηνευτικών λύσεων κατά ορθή, ανάστροφη, ή αμφίδρομη συλλογιστική διαδικασία,
7. οι γεωμορφές που θεωρούνται για την παραδειγματική αναπαράσταση της γνώσης είναι αυτές που εμφανίζονται στη φυσιογραφική περιοχή Basin & Range (Η.Π.Α.), (πεδία παρυφών, αλλουβιακά ριπίδια, ξηρές πετρώδεις πεδιάδες, εκτεταμένες επικλινείς αλλουβιακές επιφάνειες, ομαλές πεδιάδες, αποθέσεις πλήρωσης λεκανών, συλλεκτήριες λεκάνες, αλμυρά έλη).

Στην παρούσα προσπάθεια σύλληψης και τυποποίησης της γνώσης για μια κατάλληλη αναπαράσταση της φωτοερμηνευτικής διαδικασίας γεωμορφών, είναι απαραίτητη η χρήση των παρακάτω κατηγοριών κανόνων.

Κανόνες που μεθοδεύουν την ερμηνεία γεωμορφών από ένα νέο επηυξημένο σύνολο φωτογεωμορφολογικών χαρακτηριστικών. Αυτοί οι κανόνες μπορούν να ενεργοποιηθούν για διερεύνηση της βάσης γνώσης είτε κατά ανάστροφη συλλογιστική διαδικασία αναζήτησης όταν ο χρήστης επιθυμεί να προτείνει προς διερεύνηση μια πιθανή υπόθεση παρουσίας μιας γεωμορφής, είτε κατό την ορθή συλλογιστική διαδικασία αναζήτησης όταν ο χρήστης δεν έχει γνώση για την ύπαρξη μιας συγκεκριμένης υπόθεσης γεωμορφής και επιθυμεί να οδηγηθεί από το σύστημα δίνοντας τιμές στα φωτογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της υπό εξέταση περιοχής προκειμένου να αποδείξει την υπόθεση μιας γεωμορφής. Για παράδειγμα στο Σχ. 6 η υπόθεση "H_alluvial fan surface morphology" μπορεί να προταθεί για εκτίμηση ή ο χρήστης μπορεί να προτείνει την τιμή οποιουδήποτε από τα φωτογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στην αριστερή πλευρά του κανόνα παραγωγής, μια πράξη που θα πυροδοτήσει την ερώτηση των υπόλοιπων φωτογεωμορφολογικών χαρακτηριστικών προκειμένου να ολοκληρωθεί η εκτίμηση κατά την ορθή συλλογιστική διαδικασία.

```
                    RULE: alluvial_fan_favorable_surface_morphology
If
        topographic_form is "plain"
        And drainage_patern i "dishotomic"
        And drainage_texture is coarse"
        And soil_tone is "light"
        And land_cover is "barren", "shrubs"
        And vegetation is "shrubs", "barren"
        And shape_in_plan_view is "fan shaped"
        And shape_in_space is "semiconical"
        And spacial_featura is "fan shapad"
        And location_of_apex_of_fan in "on constricted valley_of highland mountains"
        And topographic_areal_extent is "from less than 1 sq mi to more than 40 sq mi"
        And topographic_thicknass in "up to hundreds of feet"
        And dissected_by is "onfan_drainage_ways"
Then H_alluvial_fan_faborable_surface morphology is true
```

Σχ. 6. Τα στοιχεία ενός κανόνα, με πιότερα των επτό φωτογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, για την υπόθεση H_alluvial_favorable_surface_morfology. Ο κανόνας μπορείνα ενεργοποιηθεί είτε κτά την ορθή είτε κατά την ανάστροφη συλλογιστική διαδικασία.

Κανόνες που καθοδηγούν την ερμηνεία των γεωμορφών από γεωμορφολογικές ενδείξεις. Αυτοί οι κανόνες μπορούν να ενεργοποιηθούν κατά ανάστροφη φορά όταν ο χρήστης επιθυμεί να προτείνει μια πιθανή υπόθεση παρουσίας μιας γεωμορφής για διερεύηση, είτε σε ορθή μορφή αναζήτησης όταν ο χρήστης δεν έχει καμμιά ιδέα για την ύπαρξη μιας συγκεκριμένης υπόθεσης γεωμορφής και επιθυμεί να προτείνει τις γεωμορφολογικές ενδείξεις της υπό μελέτη περιοχής προκειμένου να καθοδηγηθεί σε μία υπόθεση γεωμορφής (Σχ. 7).

```
                RULE: alluvial_fan_favorable_geomorphic_process is true
If
        there is evidence of constructional_landform
        And geomorphic_process_of_landform is "deposition"
        And lansform-is-composed_of is "variously sorted and stratified  alluvium with or
        without dedris flow deposits"
Then H_alluvial_fan_faborable_process is true
```

Σχ. 7. Παράδειγμα ενός απλού κανόνα που συνάγει τη γεωμορφή από γεωμορφολογικές ενδείξεις.

Κανόνες οι οποίοι καθοδηγούν την ερμηνεία των γεωμορφών από χωρικά συμφραζόμενα δηλαδή τη σχετική τους χωρική θέση. Η έννοια των χωρικών συμφραζομένων έχει πολλαπλές εκφράσεις. Αναπτύσσουμε εδώ δύο προσεγγίσεις.

Στην πρώτη προσέγγιση, όταν αναγνωρισθούν δύο οποιεσδήποτε γεωμορφές, το σύστημα ελέγχει τη χωρική τους γειτνίαση και όταν βρεθούν γειτνιάζουσες επαληθεύεται η συγκεκριμένη υπόθεση γειτνίασης. Ο λόγος που διεξάγεται αυτός ο έλεγχος είναι διότι υπάρχουν γνωστές σχέσεις γειτνίασης γεωμορφών π.χ. πλημμυρικά πεδία δίπλα σε αναβαθμίδες, συλλεκτήριες λεκάνες εντός αποθέσεων πλήρωσης λεκανών, αποθέσεις πλήρωσης λεκανών δίπλα σε αλλουβιακά ριπίδια, αλλουβιακά ριπίδια δίπλα σε αλλουβιακά ριπίδια (μπαχάντας), αλλουβιακά ριπίδια δίπλα σε ξηρές πετρώδεις πεδιάδες, κ.λπ. Συνεπώς η επαλήθευση της γειτνίασης δύο γεωμορφών ενισχύει την ορθότητα της αναγνώρισής τους. Η υπόθεση της γειτνίασης δύο γεωμορφών αποδεικνύεται μόνον όταν οι κανόνες παραγωγής που εκφράζουν τη συσχέτιση της χωρικής θέσης των γεωμορφών εντοπίσουν τις δύο υπό εξέταση γεωμορφές να είναι η μία δίπλα στην άλλη. Γειτνιάσεις που είναι άγνωστες στο σύστημα δεν επιτρέπονται, υπονοώντας ότι το σύστημα πρέπει να υποδείξει στον χρήστη αυτή την χωρική ασυνέπεια έτσι ώστε να επανεξετάσει την κατάσταση και ίσως να επενεργοποιήσει το σύστημα.

Το επόμενο παράδειγμα (Σχ. 8α) δείχνει έναν κανόνα με την υπόθεση "adjacency of alluvial fan to playa", ο οποίος ενεργοποιείται όταν ο αριθμός των γεωμορφών που έχουν αναγνωρισθεί για τις κατηγορίες του αλλουβιακού ριπιδίου και της συλλεκτήριας λεκάνης είναι μεγαλύτερος του ενός. Αυτός ο κανόνας εξετάζει αν το αντικείμενο που ανήκει στην κατηγορία του αλλουβιακού ριπιδίου είναι δίπλα σε μια συλλεκτήριο λεκάνη. Η υπόθεση "adjacency of alluvial fan to playa" προτείνεται από το χρήστη για ανάστροφη εκτίμηση. Κατόπιν, το σύστημα θέτει τις κατάλληλες ερωτήσεις στο χρήστη που αφορούν τη θέση της κάθε γεωμορφής σε σχέση με κάθε μια απ' τις υπόλοιπες.

Μια δεύτερη προσέγγιση των χωρικών συμφραζομένων έγκειται στον προσδιορισμό της θέσης μιας γεωμορφής σε σχέση με τοπογραφικούς σχηματισμούς δεύτερης τάξης όπως φαίνεται στο Σχ. 8β.

```
                    RULE: adjacency_of_alluvial_fan_to_playa
If
        current_task is regional_context
        And alluvial_fan. num_of_items is greater than 1
        And alluvial_fan. adjacent_to is playa
        And playa. num_of_items is greater than 1
        And playa. adjacent_to is alluvial_fan
Then H_adjacency_of_alluvial_fan_to_playa is true

                                    (α)
```

```
                RULE: alluvial_fan_favorable_regional_environment
If
        landform_site is "between_mountain_range_highland_and_broad_lowland_basin"
        And landform_is_bordering_on_its_higher_side_to is "highland mountain ranges"
        And landform_is_bordering_on_its_lower_side_to iw "broad_lowland basin"
        And landform_site is "uppermost_piedmont_slope_of_mountain_front"
Then H_alluvial_fan_faborable_regional_environment is true

                                    (β)
```

Σχ. 8. (α) Παράδειγμα ενός απλού κανόνα χωρικής γειτνίασης δύο γεωμορφών. (β) Παράδειγμα προσδιορισμού της θέσης μιας γεωμορφής σε σχέση με τοπογραφικούς σχηματισμούς δεύτερης τάξης.

Κανόνες που αποσκοπούν στην ερμηνεία των φυσιογραφικών ενοτήτων (provinces, sections) από φυσιογραφικές ενδείξεις (φυσιογραφικά συμφραζόμενα). Η έκφραση των φυσιογραφικών συμφραζομένων έχει διάφορες μορφές. Σε αυτή την τυποποίηση της φυσιογραφικής γνώσης, ο χρήστης δύναται να εκτελέσει φυσιογραφική ανάλυση κατά δύο προσεγγίσεις. Στην πρώτη προσέγγιση ο χρήστης μπορεί να προτείνει την υπόθεση ύπαρξης μιας φυσιογραφική περιοχής και σε αυτή την περίπτωση το σύστημα θα ζητήσει από το χρήστη να παράσχει τις τιμές των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών έτσι ώστε να αποδείξει ή να απορρίψει την προταθείσα υπόθεση.

Εάν ο χρήστης δεν έχει τη γνώση έτσι ώστε να προτείνει την εξέταση μιας συγκεκριμένης υπόθεσης για τη φυσιογραφία της περιοχής τότε οι κανόνες παραγωγής της φυσιογραφικής ανάλυσης θα ζητήσουν να παρασχεθούν οι απαραίτητες φυσιογραφικές ενδείξεις έτσι ώστε να διερευνηθεί η βάση της γνώσης προκειμένου να ταυτοποιηθεί κάποια από τις διαθέσιμες φυσιογραφικές περιαχές. Το σύστημα χρησιμαποιεί μια *ιεραρχία φυσιογραφικής κατάτμησης* προκειμένου να επιτύχει την αναπαράσταση (Σχ. 9). Το Σχ. 10 δείχνει έναν απλό κανόνα με δύο προτάσεις που οδηγεί στην υπόθεση της φυσιογραφικής περιοχής του Basin and Range. Ο κανόνας αυτός μπορεί να λειτουργήσει κατά ορθή και ανάστροφη συλλογιστική διαδικασία.

```
                    RULE: Basin_and_Range_Province
SUPERCLASSES:
        Province
SUBOBJECTS:
        Graat_Basin
        Sonoran_Desert
        Salton_Trough
        Mexican_Highland
        Sacramento_Section
```

Σχ. 9. Αναπαράσταση φυσιογροφικών περιοχών και υπο-περιοχών σε μορφή αντικειμένων.

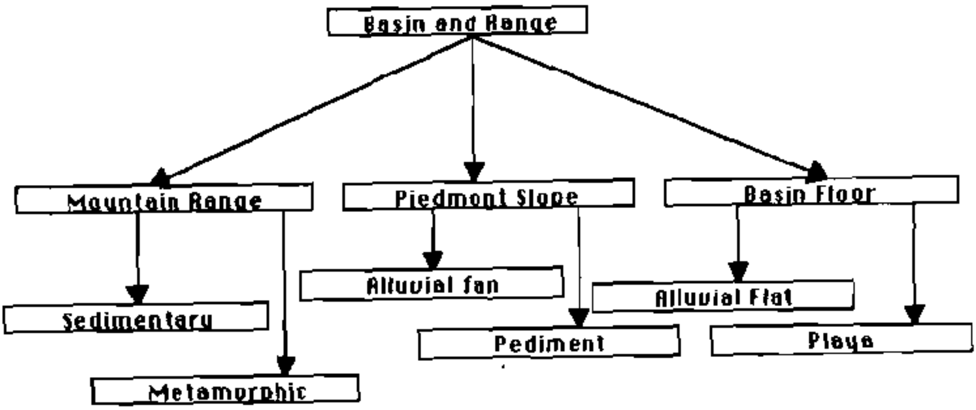
```
                    RULE: Basin_and_range
If
        current_task is physiographic_context
        And many_mountain_ranges is true
        And more_or_less_parallel_mountain_ranges is true
        And Range. straightness is present
        And Range. length is 50-70 miles
        And Range. height is uniform
        And Angle-between-valley-floor-and-mountein-side is abrupt
Then H_basin_and_range is true
```

Σχ. 10. Παράδειγμα ενός απλού κανόνα αναγνώρισης μιας φυσιογραφικής περιοχής.

Στη δεύτερη προσέγγιση, μετά τη φυσιογραφική ανάλυση που επεξηγήθηκε παραπάνω το σύστημα καθοδηγεί το χρήστη να ερμηνεύσει τα μερικά τμήματα της φυσιογραφικής περιοχής και στη συνέχεια τις γεωμορφές που βρίσκονται εκεί. Για παράδειγμα στην περίπτωση της φυσιογραφικής περιοχής Basin & Range ο χρήστης καθοδηγείται να αποφασίσει μεταξύ (Σχ. 11)

1. των γεωμορφών που ευρίσκονται στις αροσειρές,
2. των γεωμορφών που ευρίσκονται στα πεδία παρυφών, και
3. των γεωμορφών που ευρίσκονται στα πεδία των λεκανών.

Με την επιλογή μιας γεωμορφής που ανήκει σε πεδίο παρυφών από το χρήστη, ο χρήστης καθοδηγείται από το έμπειρο σύστημα για να αναγνωρίσει τις γεωμαρφές του πεδίου παρυφών π.χ. αλλουβιακό ριπίδιο, ξηρές πετρώδεις πεδιάδες κ.λ.π.



Σχ. 11. Μια μερική συλλογιστική αλυσίδα που συνδέει την υπόθεση της φυσιογραφικής περιοχής Basin and Range με τη γεωμορφή του αλλουβιακού ριπιδίου και άλλων γεωμορφών.

Η παραπάνω διαδικασία μπορεί επίσης να λειτουργήσει και κατά την ορθή συλλογιστική διαδικασία αναζήτησης. Έτσι μετά την αναγνώριση μιας γεωμορφής αλλουβιακού ριπιδίου, ο χρήστης καθοδηγείται στην υπόθεση ενός πεδίου παρυφής και στη συνέχεια στην υπόθεση της φυσιογραφικής περιοχής του Basin & Range.

Κανόνες παραγωγής που αποσκοπούν στην ερμηνεία γεωμορφών από συνδυασμό των φωτογεωμορφολογικών, γεωμορφολογικών, χωρικών, και φυσιογραφικών συμφραζομένων. Για παράδειγμα, η υπόθεση μιας γεωμορφής (π.χ. αλλουβιακό ριπίδιο) μπορεί να είναι αληθής λόγω των φωτογεωμορφολογικών συμφραζομένων αλλά όχι από τα υπόλοιπα. Ο ακόλουθος τύπος κανόνα παραγωγής (Σχ. 12) αποσκοπεί στην ενσωμάτωση όλων των μερικών ενδείξεων για μια γεωμορφή σε μια περισσότερο ολοκληρωμένη απόδειξη.

```
RULE: alluvial_fan_favorable_terrain
If
    there is evidence of H_alluvial_fan_favorable_climate
    And there is evidence of H_alluvial_fan_favorable_physiographic_section
    And there is evidence of H_alluvial_fan_favorable_pattern_elements
    And there is evidence of H_alluvial_fan_favorabla_surface_morphology
    And there is evidence of H_alluvial_fan_faborable_site
    And there is evidence of H_alluvial_fan_favorable_association
    And there is evidence of H_elluvial_fan_favorable_geomorphic_process
    And there is evidence of H_alluvial_fan_favorable_regional_environment
Then H_alluvial_fan_favorabla_terrain is confirmed.
```

Σχ. 12. Ένα παράδειγμα κανόνα για εκτίμηση της υπόθεσης "alluvial fan favorable terrain» από πολλαπλά συμφραζόμενα.

3. Συμπεράσματα και Μέλλον

Αυτή η εργασία παρουσίασε τους επιστημονικούς στόχους και τα αποτελέσματα μιας συνεχιζόμενης ερευνητικής προσπάθειας ανάπτυξης μίας μεθοδολογικής προσέγγισης εμπείρων συστημάτων στη φωτοερμηνεία γεωμορφών και στην ανάλυση πεδίου που βασίσθηκε στο χαρακτηριστικά και στη λογική που χρησιμοποιούνται από τους ειδικούς στο συγκεκριμένο πεδίο καθώς και στο συγκερασμό των αρχών και των τεχνικών που είναι διαθέσιμες στα πεδία των Εμπείρων Συστημάτων και της Φωτοερμηνείας Γεωμορφών και Ανάλυσης Πεδίου.

Οι τεχνικές των εμπείρων συστημάτων προσφέρουν υποσχέσεις και δυνατότητες για συμβολική αναπαράσταση και υλοποίηση μέσα σε υπολογιστικό περιβάλλον των μεθόδων που χρησιμοποιούν οι έμπειροι ερμηνευτές όταν αναγνωρίζουν αντικείμενα και εξάγουν συμπεράσματα δηλαδή αυτές των συγκλινουσών ενδείξεων και της παραγωγικής, επαγωγικής και απαγωγικής λογικής.

Έμπειρα συστήματα που προσομοιώνουν διεργασίες φωτοερμηνείας γεωμορφών και ανάλυσης πεδίου και έτσι τυποποιούν τη διαδικασία της φωτοερμηνευτικής λογικής είναι σημαντικά εργαλεία για την εκμάθηση αυτής της διαδικασίας. Επίσης μπορεί να οδηγήσουν σε ένα αυτοματοποιημένο ή με υπολογιστή υποβοηθούμενο αμφίδρομο εργαλείο για την επίλυση προβλημάτων της φωτοερμηνείας γεωμορφών και ανάλυσης πεδίου. Προσφέρουν δε τη δυνατότητα να φέρουν σε επαφή νέους ερμηνευτές και επαγγελματίες με τη διαδικασία απόφασης που κάνουν οι ειδικοί φωτογεωμορφολόγοι, παρέχοντας έτσι εκπαιδευτικές και πρακτικές δυνατότητες πέραν των επιστημονικών στόχων της τυποποίησης της γνώσης.

Βρισκόμαστε όμως ακόμα στα αρχικά στάδια ανάπτυξης τεχνικών βασισμένων στη γνώση για αυτόματη φωτοερμηνεία και λόγω της δυσκολίας του προβλήματος, η πρόοδος θα επέλθει σε μικρά βήματα. Πρέπει επίσης να τονίσουμε ότι τα έμπειρα συστήματα φωτοερμηνείας στερούνται κοινής λογικής και δημιουργικότητας και έτσι ποτέ δεν θα αντικαταστήσουν τον ειδικό εμπειρογνώμονα. Σίγουρα όμως θα παραμείνουν αξιόλογα εργαλεία για αρχάριους ή μη εξειδικευμένους φωτοερμηνευτές.

4. Βιβλιογραφία

Argialas, D. (1966). Towards Structured Knowledge Models. Zeitschrift für Geomorfphologie (accepted, in print).

Αργιαλάς, Δ. (1994a). Έμπειρα Συστήματα και Τηλεπισκόπηση. Διήμερο Ψηφιακή Χαρτογραφία, Φωτογραμμετρία, 10-11 Φεβρουαρίου 1994.

Αργιαλάς, Δ. (1994b). «Πως η Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση προσεγγίζει τη Νοημοσύνη του Φωτοερμηνευτή» ΕΜΠ: Πυρφόρος, Μάρτιος-Απρίλιος 1994, σ. 52-60.
Αργιαλάς, Δ. (1995). Εφαρμογές Συντακτικής Ανάλυσης Προτύπων και Εμπείρων Συστημάτων στην Τηλεπισκόπηση. Τεχνικά Χρονικά (δεκτή, υπό έκδοση).
Argialas, D. (1990). Knowledge-Based Image Interpretation: Techniques and Applications. Technical Paper, Annual Convention of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Denver, Colorado, Vol. 4, pp. 33-42.
Argialas, D. (1989a). A Frame-based Approach to Modeling Terrain Analysis Knowledge. Technical Paper, Annual Convention of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 3 pp. 311-319, April 2-7, 1989, Baltimore, Maryland.
Argialas, D. (1989b). Teaching Expert Systems Techniques at Louisiana State University. Chapter 3 in "American Society of Civil Engineers Monograph: Expert Systems for Civil Engineers-Education". Drs. M. Maher and S. Mohan editors, American Society of Civil Engineers (ASCE).
Argialas, D. (1988). Methodologies of Expert Systems for Terrain Analysis Problem Solving. Technical Paper, Annual Convention of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 3, pp. 76-85, St. Louis, Missouri, March 13-19, 1988.
Argialas, D., and O. Mintzer (1992). The potential of hypermedia to photointerpretation education and training, In "International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing", Vol. XXIX, part B, Commision VI, pp. 375-381, L. Fritz and J. Lucas Editors, XVII ISPRS Congress, Washington D.C. August 2-14, 1992.
Argialas, D., and C. Harlow (1990). Computational Image Interpretation Models: An Overview and a Perspective, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 56, No 6, June, pp. 871-886.
Argialas, D., and C. Harlow (1990) (editors). Special Issue: Knowledge-Based Expert Systems. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 56, No 6, June, σελ. 861-862.
Argialas, D. and Narasimhan, R. (1988a). TAX: A Prototype Expert System for Terrain Analysis. Journal of Aerospace Engineering, American Society of Civil Engineers, Vol. I, No. 3, July, pp. 151-170.
Argialas, D. and Narasimhan, R. (1988b). A Production System Model for Terrain Analysis Knowledge Representation. Microcomputers in Civil Engineering, Elsevier Science Pub. Co., Vol. 3, No. I, June, pp. 55-73.
Argialas, D., Lyon, J. and Mintzer, O. (1988). Quantitative Description and Classification of Eight Drainage Pattern Types. Photogrammetric

Engineering and Remote Sensing, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 54, No. 4, April, pp. 505 - 509.

Αστεριάδης, Γ. (1990). Στοιχεία Φυσικής Γεωγραφίας. Α.Π.Θ.

Αυγουστίδης Σ. (1969). Εγχειρίδιο Γενικής Γεωλογίας, μέρος I: Γεωμορφολογία.

Γκουρνέλλος, Θ. (1986). Σημειώσεις Κεφαλαίων Φυσικής Γεωγραφίας. Πανεπιστήμιο Αθηνών. Harmon, P. & King, D. (1985). Expert systems: artificial intelligence in business.-Wiley & Sons, New York.

Hayes-Roth, F., Waterman, D. & Lenat, D. (1983). Building expert systems.-Addison-Wesley, Reading, MA.

Intelligence Ware (1986). Intelligence/Compiler User's Manual.-Los Angeles.

Jackson, P. (1986). Introduction to expert systems.-Addison-Wesley, Reading, MA.

Κρικέτος Β. και Πάστρας Κ. (1979). Εγχειρίδιο Εισαγωγής στα Έμπειρα Συστήματα.

Lillesland, T., & R. Kiefer (1979). Remote sensing and image processing.-John Willey and Sons, New York.

Mintzer, O. (1983). Engineering application.-In: Colwell R. (ed.): Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry.-Falls Church, Virginia.

Mitchell, C. (1973). Terrain evaluation.-Longman, London, 221 pp.

Narasimhan, R. and Argialas, D. (1989). Computational Approaches for Handling Uncertainties in Terrain Analysis. Technical Paper, Annual Convention of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 3, pp. 302-310, April 2-7, 1989, Baltimore, Maryland.

Narasimhan, R. and Argialas, D. (1988b). Representation of Terrain Units in Frames. Technical Paper, Fall Convention of American Society for Phtogrammetry and Remote Sensing, Virginia Beach, VA, September 12-16, 1988.

Narasimhan, R. and Argialas, D. (1988a). A Production System Aproach for Terrain Analysis. Technical Paper, Annual Convention of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 3, pp. 66-75, St. Louis, Missouri, March 13-19, 1988.

Παπαπέτρου-Ζαμάνη, Α. (1993). Γεωμορφολογία. Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Townshend, J. (ed), (1981): Terrain analysis and remote sensing.-London, Allen and Unwin, 272 pp.

Τζαφέστας, Σπ. (1988). Εισαγωγή στην Τεχνητή Νοημοσύνη και τα Έμπειρα Συστήματα, τεύχος Α.

Way, D. (1978). Terrain analysis.-Mc Graw-Hill. New York.

Ιεραρχική και δομική αναπαράσταση υδρογραφικών προτύπων στο σύστημα DPA - PC

Δ. Αργιαλάς και Ε. Ρούσσος
Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Τομέας Τοπογραφίας, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων, ΕΜΠ, 15780 Αθήνα

Περίληψη

Τα υδρογραφικά πρότυπα χρησιμοποιούνται ευρέως στην φωτογεωλογία και γεωμορφολογία διότι είναι χρήσιμα στην αναγνώριση των γεωμορφών και της τεκτονικής δομής μιας περιοχής. Αυτή η εργασία παρουσιάζει ένα φιλικό προς το χρήστη σύστημα ανάλυσης και αναγνώρισης υδρογραφικών προτύπων, το DPA-PC, σε περιβάλλον Microsoft Windows. Το σύστημα στηρίζεται σε μία μέθοδο δομικής αναγνώρισης προτύπων η οποία περιέλαβε ένα ιεραρχικό μοντέλο κατάτμησης του προτύπου σε τάξεις Stahler, την οργάνωση των ιδιοτήτων του δικτύου σε σχεσιακά μοντέλα, και την ταξινόμησή του με ένα κατάλληλα διαμορφωμένο δένδρο απόφασης. Τέλος η εργασία αυτή αναπτύσει αλγόριθμους αναπαράστασης της ιεραρχικής δομής υδρογραφικών προτύπων με δενδριτικές δομές δεδομένων. Συμπεραίνεται ότι το DPA-PC μπορεί να βοηθήσει αποτελεσματικά στην ταξινόμηση ορισμένων τύπων υδρογραφικών προτύπων.

Abstract

Drainage patterns are used in photogeology and geomorphology because they are useful in the recognition of landforms and structures of a region. This paper presents a user friendly system for drainage pattern analysis and recognition, called DPA-PC, within the Microsoft Windows environment of a presonal computer. DPA-PC is based on a structural pattern recognition methodology which included hierarchical and relational models, attribute selection and extraction and decision tree classification or the patterns. Emphasis is given, in this paper, in the algorithms (tree structures) developed for the hierarchical representation of the patterns. The paper concludes that DPA-PC can help a novice photointerpreter in the recognition of certain types of drainage patterns.

1. Εισαγωγή

Τα υδρογραφικά δίκτυα σχηματίζονται από τη συνάθροιση των φυσικών υδατορευμάτων σε μια περιοχή. Η διευθέτηση ενός δεδομένου συνόλου από παραποτάμους σε ένα υδρογραφικό δίκτυο διαμορφώνει ένα σχήμα το οποίο έχει ονομαστεί το πρότυπο του υδρογραφικού δικτύου ή *υδρογραφικό πρότυπο* (Howard 1967, Parvis 1950).

Ένας σημαντικός λόγος για τη μελέτη των υδρογραφικών προτύπων είναι η αξία τους στην αναγνώριση των γεωμορφών και της τεκτονικής δομής μιας περιοχής καθώς και στην εκτίμηση της διαπερατότητας και διάβρωσης. Γι' αυτό το λόγο τα υδρογραφικά πρότυπα έχουν ευρέως χρησιμοποιηθεί στη φωτογεωμορφολογία, γεωλογία και γεωμορφολογία (Gudilin 1973, Way 1978, Lillelsand and Kiefer 1979, Mintzer 1983, Αστεριάδης 1990, Παπαπέτρου-Ζομάνη 1993).

Ποιοτικές περιγραφές των υδρογραφικών προτύπων έχουν δοθεί από τους Zernitz, Parvis, και Howard και περιλήφθηκαν στον Argialas (1985). Αυτή η εργασία χρησιμοποιεί μόνο τα *«κύρια»* ή *«βασικά»* υδρογραφικά πρότυπα, των οποίων τα σχήματα είναι διακριτά, και ως εκ τούτου υπαγόμενα σε ταξινόμηση με υπολογιστή. Αυτά τα πρότυπα είναι: *δενδριτικό, φτερωτά, παράλληλο, δικτυωτό, ορθογώνιο, γωνιοκό, ακτινωτό και δακτυλιοειδές*. Ο Πίνακος 1 παρουσιάζει περιληπτικά την γεωλογική σημασία αυτών των υδρογραφικών προτύπων.

Η αναγνώριση των υδρογραφικών προτύπων από τον άνθρωπο, έχει επιτευχθεί, δεν παύει όμως να είναι σχετικά δαπονηρή και χροναβόρα, καθώς οι ειδικοί φωτοερμηνευτές πρέπει να είναι εκπαιδευμένοι και να έχουν μακρά εμπειρία. Για αυτούς τους λόγους αλλά και για να επιτευχθεί μια πιο συστηματική και επαναλαμβανόμενη αναγνώριση, επιδιώκεται η κατασκευή αλγόριθμων που να προσομοιάζουν το αποτέλεσμα που θα 'δινε ένας φωτοερμηνευτής. Μια τέτοια ποσοτική και αλγοριθμική αναγνώριση των υδρογραφικών προτύπων, στηριζόμενη στη θεωρία της δομικής αναγνώρισης προτύπων, έχει γίνει από τον Αργιαλά (Argialas 1986, Argialas 1985, Argialas κ.ά 1988). Η υλοποίησή του λογισμικού DPA (Drainage Pattern Analysis system) έγινε σε Fortran και το σύστημα IBM TSO.

Αυτή η εργασία, διατηρώντος την ανωτέρω γενικότερη μεθοδολογική προσέγγιση, εστιάζει:

- σε μια νέα προσέγγιση αναπαράστασης της τοπολογικής δομής και γεωμετρίας των υδρογραφικών προτύπων, με δενδριτικές δομές δεδομένων, και
- στην υλοποίηση ολοκλήρου πακέτου ανάλυσης και ταξινόμησης υδρογραφικών προτύπων σε περιβάλλον Microsoft Windows, με

χρήση αντικειμενοστραφών τεχνικών που στηρίζονται στη γλώσσα Visual Basic (Ρούσσος 1995). Το νέο λογισμικό ανάλυσης και ταξινόμησης υδρογραφικών δικτύων καλείται DPA - PC (Ρούσσος 1995).

ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ	ΤΥΠΙΚΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΕΣ
ΔΕΝΔΡΙΤΙΚΟ	Ομοιογενή και ομοιόμορφα πετρώματα σχεδόν οριζόντια ιζηματογενή πετρώματα, πυριγενή, σύνθετα μεταμορφωμένα, παλαιά κατατμημένα παράκτια πεδία
ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ	Κεκλιμένα παράκτια πεδία ή πεδία λιμνών, βασάλτες, πρανή μεταπτώσεων
ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ/ΓΩΝΙΑΚΟ	σχιστόλιθοι, γνεύσιοι, ψαμμίτες σε ξηρά κλίματα
ΦΤΕΡΩΤΟ	αιολικά πετρώματα, πλημμυρικά πεδία λεπτής υφής
ΔΙΚΤΥΩΤΟ	πτυχωμένες ή επικλινείς ιζηματογενείς στρώσεις, ώριμα κατακερματισμένα παράκτια πεδία
ΑΚΤΙΝΩΤΟ	θολοειδή βουνά ή λόφοι, ηφαιστειακοί κώνοι
ΔΑΚΤΥΛΙΟΕΙΔΕΣ	γρανιτικά ή ιζηματογενή πετρώματα

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Τυπικές σχέσεις υδρογραφικών προτύπων και γεωμορφών

2. Η μεθοδολογία της δομικής αναγνώρισης υδρογραφικών προτύπων

2.1. Νοητική ιεραρχική οργάνωση των υδρογραφικών προτύπων

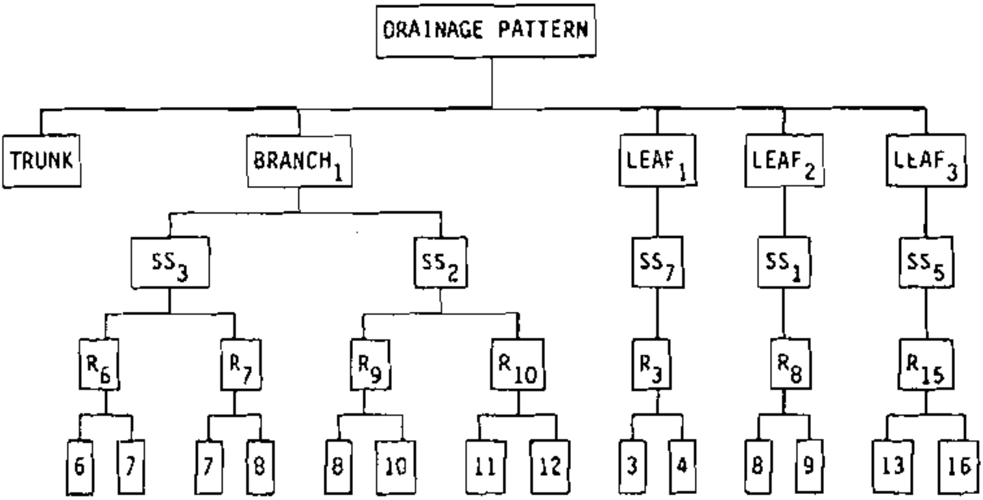
Για την επεξεργασία σε ηλεκτρονικό υπολογιστή μιας φυσικής οντότητας (όπως το υδρογραφικό δίκτυο) και το μετασχηματισμό του σε ένα νοητικό μοντέλο (όπως το υδρογραφικό πρότυπο) μέσω μιας διαδικασίας νοητικής αφαίρεσης απαιτείται η δημιουργία ενός μαθηματικού μοντέλου της φυσικής οντότητας. Αυτό το μαθηματικό μοντέλο δεν είναι απαραίτητο να είναι αριθμητικό, αλλά μπορεί να είναι και συμβολικό (Argialas 1996, Argialas 1985, Argialas and Harlow 1990, Hadipriono κ.ά. 1990). Μια τέτοια προσέγγιση δείχνει να είναι αρκετά φυσική και είναι περισσότερο συμβατή με τη νοητική εικόνα που έχει ένας ειδικός για το σύστημα. Επίσης ένα συμβολικό μαθηματικό μοντέλο είναι δυνατόν να συνυπάρχει ή να προέρχεται από ένα αριθμητικό.

Μια μεθοδική αναζήτηση ενός τέτοιου μοντέλου προϋποθέτει την ύπαρξη ενός κατάλληλου θεωρητικού πλαισίου. Ένα τέτοιο πλαίσιο για τη λειτουργία της ταξινόμησης είναι η μεθοδολογία της *δομικής αναγνώρισης προτύπων* (Argialas κ.ά. 1988). Τα δομικά μοντέλα εφαρμόζονται μέσω *των ιεραρχικών και σχεσιακών μοντέλων*. Σ' αυτή την εργασία παρουσιάζονται οι λεπτομέρειες της κατασκευής των ιεραρχικών δομικών μοντέλων και των αντιστοίχων αλγόριθμων όπως υλοποιήθηκαν στη γλώσσα Visual Basic σε περιβάλλον Microsoft Windows.

Κατά τη δομική προσέγγιση ένα πολύπλοκο πρότυπο αναπαρίσταται μέσω των απλούστερων υποπροτύπων του, των ιδιοτήτων τους, και των σχέσεων ανάμεσά τους. Έτσι σχηματίζεται μια ιεραρχία αντικειμένων του υδρογραφικού προτύπου, σε πέντε επίπεδα (Σχ. 1):

i) Στο ανώτερο ιεραρχικά επίπεδο βρίσκεται το ίδιο το υδρογραφικό πρότυπο.
ii) Αυτό *αναλύεται* στα «σημασιολογικά αντικείμενα» (tokens), τα οποία ορίζονται σε όρους αντικειμένων κατωτέρων επιπέδων, τα οποία ονομάζονται «Κορμός» (Trunk), «Κλάδοι» (Branches) και «Φύλλα» (Leaves) και είναι αντιστοίχως ο κύριος ποταμός, οι πρωτεύοντες και οι δευτερεύοντες παραπόταμοι. Ο κορμός είναι το υδατόρευμα τρίτης τάξεως στη διάταξη κατά Strahler και «ο ποταμός» στους ορισμούς των προτύπων. Οι κλάδοι αντιστοιχούν στα υδατορεύματα δεύτερης τάξεως στη διάταξη κατά Strahler ή στους «κυρίους παραπόταμους» στον ορισμό των προτύπων. Τα φύλλα αντιστοιχούν στα υδατορεύματα πρώτης τάξης κατά Strahler ή στους «δευτερεύοντες παραπόταμους» στους ορισμούς των προτύπων.
iii) Αυτοί συντίθενται από τα τμήματα Strahler (Strahler Segments), μέσω μιας ευριστικής διαδικασίας.
iv) Τα τμήματα Strahler συντίθεται από ευθύγραμμα τμήματα (Reaches), τα οποία έχουν την ίδια τάξη Strahler.
v) Τέλος στο κατώτατο επίπεδο περιγραφής βρίσκονται τα βασικά ή αρχέγονα στοιχεία τα οποία είναι οι κόμβοι (nodes) και δεν αναλύονται περισσότερο.

Η πραγματική διαδικασία γένεσης του ιεραρχικού μοντέλου ακολουθεί την αντίστροφη πορεία, και είναι ένας αλγόριθμος *συνάθροισης από κάτω-προς-τα-πάνω* όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα. Η βασική ιδέα της δομικής αναπαράστασης έγκειται στο να βρίσκουμε ιδιότητες αντικειμένων ψηλότερα στην ιεραρχία από τις ιδιότητες αντικειμένων χαμηλότερα στην ιεραρχία (που είναι γνωστά ή υπολογισμένα).



Σχ. 1. Παράδειγμα της ιεραρχικής οργάνωσης των επιμέρους αντικειμένων ενας υδρογραφικού προτύπου στο σύστημα DPA-PC:SS, είναι τα κατά Strahler τμήματα, R_6 είναι τα ευθύγραμμα τμήματα, οι δε αριθμοί, όπως 6 ή 7, φονερώνουν τους κόμβους.

2.2. Αλγοριθμική οργάνωση των υδρογραφικών προτύπων

Η θεωρητική βάση της δομικής αναπαράστασης των δικτύων καθώς και οι αντίστοιχοι αλγόριθμοι δίνονται σε πέντε στάδια στα επόμενα. Οι αλγόριθμοι επεξηγούνται με παραδείγματα κώδικα υπολογιστή ο αποίος έχει γραφεί στη γλώσσα VisualBasic.

2.2.1. Πρώτο στάδιο: Αρχική αναπαράσταση των προτύπων

Η πρώτη λειτουργία της δομικής αναγνώρισης των υδρογραφικών προτύπων είναι η *αναπαράσταση* και *περιγραφή* τους έτσι ώστε να μπορούν να εισαχθούν στον υπολαγιστή. Ένας λογικός τρόπος εισαγωγής των υδρογραφικών προτύπων στον υπολογιστή είναι η ψηφιοποίηση. Κατά την ψηφιοποίηση αυτή, θα πρέπει

- να διατηρείται η τοπολογία και η γεωμετρία του προτύπου
- να επιλεγούν στοιχεία μέγιστης πληροφορίας, και
- να μπορεί να χρησιμοποιηθεί η αρχική αναπαράσταση τους για την μετέπειτα ανάλυση και ολοκληρωμένη περιγραφή τους.

Μια λογική επιλογή για την αρχική ψηφιοποίηση των προτύπων είναι οι κόμβοι τους (Coffman και Turner 1971). Για την *περιγραφή* των κόμβων κατά την ψηφιοποίηση (που είναι τα αντικείμενα χαμηλότερου επιπέδου), χρησιμοποιούνται ως ιδιότητες, οι ορθογώνιες καρτεσιανές συντεταγμένες (x_i, y_i) των κόμβων i του δικτύου, καθώς και ένας συμβολικός κωδικός (Code), που εκφράζει το είδος του κόμβου. Κάθε *είδος κόμβου* αντιστοιχεί σε διαφορετικό τοπολογικό βαθμό (degree), ανάλογα με τον αριθμό των «κλάδων» (branches) που συντρέχουν σ' αυτόν τον κόμβο. Τα είδη των κόμβων είναι:

- Στόμιο (Mouth) «M»,
- Ενδιάμεσος Κόμβος (Intermediate) «I»,
- Κόμβος Σύνδεσης (Junction) «J», και
- Πηγή (source) «S».

Ο κόμβος, ως τύπος δεδομένων (a Simple Node), υλοποιείται στη γλώσσα VisualBasic, για παράδειγμα, ως εξής:

```
Type a Simple Node
        Code As String*1
        x As Single
        y As Single
End Type
```

Για την σύνθεση υψηλοτέρου επιπέδου αντικειμένων των προτύπων, είναι αναγκαίο να περιγραφεί η φυσική *τοπολογική δομή* των υδρογραφικών δικτύων, η οποία είναι μια δομή δέντρου. Μια δυνητικά χρήσιμη τοπολογική σχέση για αυτή την περιγραφή είναι η *Adjacent_to (i, j)*, όπου i, j είναι κόμβοι του δικτύου. Δύο κόμβοι ενός δένδρου λέγονται ότι είναι *γειτονικοί*, εάν υπάρχει ένας κλάδος ανάμεσά τους. Συνεπώς η έννοια της γειτνίασης θα πρέπει επίσης να περιγραφεί στον υπολογιστή. Ακολουθεί η προσέγγιση που επιλέξαμε.

Κάθε κόμβος έχει ένα διατεταγμένο ζεύγος παιδιών-κόμβων, τα οποία για πλήθος = 2, μπορούμε να τα ονομάσουμε 'αριστερό', και 'δεξί'. Η διάταξη αυτή είναι απαραίτητη έτσι ώστε να μετατρέψουμε ένα δισδιάστατο υδρογραφικό δίκτυα (πρότυπο μεγαλύτερης διάστασης, σε μονοδιάστατη συμβολοσειρά κόμβων ('MJJsJ...') χωρίς απώλεια της τοπολογικής πληροφορίας. Η πληροφορία αυτή ενσωματώνεται στην παραγόμενη συμβολοσειρά (χρησιμοποιώντας τη θέση κάθε συμβόλου μέσα στη συμβολοσειρά, το είδος του συμβόλου, καθώς και όλη την προηγούμενη υπακολουθία συμβόλων), για την μετέπειτα ανασύσταση του προτύπου. Συνεπώς, ορίζουμε την δομή του Κόμβου Δέντρου (a Tree Node) να περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία (Ιδιότητες):

- τοπολογικός κωδικός,
- συντεταγμένες x και y, και
- κατάλληλοι δείκτες ανάμεσα στους γειτονικούς κόμβους δηλαδή: γονέα (parent), αριστερό (left), και δεξί (right).

RULE#1: Κάθε REACH που έχει ως NOUP ένα NODE με CODE = 1 (ή nodeType = 's') παίρνει ORD = 1. (Όπου NOUP, ο ανάντη κόμβος του ευθύγραμμου τμήματος).

RULE#2: Έστω NODE = i.
Έστω {n και m} οι ΤΑΞΕΙΣ (ORDERs) των UPSTREAM REACHES του i.
Αν (n = m),
η τάξη (ORDER) ΤΟΥ DOWNSTREAM REACH είναι n + 1.
αλλιώς,
η τάξη (ORDER) ΤΟΥ DOWNSTREAM REACH είναι max(n, m).

RULE#3: Ένα δέντρο μπορεί να πάρει τάξη κατά Strahler, όταν έχουν πάρει τάξη κατά Strahler όλα τα υποδέντρα του.

Το αποτέλεσμα της εκτέλεσης του τρίτου βήματος στο παράδειγμά μας, είναι η απόδοση τάξεων κατά Strahler, στα ευθύγραμμα τμήματα του προτύπου, τα οποία φαίνονται στον Πίνακα 5.

Reach	**(Node (i), Node (j))**	**Order**
1	(10, 9)	1
2	(9, 7)	1
3	8, 7)	1
4	(6, 4)	1
5	5, 4)	1
6	7, 2)	2
7	(4, 3)	2
8	(3, 2)	2
9	(2, 1)	3

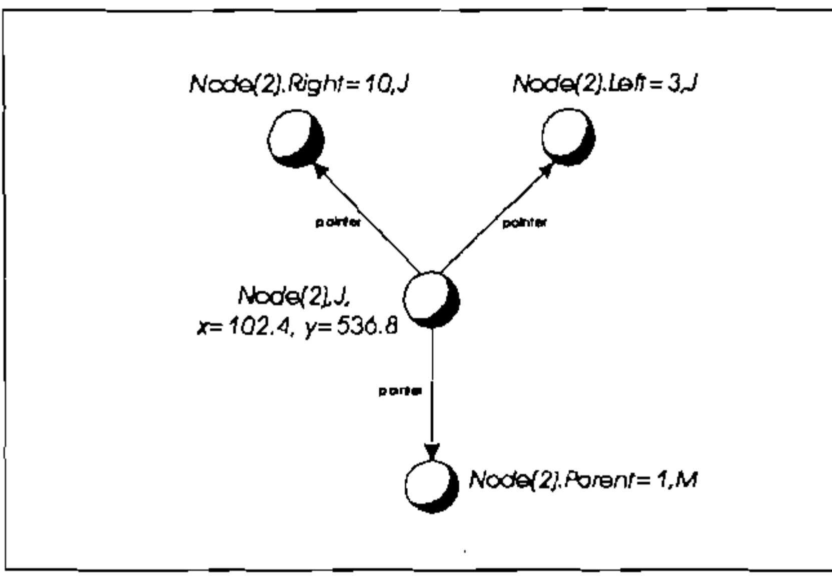
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Απόδοση τάξεων κατά Strahler στα ευθύγραμμα τμήματα ενός προτύπου

Τα παραπάνω μπορούν να υλοποιηθούν στη γλώσσα Visual Basic ως:

```
Type aTreeNode
        Code As String*1
        x As Single
        y As Single
        Parent as Variant
        Left as Variant
        Right As Variant
End Type
```

όπου Variant είναι ένας γενικευμένος (generic) τύπος δεδομένων της Visual Basic. Μια γραφική απεικόνιση της δομής δένδρου δίνεται στο Σχ. 2.

Όπως εύκολα παρατηρείται, η δομή δεδομένων τύπου aTreeNode, είναι μια επαυξημένη μορφή της δομής τύπου aSimpleNode, ώστε να επιτρέπει την σύλληψη της τοπολογίας του προτύπου. Αυτή η σύλληψη είναι δυνατή εφόσον ένα πρότυπο έχει ψηφιοποιηθεί κατά μια συγκεκριμένη διάταξη, όπως αυτή που γίνεται από το στόμιο προς τις πηγές και από αριστερά προς τα δεξιά, υποθέτοντας ότι το στόμιο βρίσκεται προς το κάτω μέρος της σελίδας.

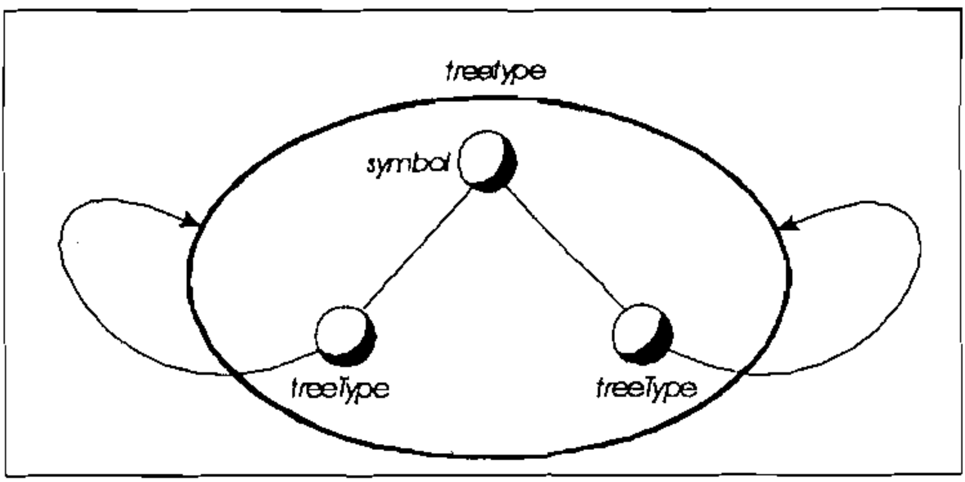


Σχ. 2. Ένα παράδειγμα της δομής δεδομένων τύπου aTreeNode, όπου φαίνονται οι γειτονικοί κόμβοι (Parent, Left, Right) του κόμβου 2, οι συντεταγμένες του x, y και οι τοπολογικοί κωδικοί όλων των κόμβων.

Έτσι ένα δέντρο (πρότυπο) είναι ένα *διατεταγμένο σύνολο κόμβων*, κατά την έννοια του Coffman (Coffman and Turner 1971), τύπου a Tree Node. Για την αναπαράσταση των προτύπων ως δέντρων, σχεδιάστηκε μια *δενδρική δομή δεδομένων*, η οποία είναι μια αναδρομική δομή (Pavlidis 1977). Αυτό σημαίνει ότι ένας τύπος-δέντρο αποτελείται από δύο ή περισσότερα υποδέντρα, τα οποία είναι επίσης δέντρα κ.ο.κ. (Σχ. 3). Σε μια περιγραφική γλώσσα η οποία υποστηρίζει ενδογενείς αναδρομικούς τύπους δεδομένων (τύπου Prolog), αυτό μπορεί να γραφτεί ως:

```
domains
        tree Type = tree (symbol, tree Type, tree Type)
```

A Recursive Tree Structure



Σχ. 3. Στο σχήμα αυτό φαίνεται η αναδρομική φύση της δενδρικής δομής δεδομένων.

Η δενδρική δομή δεδομένων *υλοποιείται* αντίστοιχα στη VisualBasic, ως μια μεταβλητή μορφής πίνακα («Node»), η οποία ορίζεται με βάση τη δομή δεδομένων a Tree Node, η οποία ορίστηκε προηγουμένως:

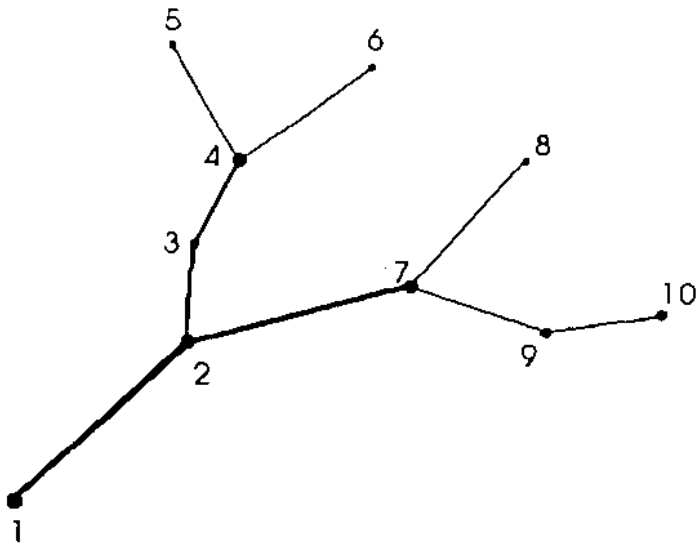
Dim Node (MAXNODES) As a Tree Node

όπου MAXNODES, ο μέγιστος αριθμός κόμβων ενός δέντρου.

Ο συμβολισμός «αντικείμενο ιδιότητα» σημαίνει «ιδιότητα του αντικειμένου» και έτσι για παράδειγμα: αν η μεταβλητή Node οριστεί ως τύπου a TreeNode, τότε μπορούμε να πούμε: Node·Code, Node·x., Node·y.

Για παράδειγμα, εαν το υπό ανάλυση υδρογραφικό πρότυπο είναι αυτό που απεικονίζεται στο Σχ. 4, τότε η ψηφιοποίησή του θα δώσει ένα αρχείο της μορφής του Πίνακα 2, οπου MAXNODES = 10, και το περιεχόμενό του είναι μια δομή του τύπου a Simple Node.

Η μοναδιάστατη συμβολοσειρά που αντιστοιχεί σ' αυτό το πρότυπο είναι η Symbol String = «MJIJssJsls».



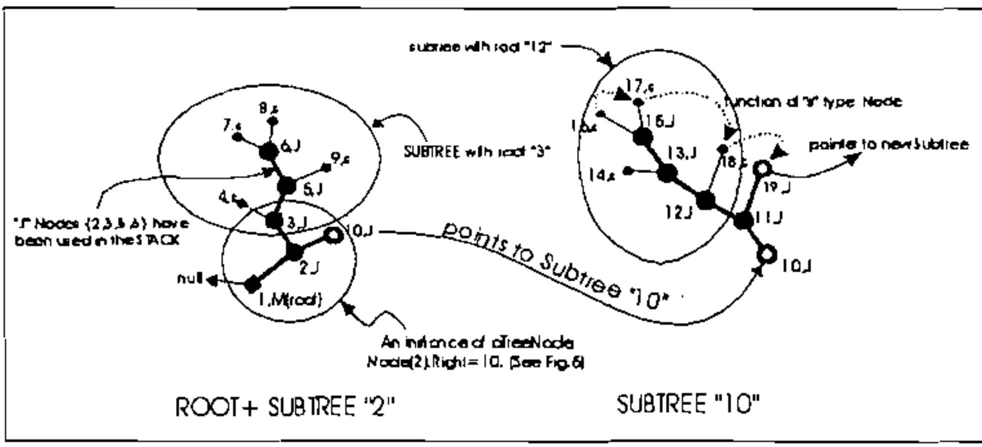
Σχ. 4. Ένα παράδειγμα Υδρογραφικού Προτύπου.

Node (i)	Node (I) - x	Node (i) - y	Node (I) - Code
1	168.2	130.0	M
2	240.6	200.0	J
3	250.0	240.5	I
4	260.5	285.0	J
5	228.0	337.3	S
6	320.0	329.5	S
7	340.4	230.0	J
8	391.0	290.0	S
9	402.0	210.5	I
10	503.5	180.0	S

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Τυπικές σχέσεις υδρογραφικών προτύπων και γεωμορφών

2.2.2. Δεύτερο στάδιο: Αλγόριθμος ανασύστασης της τοπολογίας των προτύπων

Στη συνέχεια το πρόγραμμα *«κτίζει» αυτόματα την τοπολογία του προτύπου*, με στοιχείο εισαγωγής το αρχείο των ψηφιοποιημένων κόμβων. Ο αλγόριθμος ανασυντάσσει την τοπολογία του προτύπου, μέσω μιας *από-κάτω-προς-το-πάνω* διαδικασίας, η οποία επεξεργάζεται την εισαχθείσα συμβολοσειρά (π.χ. «MJIJ...»), και ο οποίος εξασφαλίζει ότι θα έχει τελειώσει πρώτα το αριστερό υπο-δέντρο κάθε δέντρου, πριν πάει στο δεξί. Στον επόμενο αλγόριθμο, ο αριθμός *n* είναι ένας δείκτης που χρησιμοποιείται για την απαρίθμηση των κόμβων και παίρνει ακέραιες τιμές από 1 έως MAXNODES. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί μια STACK, η οποία είναι μια μονοδιάστατη δομή δεδομένων, η αποία λειτουργεί σύμφωνα με την αρχή το *τελευταίο μέσα-πρώτο έξω* (Last In First Out-LIFO) (Pavlidis 1977). Ο αλγόριθμος είναι (βλ. και Σχ. 5):



Σχ. 5. Ένα παράδειγμα της τοπαλογικής δομής του δέντρου. Τα περιεχόμενα των ελλείψεων είναι υποσύνολο του όλου πρατύπου, τα οποία είναι επίσης δέντρα. Οι «σκούροι» κόμβοι «J» αποθηκεύονται δυναμικά στο STACK. Επίσης φαίνονται τρία διαδοχικά βήματα της απαρίθμησης *n* των κόμβων {...16, 17, 18, 19,...}, ως αποτέλεσμα της παρουσίας των συμβόλων τύπου «ε» μέσα στο SymbolString.

1. Επέλεξε την αρχή (ρίζα) του δέντρου, η οποία είναι το στόμιο «M».
2. Δώσε του την τιμή n = 1.
3. Επανέλαβε τα βήματα {4, 5, 6, 7, 8}:
4. Δίνε σε κάθε κόμβο «I» που συναντάς, την τιμή n = n + 1.
5. Κινήσου ανάντη, έως ότου συναντήσεις έναν κόμβο σύνδεσης «J».

6. Δώσε στο αριστερό του παιδί, τιμή n = n + 1.
7. Βάλε τον κόμβο «j» στο STACK.
8. Έως ότου συναντήσεις μια πηγή «S», οπότε: (λειτουργία του κάμβου τύπου «S»)
9. Δώσε στο πρώτο δεξί παιδί του κόμβου «J» που θα βγάλεις από το STACK, τιμή n = n + 1.
10. Εαν n < MAXNODES, πήγαινε στο βήμα 3, αλλιώς τέλος.

Η εφαρμογή του παραπόνω αλγορίθμου στο αρχείο του παραδείγματος, ανασυντάσσει την τοπολογική δομή του προτύπου του Σχήματος 4, και τα αποτελέσματα της εκτέλεσης φαίνονται στον Πίνακα 3. Για παράδειγμα, η 2η σειρά του Πίνακα 3, λέει ότι ο κόμβος Node (2), έχει ως γονικό κόμβο τον Node (2). Parent = 1, και παιδιά του Node (i). Left = 3 και Node (i). Right = 7. Το σύμβολο 'null' σημαίνει κατά σύμβαση, ότι η ιδιότητα του αντικειμένου στην αντίστοιχη περίπτωση δεν ορίζεται. Επιπροσθέτως στον Πίνακα 4 φαίνονται τα περιεχόμενα της δομής STACK (που όπως προαναφέρθηκε περιέχει «J» Κάμβους), και η οποία μεταβάλλεται δυναμικά καθώς ο αλγόριθμος επεξεργάζεται νέα σύμβολα του Symbol String.

Node (i)	**Node (i) - Parent**	**Node (i) - Left**	**Node (i) - Right**
1	null	2	null
2	1	3	7
3	2	4	null
4	3	5	6
5	4	null	null
6	4	null	null
7	2	8	9
8	7	null	null
9	7	10	null
10	9	null	null

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Αρχείο που παρουσιάζει την ανασύσταση της δενδρικής τοπολογίας ενάς προτύπου

Θέση στη συμβολοσειρά = i	Symbol	Περιεχόμενα της STACK
1	M	{ }
2	J	{2}
3	I	{2}
4	J	{2,4}
5	S	{2}
6	S	{2}
7	J	{2,7}
8	S	{2} 7
9	I	{2}
10	S	{ }

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Περιεχόμενα της δομής STACK που χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος της ανασύστασης της τοπολογίας ενός προτύπου

2.2.3. *Τρίτο στάδιο: Δόμηση ευθυγράμμων τμημάτων και απόδοση τάξεων κατά Strahler*

Το επόμενο βήμα είναι η *απόδοση τάξεων (orders) κατά Strahler,* στα ευθύγραμμα τμήματα του υδρογραφικού προτύπου τα οποία έχουν ως άκρα τους κόμβους. Ένα ευθύγραμμο τμήμα (reach) στη συγκεκριμένη υλοποίηση αποτελείται από ένα *διατεταγμένο ζεύγος κόμβων*:

Reach = (i, j), i, j = NODE (τύπου a Tree Node)

Η απόδοση των τάξεων γίνεται μέσω μιας *αναδρομικής αλγεβρικής σχέσεως* που έχει προταθεί από τον Strahler, και ουσιαστικά η τάξη κατά Strahler (που είναι ενας φυσικός αριθμός, υδατορεύματος, μέσα στο σύστημα του υδρογραφικού δικτύου. Χρησιμοποιώντας μια περιγραφική σύνταξη υπό τη μορφή κανόνων, έχουμε:

2.2.4. *Τέταρτο στάδιο: Δόμηση των τμημάτων Strahler*

Για να κατασκευάσουμε τα τμήματα κατά Strahler εκτελούμε τον επόμενο κανόνα:

RULE # 4: *Ομαδοποίησε* τα ευθύγραμμα τμήματα, τα οποία έχουν πάρει ίδια τάξη κατά Strahler, από την προηγούμενη διαδικασία.

Ένα Strahler Segment υλοποιείται στο συγκεκριμένο σύστημα ως μια λίστα (NodeList) τύπου Prolog, όπου στοιχεία της λίστας είναι διαδοχικοί κόμβοι του δέντρου:

Strahler Segment = [i, j, K,...], i, j, k,... = NODE (τύπου a Tree Node).

Η αλγοριθμική έκφραση του Κανόνα # 4 είναι:

1. Ξεκίνησε από τους εξωτερικούς κόμβους του δέντρου (τις πηγές «s»).
2. Θέσε την Order = 1.
3. Για κάθε εξωτερικό κόμβο:
4. Εκτέλεσε τη διαδικασία {11, 12, 13}
5. Επέλεξε τον επόμενο εξωτερικό κόμβο.
6. Θέσε Order = Order + 1
7. Για κάθε εσωτερικό κόμβο που είναι τέλος του προηγούμενου StrahlerSegment
8. Επανέλαβε τη διαδικασία {11, 12, 13}
9. Επέλεξε τον επόμενο εσωτερικό κόμβο.
10. Εάν δεν έχεις φθάσει στη μέγιστη τάξη κατά Strahler, πήγαινε στο βήμα 6
    Αλλιώς,
    Τέλος.
11. Επανέλαβε το βήμα {12}:
12. Τοποθέτησε τον κατάντη γειτονικό κόμβο στη λίστα.
13. Έως ότου, συναντήσεις ένα κόμβο ο οποίος να ανήκει σε Reach με μεγαλύτερο Order.

Η εφαρμογή του αλγορίθμου παραγωγής των τμημάτων Strahler στο παραπάνω παράδειγμα δίνει τον επόμενο Πίνακα 6, όπου φαίνονται τα τμήματα κατά Strahler (Strahler Segments) του προτύπου του Σχήματος 4, και οι τάξεις του.

Strahler Segment	Node List	Order
1	[10, 9, 7]	1
2	[8, 7]	1
3	[6, 4]	1
4	[5, 4]	1
5	[7, 2]	2
6	[4, 3, 2]	2
7	[2, 1]	3

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Αρχείο των κατά Strahler τμημάτων ενός προτύπου

2.2.5. Πέμπτοι στάδιο: Δόμηση των σημασιολογικών αντικειμένων

Τέλος ορίζονται τα σημασιολογικά αντικείμενα, μέσω μιας ευριστικής διαδικασίας, επιλέγοντας ως κορμό το άθροισμα του τμήματος Strahler τρίτης τάξης με το μεγαλύτερο μήκος, συν το τμήμα Strahler δεύτερης τάξης, που είναι ανάντη γειτονικό του προηγούμενου και έχει το μεγαλύτερο μήκος, συν το τμήμα Strahler πρώτης τάξης, που είναι ανάντη γειτονικό του προηγούμενου και έχει το μεγαλύτερο μήκος. Στο παραπάνω παράδειγμα, κορμός του προτύπου είναι το άθροισμα των Strahler Segments 1 + 5 + 7.

2.3. Ιδιότητες υδρογραφικών προτύπων

Μια πλήρης και λεπτομερής λίστα *ιδιοτήτων* κατασκευάζεται και συνδέεται με κάθε κόμβο της ιεραρχίας για να χαρακτηρίσει τα τμήματα γραμμών στο εύρος που απαιτείται από τη μετέπειτα ανάλυση. Η μέθοδος σύνδεσης λιστών ιδιοτήτων σε κάθε επίπεδο της ιεραρχίας είναι υπό τη μορφή σχεσιακών μοντέλων (Ρούσσος 1995, Argialas κ.ά.1988). Οι ιδιότητες των προτύπων και οι τιμές τους προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τους ορισμούς των υδρογραφικών προτύπων. Οι ιδιότητες των προτύπων περιέγραψαν τις σχέσεις ανάμεσα στα αντικείμενα του προτύπου. Επιλέχθηκαν έτσι ώστε να είναι *αναλλοίωτες*

- στην αλλαγή κλίμακας,
- στη μετάθεση,
- στο προσανατολισμό και
- σε άλλες «μη σημαντικές» για την ταξινόμηση των υδρογραφικών προτύπων μεταβολές.

Γενικώς, οι δεκαέξι τελικές ιδιότητες (Πίν. 7) σχετίζονται με

- τους λόγους διακλάδωσης,
- τους τύπους διακλάδωσης,
- την ευθύτητα, την ομοιομορφία και την επιμήκυνση των διαφόρων αντικειμένων,
- τις γωνίες ανάμεσα στα διάφορα αντικείμενα, και
- τις διαφορές προσανατολισμού των αντικειμένων.

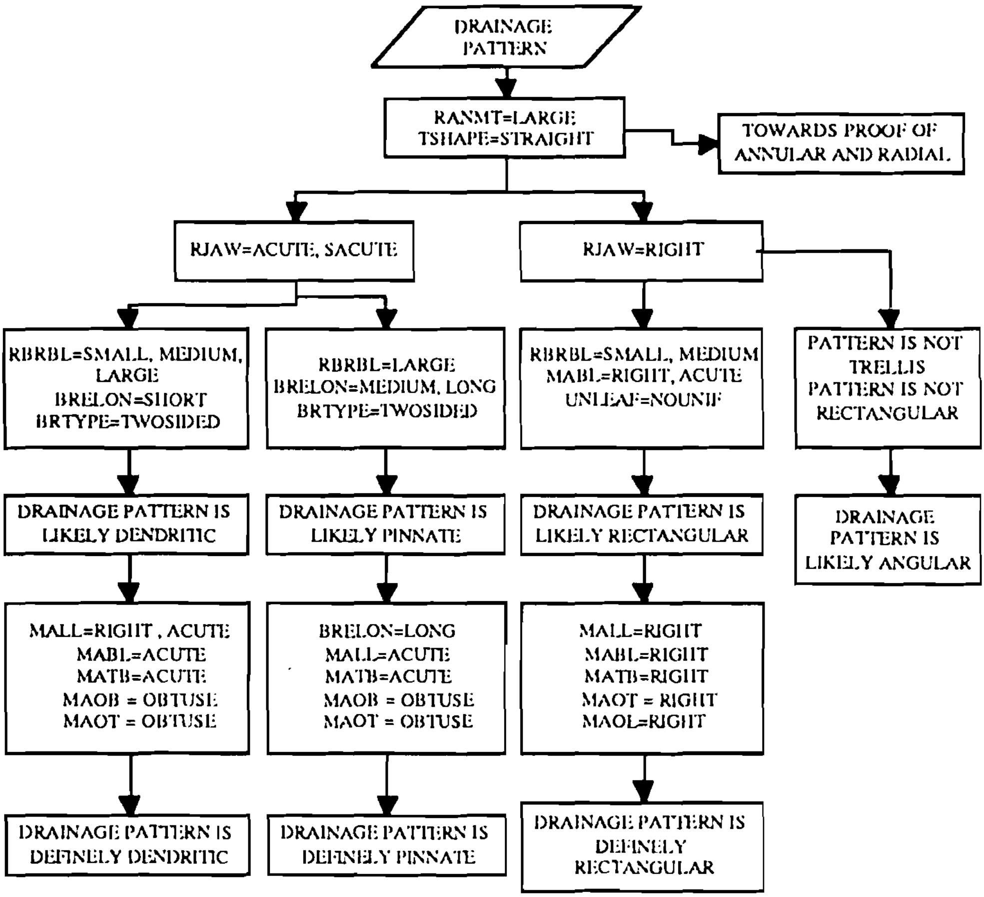
Οι ιδιότητες των υδρογραφικών προτύπων μπορούν να θεωρηθούν από τοπολογική ή γεωμετρική σκοπιά. Η *τοπολογική* σκοπιά θεωρεί τις διασυνδέσεις του προτύπου και δίνει κάποιο σχήμα διάταξης των ρευμάτων. Η *γεωμετρική* έχει να κάνει με τα μήκη, τα σχήματα, και τους προσανατολισμούς των συστατικών μερών του προτύπου. Η επιλογή των ιδιοτήτων των προτύπων βασίστηκε στην προσωπική εμπειρία και κρίση (Argialas 1985, Ρούσσος 1995). Ο Πίνακας 7 δείχνει όλες τις δεκαέξι ιδιότητες σε όρους της μεθόδου εξαγωγής τους.

2.4. Ταξινόμηση υδρογραφικών προτύπων

Αφού έχει γίνει η κατάτμηση των προτύπων και η εξαγωγή ιδιοτήτων, το επόμενο βήμα είναι η ταξινόμηση των προτύπων. Η ταξινόμηση αφορά την κατάταξη ενός προτύπου σε μια από τις πολλές πιθανές τάξεις. Στη στατιστική αναγνώριση προτύπων, συνήθως αναζητείται μια συνάρτηση απόφασης ή ένα μέτρο ομοιότητας για να εκτελέσει τη διαδικασία της ταξινόμησης. Εδώ, απαιτείται μια κατάλληλη διατύπωση του προβλήματος της ταξινόμησης, μέσα στο δομικό πλαίσιο. Ο στόχος είναι να διατάξουμε μια συστοιχία ελέγχων, ιεραρχικά οργανωμένη, η οποία θα καθορίζει εάν ένα δεδομένο πρότυπο έχει συγκεκριμένες τιμές ιδιοτήτων. Μια εννοιολογική ιεραρχία ταξινόμησης των υδρογραφικών προτύπων σχεδιάστηκε για να εκφράσει, με τη μορφή ενός δέντρου απόφασης, τη γνώση τη σχετιζόμενη με τα υδρογραφικά πρότυπα (Σχ. 6). Οι κανόνες επέτρεψαν στον ταξινομητή να «αποδείξει» ή να «απορρίψει» μια απόφαση για μια δεδομένη είσοδο υδρογραφικού προτύπου. Βασιζόμενοι σε αυτούς τους κανόνες και τους σχετικούς ελέγχους, κάθε υδρογραφικό πρότυπο κατετάγη σε μια από τις οκτώ προκαθορισμένες τάξεις (Ρούσσος 1995, Argialas κ.ά. 1988).

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: Ποσοτικές ιδιότητες των υδρογραφικών προτύπων και τυπικές τιμές τους για δυο πρότυπα

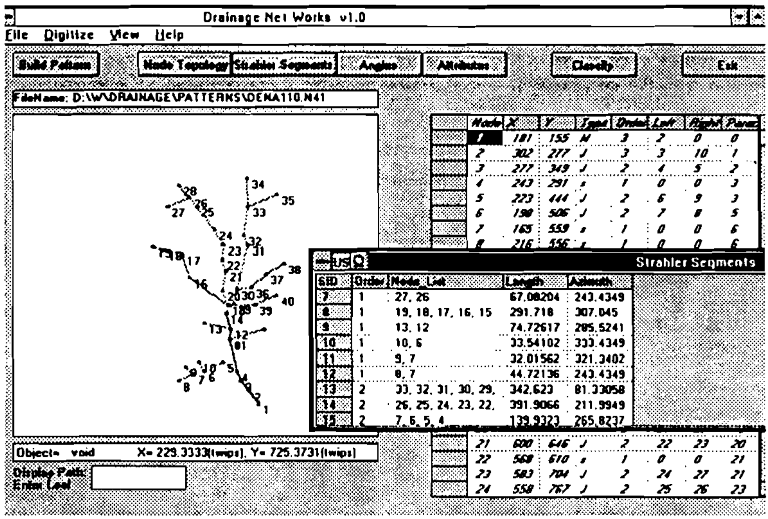
No	Είδος Ιδιότητας	Αντικείμενο	Ιδιότητα	Νοηματική Εξήγηση	Συναρτησιακή εξάρτηση ιδιοτήτων		Τιμές ιδιοτήτων για δυο πρότυπα	
					Τοπολογική	Γεωμετρική		
						Γωνιακή (πλάγια) ή Γραμμική (όρθια)	Δενδριτικό	Ορθογώνιο
1	Ιδιότητες Υποπροτύπων	Κορμός (TRUNK)	TSHAPE	Shape of the Trunk		Mean (CURVE/STRAIGHT)	STRAIGHT	STRAIGHT
2			BRTYPE	Type of Branching	(KLEFT KRIGHT)		TWOSIDED	TWOSIDED
3			MAOT	Mean Intermediate Angle On the Trunk		Intermediate Angle	OBTUSE	RIGHT
4		Κλάδοι (BRANCH)	BSHAPE	Branch Shape		Mean (CURVE/STRAIGHT)		
5			BRELON	Branch Elongation		Length (BRANCHES/ Lenght (LEAVES)	SHORT	
6			MAOB	Mean Intermediate Angle On the Branches		Intermediate Angle	OBTUSE	RIGHT
7		Φύλλα (LEAF)	UNLEAF	Uniformity of Leaves		Mean (LEN)/ST.DV.(LEN)		NON-UNIFORM
8			MAOL	Mean Intermediate Angle On the Leaves		Intermediate Angle		RIGHT
9	Σχέσεις μεταξύ Υποπροτύπων	Κορμού-Κλάδων	MATB	Mean Junction Angle between the Trunk and the Branches		Junction Angle	ACUTE	RIGHT
10		Κλάδων Φύλλων	RBRBL	Ranked Bifurcation Ratio between Branches and Leaves	Bifurcation Ratio (1,2)		SMALL MEDIUM LARGE	SMALL MEDIUM
11			BLAZDIF	Azimuthal Difference between Branches and Leaves		Azimuths		
12			MABL	Mean Junction Angle between Branches and Leaves		Junction Angle	ACUTE	RIGHT, ACUTE
13			RMA12	Ranked Mean Angle between 1st and 2nd order Leaves		Junction Angle		
14		Φύλλων-Φύλλων	MALL	Mean Junction Angle among Leaves		Junction Angle	ACUTE RIGHT	RIGHT
15	Ιδιότητες του προτύπου ως όλου	Προτύπου	RJAW	Ranked Junction Angle		Junction Angle	ACUTE SACUTE	RIGHT
16			RANMT	Ranked Angle with Vertex on the Center of Gravity of the Nodes and Sides Diverging to the Mouth of the Pattern and to its most Distant Node (Tip)		Mouth-Grav.Cntr-Tip	LARGE	LARGE



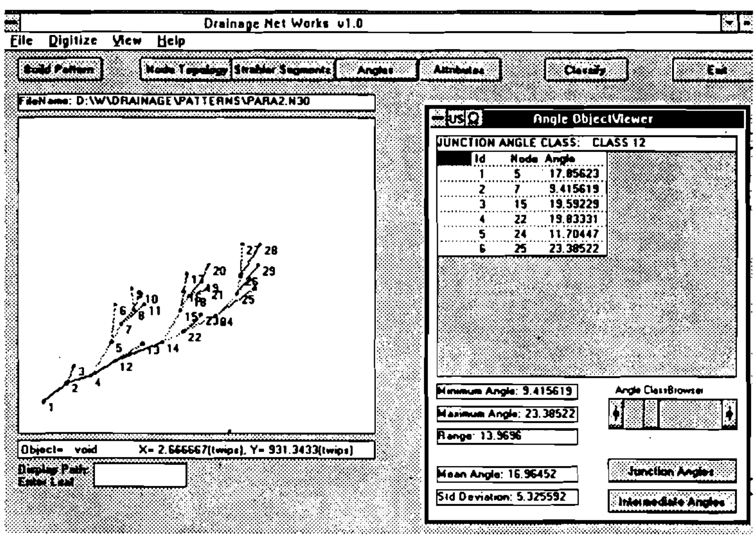
Σχ. 6. Δένδρο απόφασης που δημιουργήθηκε για την ταξινόμηση των υδρογραφικών προτύπων.

3. Εφαρμογή του DPA-PC

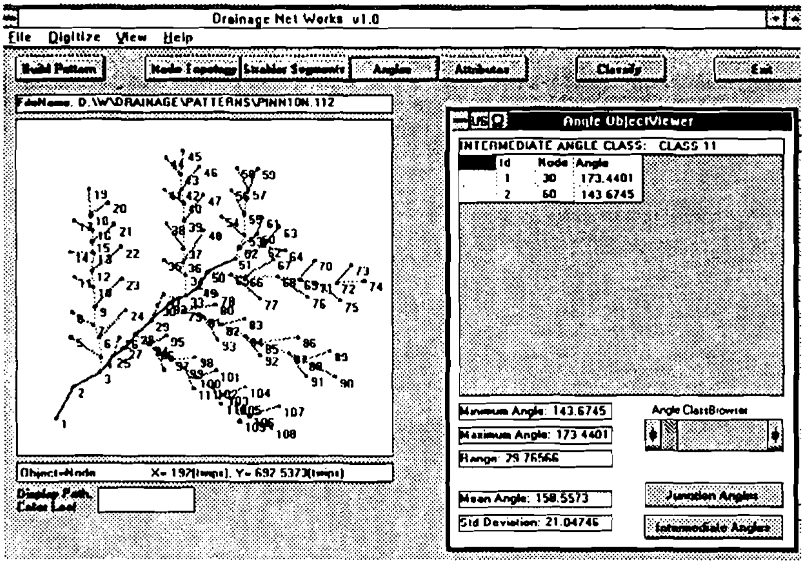
Αυτό το εδάφιο περιγράφει την εφαρμογή του συστήματος δομικής αναγνώρισης υδρογραφικών προτύπων DPA-PC. Παραδείγματα επεξεργασίας του πακέτου δίνονται στα Σχήματα 7 έως 10. Μετά την *είσοδο* των δεδομένων (επιλογή του menu FILE και μετά OPEN), γίνεται η κατάτμιση του προτύπου, (κουμπί: Build Pattern) στους διάφορους τύπους αντικειμένων του, όπως τα σημασιολογικά αντικείμενα, τα τμήματα Strahler (κουμπί: Strahler Segments), τα γραμμικά ευθύγραμμα τμήματα και οι κόμβοι (κουμπί: Node Topology). Επιλέγονται ιδιότητες των προτύπων έτσι ώστε να χαρακτηρίζουν τα κατατμηθέντα αντικείμενα (κου-



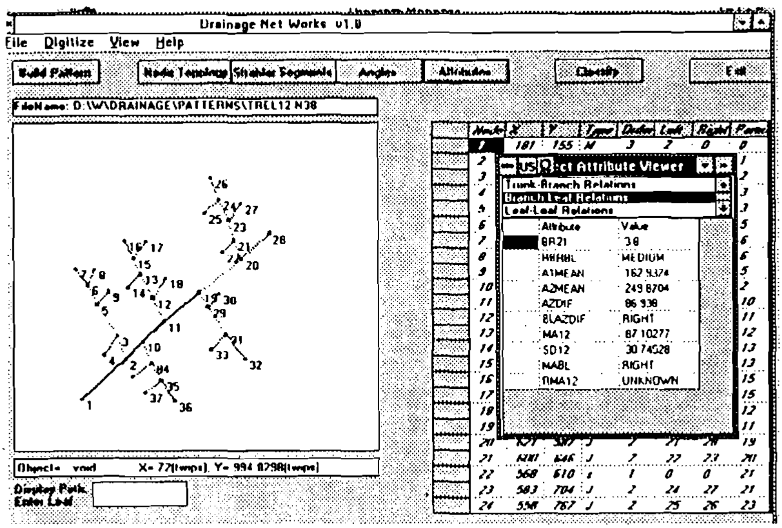
Σχ. 7. Σ' αυτή την οθόνη ο χρήστης έχει επιλέξει από το DPA-PC την παράθεση των κατά Strahler τάξεων (κουμπί: Strahler Segment) ενός δενδριτικού υδρογραφικού προτύπου και την περιγραφή των ιδιοτήτων τους (αύξων αριθμός, τάξη κατά Strahler, μήκος, αζιμούθιο). Το υδρογραφικό πρότυπο έχει χαρακτηρισθεί από το DPA-PC ως δενδριτικό.



Σχ. 8. Σ' αυτή την οθόνη ο χρήστης έχει επιλέξει από το DPA-PC την παράθεση των γωνιών (κουμπί: Angles), ειδικότερα δε αυτών που βρίσκονται στις διακλαδώσεις ενός παράλληλου υδρογραφικού προτύπου και την περιγραφή των ιδιοτήτων τους (αύξων αριθμός, κόμβος, γωνία) καθώς και των στατιστικών ποσοτήτων τους (min, max, mean, standard deviation, range). Το υδρογραφικό πρότυπο έχει χαρακτηρισθεί από το DPA-PC ως παράλληλο.

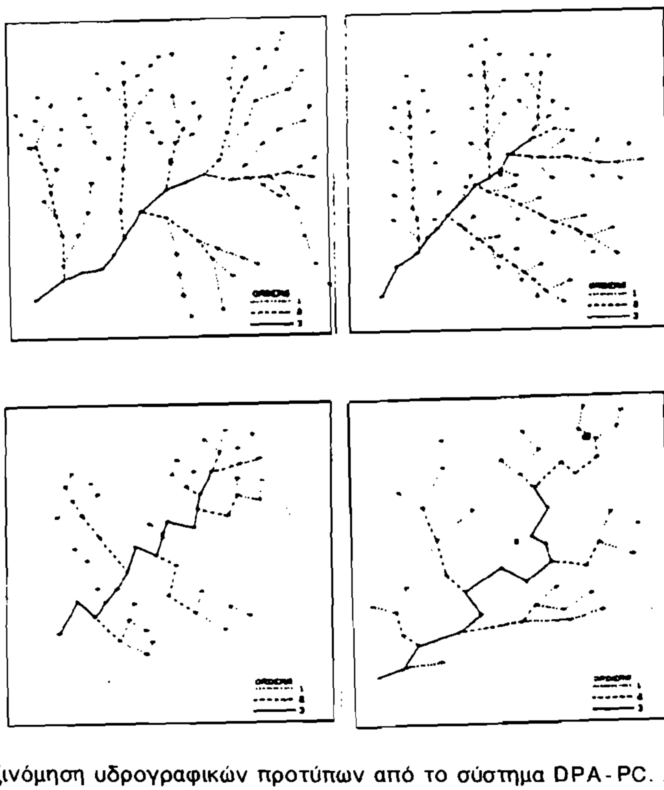


Σχ. 9. Σ' αυτή την οθόνη ο χρήστης έχει επιλέξει από το DPA-PC την παράθεση των γωνιών (κουμπί: Angles), ειδικότερα δε αυτών που βρίσκονται στους ενδιάμεσους κόμβους, ενός φτερωτού υδρογραφικού προτύπου και την περιγραφή των ιδιοτήτων τους (αύξων αριθμός, κόμβος, γωνία) καθώς και των στατιστικών ποσοτήτων τους (min, max, mean, standard deviation, range). Το υδρογραφικό πρότυπο έχει χαρακτηρισθεί από το DPA-PC ως φτερωτό.



Σχ. 10. Σ' αυτή την οθόνη ο χρήστης έχει επιλέξει από το DPA-PC την παράθεση των ιδιοτήτων που αφορούν τα φύλλα (κατά Strahler τάξη 1) ενός δικτυωτού υδρογραφικού προτύπου (κουμπί: Attributes με επιλογή: Leaf Objects). Το υδρογραφικό πρότυπο έχει χαρακτηρισθεί από το DPA-PC ως δικτυωτό.

μπί: ANGLES με επιλογή: Attributes). Οι ιδιότητες των υδρογραφικών προτύπων υπολογίζονται ως σύνθετες ιδιότητες προτύπων ή συναρτήσεις ιδιοτήτων. Οι ιδιότητες των προτύπων εκφράζουν τις σχέσεις ανάμεσα στα σημασιολογικά αντικείμενα του προτύπου. Τέλος εφαρμόζεται ένα δέντρο απόφασης για την *ταξινόμηση* των προτύπων (κουμπί: Classify). Έγινε έλεγχος του συστήματος με πρότυπα ελέγχου και από τις οκτώ τάξεις των προτύπων και απέδωσε ικανοποιητικά (Σχ. 11). Θα χρειαστεί επιπρόσθετος έλεγχος με περισσότερα πρότυπα για να δειχθεί η γενικότητά του.



Σχ. 11. Ταξινόμηση υδρογραφικών προτύπων από το σύστημα DPA-PC. Από πάνω αριστερά, και κατά την ωρολογιακή φορά τα πρότυπα έχουν αναγνωρισθεί ως δενδριτικό, φτερωτό, τετραγωνικό, και γωνιακό.

4. Συμπέρασμα

Παρουσιάζεται μια μέθοδος δομικής αναγνώρισης προτύπων η οποία περιέλαβε ένα ιεραρχικό μοντέλο κατάτμησης του προτύπου σε τάξεις Strahler, την οργάνωση των ιδιοτήτων του δικτύου σε σχεσιακά μοντέλα, και την ταξινόμηση του με ένα κατάλληλα διαμορφωμένο δένδρο απόφασης. Ειδικότερα δίνονται λεπτομέρειες των αλγόριθμων αναπαράστασης της ιεραρχικής δομής υδρογραφικών προτύπων με δενδριτικές δομές δεδομένων. Η υλοποίηση του πακέτου ανάλυσης και ταξινόμησης υδρογραφικών προτύπων, DPA-PC, σε περιβάλλον Microsoft Windows, με χρήση αντικειμενοστρεφών τεχνικών που στηρίζονται στη γλώσσα Visual Basic απέδωσε ένα πολύ φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον αναγνώρισης υδρογραφικών προτύπω που δείχνει ότι ο προσωπικός υπολογιστής μπορεί να βοηθήσει αποτελεσματικά στην ταξινόμηση των υδρογραφικών προτύπων.

Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς ευχαριστούν το μεταπτυχιακό σπουδαστή κ. Γιώργο Μηλιαρέση για εποικοδομητικές συζητήσεις και για τη μετατροπή των σχημάτων (εικόνων) στα απαραίτητα format ώστε να είναι συμβατά μεταξύ των συγγραφέων. Επίσης ευχαριστούμε την κ. Μαρίνα Τρουμπούνη για εύστοχες παρατηρήσεις επι του αρχικού κειμένου.

5. Βιβλιογραφία

Argialas, D. (1996). Towards Structured Knowledge Models. Zeitschrift für Geomorfphologie (accepted, in print).

Argialas, D. (1986). Computer Assisted Recognition of Drainage Patterns. Technical Paper, Anual Conention of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 4:435-444.

Argialas, D. (1985). A Structural Approach Towards Drainage Pattern Recognition, Ph. D. Dissertation, The Olhio State University, Columbus Ohio.

Argialas, D. and C. Harloiw (1990). Computational image interpretation Models: An Overview and a Perspective, Photogrammetric Engineering and Rmote Sensing, Vol. 56, No. 6, June, pp. 871-886.

Argialas, D., Lyon, J. and Mintzer O. (1988). Quantitative Description and Classification of Eight Drainage Pattern Types. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Americal Socitety of photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 54, No4, Aril, pp. 505-509.

Αστεριάδης, Γ. (1990). Στοιχεία Φυσικής Γεωγραφίας.

Coffman, D. and A. Turner (1971). Computer Determination of the Geometry and Topology of Stream Networks, Water Resources Research, 7:419-423.

Gudilin, I. (1973). Interpretation of Landscape as an Indicator of Geologic Structure in Chikishev, A., Landscape Indicators, pp. 92-105, Consultants Bureau, New York, New York.

Hadipriono, F., Lyon, G., Li, T. and Argialas, D. (1990). The Development of a Knowledge-Based Expert System for Analysis of Drainage Patterns, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, American Sosiety for Photogrammety and Remote Sensing, Vol. 56, No. 6, pp 905-909.

Howard, A. (1967). Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation, American Association of Petroleum Geologists, 51:2246-2259.

Lillelsand, T., & R. Kiefer (1979). Remote sensing and image processing. John Wiley and Sons, New York.

Mintzer, O. (1983). Engineering applicatios. -In: Colwell R. (ed.): Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry. -Falls Church, Virginia.

Παπαπέτρου-Ζαμάνη, Α. (1993). Γεωμορφολογία.

Parvis, M. (1950). Drainage Pattern Significance in Airphoto Identification of Soils and Bedrocks, Photogrammetric Engineering, 16:387-409

Pavlidis, T. (1977). Structural Pattern Recognition, Springer-Verlag.

Ρούσσος, Ε. (1995). Ένα σύστημα δομικής αναγνώρισης υδρογραφικών προτύπων για προσωπικούς υπολογιστές. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ-ΤΑΤΜ, 98 σελ.

Way, D. (1978). Terrain analysis. -Mc Graw-Hill. New York.

Προσομοίωση αιτιοκρατικών και στοχαστικών μοντέλων εξέλιξης του ανάγλυφου

Δ. Βαϊόπουλος, Θ. Γκουρνέλλος και Β. Τσαρμπός
Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών
15784 Αθήνα

Περίληψη

Προσομοίωση (simulation) είναι η αναπαράσταση μερικών, όσο το δυνατόν περισσότερων, χαρακτηριστικών συμπεριφοράς ενός φυσικού ή θεωρητικού συστήματος με τη συμπεριφορά ενός άλλου συστήματος, που απεικονίζεται με μαθηματικά τρόπο και πρακτικά αποδίδεται αριθμητικό με συστήματα Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.

Η προσομοίωση, όμως, μπορεί να είναι αιτιοκρατική ή στοχαστική. Αιτιοκρατική θεωρείται όταν η προσέγγιση του φυσικού συστήματος (π.χ. αναγλύφου) είναι μονοσήμαντη, εφόσον καθορισθούν οι αρχικές συνθήκες και οι διάφορες παράμετροι που διέπουν το σύστημα. Έτσι στα αιτιοκρατικά μοντέλα η εξέλιξη του φυσικού συστήματος είναι προβλέψιμη και δεν υπεισέρχονται τυχαία γεγονότα.

Στοχαστική θεωρείται η προσομοίωση του φυσικού συστήματος, όταν η εξέλιξή του είναι κάθε φορά διαφορετική, ακόμα και αν το σύστημα ξεκινά πάντα από τις ίδιες αρχικές συνθήκες και διέπεται από τις ίδιες παραμέτρους. Στα στοχαστικά μοντέλα υπεισέρχεται και λαμβάνεται υπόψη ο τυχαίος παράγων.

Στην εργασία μας αυτή εξετάζουμε και τα δύο είδη μοντέλων για την εξέλιξη του αναγλύφου. Στο αιτιοκρατικό μοντέλο, η εκθετική μείωση του αναγλύφου, λόγω διάβρωσης, θεωρείται σαν βασική προϋπόθεση, ενώ στο στοχαστικό μοντέλο χρησιμοποιούμε σαν βάση στοχαστικές διαδικασίες γέννησης-θανάτου. Τέλος, στην εργασία μας, τόσο στο αιτιοκρατικό, όσο και στο στοχαστικό μοντέλο, γίνεται προσομοίωση με πρόγραμμα γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού C.

Abstract

The representation of some of the behavioural characteristics (as many as possible) of a physical or theoretical system, with the aid of another, mathematically represented system has come to be known by

the term "simulation", and is nowadays mostly achieved by using numerical methods and computers.

Simulation can be deterministic or stochastic. Deterministic simulation guarantees that the evolution of a system (for example the earth's relief) will always be the same, once the initial states and the various parameters that define the system have been set. The evolution of the system is thus always predictable and no random variables or parameters are taken into consideration.

Stochastic simulation, on the contrary, provides us with an evolutionary model of the system that is never twice the same, even if the system starts out from the same initial states and is ruled by the same laws. In stochastic models random variables are taken into account.

In this paper we examine both models of evolution of the Earth's relief. In the deterministic model, the exponential decay of the relief —due to erosion— is a main requirement, while the stochastic model utilises stochastic birth-death processes. Finally, the simulation for both models in done by a program written in C, especially for this purpose.

1. Εισαγωγή

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η διερεύνηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν οι τεχνικές της προσομοίωσης (με τη χρήση μαθηματικών μοντέλων και την εφαρμογή/υλοποίησή τους σε ηλεκτρονικό υπολογιστή-Η/Υ) στη Γεωλογία, όπως π.χ. στη μελέτη των μεταβολών του γήινου αναγλύφου σε μια συγκεκριμένη περιοχή, σε μικρή ή μεγαλύτερη κλίμακα και για βραχύ ή μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Οι μεταβολές του αναγλύφου καθ' ύψος μπορούν να οφείλονται σε πολλούς παράγοντες, τοπικούς ή μη, όπως στη διάβρωση, στις τεκτονικές και στις ευστατικές κινήσεις, στο κλίμα, κ.λπ.

Προσομοίωση (simulation) ονομάζουμε την αναπαράσταση όσο το δυνατόν περισσότερων χαρακτηριστικών συμπεριφοράς ενός φυσικού ή θεωρητικού συστήματος, με τη βοήθεια ενός άλλου συστήματος που εκφράζεται με καθαρά μαθηματικό τρόπο (περιγραφή από συστήματα εξισώσεων, ορισμός παραμέτρων, μεταβλητών, σταθερών, αρχικών συνθηκών, νόμων συμπεριφοράς, λήψης αποφάσεων σε κρίσιμα σημεία, κ.λπ.).

Δημιουργείται έτσι ένα μαθηματικό μαντέλο, το οποίο, αφού τροφοδοτηθεί με όλα τα παραπάνω στοιχεία, μας δίνει μια αναπαράσταση της εξέλιξης του υπό εξέταση συστήματος, με βάση τη μεταβολή μίας ή περισσοτέρων μεταβλητών (συνήθως του χρόνου). Δηλαδή, με βάση τις αρχικές συνθήκες και τιμές παραμέτρων, παρακολουθείται η σταδιακή εξέλιξη και μεταβολή όλων των μεταβλητών που περιγράφουν το σύστημα (οι οποίες μπορεί να είναι αλληλοεξαρτώμενες, να αλλάζουν και να αλληλοεπηρεάζονται από βήμα σε βήμα, κ.λπ.).

Καθώς ποσοτικά, αλλά και μη ποσοτικά, μεγέθη και χαρακτηριοτικά τελικά ποσοτικοποιούνται, έτσι ώστε να εκφραστούν με μαθηματικό τρόπο και να λάβουν μέρος σε πολύπλοκες μαθηματικές εξισώσεις και πράξεις, είναι φανερό ότι:

α) Η ακριβής και πλήρης μαθηματική περιγραφή της φύσης ή των επιμέρους φυσικών συστημάτων είναι πρακτικά και θεωρητικά αδύνατη, εξαιτίας του πλήθους των παραμέτρων που πρέπει να ληφθούν υπόψη (από τις οποίες πολλές δεν είναι γνωστές ή μετρήσιμες, οπότε επιλέγονται οι σημαντικότερες από τις γνωστές). Σαν αποτέλεσμα ένα μαθηματικό μοντέλο δεν θα είναι ποτέ τέλειο, αλλό αν είναι σωστά δομημένο (αρχικές καταστάσεις, νόμοι συμπεριφορας, τιμές παραμέτρων) θα δώσει ανεκτά έως ικανοποιητικά αποτελέσματα, προσεγγίζοντας αρκετό καλά τη φυσική πραγματικότητα.

β) Για την υλοποίηση του μοντέλου απαιτούνται πολλές και πολύπλοκες μαθηματικές πράξεις, οπότε στην πράξη απαιτείται σχεδόν πάντα η χρήση Η/Υ και μάλιστα σημαντικής υπολογιστικής ισχύος, και κατάλληλων προγραμμάτων, για την παρακολούθηση της εξέλιξης του μοντέλου.

Τα μαθηματικά μοντέλα χωρίζονται γενικότερα σε δύο κατηγορίες. Αν στην υλοποίηση του μοντέλου δεν υπεισέρχονται με κανένα τρόπο τυχαίες μεταβλητές ή γενικότερα απρόβλεπτοι παράγοντες, τότε με βάση τις ίδιες αρχικές συνθήκες, τις ίδιες τιμές παραμέτρων και τους ιδιους νόμους συμπεριφοράς, το μοντέλο θα δίνει πάντα την ίδια εξελικτική πορεία του συστήματος, χωρίς διαφορές ή αποκλίσεις. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε να κάνουμε με ένα οιτιοκρατικό (deterministic) μοντέλο.

Εάν, αντίθετα, στην υλοποίηση του μοντέλου υπεισέρχονται τυχαίοι παράγοντες, των οποίων η τιμή δεν είναι ποτέ απόλυτα προβλέψιμη από πριν, τότε το μοντέλο δεν θα δίνει κάθε φορά την ίδια εξελικτική πορεία του συστήματος που μελετάται, ακόμα και αν χρησιμοποιούνται πάντα οι ίδιες αρχικές συνθήκες, τιμές μεταβλητών και νόμοι συμπεριφοράς. Σε αυτή την περίπτωση μιλάμε για ένα στοχαστικό (stochastic) μοντέλο. Ένα τέτοιο μοντέλο μπορεί να δίνει περίπου ίδια (και ίσως στατιστικά προβλέψιμη) εξελικτική πορεία του υπό μελέτη φαινομένου με μικροδιαφορές κάθε φορά που εκτελείται, μέχρι να δίνει εντελώς διαφορετική εξελικτική πορεία κάθε φορά που εκτελείται. Αυτό εξαρτάται από τον αριθμό και τη σημαντικότητα των τυχαίων παραγόντων που λαμβάνονται υπόψη στο συγκεκριμένο μοντέλο.

Στη συγκεκριμένη εργασία μελετήθηκαν δύο μοντέλα (ένα αιτιοκρατικό και ένα στοχαστικό) για την απεικόνιση της εξέλιξης του γήινου αναγλύφου με το χρόνο, τα οποία υλοποιήθηκαν με πρόγραμμα Η/Υ σε γλώσσα προγραμματισμού C.

2. Αιτιοκρατικό μοντέλο

Μια από τις εξισώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση αιτιοκρατικών μοντέλων είναι και η εξίσωση της μορφής:

$$\frac{dM}{dt} = f(x_1, x_2, \ldots)M \tag{1}$$

όπου:

M : η μάζα του πετρώματος

t : ο χρόνος

$f(x_1, x_2, \ldots)$: συνάρτηση που εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, σχετικούς με το αντικείμενο που εξετάζουμε. Στην περίπτωση που εξετάζουμε μεταβολές του αναγλύφου ή της μάζας του πετρώματος, τέτοιοι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι π.χ.: η λιθολογία, η δομή και καταπόνηση των πετρωμάτων, η τοπογραφία, οι κλιματικές συνθήκες, κ.λπ.

Αν η συνάρτηση $f(x_1, x_2, \ldots)$ παραμένει σταθερή για κάποια συγκεκριμένη περιοχή και χρονική περίοδο, η παραπάνω εξίσωση (1) μας δίνει μια εξίσωση εκθετικής μεταβολής της βραχομάζας με το χρόνο:

$$M_{(t)} = M_{(0)}\, e^{at} \tag{2}$$

όπου:

$M_{(t)}$: η μάζα του πετρώματος μετά την πάροδο χρόνου t

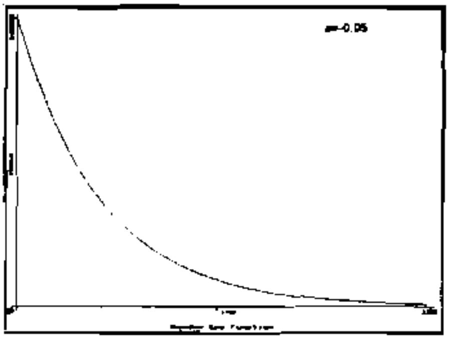
$M_{(0)}$: η αρχική τιμή μάζας του πετρώματος

t : ο χρόνος που πέρασε από το $t_{(0)} = 0$

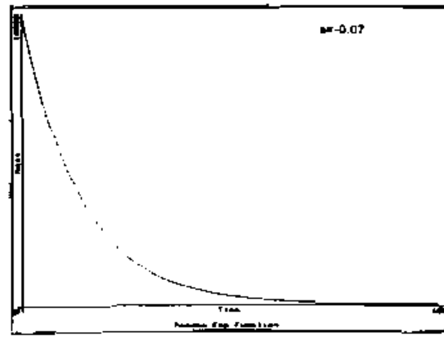
a : ο συντελεστής που εξαρτάται από τις τεκτονικές συνθήκες και τη διάβρωση

e : βάση νεπερίων λογαρίθμων (2.71828...)

Από την παραπάνω εξίσωση (2), είναι φανερό ότι εάν το a είναι μεγαλύτερο του 0 ($a > 0$), τότε έχουμε μοντέλο εκθετικής αύξησης της μάζας του πετρώματος με την πάροδο του χρόνου (ανύψωση αναγλύφου, π.χ. λόγω τεκτονισμού), ενώ αντίθετα, εάν το a είναι μικρότερο του 0 ($a < 0$), τότε έχουμε μοντέλο εκθετικής μείωσης της μάζας του πετρώματος (διάβρωση αναγλύφου) με την πάροδο του χρόνου.

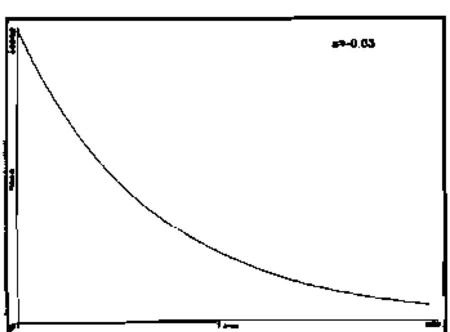


Σχ. 1. Καμπύλη μέτριας εκθετικής ταπείνωσης αναγλύφου, με συντελεστή α = − 0.05, για ένα μετρίως διαβρώσιμο πέτρωμα, π.χ. φλύσχη.

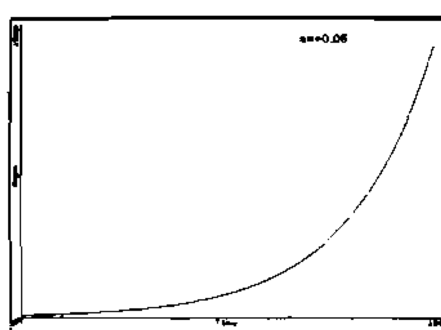


Σχ. 2. Καμπύλη ισχυρότερης εκθετικής ταπείωσης αναγλύφου, με συντελεστή α = − 0.07, για ένα σχετικά εύκολα διαβρώσιμο πέτρωμα, π.χ. μάργα.

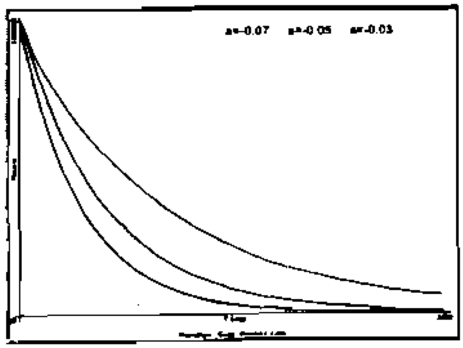
Ο συντελεστής α είναι ίσως και η πιο σημαντική παράμετρος στην εξίσωση (2), γιατί το πρόσημό του καθορίζει εάν θα έχουμε ανύψωση ή ταπείνωση του αναγλύφου και η τιμή του καθορίζει το ρυθμό με τον οποίο θα γίνεται αυτή η αυξομείωση. Φυσικά, το α εξαρτάται από τη σταθερή πια $f(x_1, x_2, ...)$. Το αν τελικά θα έχουμε ανύψωση ή ταπείνωση σε μια συγκεκριμένη περιοχή και χρονική περίοδο και σε ποιο βαθμό, εξαρτάται από τις φυσικές διαδικασίες που υπερισχύουν κάθε φορά. Εδώ, μπορούμε να δούμε μερικά παραδείγματα από τα αποτελέσματα που εξάγονται από το μαθηματικό μοντέλο, για διάφορες τιμές του συντελεστή α.



Σχ. 3. Καμπύλη ελαφράς εκθετικής ταπείνωσης αναγλύφου, με συντελεστή α = − 0.03, για ένα αρκετά σκληρό πέτρωμα, π.χ. ασβεστόλιθο.



Σχ. 4. Καμπυλη μέτριας εκθετικής ανόδου του αναγλύφου, με συντελεστή α = + 0.05.



Σχ. 5. Οι καμπύλες από το σχήματα 1, 2, 3 με συντελεστές σ = – 0.07, – 0.05, – 0.03 αντίστοιχα, για πέτρωμα που διαβρώνεται εύκολα, μέτρια και δύσκολα, προβάλλονται μαζί.

Τέλος, παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικά ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα για τον υπολογισμό των τιμών της βραχομάζας με την πάροδο του χρόνου, σύμφωνα με το συγκεκριμένο αιτιοκρατικό μοντέλο.

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΙΤΙΟΚΡΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

```
Εισαγωγή και αποθήκευση αριθμού επαναλήψεων iter
Εισαγωγή M(0)
Εισαγωγή σταθεράς α
Εισαγωγή αρχικού χρόνου t(συνήθως 0 – το χρονικό βήμα είναι 1)

    i = 0
    αποθήκευση i, t, M(0)
    αλγόριθμος υπολογισμού μεγίστου/ελαχίστου κατ' άξονα
    ┌Επανάληψη
    │ i = i + 1
    │ t = t + 1
    │ M = M(0)*exp(a*t)
    │ αποθήκευση i, t, M
    │ αλγόριθμος υπολογισμού μεγίστου/ελαχίστου κατ' άξονα
    └έως ότου i = iter

Αποθήκευση μεγίστων ελαχίστων/κατ' άξονα.
```

3. Στοχαστικό μοντέλο

Ένας τρόπος προσέγγισης των στοχαστικών μοντέλων είναι και η χρήση των τυχαίων διαδικασιών γέννησης-θανάτου. Το συγκεκριμένο όνομα δόθηκε καθώς τα μοντέλα αυτού του τύπου βρήκαν για πρώτη φορά εφαρμογή στις βιολογικές επιστήμες, όπου γινόταν προσομοίωση γεννήσεων και θανάτων ατόμων ή πληθυσμών οργανισμών. Στις γεωεπιστήμες αντίστοιχες διαδικασίες θα μπορούσαν να θεωρηθούν η ανύψωση-ταπείνωση του αναγλύφου, ή η αύξηση-μείωση της βραχομάζας σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Μια εξίσωση που δίνει τις πιθανότητες εξέλιξης του αναγλύφου με βάση τις διαδικασίες γέννησης-θανάτου στα στοχαστικά μοντέλα, είναι η παρακάτω:

$$\frac{dP_M(t)}{dt} = \mu(M+1)P_{M+1}(t) - (\lambda+\mu)MP_M(t) + \lambda(M-1)P_{M-1}(t) \qquad (3)$$

M : η μάζα του πετρώματος
t : ο χρόνος
λ : ο ρυθμός γέννησης (birth rate ⇒ ανύψωση αναγλύφου)
μ : ο ρυθμός θανάτου (death rate ⇒ ταπείνωση αναγλύφου)
dP_M : η πιθανότητα μεταβολής της μάζας M στο χρόνο t

Η παραπάνω εξίσωση δύσκολα λύνεται αναλυτικά, αλλά εάν θεωρήσουμε $M_{(0)} = 1$, και λ και μ σταθερά, τότε έχουμε τα εξής μεγέθη της στοχαστικής διαδικασίας:

$$\text{μέση τιμή} \quad \overline{M}(t) = M_{(0)}\, e^{(\lambda-\mu)t} \qquad (4)$$

$$\text{απόκλιση} \quad V(t) = M_{(0)}\,[(\lambda+\mu)/(\lambda-\mu)]\, e^{(\lambda-\mu)t}\,(e^{(\lambda-\mu)t}-1) \qquad (5)$$

Είναι φανερό ότι η εξίσωση (4) μοιάζει αρκετά με την αντίστοιχη του αιτιοκρατικού μοντέλου. Τα λ και μ μπορούν και αυτά να μεταβάλλονται με το χρόνο, δηλ. να υπακούουν σε συναρτήσεις της μορφής:

$$\lambda = \lambda(t), \quad \mu = \mu(t) \qquad (6)$$

Αλλά, για την προσομοίωση του συγκεκριμένου στοχαστικού μοντέλου, δεχόμαστε ότι λ και μ είναι σταθερά. Η πιθανότητα γέννησης (ανύψωσης αναγλύφου) στη συγκεκριμένη προσομοίωση είναι:

$$P_B = \frac{\lambda}{\lambda+\mu} \qquad (7)$$

και η πιθανότητα θανάτου (ταπείνωσης αναγλύφου):

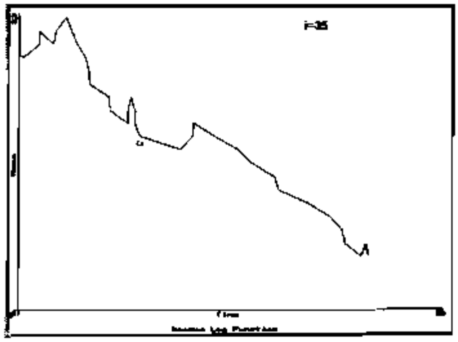
$$P_D = \frac{\mu}{\lambda+\mu} \qquad (8)$$

Πρακτικά, κατά την υλοποίηση του αλγορίθμου, χρησιμοποιούνται δύο τυχαίοι αριθμοί. Ο πρώτος χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει αν θα έχουμε γέννηση ή θάνατο. Ο δεύτερος τυχαίος αριθμός χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των χρονικών στιγμών που θα συμβεί αυτό (οι χρονικές στιγμές ακολουθούν κατανομή Poisson).

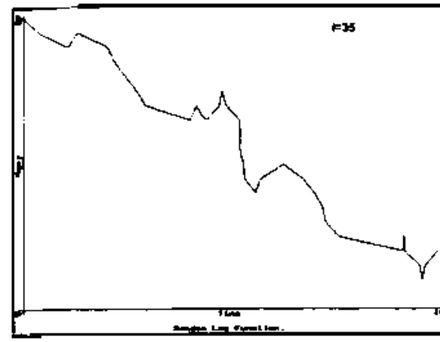
Ο λόγος για τον οποίο ορισμένοι ερευνητές δέχονται ότι τα γεγονότα γέννησης-θανάτου (ανύψωσης-ταπείνωσης) ακολουθούν κατανομή Poisson στο χρόνο, είναι ότι αν και οι τάσεις συσσωρεύονται στα πετρώματα και στο γήινο φλοιό με ένα σχετικά συνεχή τρόπο (ομοιογενής χρονική κατανομή) για ορισμένες χρονικες περιόδους τουλάχιστον, τα γεγονότα απελευθέρωσής τους (σεισμοί, βίαιες τεκτονικές κινήσεις, κ.λπ.) που επηρεάζουν το ανάγλυφο, προσεγγίζουν κατανομή Poisson.

Τέλος, δίνεται η δυνατότητα να ορισθούν μέγιστα και ελάχιστα όρια βραχομάζας για μια συγκεκριμένη περιοχή, έτσι ώστε όταν επιτευχθούν αυτά τα όρια να αντιστρέφονται οι πιθανότητες γέννησης-θανάτου δημιουργώντας αντίστροφη εξελικτική πορεία από κάποιο σημείο και μετά (από ανύψωση και ταπείνωση και αντίθετα), ή ακόμα και εξελικτικούς κύκλους ανύψωσης-ταπείνωσης του αναγλύφου, αν το μοντέλο αφεθεί να εξελιχθεί για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Η παραπάνω δυνατότητα είναι εξαιρετικό χρήσιμη, καθώς αντίστοιχη πορεία εξέλιξης ακολουθείται πραγματικά στη φύση δημιουργώντας κύκλους ταπείνωσης και ανύψωσης του αναγλύφου. Για παράδειγμα, όπως προβλέπεται και από τις θεωρίες της ισοστασίας, οι μόζες που διαβρώνονται ταπεινώνονται αλλά γίνονται τελικό και πιο ελαφρές, οπότε αρχίζουν πάλι να ανυψώνονται και κατόπιν πάλι να διαβρώνονται πιο έντονα, δημιουργώντας έτσι συνεχείς εξελικτικούς κύκλους.

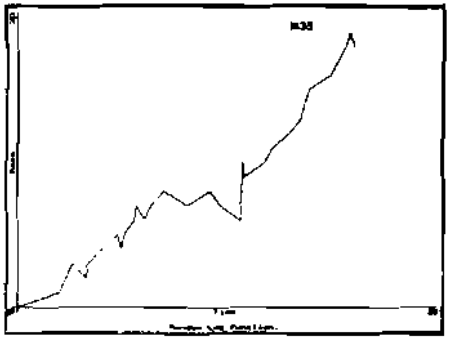
Μερικά παραδείγματα που εξάγονται από το μαθηματικό μοντέλο, βλέπουμε παρακάτω:



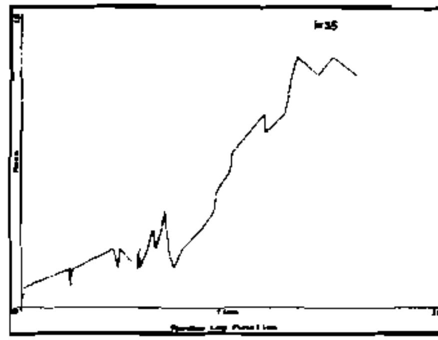
Σχ. 6. Στοχαστική διαδικασία γέννησης-θανάτου με 35 επαναλήψεις και πιθανότητα ταπείνωσης αναγλύφου 66.6%.



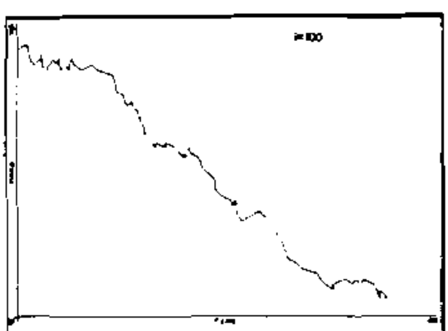
Σχ. 7. Επόμενο «τρέξιμο» της ίδιας ακριβώς διαδικασίας με το σχ. 6 δεν δίνει ακριβώς ίδιο μορφή καμπύλης.



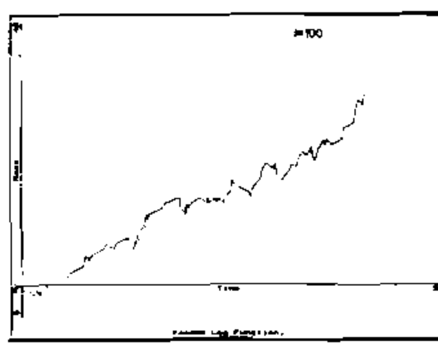
Σχ. 8. Στοχαστική διαδικασία γέννησης - θανάτου με 35 επαναλήψεις και πιθανότητα ταπείνωσης αναγλύφου 33.3%.



Σχ. 9. Επόμενο «τρέξιμο» της ίδιας ακριβώς διαδικασίας με το σχ. 8 δεν δίνει ακριβώς ίδια μορφή καμπύλης.



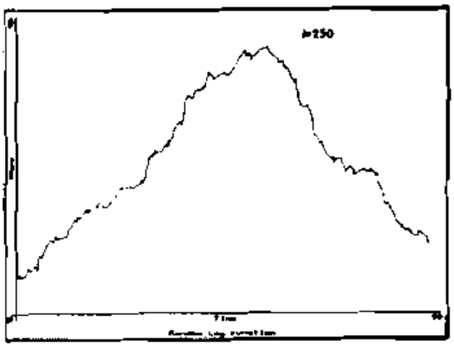
Σχ. 10. Στοχαστική διαδικασία γέννησης - θανάτου με 100 επαναλήψεις και πιθανότητα ταπείνωσης αναγλύφου 66.6%.



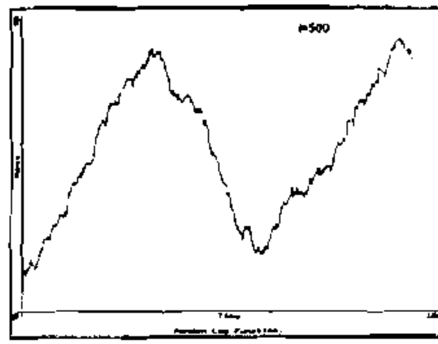
Σχ. 11. Στοχαστική διαδικασία γέννησης - θανάτου με 100 επαναλήψεις και πιθανότητα ταπείνωσης αναγλύφου 33.3%.

Στα δύο παραπάνω σχήματα (10 & 11) παρατηρούμε ότι η αύξηση του αριθμού των επαναλήψεων (χρονικών βημάτων που πέρασαν), κάνει πιο εμφανή την τάση ανόδου ή καθόδου του αναγλύφου, αν και πάντα η καμπύλη είναι ελάχιστα διαφορετική σε κάθε «τρέξιμο» της διαδικασίας. Φυσικά τώρα, καθώς η κλίμακα παρατήρησης ελαττώνεται, ώστε να πάρουμε πιο πλήρη εικόνα της διαδικασίας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ο τυχαίος παράγοντας φαίνεται να προκαλεί λιγότερο σημαντική διακύμανση, και έτσι η κυρίαρχη τάση εξέλιξης του αναγλύφου γίνεται εμφανέστερη και επικρατέστερη.

Το ίδιο ισχύει, βέβαια, και με πραγματικες παρατηρήσεις, όπου η μακροχρόνια δειγματοληψία μειώνει τη σημαντικότητα των τυχαίων παραγόντων (που έχουν ίσως κάποια σημασία, συνήθως όμως μόνο από βραχυχρόνια σκοπιά) και δίνει έμφαση στις πραγματικές εξελικτικές τάσεις.



Σχ. 12. Στοχαστική διοδικασία γέννησης - θανάτου με 250 επαναλήψεις. Με την επίτευξη ενός μέγιστου ορίου βραχομόζας, αντιστρέφονται οι πιθανότητες εξέλιξης και έχουμε ταπείνωση του αναγλύφου.



Σχ. 13. Μετά από 500 επαναλήψεις της στοχαστικής διαδικοσίας, αρχίζει να γίνεται εμφανής η ύπορξη κύκλων ανύψωσης - ταπείνωσης του αναγλύφου.

Τέλος, στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται σχηματικά ο αλγόριθμος για τον υπολογισμό των τιμών της βραχομάζας με την πάροδο του χρόνου, σύμφωνα με το συγκεκριμένο στοχαστικό μοντέλο γέννησης - θανάτου.

4. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η φυσική και τα μαθηματικά αποτελούν τα βασικά θεωρητικά εργαλεία που χρησιμοποιούμε για να επεξεργαστούμε τα δεδομένα και να ερμηνεύσουμε τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε από την παρατήρηση των διαφόρων φυσικών καταστάσεων, γεγονότων ή συστημάτων, κατά την εργασία πεδίου ή κατά τις πειραματικές έρευνες. Τα θεωρητικά αυτά εργαλεία (μαθηματικές εξισώσεις, νόμοι, κ.λπ.) τα χρησιμοποιούμε για να συγκροτήσουμε θεωρίες για τους θεμελιώδεις φυσικούς μηχανισμούς που υπεισέρχονται στα φυσικά συστήματα και, τελικά, να δημιουργήσουμε τα αντίστοιχα μαθηματικά μοντέλα.

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

```
Εισαγωγή και αποθήκευση αριθμού επαναλήψεων iter
Εισαγωγή M(0)
M = M(0)
Εισαγωγή M(max), M(min)
Εισαγωγή διεύθυνσης (direction, up or down)
Εισαγωγή αρχικού χρόνου t (συνήθως 0)
Ορισμός  πιθανότητα Prob = 2/3

    i = 0
    αποθήκευση i, t, M(0)
    αλγόριθμος υπολογισμού μεγίστου/ελαχίστου κατ' άξονα
      Επανάληψη
      i = i + 1
      εύρεση 2 τυχαίων αριθμών από 0..1 (ran1, ran2)
      t = t + (− ln(ran2)/3)
                  Εάν κατεύθυνση = άνω και M > M(max)
                                    τότε κατεύθυνση = κάτω
                  Έάν κατεύθυνση = κάτω και M < M(min)
                                    τότε κατεύθυνση = άνω
                  Κατεύθυνση:
                  άνω: {Εάν ran1 < Prob
                                    τότε M = M + 1
                                    διαφορετικά M = M − 1}
                  κάτω: {Εάν ran1 < Prob
                                    τότε M = M − 1
                                    διαφορετικά M = M + 1}
      αποθήκευση i, t, M
      αλγόριθμος υπολογισμού μεγίστου/ελαχίστου κατ' άξονα
      έως ότου i = iter

Αποθήκευση μεγίατων ελαχίατων/κατ' άξονα.
```

Τα μαθηματικά μοντέλα, για να ανταποκρίνονται στη φυσική πραγματικότητα, πρέπει να περιγράφουν τους ακριβείς νόμους που διέπουν τα φυσικά συστήμοτα και επιπλέον να προικίζονται με πολλά στοιχεία/δεδομένα, δηλαδή με τις ιδιότητες και τις ακριβείς παραμέτρους που διέπουν αυτά τα φυσικά συστήματα.

Η αξιοπιστία των μαθηματικών μοντέλων εξαρτάται από το πόσο σωστά και αξιόπιστα είναι τα στοιχεία με τα οποία τα εφοδιάζουμε. Δηλαδή, σν τσ δεδομένα, οι υποθέσεις και οι νόμοι, πάνω στους οποίους βασίζονται τα μοντέλα είναι λανθασμένα, λανθασμένα θα είναι και τα αποτελέσματα. Έτσι, για να αποφεύγονται εσφαλμένα συμπεράσματα από τη χρήση αποτυχημένων μοντέλων, πρέπει τα κατασκευαζόμενα μαθηματικά μοντέλα να εφοδιάζονται με αξιόπιστα στοιχεία και, στη συνέχεια, να δοκιμάζονται και να συγκρίνονται, εκεί όπου είναι δυνατόν, με τα πραγματικά φυσικά μοντέλα (συστήματα).

Όμως, αυτό δεν σημαίνει ότι με τη βοήθεια των μοντέλων, προχωρώντας επαγωγικά μπορούμε να παράγουμε όλους τους κλάδους της επιστήμης, έχοντς υπόψη μόνο τους γνωστούς νόμους της φυσικής. Βασικοί λόγοι της αδυναμίας αυτής είναι ότι: α) η φυσική, αυτή καθεαυτή, δεν είναι ακόμη ολοκληρωμένη, και β) τα διάφορα φυσικά αντικείμενα, π.χ. αστρονομικά, γεωλογικά, κ.λπ., είναι εξαιρετικά σύνθετα, στο να περιγραφούν. Έτσι, για να μην απομακρυνθούν υπερβολικά οι θεωρητικές διατυπώσεις μας, και κατά συνέπεια τα μαθηματικά μοντέλα μας, από τη φυσική πραγματικότητα, είναι επιβεβλημένο οι οποιεσδήποτε θεωρητικές εκφράσεις μας να ελέγχονται με πειράματα και εργασίες πεδίου.

Τα παραπάνω ισχύουν βεβαια και στην περίπτωσή μας, δηλ. στην κατασκευή γεωλογικών μοντέλων εξέλιξης του αναγλύφου μιας περιοχής. Η χρήση των μαθηματικών μοντέλων εισήχθη σχετικά πρόσφατα στη Γεωλογία, και ίσως με κάποια καθυστέρηση σε σχέση με άλλες φυσικές επιστήμες (Φυσική, Βιολογία, Αστρονομία, κ.λπ.), καθώς η Γεωλογία, από τη φύση της, ασχολείται με αντικείμενα ή διαδικασίες που πολλές φορές δύσκολα περιγράφονται ή μετρούνται, λόγω της μεγάλης έκτασής τους και του γεωλογικού χρόνου που απαιτείται για την εξέλιξή τους.

Η χρησιμότητα των μαθηματικών μοντέλων και των τεχνικών της προσομοίωσης, γίνεται βέβαια και εδώ φανερή, αφού αποδεικνύονται πολύτιμα εργαλεία, που βοηθούν στο να «ανακατασκευασθούν» στον Η/Υ παλαιότερες παράμετροι, συνθήκες ή κινήσεις και μεταβολές συστημάτων, και με βάση αυτές να γίνουν προβλέψεις για αντίστοιχες μεταβολές στο μέλλον. Σήμερα, πάντως, τα μαθηματικά μοντέλα εφαρμόζονται σε αρκετούς τομείς της Γεωλογίας, όπως στη σεισμολογία, στη γεωφυσική, στη γεωγραφία, στην κοιτασματολογία, κ.λπ., δίνοντας πολύτιμα αποτελέσματα.

Στην εργασία μας, στη συγκεκριμένη εφαρμογή της προσομοίωσης της εξέλιξης του αναγλύφου, αυτό που απαιτείται να γίνει στη συνέχεια, σαν επόμενο βήμα, είναι η βαθμονόμηση (calibration) των διαφόρων συντελεστών που υπεισέρχονται στις μαθηματικές εξισώσεις του μοντέλου. Η βαθμονόμηση αυτή πρέπει να γίνει με πραγματικά στοιχεία, έτσι ώστε να ελεγχθεί αν το μοντέλο συμπεριφέρεται με έναν τρόπο που θα βρίσκεται πιο κοντά στη φυσική πραγματικότητα, οπότε και θα παρέχει πιο ακριβή στοιχεία.

Είναι γεγονός, ότι τα μαθηματικά μοντέλα κερδίζουν καθημερινά έδαφος σε όλους τους κλάδους της επιστήμης και της τεχνολογίας. Το μεγόλο κέρδος με τη χρήση τους στην επιστήμη είναι ότι μπορούμε με αυτά να αναπαριστάνουμε, σε βραχύτερο χρονικό διάστημα, εξελικτικές καταστάσεις ή διαδικασίες διαφόρων φυσικών συστημάτων, που συντελούνται σε πολύ μακρά χρονικά διαστήματα και έτσι να αποκτούμε γνώσεις και εμπειρία που θα ήταν εξαιρετικά δύσκολο να αποκτηθούν στο περιορισμένο χρονικό διάστημα της ανθρώπινης ζωής ή και ολόκληρων ανθρώπινων γενεών. Η μελλοντική γνώση έρχεται έτσι όλο και πλησιέστερα στο παρόν. Τα πλεονεκτήματα, βέβαια, από την προσομοίωση επικίνδυνων διαδικασιών και τα οικονομικά οφέλη από την αποφυγή χρονοβόρων και δαπανηρών πειραμάτων και διεργασιών, είναι αυταπόδεικτα και έχουν συντελέσει σημαντικά στην ευρεία εφαρμογή και αποδοχή των τεχνικών της προσομοίωσης.

Βιβλιογραφία

Bailey, N.T.J. (1964). The Elements of Stochastic Processes with Application to the Natural Sciences.

Βαϊόπουλος, Δ.Α. (1996). Μαθηματικά Μοντέλα και Προσομοίωση Φυσικών Συστημάτων. Υπό δημοσίευση.

Cox, D.R. & Miller, H.D. (1965). The Theory of Stochastic Processes.

Feller, W. (1966). An Introduction to Probability Theory and its Applications.

Kendal, D.G. (1950). An Artificial Realization of a Simple "Birth-Death" Process.

Renshaw, Eric. (1991). Modelling Biological Populations in Space and Time.

Εξαγωγή ψηφιακών μοντέλων εδάφους από παγχρωματικά στερεοζεύγη: Η περίπτωση της Ανατολικής Στερεάς

Α. Γκανάς
Department of Geography, University of Reading, Whiteknights, Reading, RG6 2AB, UK.

Περίληψις

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και η μεθοδολογία αυτομάτου εξαγωγής Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους από δορυφορικά δεδομένα SPOT, σε επίπεδο προ-επεξεργασίας 1A, παγχρωματική σάρωση και μέγεθος pixel 10 m, για την περιοχή της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδος. Οι εικόνες του στερεοζεύγους συλλέχθησαν τον Ιανουάριο του 1989, από τον δορυφόρο SPOT-1 (πλαίσιο 89/272), και είναι ελεύθερες νεφών. Το μέσο τετραγωνικό υψομετρικό σφάλμα (RMSe) του παραχθέντος μοντέλου υπολογίσθηκε σε 16.26 μέτρα, με μέγεθος δικτύου 100 μέτρα. Ετσι, αυτό το μοντέλο καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις γεωμορφολογικών, γεωφυσικών και γεωλογικών μελετών σε τοπικό επίπεδο, ενώ όντας σε ψηφιακή μορφή δύναται να υποστηρίξει και μελέτες «ανιχνεύσεως χωρικών και χρονικών μεταβολών» (change detection). Το σημαντικότερο στάδιο της μεθοδολογίας περιλαμβάνει την ιεραρχημένη εφαρμογή σειράς αλγορίθμων που περιέχονται στο ελευθέρας-χρήσεως (public-domain) λογισμικό ψηφιακής φωτογραμμετρίας 3D Image-Maker, του Τμήματος Τοπογραφίας και Φωτογραμμετρίας του Πανεπιστημίου του Λονδίνου. Επιπλέον, συζητούνται οι διάφορες πηγές σφαλμάτων, οι περιορισμοί και τα περιθώρια βελτιώσεως αυτής της μεθόδου.

Abstract

The availability of SPOT data since 1986 offered a new significant application of digital processing of satellite images, that being digital photogrammetry, in which only aerial photographs were used previously. Digital Elevation Model (DEM) generation is important to many applications that deal with ground measurements, i.e geomorphology, topography, cartography, as well as many other subject areas. This paper describes a stereo-matching methodology for automatic extraction of DEMs with panchromatic data from the SPOT satellite, and its application for the region of Eastern Central Greece. The work is based on the use of the public-domain, image processing software 3D Image-Maker, developed at GrHelveticaity College London, in the late 80s, that incorporated the Otto-Chau "region-growing" algorithm. The SPOT images are at level 1A of processing, that is, they have been radiometrically corrected, with no geometric correction for earth curvature or view angle effects.

Results obtained include a 100m DEM with a RMSe of 16.26m, tested against 56 randomly-selected ground control checkpoints, that is comparable to both previously published stereomatching and manually captured work. Furthermore, some inherent problems during production, and associated errors, as well as future prospects are also discussed.

Εισαγωγή

Οι δορυφορικές εικόνες είναι δισ-διάστατες απεικονίσεις πλανητικών επιφανειών οι οποίες αποτελούνται από μητρώα κατά το πλείστον 8-μπιτων εικονοστοιχείων αντιστοιχούντων στην λαμπρότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η ιδέα της χρήσεως δορυφορικών εικόνων για την μέτρηση υψών και άλλων παραμέτρων του αναγλύφου έγινε πραγματικάτητα το 1986 με την εκτόξευση του γαλλικού ηλιο-σύγχρονου δορυφάρου SPOT-1, και τα πρώτα διαστημικής-προελεύσεως Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (ΨΜΕ) άρχισαν να παράγονται σε ορισμένες διαστημικές υπηρεσίες (CNES, JPL-NASA) και πανεπιστήμια (GrHelveticaity College London), περί το 1988-89 (π.χ., Day and Muller, 1988, 1989). Τα πρώτα επιτυχή αποτελέσματα (ακρίβειες κάτω του pixel σε ομαλό, ξηρό ανάγλυφο) αυτής της τεχνικής οδήγησαν στην περαιτέρω εφαρμογή της σε εξωγήινες διαστημικές αποστολές (π.χ., Day, Cook and Muller, 1992). Σήμερα, τουλάχιστον δύο μεγάλα λογισμικά επεξεργασίας εικόνας έχουν την δυνατότητα παραγωγής ΨΜΕ, με επικαλούμενες z-ακρίβειες της τάξεως 15-20 m (RMSe). Σε γενικές γραμμές, τα υψομετρικά δεδομένα εξάγονται από ένα ψηφιακό στερεοζεύγος με την εφαρμογή αλγορίθμων αυτομάτου χωρικής και ραδιομετρικής συσχετίσεως, σε μεγάλα υπολογιστικά συστήματα περιβάλλοντος Grix, και κατόπιν γεω-εγγράφονται σε ένα μητρώο με τις επιθυμητές διαστάσεις.

Η γεωγραφική περιοχή του μοντέλου που παρουσιάζεται εδώ καλύπτει τον νομό Φθιώτιδος, και τμήματα των νομών Ευβοίας, και Βοιωτίας. Χαρακτηρίζεται από ποικίλο ανάγλυφο, με τιμές υψομέτρων από το επίπεδο της θάλασσας έως τα 1700 μ (Όθρυς, Παρνασσός), και διάφορες ορογραφικές διευθύνσεις. Η κύρια διάταξη της ορογραφίας, ΒΔ-ΝΑ, έρχεται να σχηματίσει γωνίες 45 μοιρών και άνω με το ηλιακό αζιμούθιο (δες πίνακα παρακάτω). Αυτή η μορφολογία οφείλεται στην δράση μεγάλων νεοτεκτονικών ρηγμάτων, ιδίας διευθύνσεως, λοξών ως προς τον αλπικό ορογενετικό ιστό στην ευρύτερη περιοχή της Κεντρικής Ελλάδος. Επίσης, η ρηξιγενής προέλευση των λεκανών του Βοιωτικού Κηφισού, και του Ρεγγινίου και της ακτογραμμής της Λοκρίδος, έχει δημιουργήσει αρκετά σημαντικές μέσες μορφολογικές κλίσεις. Τα τοπογραφικά αυτά δεδομένα εν συνδυασμώ με την χαμηλή ηλιακή γωνία προκαλούν την δημιουργία εκτεταμένων σκιών στα υπήλια τμήματα των δορυφορικών εικόνων.

Η περιεχόμενη πληροφορία στα ΨΜΕ έχει ζωτική σημασία σε πολλές γεω-εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης-Τηλεανίχνευσης, όπως στην γεωμορφολογία, τοπογραφία, χαρτογραφία, στην τεκτονική ανάλυση, αλλό και σε μιά σειρά άλλων επιστημών και υπηρεσιών, καθώς και εταιριών του ιδιωτικού τομέα που κάνουν χρήση των δορυφορικών δεδομένων (Holden et al., 1992). Η υψομετρική πληροφορία είναι απολύτως απαραίτητη όταν η περιοχή ενδιαφέροντος στερείται παντελώς χαρτών, χαρτών σε κλίμακα 1:50.000, προσφάτων χαρτών, ή τέλος όταν το αντικείμενο μελέτης αφορά «δυναμικά» φαινόμενα, στα οποία παρατηρούνται ταχείες τοπογραφικές μεταβολές (πχ. εδαφικός ερπυσμός ή στην παράκτια γεωμορφολογία).

Μεθοδολογία εργασίας

Ο δορυφορικός σαρωτής

Ο παγχρωματικός σαρωτής επί του δορυφόρου SPOT είναι μία γραμμική διάταξη 6000 φορτισμένων στοιχείων (CCDs), διατεταγμένων καθέτως ως προς την φορά κινήσεως. Οι δις-διάστατες εικόνες παράγονται διό της συνθέσεως μονοδιάστατων εικόνων συλλεγομένων ανά 1.5 χιλιοστό του δευτερολέπτου, καθώς ο δορυφόρος περιφέρεται με ταχύτητα 7 χλμ./δευτερόλεπτο (Πίν. 1). Η στερεοληπτική ικανότητα παρέχεται από την δυνατότητα κλίσεως της συστοιχίας, έτσι ώστε να «κοιτά» πλευρικώς υπό γωνίες έως και 25° από την κατακόρυφο. Με αυτή την τεχνική προκύπτουν στερεοζεύγη εικόνων διαφορετικής τροχιός, με ικανό λόγο βάσεως/ύψους γιά την παραγωγή καλής ποιότητος ΨΜΕ (0.75 στην προκειμένη περίπτωση της Ανατολικής Στερεάς, Εικ. 1).

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
   SPOT 1A FORMAT
   EXABYTE, CD-ROM
2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΚΚΙΝΗΣΕΩΣ
   ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΖΕΥΓΟΥΣ
3. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΣΤΕΡΕΟ-ΖΕΥΞΕΩΣ
   ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΜΗΤΡΩΟΥ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ
4. ΕΠΙΛΟΓΗ 3-D ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ
   ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΓΥΣ 1:50000
5. CAMERA MODEL
   ΕΧΑΓΩΓΗ ΓΕΩΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ
6. ΠΟΛΛΑΠΛΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ
   ΕΛΛΕΙΨΟΕΙΔΕΣ HEYFORD, DATUM ED50
   ΠΡΟΒΟΛΗ UTM
7. ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ KRIGGING
8. ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ
   ΕΙΚΟΝΟΣΚΙΑΣΕΙΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μεθοδολογία εργασίας

Ορισμένα αναλυτικά στοιχεία των δύο σκηνών του στερεοζεύγους δίδονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΔΕΞΙΑ ΣΚΗΝΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΚΗΝΗ
Ταυτότητα	S1H2890118091418	S1H1890101094118
Γεωγρ. Πλάτος Κέντρου	N0384854	N0384854
Γεωγρ. Μήκος Κέντρου	E0225710	E0223901
Προσανατολισμός	009.2	013.6
Γωνία προσπτώσεως	R18.9	L22.3
Ηλιακό αζιμούθιο	157.7	166.6
Ηλιακή γωνία	027.5	027.1
Αποστολή	SPOT1	SPOT1
Σαρωτής	HRV2	HRV1
Ύψος τροχιάς	830082.3	830769.8

Οι εικόνες του ζεύγους πρέπει να έχουν προ-επεξεργαστεί μόνον στο επίπεδο 1A. Το επίπεδο αυτό αφορά ραδιομετρικές διορθώσεις, χω-

Εικ. 1. Η δεξιά δορυφορική εικόνα του στερεοζεύγους SPOT, πλαίσιο 89272. Το «φτωχό» contrast της εικόνας οφείλεται στην ταυτόχρονη παρουσία πολύ διαφορετικών επιφανειών στην κλίμακα λαμπρότητας, δηλαδή θαλάσσης και χιονοκαλύψεως.

ρίς να έχει γίνει καμία επέμβαση προς αποκατάσταση των γεωμετρικών παραμορφώσεων που επιφέρουν η καμπυλότητα της γης και η αποκλίνουσα της κατακορύφου γωνία σαρώσεως.

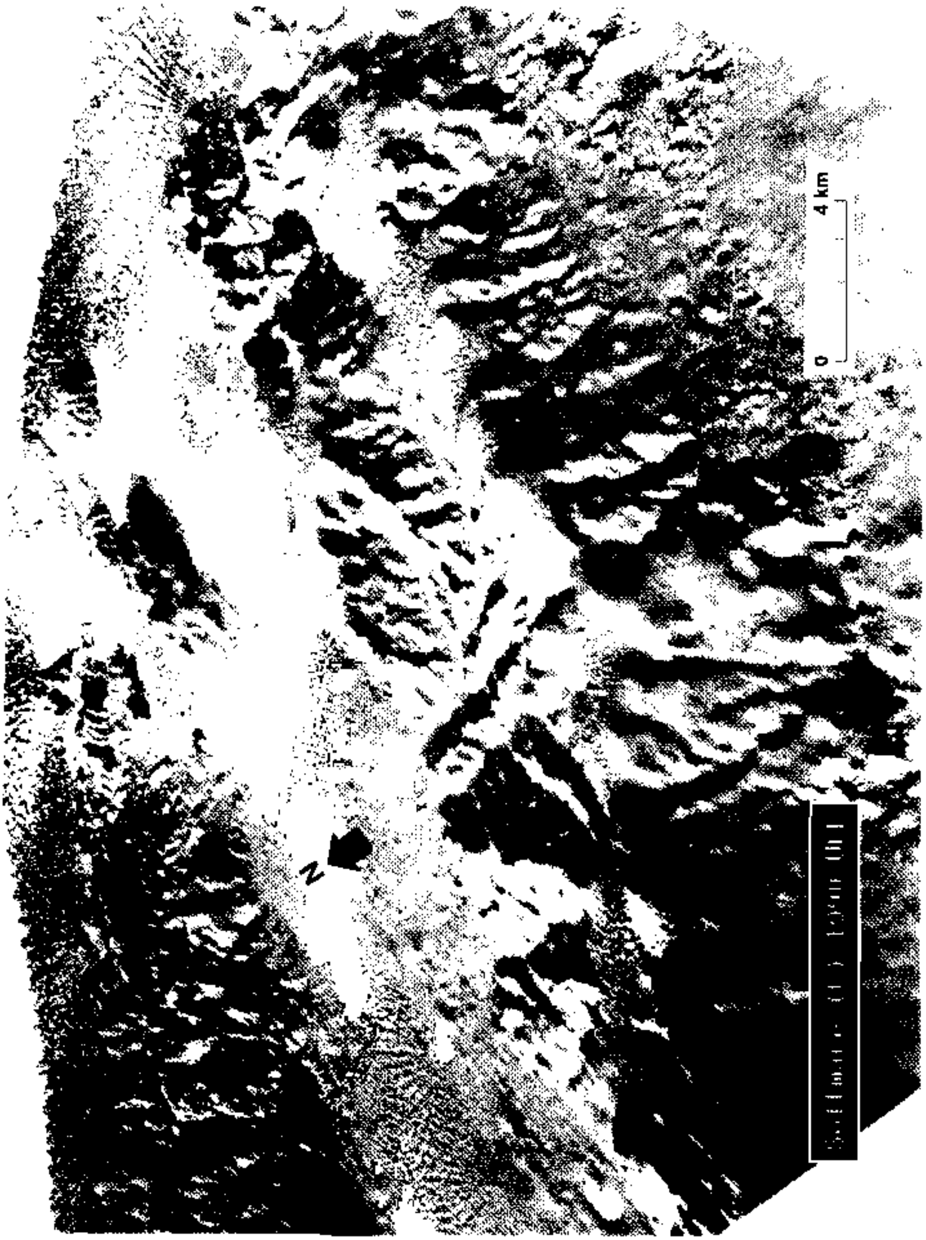
Ο αλγόριθμος στερεο-ζεύξεως

Στην παραγωγή ενός διαστημικής-προελεύσεως ΨΜΕ απαιτούνται γνώσεις και τεχνικές τηλεπισκόπησης, υπολογιστικής οράσεως και φωτογραμμετρίας. Ο παράγων-κλειδί στην επιτυχή εξαγωγή ΨΜΕ από εικόνες SPOT είναι το είδος του αλγορίθμου στερεο-ζεύξεως (stereo-matching, Day and Muller, 1989). Η επιλογή του καταλληλοτέρου αλγορίθμου ανά ερευνητική εφαρμογή θα κρίνει και την τελική ακρίβεια του παραγομένου μοντέλου. Στην εργασία αυτή εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος Otto-Chau (Otto and Chau, 1989). Τα κύρια προγράμματα του συστήματος 3D Image-Maker, που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα Gview, Gotcha, Spot 1, Krige-some και Evileye, και ολόκληρη η μεθοδολογία εργασίας παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Ως δεδομένα εισόδου στον αλγόριθμο, δίνονται ορισμένα σημεία εκκινήσεως, ευκόλως προσδιορίσιμα και στις δύο εικόνες και με ακρίβεια κάτω του pixel, τα οποία επιλέγονται interactively από τον εκάστοτε ερευνητή (εδώ, επέλεξα εννέα, τα οποία και δεν αποδείχθησαν αρκετά, λόγω τού έντονου αναγλύφου). Τα σημεία εκκινήσεως χρησιμεύουν στην εξάλειψη της κατακορύφου αποκλίσεως και στον υπολογισμό της οριζοντίου αποκλίσεως των αντιστοιχιζομένων σημείων στις δύο εικόνες. Από τα σημεία αυτά γεννώνται τετραγωνίδια (τετραγωνίδια συσχετίσεως) στις δύο εικόνες, ακτίνος 7 pixel στην προκειμένη περίπτωση, τα οποία συνδέονται με ένα μητρώο παραμορφώσεως, πρώτης τάξεως, το οποίο περιλαμβάνει εκτός της γεωμετρικής, και μία ραδιομετρική διόρθωση (υπό της μορφής προσθέσεως μιάς σταθεράς).

Τα παραγόμενα σημεία-αποτελέσματα της στερεοζεύξεως, κατόπιν, συνδυάζονται με ένα σύνολο εδαφικών σημείων αναφοράς x, y, z, στο μοντέλο αυτό δώδεκα (12) τον αριθμό, και χρησιμοποιούνται ώς δεδομένα εισάδου στα επόμενο στάδιο της ψηφιακής επεξεργασίας, τον προσανατολισμό τους στον χώρο μέσω της εφαρμογής του μοντέλου κάμερας SPOT. Η γεωμετρικές παράμετροι της λήψεως περιέχονται στα header files. Ετσι, υπολογίζεται η απόλυτος θέση των σημείων στο γεωκεντρικό σύστημα συντεταγμένων, και ακολαυθεί η μετατροπή τους σε καρτεσιανές συντεταγμένες και η προβολή τους σε ένα παγκόσμιο σύστημα αναφοράς. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν η προβολή UTM, ελλειψοειδές αναφοράς του Heyford (1909) και γεωδετική απόκλιση ED50, ώστε να διατηρηθεί η συμβατότητα με τα εθνικά χαρτογραφικά δεδομένα (Μαλλής, προσωπική επικοινωνία), και με γεω-εγγραφέντα πολυφασματικά δεδομένα του δορυφάρου Landsat (Ganas and White, 1995). Τα εδαφικά σημεία αναφοράς επιλέχθηκαν σε διασταυρώσεις του εθνικού και επαρχιακού οδικού δικτύου με ψηφιοποίηση (Arc-Info) από τοπογραφικούς χάρτες 1:50000 της ΓΥΣ (ισοδιάσταση 20 μ). Αυτή η επιλογή εξασφαλίζει την μεγίστη επιπεδομετρική ακρίβεια (κάτω του pixel), ωστόσο υποφέρει από τυχαίες αποκλίσεις στην τρίτη διάσταση εξ' αιτίας της υποκειμενικής εκτιμήσεως του υψομέτρου από τις περικλείουσες ισουψείς.

Το τελικό στάδιο αφορά την εφαρμογή συγκεκριμένης μεθόδου παρεμβολής (krigging) για την παραγωγή της ολοκληρωμένης υψομετρικής πληροφορίας (Εικ. 2). Το τελικό προϊόν της Ανοτολικής Στερεάς έχει διαστάσεις 556 στηλών επι 634 σειρών και μέγεθος 2820276 bytes. Επιπλέον, προχώρησα στην εξέταση και ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου

Εικ. 2. Το νότιο τμήμα του παραχθέντος Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους της Ανατολικής Στερεάς. Η διαβάθμιση των αποχρώσεων του τεφρού από τις μελανότερες έως τις λευκότερες, παρακολουθεί την αύξηση του υψομέτρου, αντιστοιχως.



Εικ. 3. Άποψη του αναγλύφου του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους του Μαλιακού Κόλπου και γειτονεύουσας ορεογραφίας, από ΝΔ και με χαμηλή γωνία φωτισμού. Το μοντέλο έχει μέγεθος δικτύου 100 μ. και εικονίζεται εδώ με κατακόρυφη ενίσχυση της κλίμακας 0.015. Με λευκό χρώμα παρουσιάζεται η θάλασσα, ενώ οι ακτιναειδείς μορφές, κυρίως στα όρια του μοντέλου, οφείλονται στην μέθοδο παρεμβολής krigging, με ακτινωτή σάρωση.

με διάφορες τεχνικές εικονοσκιάσεως, κατά τις οποίες εισάγεται κάποια πολλαπλασιαστική παραμόρφωση στον άξονα z, υιοθετείται η Λαμπερσιανή υπόθεση σκεδάσεως της ακτινοβολίας, ενώ η φωτεινή πηγή αφήνεται να αλλάζει διαδοχικώς θέση (γωνία και αζιμούθιο) στον ορίζοντα (Εικ. 3).

Τα σημαντικότερα προβλήματα στην διαδικασία επιχειρησιακής παραγωγής ΨΜΕ από στερεοζεύγη οπτικών δορυφορικών σαρωτών είναι οι ραδιομετρικές αλλαγές τμημάτων της εικόνας στο ενδιάμεσο χρονικό διάστημα, όπως επί παραδείγματι οι αυξομειώσεις στο ποσοστό εδαφοκαλύψεως της βλαστήσεως ή της χιόνος, η έλλειψη πολλές φορές έντονης υφής, οι χαμηλές νεφώσεις στις κορυφογραμμές και οι μεταβαλλόμενες ατμοσφαιρικές συνθήκες (κυρίως ποσοστό υδρατμών). Ορισμένες εξ' αυτών των αλλαγών, θα ηδύνατο να καταστούν άνευ σημασίας, εάν τα πρωτογενή ραδιομετρικά δεδομένα υφίστατο ψηφιακής επεξεργασίας, πριν την εφαρμογή του αλγορίθμου στερεο-ζεύξεως. Τέτοια επεξεργασία μπορεί να γίνει είτε με έκταση του ιστογράμματος, π.χ., κανονικοποίηση του γιά την ευκολότερη διάκριση των πολυάριθμων κεντρικών τιμών, είτε με γραμμικά φίλτρα, για την ανάδειξη των υψηλών (και εύκολα διακριτών) συχνοτήτων των εικόνων.

Αποτελέσματα

Εδώ θα αναφερθώ μόνο στα φωτογραμμετρικά αποτελέσματα. Τα γεωμορφολογικά και γεωλογικά περιεχόμενα αυτού του ΨΜΕ θα παρουσιαστούν σε μελλοντική εργασία. Τα τελικά αποτελέσματα αφορούν ένα ΨΜΕ 100 μέτρων για την Ανατολική Στερεά, με διαστάσεις περίπου 55 επί 65 χιλιόμετρα, μέση τιμή υψών 323.48 m, ενδιάμεση 197.32 m, μέγιστη 1719 m και ελάχιστη −136 m. Η προφανώς λανθασμένη ελάχιστη τιμή, καθώς και οι λοιπές αρνητικές τιμές υψών που παρήχθησαν, περιορίζονται στη θάλασσα (ώς εκ τούτου είναι ήσσονος σημασίας, αφού η διόρθωση των γίνεται αμέσως με μιά επέμβαση αντικαταστάσεως με την τιμή μηδέν στο ψηφιακό αρχείο), και οφείλονται στην έλλειψη αρκετών σημείων εκκινήσεως περί την ακτογραμμή. Αναφορικά με την παρεμβολή krigging χρησιμοποιήθηκε ένα γραμμικό ημι-βαριόγραμμα και μία τεχνική ακτινωτής σαρώσεως προς 64 διευθύνσεις στο επίπεδο, και σε μιά ακτίνα 40 km περί το επιθυμητό σημείο υψομετρικής παρεμβολής. Αυτή η υπολογιστική εργασία κατανάλωσε περίπου 3 cpu-ημέρες ενός τελευταίας τεχνολογίας SGI, ενώ, αντιστοίχως, η στερεοζεύξις «έτρεξε» επί 9 cpu-ώρες σε δίκτυο 6 Suns. Κατόπιν, η ακρίβεια των z-τιμών ελέγχθηκε έναντι 56 γνωστών, τριγωνομετρικών σημείων, επιλεχθέντων τυχαίως και περιεχομένων στα φύλλα «Πελασγία», «Αμφίκλεια» και «Ελάτεια», κλίμακος 1:50000 και εκδόσεως 1971, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (βλέπε παράρτημα με όλες τις συγκρίσεις στο τέλος). Για το φύλλο «Αμφίκλεια» το,

$$\text{RMSe} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{5860}{16}} = 19.14 \text{ m},$$

για το φύλλο «Πελασγία» το,

$$\text{RMSe} = \sqrt{\frac{2670}{16}} = 12.92 \text{ m},$$

ενώ για το φύλλο «Ελάτεια» το,

$$\text{RMSe} = \sqrt{\frac{6280}{24}} = 16.18 \text{ m},$$

αντιστοίχως. Το συνολικό μέσο τετραγωνικό υψομετρικό σφάλμα (RMSe) ανέρχεται σε 16.26 μ. Εκτιμώ ότι το σφάλμα αυτό επιδέχεται σημαντικής βελτιώσεως (4-5 m), με την προσθήκη περισσοτέρων σημείων εκκινήσεως και περισσοτέρων εδαφικών σημείων αναφοράς, καθώς επίσης και με την επονεξέταση του υψομέτρου των από χάρτες 1:5000. Επίσης, δεν έγινε ποσοτική εκτίμηση του επιπεδομετρικού σφάλματος και δεν κατέστη δυνατή η απόκτηση ενός ΨΜΕ-αναφοράς, δηλαδή παραχθέντος με την παραδοσιακή φωτογραμμετρική τεχνική και ιδίου μεγέθους, λόγω του απαγορευτικού κόστους αγοράς. Ωστόσο, το υψομετρικό σφάλμα είναι αποδεκτό και συγκρίσιμο με τα αποτελέσματα αυτομάτου στερεο-ζεύξεως των Day and Muller (1988; RMSe = 21.18 m), και των Theodossiou and Dowman (1990; μέσο σφάλμα 10.72 μέτρων μετά από μηχανική επεξεργασία).

Το επόμενο βήμα θα αφορά την παραγωγή ενός ΨΜΕ 30 m, με περισσότερα σημεία εκκινήσεως και εδαφικά σημεία αναφοράς, όπως επίσης και δοκιμές διαφορετικών μεθόδων παρεμβολής, με στόχο το RMSe να υποχωρήσει κάτωθεν των 10 m. Σημαντική βοήθεια στην επίτευξη αυτού του στόχου σε επιχειρησιακή βάση στο μέλλον, θα μπορούσε να αποτελέσει η σύσταση μιας εθνικής βάσεως δεδομένων αφορούσης εδαφικά σημεία αναφοράς ευκόλως προσδιοριζόμενων σε οπτικές δορυφορικές εικόνες, όπως οδικοί κάμβοι ή γέφυρες σε όλη την επικράτεια. Ετσι, θα γίνει δυνατή και η υποχώρηση του επιπεδομετρικού σφάλματος κάτω του pixel, βελτιώνοντας ακόμη περισσότερο το τοπικό γεωμορφολογικό περιεχόμενο του ΨΜΕ. Ωστόσο, το μεγάλο εμπάδιο στην επίτευξη της μεγίστης δυνατής ακρίβειας είναι η επί του παρόντος διαστημικώς-προσφερόμενη χωρική διακριτική ικανότητα. Αυτή θα βελτιωθεί αισθητά διά της τροχιοθετήσεως οπτικών σαρωτών οι οποίοι θα παρέχουν διακριτική ανάλυση περί τα 5 m και κατά-σάρωση στερεοληπτική ικανότητα, ώστε να καθίσταται δυνατή η "real time» παραγωγή ΨΜΕ. Αυτή ελπίζεται ότι θα αρχίσει λίγο πριν το τέλος της δεκαετίας, όταν εκτοξευθούν διαδοχικώς οι ADEOS, SPOT-5 και LANDSAT-7. Εναλλακτικώς, υψηλής ακρίβειας τοπογραφικά δεδομένα προσφέρουν και τα διαστημικά ραντάρ διά της μεθόδου της διαφορικής συμβολλομετρίας των ανακλωμένων μικροκυμάτων (π.χ., Gabriel et al., 1989).

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμώς τον Καθ. Peter Muller και τον συνεργάτη του Mark Upton, του Πανεπιστημίου του Λονδίνου, για την βοήθεια που προσέφεραν στην χρήση του λογισμικού Image-Maker. Το πρόγραμμα αυτό διατίθεται δωρεάν προς ακαδημαική χρήση μόνο μέσω e-mail στην ακόλουθη διεύθυνση: 3DIM-request@ps.ucl.ac.uk. Ο Τχης (Γ) Παναγιώτης Μαλλής της ΓΥΣ, έδωσε όλες τις χαρτογραφικές πληροφορίες γιά τους τοπογραφικούς χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν. Ευχαριστώ επίσης, τους Andy Banks και Peter Read γιά την βοήθειό τους στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Η εργασία αυτή αποτελεί μέρος εν εξελίξει ερευνητικών εργασιών στην περιοχή της Κεντρικής Ελλάδας προς απόκτηση διδακτορικού διπλώματος, και χρηματοδοτείται από το Ιδρυμα Κρατικών Υποτροφιών (Πρόγραμμα Υποτροφιών Εξωτερικού), και το Πανεπιστήμιο του Reading. Υποστηρίζεται επίσης από το Πανεπιστημιακό Κολλέγιο του Λονδίνου (UCL), το ΙΓΜΕ και την Ιαπωνική Υπηρεσία Διαστήματος (NASDA).

Βιβλιογραφία

Day, T., and Muller, J-P. (1988). Quality assessment of digital elevation models produced by automatic stereomatchers from SPOT image pairs. *Photogrammetric Record*, 12(72), 797-808.

Day, T., and Muller, J-P. (1989). Digital Elevation Model production by stereo-matching SPOT image-pairs: A comparison of algorithms. *Image and vision Computing*, 7(2), 95-101.

Day, T., Cook, A.C., and Muller, J-P. (1992). Automated Digital Topographic mapping Techniques for Mars. *Int. Arch. Photogrammetry & Remote Sensing*, 29(B4), 801-808.

Gabriel, A.K., Goldstein, R. M., and Zebker, H.A. (1989). Mapping small elevation changes over large areas: differential Radar Interferometry. J. Geophys. Res., 94(B7), 9183-9191.

Ganas, A., and White, K. (1995). Neotectonic fault segments and footwall geomorphology in Eastern Central Greece from Landsat TM data. *In: Symposium on the Seismicity of the CarpathoBalkan Region, XV Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association, Athens, in press.*

Holden, M., Zemerly, M.J., and Muller, J-P. (1992). Parallel Stereo and Motion Estimation. In (I. Pitas, Ed.): *"Parallel Algorithms and Architectures for Ditigal Image Processing, Computer Vision and Neural Networks"*, chapter 7, 175-232, Wiley.

Otto, G.P., and Chau, T.W.K. (1989). "Region-growing" algorithm for matching of terrain images. *Image and Vision Computing*, 7(2), 83-94.

Theodossiou, E.I., and Dowman, I.J. (1990). Heighting Accuracy of SPOT. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56, 1643-1649.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ. Τυχαία Σημεία ελέγχου τοπογραφικών χαρτών ΓΥΣ.

Φύλλο Αμφίκλεια, 1:50000

Υψομετρικό σημείο	**ΨΜΕ (m)**	**Χάρτης (m)**	**Σφάλμα (m)**
Τείχος	574	565	+ 9
Μύτικας	563	542	+ 21
Πολύδροσος	823	828	− 5
Μεγ. Ράχη	1013	1049	− 36
Φουσκάραχη	514	507	+ 7
Σκοπιά	718	756	−38
Μπουρνιάς	463	461	+ 2
Στρογγύλη	436	436	0
Βραχοβούνι	1097	1133	−36
Σταυρός	1411	1399	+ 12
Παλιολιός	938	925	+ 13
Καθάρα	241	241	0
Κουκουβάγια	420	443	−23
Βρόμα Ρ.	345	352	−7
Κόμνινα	252	255	−3
Κατσούλες	333	351	− 18

$n = 16 \quad \sum x_i^2 = 5860$

Φύλλο Πελασγία, 1:50000

Υψομετρικό σημείο	**ΨΜΕ (m)**	**Χάρτης (m)**	**Σφάλμα (m)**
Καλόγηρος	164	183	− 19
Πολιόλακα	243	244	− 1
Πολιόπυργος	578	589	− 11
Κοραής	173	190	− 17
Αχλάδι	179	196	− 17
Προφήτης Ηλίας	664	674	− 10
Λιχάδος			
Χούνη	627	617	+ 10
Ξεροσουβάλα	750	736	+ 14
Μυρτιά	490	495	− 5
Μέγα Κοτρώνι	667	669	− 2
Αετοφωλιά	545	522	+ 23
Ταράτσα	910	920	− 10
Ταράτσα (Δυσμάς)	904	911	− 7
Προδότης	211	220	− 9
Τραγοβούνι	659	639	+ 20
Άγιος Σώστης	128	123	+ 5

$n = 16 \quad \sum x_t^2 = 2670$

Φύλλο Ελάτεια, 1:50000

Υψομετρικό σημείο	**ΨΜΕ (m)**	**Χάρτης (m)**	**Σφάλμα (m)**
Προφήτης Ηλίας (Ανατολικά)	557	558	− 1
Πολιομπούκριζο	382	372	+ 10
Άγναντη	568	559	+ 9
Προφήτης Ηλίας (Άγνοντη)	605	635	− 30
(Κάστρον)	495	497	− 2
Ζόστανα	635	622	+ 13
Ξεροβούνι	584	588	− 4
Ξεραβαύνι (Ανατaλικό)	609	600	+ 9
Προφήτης Ηλίας (Γουλέμι)	696	724	− 28
Ζάστανα (Ανατολικά)	458	459	− 1
Άγναντη (Δυτικά)	512	516	− 4
Διαλάτες	372	385	− 13
Ράχη Κουμαριά	467	479	− 12
Πραφήτης Ηλίας (Χλωμάν Όρος)	528	522	+ 6
Σκάρφη	631	633	− 2
Γαλαααός	373	393	− 20
Ασπρόσαρα	376	369	+ 7
Ρόδσ	623	663	− 40
Κλαδερό	477	499	− 22
Κακόπλαγο	416	433	− 17
Γουλέμι	426	450	− 24
Τρανίτσα	841	823	+ 18
Ανεμάμυλος	651	647	+ 4
Βοιδάστανη	680	686	− 6

$n = 24 \quad \sum x_i^2 = 6280$

Ψηφιακά μοντέλα εδάφους και εφαρμογές τους

Π. Μαλλής
Μακεδονομάχων 8, 14235 Ν. Ιωνία

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αναφέρεται σε ένα από τα ψηφιακά γεωγραφικά προϊόντα που αποτελούν την απαραίτητη υποδομή κάθε σύγχρονου χαρτογραφικού οργανισμού, τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DTM).

Μετά από μία σύντομη εισαγωγή και αναφορά στην αξία των ψηφιακών γεωγραφικών προϊόντων γίνεται ανάλυση των διαφόρων μορφών ψηφιακής υψομετρικής πληροφορίας.

Τέλος η εργασία εστιάζεται στη αναφορά διαφόρων εφαρμογών όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ψηφιακό αυτό προϊόν. Οι εφαρμογές αυτές ταξινομούνται κατά κατηγορία όπως παρακάτω:

α. Εφαρμογές σχετικές με έλεγχο ορατοτήτων.
  (1) Χωροθέτηση κεραιών εκπομπής ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών σταθμών και κεραιών κινητής τηλεφωνίας.
  (2) Προστασία των δασών.
  (3) Βελτιστοποίηση στρατιωτικών επικοινωνιών.
  (4) Εξομοίωση radar.
  (5) Τροφοδότηση οπλικών συστημάτων.

β. Υδρολογικές εφαρμογές των DTM.

γ. Εφαρμογές DTM σχετικές με κίνηση αερίων μαζών.

δ. Εφαρμογές σχετικές με χωροθέτηση λειτουργιών.

ε. Εφαρμογές DTM σχετικές με μελέτες οδοποιίας.

στ. Εφαρμογές στην παραγωγή άλλων χαρτογραφικών προϊόντων.
  (1) Χάρτης κλίσεων του εδάφους.
  (2) Χάρτης κατευθύνσεως κλίσεων.
  (3) Χάρτης βατότητας.
  (4) Χάρτες ζωνών υψομέτρων.
  (5) Ορθοφωτοχάρτες από ΔΕ ή από αεροφωτογραφίες σε ψηφιακή μορφή.
  (6) Χαρτογραφική πληροφορία σε διανυσματική μορφή.

ζ. Εφαρμογές σχετικές με παραστατικότερη παρουσίαση του αναγλύφου του εδάφους.

Abstract

The work below refers to one of the digital geographical products which is among the most important assets of every modern cartographic organisation, the digital terrain model (DTM).

After a sort introduction and a reference to the importance of the digital terrain models, a short analysis of the various forms of the digital elevation data takes place. Finally the work focuses on various applications were DTMs can be used. These applications can be classified as follows:

a. Applications concerning visibility check.
   (1) Allocation of radio, television and mobile phone transmission antennas.
   (2) Forest protection.
   (3) Optimisation of military communications.
   (4) Radar simulation.
   (5) Supplying weapon systems with digital elevation data.

b. Hydrological application of DTMs.

c. DTM applications concerning land use planning and allocation.

e. DTMs and road planning.

f. Applications concerning the production of cartographic products.
   (1) Slope maps.
   (2) Aspect maps.
   (3) Suitability maps for specific vehicles and tanks.
   (4) Elevation zone maps.
   (5) Orthophoto maps compiled from satellite image of from aerial photos in digital form.
   (6) Digital cartographic information in vector format.

g. Application concerning three dimensional representations of DTMs.

1. Εισαγωγή

Η εποχή κατά την οποία ο τοπογραφικός χάρτης στην παραδοσιακή τυπωμένη του μορφή ήταν το μόνο μέσο καταγραφής της γνώσης της σχετικής με τα γεωγραφικά δεδομένα μιας περιοχής, έχει παρέλθει ανεπιστρεπτί. Ο σημερινός χαρτογράφος διαθέτει και άλλα μέσα μεταβιβασης, προς τον τελικό χρήστη του χαρτογραφικού του προϊόντος, της γνώσης που παραδοσιακά εμπεριέχεται σε έναν τοπογραφικό χάρτη.

Από τη μεριά του ο χρήστης θέλει να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα ενός τοπογραφικού χάρτη σαν υπόβαθρο ώστε σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία να τον βοηθήσουν να λάβει κάποιες αποφάσεις. Χρειάζεται ως εκ τούτου τα δεδομένα αυτά σε μορφή εκμεταλλεύσιμη από τα μέσα που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες για επεξεργασία και ανάλυση στοιχείων, με σκοπο την παραγωγή πληροφοριών που οδηγούν στην λήψη αποφάσεων μέσω της επιλογής της βέλτιστης κατά περίπτωση λύσης.

Το κάλεσμα λοιπόν των καιρών επιβάλει την παραγωγή νέων χαρτογραφικών προϊόντων, πολλά από τα οποία θα πρέπει να είναι σε ψηφιακή μορφή. Ένα από τα ψηφιακά αυτά προϊόντα αφορά τα ανάγλυφα του εδάφους.

Οι Η/Υ μπορούν σήμερα να βοηθήσουν στην επιλογή του βέλτιστου τρόπου εκμετάλλευσης του παράγοντα έδαφος. **Προκύπτει λοιπόν η ανάγκη της συστηματικής καταγραφής της γνώσης, της σχετικής με το ανάγλυφο του εδάφους, σε μορφή αναγνώσιμη και εκμεταλλεύσιμη από Η/Υ ή άλλα συστήματα που μπορούν να εκμεταλλευθούν αυτή την πληροφορία. Αυτή η καταγραφή του ανάγλυφου του εδάφους σε ψηφιακή μορφή χαρκτηρίζεται σαν ψηφιακό μοντέλο εδάφους.**

Χρησιμοποιούνται συνήθως δύο παρεμφερείς αλλά όχι απόλυτα ταυτόσημοι όροι:

α. Ο όρος **Ψηφιακά Υψομετρικά Μοντέλα (DEM-Digital Elevation Model)** αναφέρεται στην αντιπροσώπευση μίας τοπογραφικής επιφάνειας από ένα πεπερασμένο αριθμό ομοιομόρφως κατανεμημένων σημείων. Το υψόμετρο των σημείων αυτών καταγράφεται σ' έναν πίνακα ο οποίος μαζί με τις επίπεδες συντεταγμένες του αρχικού σημείου και το χ, ψ, του βήματος (απόσταση dx, dy μεταξύ διαδοχικών σημείων) συνιστούν το Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (DEM). Όταν λοιπόν αναφερόμαστε σε DEM αναφερόμαστε ουσιαστικά σε έναν πίνακα τιμών σε ψηφιακή μορφή.

β. Ο όρος Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DTM Digital Terrain Model) είναι γενικότερος και αφορά οποιασδήποτε μορφής ψηφιακή μοντελοποίηση του αναγλύφου του εδαφους.

Τρεις είναι οι βασικότερες μέθοδοι ψηφιακής αντιπροσώπευσης μίας τοπογραφικής επιφανείας:

α. Με πίνακα υψομέτρων ομοιομόρφως κατανεμημένων σημείων. Πρόκειται για το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο DEM που ήδη αναφέραμε.

β. Με υψομετρικές καμπύλες σε ψηφιακή μορφή. Στην περίπτωση αυτή καταγράφονται οι επίπεδες συντεταγμένες των σημείων κάθε καμπύλης. Το υψόμετρο καταγράφεται σαν περιγραφικό στοιχείο μια φορά για κάθε καμπύλη.

γ. Με δίκτυο τριγωνικών επιφανειών που ενούμενες μεταξύ τους συγκροτούν το μοντέλο της τοπογραφικής επιφάνειας (TIN). Στην περίπτωση αυτή καταγράφονται οι τριαδιάστατες συντεταγμένες των κορυφών των τριγωνικών επιφανειών και ο τρόπος σύνθεσης των σημείων αυτών.

Το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο είναι ο συνηθέστερος τρόπος αποθήκευσης ψηφιακών υψομετρικών πληροφοριών. Είναι η τελική μορφή στην οποία συγκλίνουν υψομετρικά ψηφιακά δεδομένα που προέρχονται από διάφορες πηγές. Η μορφή αυτή είναι πλέον αποδεκτή γιατί μπορεί να καλύψει το σύνολο σχεδόν των εφαρμογών που σχετίζονται με εκμετάλλευση των ψηφιακών μοντέλων εδάφους. Η μορφή του δικτύου των τριγωνικών επιφανειών μπορεί επίσης να καλύψει ευρύτατο φάσμα εφαρμογών δεν εξυπηρετεί όμως σε όλες τις περιπτώσεις. Τέλος η υψομετρική πληροφορία υπό μορφή υψομετρικών καμπύλων σε ψηφιακή μορφή για να είναι εκμεταλλεύσιμη πρέπει πρώτα να μετατραπεί σε μία από τις δύο άλλες μορφές. Άλλως μπορεί να εξυπηρετήσει μικρό μόνο φάσμα εφαρμογών.

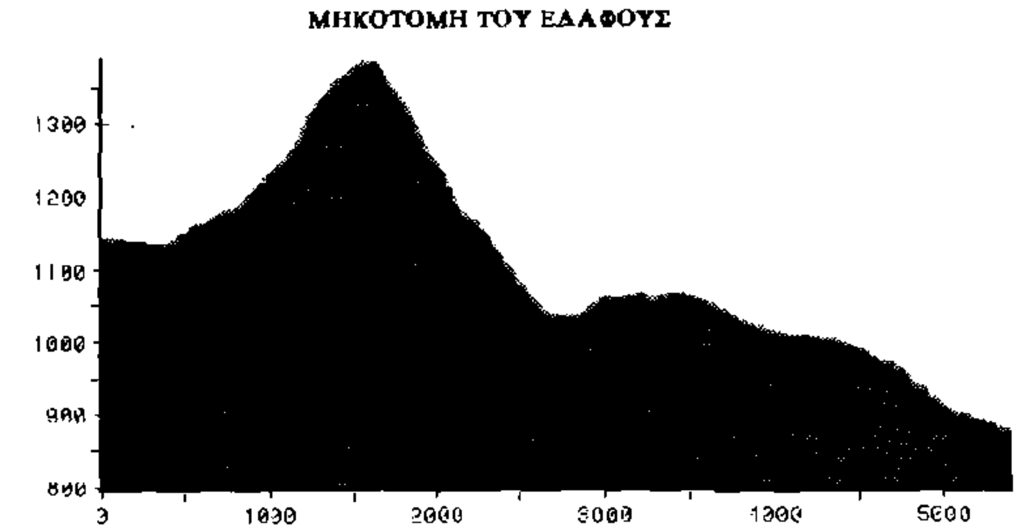
2. Εφαρμογές ψηφιακών μοντέλων εδάφους

Τα στοιχεία που προκύπτουν άμεσα από την επεξεργαασία ενός DTM σε Η/Υ χρησιμοποιούνται σε μεγάλα αριθμό εφαρμογών. Η παρουσίαση αυτή μερικές μόνο χαρακτηριστικές τέτοιες εφαρμογές αναφέρει που μπορούν να ταξινομηθούν κατά κατηγορία ως εξής:

α. Εφαρμογές σχετικές με έλεγχο ορατοτήτων

Πρόκειται ίσως για την κατηγορία με το μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών. Ο έλεγχος αμοιβαίας ορατότητας δύο σημείων είναι η απλούστερη εφαρμογή αυτής της κατηγορίας. Η εφαρμογή αυτή ισοδυναμεί με μία μηκοτομή του εδάφους (βλ. Σχ. 1) και η χρησιμότητά της σε μελέτες επικοινωνιων που απαιτούν αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των αναμεταδοτών είναι προφανής.

Μία άλλη εφαρμογή της ίδιας κατηγορίας είναι η εύρεση ζωνών ορατήτων. Ο χρήστης ορίζει ένα ή περισσότερα σημεία παρατηρήσεως και το σύστημα με τη χρήση του DTM υπολογίζει ποιες περιοχές είναι ορατές ή όχι από τα εν λόγω σημεία. Ευρύτατο τα πεδίο εφαρμογών της δυνατότητας αυτής όπως:



Σχ. 1. Μηκοτομή του εδάφους για τον έλεγχο της αμοιβαίας ορατότητας μεταξύ δύο σημείων της εδαφικής επιφάνειας.

(1) Χωροθέτηση κεραιών εκπομπής ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών σταθμών και κεραιών κινητής τηλεφωνίας

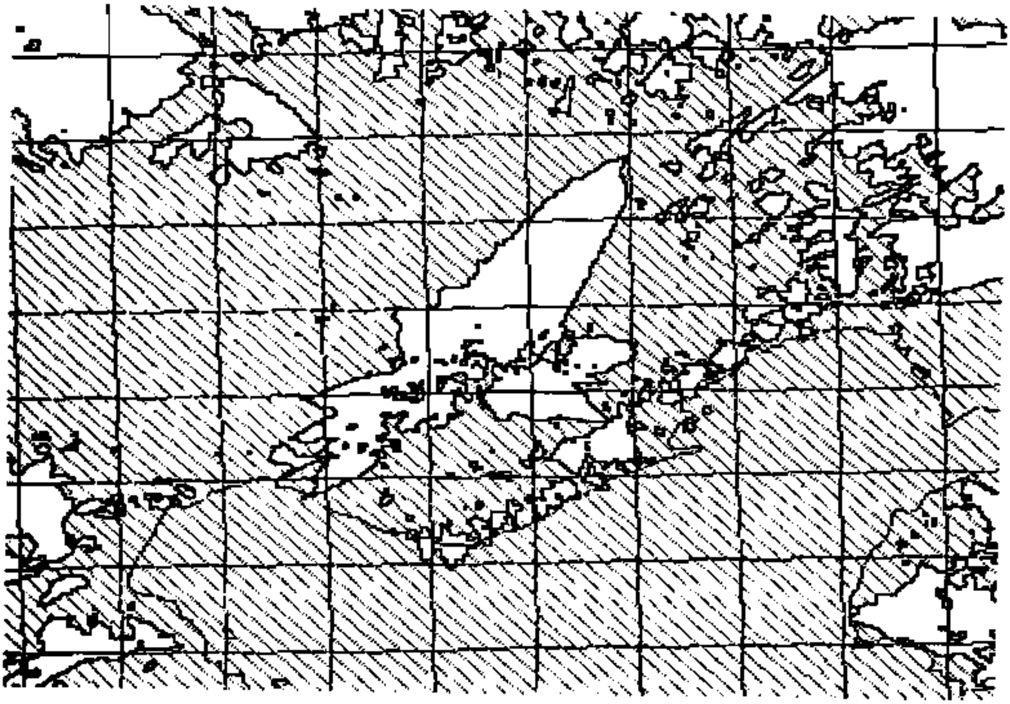
Για κάθε πιθανή θέση της κεραίας δημιουργείται ένα διάγραμμα ορατότητας (Σχ. 2). Η εξέταση όλων αυτών των διαγραμμάτων δίνει απόντηση στο ερώτημα ποια είναι η **βέλτιστη θέση τοποθέτησης της κεραίας.**

(2) Προσταaία των δασών

Στον τομέα της προστασίας των δασών παρόμοιες εφαρμογές μπορούν να προσφέρουν σημαντικές υπηρεσίες. Το TDM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ευρεθεί η βέλτιστη θέση παρατηρητηρίων επιτηρήσεως και εγκαίρου προειδοποιήσεως.

(3) Βελτιστοποίηση στρατιωτικών επικοινωνιών

Στην περίπτωση των στρατιωτικών εφαρμογών, ο διευθυντής διαβιβάσεων ενός σχηματισμού μπορεί με τη χρήση της ίδιας μεθόδου να εντοπίσει την καλύτερη θέση για την τοποθέτηση των κεραιών των επικοινωνιών λίαν υψηλής συχνότητας, ώστε να εξασφαλίζει την κάλυψη της κατά το δυνατόν μεγαλύτερης περιοχής της ζώνης ευθύνης του σχηματισμού.



Σχ. 2. Διάγραμμα ορατότητος. Με γραμμοσκίαση τονίζονται οι περιοχές που είναι ορατές από το σημείο παρατήρησης που διακρίνεται στο κέντρο της εικόνας. Ο υπάρχων τετραγωνισμός βοηθά στην επίθεση του διαγράμματος σε τυπωμένο τοπογραφικό χάρτη.

(4) Εξομοίωση radar

Την ίδια ακριβώς τεχνική εφαρμόζουν και οι μελέτες με εξομοίωση radar (radar simulation). Μελετάται η βέλτιστη θέση του radar επιτηρήσεως ώστε να καλύπτεται η μέγιστη δυνατή περιοχή. Επιζητείται να δημιουργούνται νεκρές ζώνες ελαχίστου εμβαδού και μη συνδεδεμένες μεταξύ τους ή καλυπτόμενες από άλλα ομοειδή radar.

Την αντίθετη ακριβώς εργασία αλλά με την ίδια τεχνική κάνει κάποιος που μελετά τρόπους να μη γίνει αντιληπτός από κάποιο ή κάποια radar. Γνωρίζοντας τη θέση των radar επιτηρήσεως του αντιπάλου και εντοπίζοντας με την εκμετάλλευση του DTM τις δημιουργούμενες νεκρές ζώνες, μπορεί να καταρτίσει σχέδιο πτήσεως αεροσκαφών αποσκοπώντας στο να υπάρχουν οι μικρότερες κατά το δυνατόν πιθανότητες να γίναυν αυτά αντιληπτά.

(5) Τροφοδότηση οπλικών συστημάτων

Στην κατηγορία των στρατιωτικών εφαρμογών των DTM συμπεριλαμβάνεται και η τροφοδάτηση οπλικών συστημάτων (αεροσκαφών, κατευθυνόμενων βλημάτων, radar πυροβολικού κ.λπ.) με υψομετρικά δεδομένα σε ψηφιακή μορφή.

β. Υδρολογικές εφαρμογές των DTM

Το σύνολο των εφαρμογών αυτών χρησιμοποιεί μόνο μία μορφή ψηφιακού μοντέλου εδάφους, το ψηφιακά υψομετρικά μοντέλο. Απαιτούν δηλαδή οι εφαρμογές της κατηγορίας αυτής, την ύπαρξη πίνακα υψομέτρων ομοιομάρφως κατανεμημένων σημείων για να λειτουργήσουν.

Χάρις σε απλούς αλγορίθμους υπολογίζονται με αρκετά καλή προσέγγιση (εξαρτουμένης βεβαίως και από την ακρίβεια του DEM), οι λεκάνες απορροής αλλά και οι γραμμές διαχωρισμού και ροής υδάτων. Σαν αποτέλεσμα μπορεί να υπολογιστεί τι ποσότητα νερού θα συγκεντρωθεί σε συγκεκριμένα σημεία για δεδομένο ύψος βροχής, τι θα συμβεί αν πλημμυρίσει ένα ποτάμι κ.λπ. Υπάρχει τέλος η δυνατότητα να μοντελοποιηθούν ορισμένες καταστάσεις και να χρησιμοποιηθεί το DTM για να προβλεφθεί τι θα συμβεί αν σπάσει κάποιο φράγμα ή ποια περιοχή θα μολύνουν τα υγρά λύματα μίας βιομηχανίας κ.λπ.

Όσο τα υδάτινα αποθέματα του πλανήτη μας ελαττώνονται οι υδρολογικές μελέτες γίνονται όλο και πιο αναγκαίες και τα DTM πιο πολύτιμα σαν υποδομή κάθε τέτοιας μελέτης.

Στην περίπτωση των στρατιωτικών υδρολογικών εφαρμογών, το ψηφιακό μοντέλο εδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποφασιστεί ποιες καταστροφές φραγμάτων πρέπει να γίνουν για να καταστεί μία συγκεκριμένη περιοχή αδιάβατη για τα άρματα του αντιπάλου και ποιες άλλες επιπτώσεις θα έχει μία τέτοια καταστροφή.

γ. Εφαρμογές DTM σχετικές με κίνηση αερίων μαζών

Η κίνηση αερίων μαζών στην ατμόσφαιρα εξαρτάται άμεσα και από το ανάγλυφο εδάφους. Η κατεύθυνση και η ταχύτητα των ανέμων δεν είναι το μόνο απαιτούμενο για την μοντελοποίηση μίας τέτοιας κίνησης. Το ανάγλυφο του εδάφους υπό τη μορφή του DTM πρέπει να συνυπολογιστεί ώστε τα αποτελέσματα να είναι ακριβή και ρεαλιστικά.

Τεχνικές μοντελοποίησης κινήσεως αερίων μαζών χρησιμοποιούνται σε μελέτες υπολογισμού της περιοχής μολύνσεως σε περίπτωση συγκέντρωσης ρυπογόνων βιομηχανιών σε μία περιοχή. Δηλαδή σε περιβαλλοντικές μελέτες που θα συνοδεύουν μελέτες χωροθέτησης λειτουργιών όπως η βιομηχανική δραστηριότητα.

Επίσης παρόμοιες τεχνικές, που χρησιμοποιούν οπωσδήποτε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους, εφαρμόζονται για την πρόβλεψη της επικίνδυνης περιοχής σε περίπτωση πυρηνικού ατυχήματος ή της περιοχής μολύνσεως σε περίπτωση χρήσης ατομικών όπλων.

Τέλος κατά τις μελέτες χωροθέτησης εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας, η χρησιμοποίηση ψηφιακών μοντέλων εδάφους κρίνεται πλέον απολύτως αναγκαία.

δ. Εφαρμογές σχετικές με χωροθέτηση λειτουργιών

Οποιαδήποτε μελέτη χωροθέτησης λειτουργιών σε επίπεδο Κοινότητας, Επαρχίας, Νομού ή και ευρύτερης περιοχής θα πρέπει να στηρίζεται σε καθαρά αντικειμενικά και επιστημονικά κριτήρια που θα συνεξετάζονται με τη χρήση κάποιου Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Ένα από τα επίπεδα πληροφορίας που θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα τέτοιο πληροφοριακό σύστημα είναι και η υψομετρία.

Η κλίση του εδάφους, που θα προκύπτει σαν αποτέλεσμα επεξεργασίας του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου, είναι βασικό κριτήριο χωροθέτησης λειτουργιών. Ο καθορισμός της περιοχής προς την οποίαν θα επεκταθεί το σχέδιο πόλεως θα συνεκτιμήσει τις κλίσεις του εδάφους. Περιοχές με κλίση μεγαλύτερη από ένα όριο θα θεωρηθούν απαγορευτικές για οικοδομική δραστηριότητα και θα αποκλειστούν από την επέκταση του σχεδίου πόλεως.

Επίσης μελέτη για χωροθετηση κάποιου σκουπιδότοπου θα αποκλείσει περιοχές με μεγάλη κλίση εδάφους αφού η επιλογή μιας τέτοιας περιοχής θα ενέχει κινδύνους επέκτασης της μόλυνσης σε μεγάλη απόσταση σε κάθε βροχόπτωση.

Τέλος ο καθορισμός βιομηχανικών ζωνών ή και μία απλή μελέτη χωροθέτησης κάποιου εργοστασίου θα επιλέξει περιοχές με την ελάχιστη δυνατή κλίση εδάφους χρησιμοποιώντας προς τούτο το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο.

ε. Εφαρμογές DTM σχετικές με μελέτες οδοποιΐας

Η οδοποιΐα είναι το κατ' εξοχήν πεδίο εφαρμογής των ψηφιακών μοντέλων εδάφους. Σε όλα τα στάδια μιας μελέτης οδοποιΐας η υψομετρική πληροφορία είναι απολύτως απαραίτητη. Στον τομέα της οδοποιΐας τα DTM, αφενός μεν πολλαπλασιάζουν τη δυνατότητα βελτιστοποίησης της μελέτης, αφετέρου δε ελαχιστοποιούν την ανάγκη συλλογής στοιχείων στο πεδίο.

Με χρήση του DTM μπορούν να γίνουν μηκοτομές κατά μήκος της χάραξης ώστε να αποφασιστεί που θα περαστεί η ερυθρά γραμμή, δηλαδή η επιφάνεια του δρόμου. Επίσης αφού καθορισθεί η ερυθρά μπορεί να υπολογιστεί ο όγκος των κενών ή των εδαφών, που υπάρχουν μεταξύ της μελετούμενης επιφάνειας της οδού και του φυσικού εδάφους. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να υπολογιστούν οι χωματισμοί. Τέλος αφού καθοριστεί η τελική θέση της οδού μπορεί να γίνει και προοπτική σχεδίαση αυτής χάρις στη χρήση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Ακόμα και κατά τη μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την κατασκευή της οδού το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο είναι απολύτως απαραίτητο. Εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί και για την εκμετάλλευση της ψηφιακής υψομετρικής πληροφορίας κατά το στάδιο της χάραξης της πολυγωνικής. Συνεπώς το ψηφιακό μοντέλο εδάφους χρησιμοποιείται σε όλα τα στάδια μιας μελέτης οδοποιΐας και των μελετών που σχετίζονται άμεσα με αυτή.

στ. Εφαρμογές στην παραγωγή άλλων χαρτογραφικών προϊόντων

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή και μη τυποποιημένων χαρτογραφικών προϊόντων. Η παραγωγή αυτών, είτε προέρχεται απ' ευθείας από την επεξεργασία της ψηφιακής υψομετρικής πληροφορίας, είτε χρησιμοποιεί παράγωγα του ψηφιακού μοντέλου εδάφους σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία. Σαν τέτοια χαρτογραφικά προϊόντα μπορούν να χαρακτηριστούν τα εξης:

1) Χάρτης κλίσεων του εδάφους

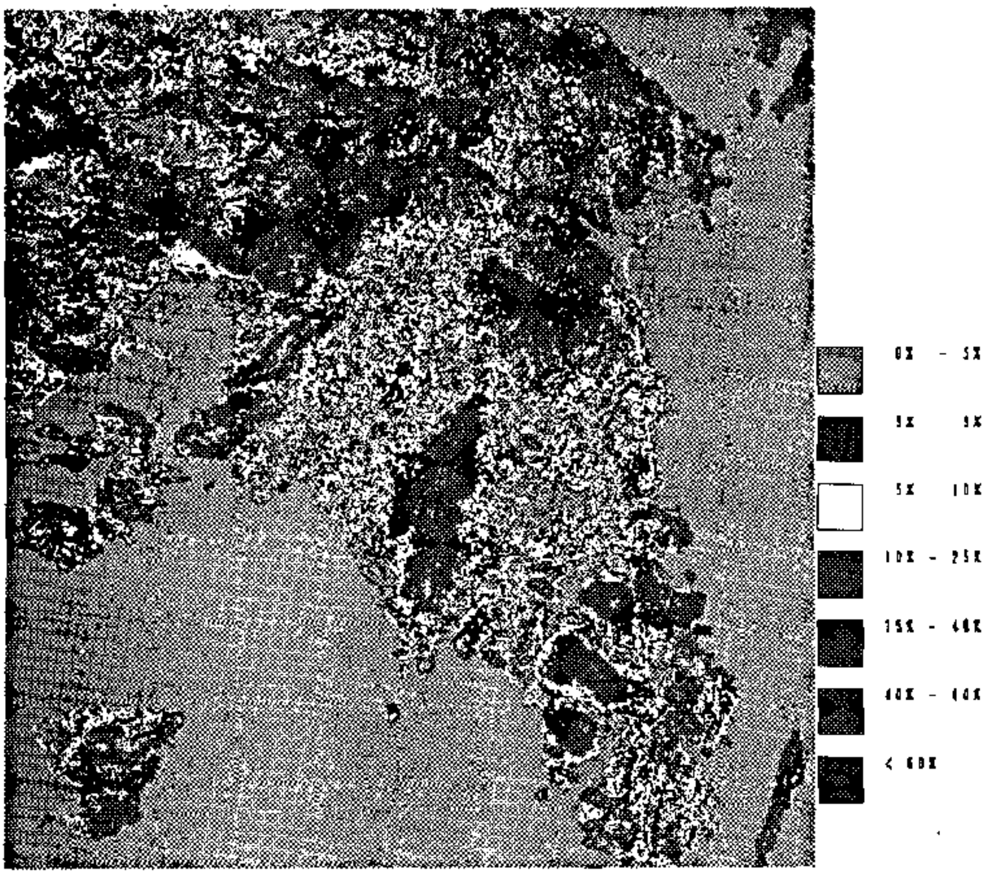
Η κλίση του εδάφους υπολογίζεται για κάθε στοιχειώδες τμήμα. Οι κλίσεις ταξινομούνται σε κατηγορίες 0%-5%, 5%-10% κ.λπ. Το αποτέλεσμα αυτής της κατηγοριοποίησης είναι ένας θεματικός χάρτης που με πολύγωνα διαφόρων χρωμάτων αποτυπώνει τις κατηγορίες κλίσεων του εδάφους στην περιοχή. (Σχ. 3).

2) Χάρτης κατευθύνσεων κλίσεων

Η κατεύθυνση μέγιστης κλίσεως υπολογίζεται από το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο. Οι κατευθύνσεις των κλίσεων κατηγοριοποιούνται όπως και στην περίπτωση της τιμής της κλίσεως. Το αποτέλεσμα είναι θεματικός χάρτης της κατευθύνσεως της μέγιστης κλίσεως του εδάφους.

3) Χάρτης βατότητας

Ο χάρτης κλίσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υπόβαθρο για την κατασκευή χαρτών βατότητας. Ο χάρτης βατότητας προκύπτει από τη συνεκτίμηση του χάρτη κλίσεων και κάποιων επιπεδομετρικών πληρο-

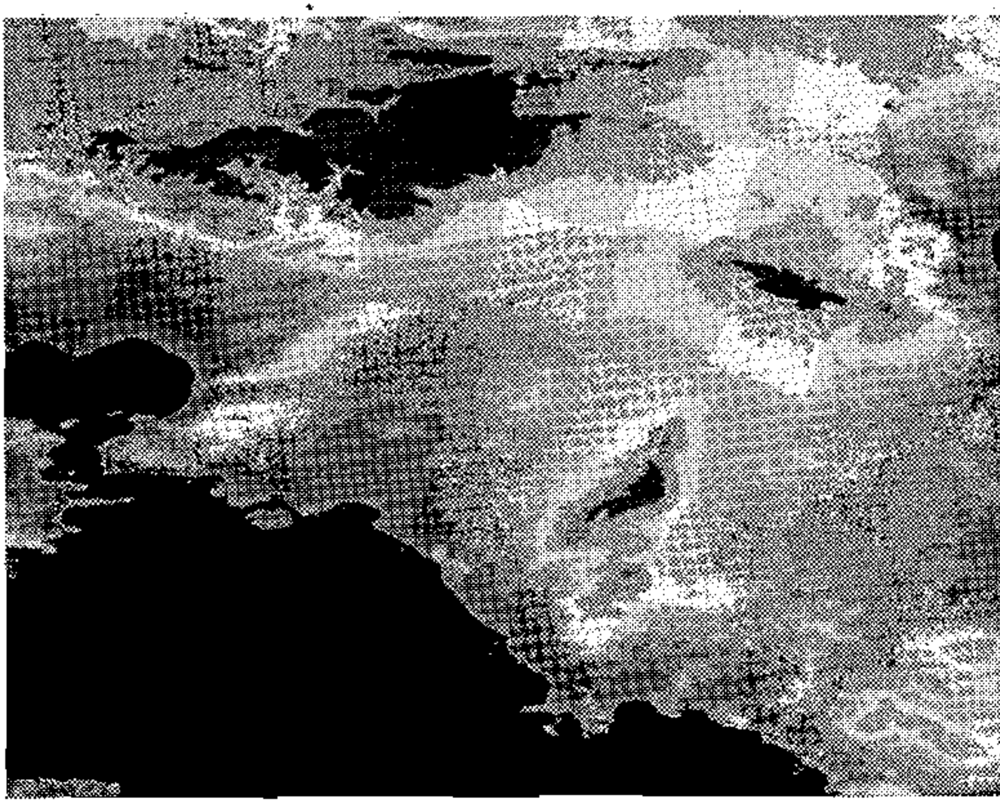


Σχ. 3. Χάρτης κλισεων εδάφους. Με τη χρηση του ψηφιακου μοντέλου εδαφους υπολογίζονται οι κλίσεις σε κάθε περιοχή, κατηγοροποιουνται όπως στο υπόμνημα στα δεξιά της εικόνας και παράγεται ο χάρτης αυτός που μεταξύ των άλλων μπορει να χρησιμοποιηθεί και σαν υπάβαθρο για κατασκευή χορτών βατατητας.

φοριών σε πολυγωνική μορφή (Χρήσεις γης, Συνεκτικότητα του εδάφους κ.λπ.). Η επίθεση με ψηφιακό τρόπο των διαφόρων επιπέδων πληροφορίας παράγει το χάρτη βατότητας που είναι θεματικάς χάρτης που αναφέρεται συνήθως σε συγκεκριμένο μέσο κινήσεως π.χ. άρματα, οχήματα εκτός δρόμου κ.λπ.

4) Χάρτες ζωνών υψομέτρων

Ο χωρισμός των υψομέτρων, που είναι καταγραμμένα στα DEM, σε κατηγορίες δημιουργεί θεματικά χάρτη, τα χάρτη των υψομετρικών ζωνών. (Σχ. 4). Ο χόρτης αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιος ή σαν επίπεδο κάποιας γενικότερης χορτογραφικής συνθέσεως. (Σχολικός χάρτης, Γεωφυσικός, όπλιση στρατιωτικού τοπογραφικού χάρτη κ.λπ.).



Σχ. 4. Χάρτης ζωνών υψομετρων.

5) Ορθοφωτοχάρτες από δορυφορικές εικόνες (ΔΕ) ή από αεροφωτογραφίες σε ψηφιακή μορφή

Οι ορθοφωτοχάρτες από εικόνες σε ψηφιακή μορφή είναι ένα σχετικά νέο χαρτογραφικό προϊόν που έχει το βασικό πλεονέκτημα ότι παράγεται γρηγορα και με μικρό σχετικά κόστος. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τη συνεχώς αυξανόμενη ισχύ και αποθηκευτική δυνατότητα των υπολογιστών, καθιστό το νέο αυτό προϊόν όλο και πιο δημοφιλές.

Οι εικόνες από τις οποίες δημιουργείται το συγκεκριμένο χαρτογραφικό προϊόν, είτε είναι δορυφορικες, είτε είναι αεροφωτογραφίες σε ψηφιοκή μορφή, για να αποκτήσουν χαρακτηριστικά χάρτη (ενιαία κλίμακα κ.λπ.) πρέπει να διορθωθούν και λόγω ανάγλυφου. Η διόρθωση λόγω ανάγλυφου δεν είναι δυνατόν να γίνει χωρίς την ύπαρξη αξιόπιστου ψηφιακού μοντέλου εδάφους.

6) Χαρτογραφική πληροφορία σε διανυσματική μορφή

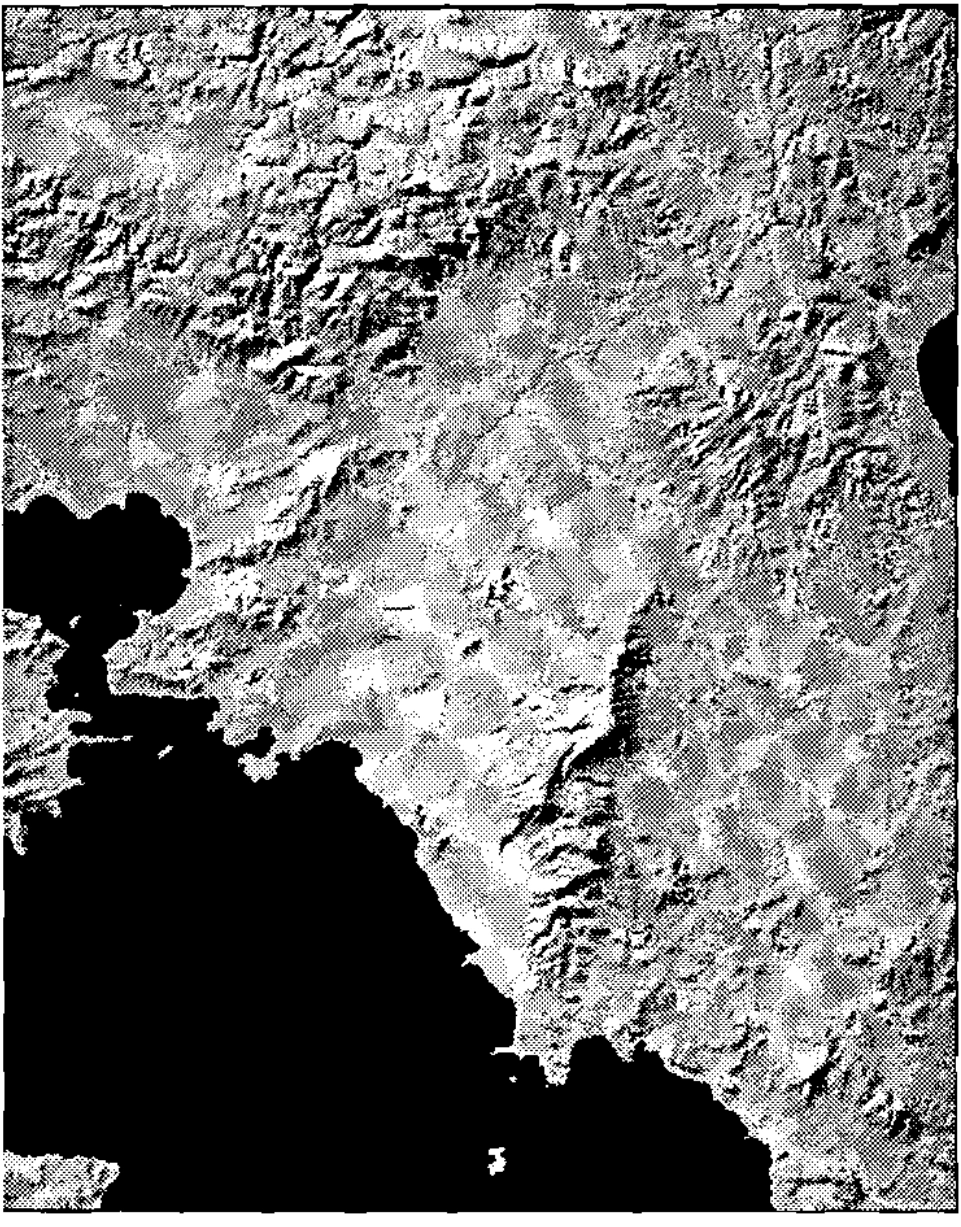
Είναι δυνατή η ψηφιοποίηση γραμμικών σημειακών ή πολυγωνικών χαρακτηριστικων από αεροφωτογραφίες σε ψηφιακή ή και αναλογική μορφή. Το ίδιο μπορεί να γίνει και από δορυφορικές εικόνες. Για να έχουμε γεωμετρικά σωστή ψηφιοποιημένη πληφορία θα πρέπει να γίνει διόρθωση λόγω ανάγλυφου, είτε στις εικόνες (εφ' όσον είναι σε ψηφιακή μορφή), είτε στο ψηφιακό διανυσματικό αποτέλεσμα εφ' όσον η ψηφιοποίηση γίνεται από τυπωμένες εικόνες. Και για τις δύο περιπτώσεις υπάρχουν προγράμματα που εκμεταλλευόμενα το ψηφιακό μοντέλο εδάφους κάνουν τις απαραίτητες διορθώσεις.

Η παραγωγή λοιπόν ενός ευρύτατου φάσματος χαρτογραφικών προϊόντων με σύγχρονες μεθόδους, προϋποθέτει την ύπαρξη υψομετρικής πληροφορίας σε ψηφιακή μορφή.

ζ) Εφορμογές σχετικές με παραστατικότερη παρουσίαση του ανάγλυφου του εδάφους

Στους συνήθεις τοπογραφικούς χάρτες το ανάγλυφο του εδάφους παρουσιάζεται με τη μέθοδο των υψομετρικών καμπυλών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο άπειρος χρήστης του χάρτη να μην έχει άμεση αντίληψη του ανάγλυφου της περιοχής και οι αποφάσεις που θέλει να λάβει να καθίστανται δύσκολες εξ αιτίας της ουσιαστικής έλλειψης της γνώσης και της αντίληψης του ανάγλυφου.

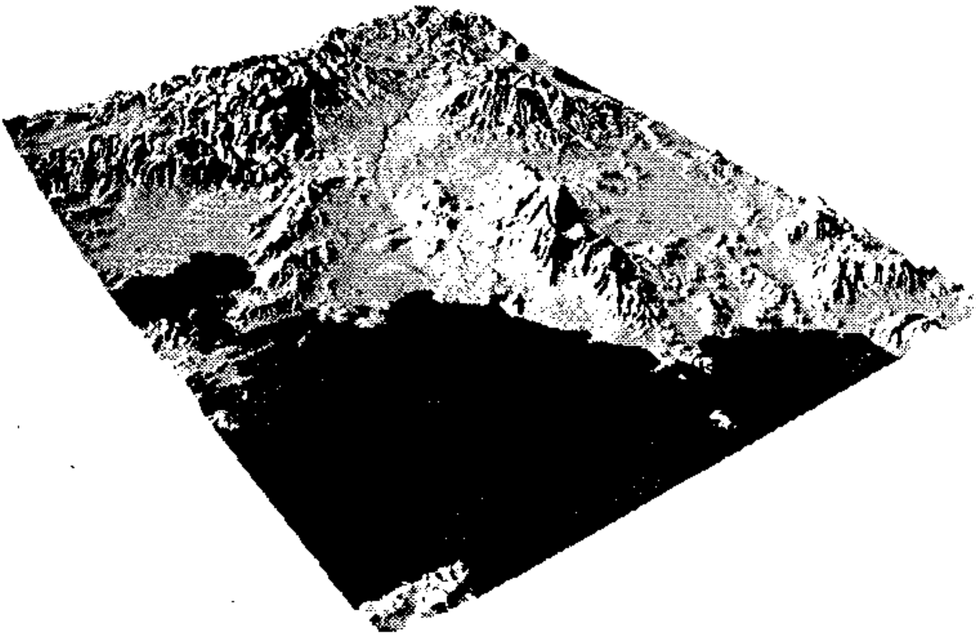
Η μέθοδος των υψομετρικών καμπύλων δεν είναι η μόνη μέθοδος για την παρουσίαση της τρίτης διάστασης του εδάφους. Τα βιβλία της τοπογραφίας αναφέρουν επίσης τη μέθοδο της φωτοσκιάσεως, των γραμμών σκελετού του εδάφους κ.λπ. Οι μέθοδοι αυτοί έχουν χρησιμοποιηθεί και στο παρελθόν με καλά αποτελέσματα. Η συνεχώς αυξανόμενη υπολογιστική ισχύς των Η/Υ, σε συνδυασμό με τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους μας δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο της φωτοσκιάσεως και της προοπτικής παρουσίασης του εδάφους ώστε να δώσουμε στο χρήση την καλύτερη δυνατή αντίληψη του ανάγλυφου της καλυπτόμενης περιοχής. Με τη χρήση της μεθόδου της φωτοσκιάσεως ο χρήστης δεν καθορίζει παρά τη θέση της φωτεινής πηγής (του ηλίου συνήθως). Με βάση το στοιχείο αυτό και με τη χρήση του ψηφιακού μο-



Σχ. 5. Παρουσιαση του αναγλυφαυ του εδαφους με τη μεθοδο της φωτοσκιασης. Η μέθοδος αυτη είναι πολυ παραστατικοτερη από τη μέθοδο των υψομετρικων καμπυλων που εφαρμόζεται στους συνήθεις τοπογραφικούς χάρτες. Οι σύγχρανοι Η/Υ μπορούν με τη χρηση των ψηφιοκων μοντέλων εδάφους, να παράγουν τετοιες απεικονισεις αντιληπτες και απο τον πλεον άπειρο χρήστη του χαρτη.

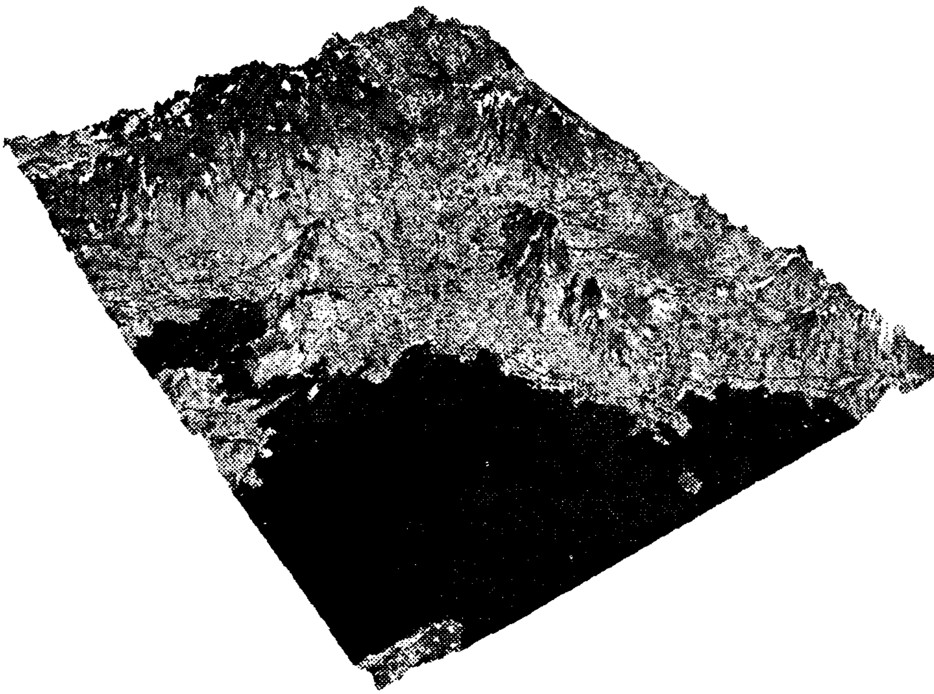
ντέλου εδάφους ο Η/Υ υπολογίζει ποιές περιοχές φωτίζονται και σε ποιές υπάρχουν σκιές. Η εναλλαγή αυτή των φωτεινών και σκιερών περιοχών, παρουσιαζόμενων με διαβαθμίσεις του γκρίζου, δίνουν την καλύτερη δυνατή αντίληψη του ανάγλυφου μιας περιοχής. (Σχ. 5). Μεγάλη χρήση βρίσκει τελευταία η μέθοδος αυτή ιδίως στην κατασκευή τουριστικών χαρτών όπου ο χρήστης χρειάζεται να σχηματίσει μία αντίληψη για το ανάγλυφο του εδάφους χωρίς να έχει ιδιαίτερες γνώσεις ανάγνωσης τοπογραφικού χάρτη.

Η τρισδιάστατη ή προοπτική παρουσίαση του εδάφους αποτελεί ένα άλλο παραστατικότατο τρόπο απόδοσης της τρίτης διάστασης. Ο χρήστης ορίζει το σημείο στάσεως του και την κατεύθυνση παρατήρησης και λαμβάνει μία ζωντανή και παραστατική παρουσίαση του εδάφους αντιληπτή και από τον πιο άπειρο χρήστη. (Σχ. 6).

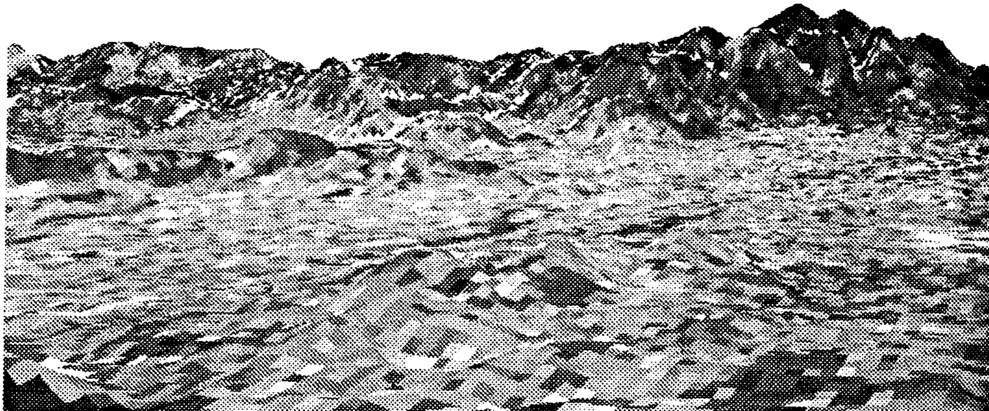


Σχ. 6. Προοπτική παρουσίαση του ανάγλυφου του εδάφους. Δίνει στον χρήστη την καλύτερη δυνατή αντίληψη του αναγλύφου μίας περιοχής.

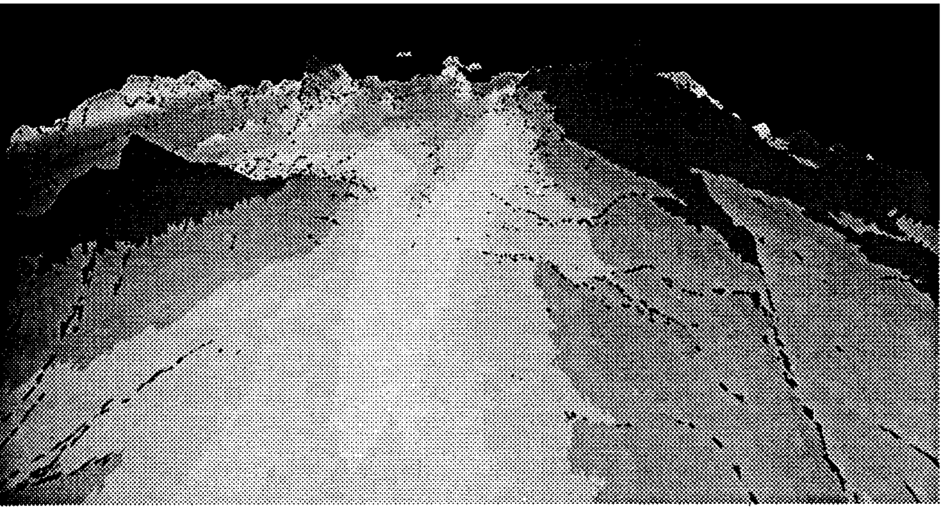
Στον τομέα των στρατιωτικών εφαρμογών μία τέτοια αναπαράσταση του ανάγλυφου του εδάφους μπορεί να παίξει με ψηφιακό τρόπο το ρόλο που σήμερα παίζει η αμμοδόχος (Σχ. 7), (Σχ. 8), (Σχ. 9).



Σχ. 7. Απεικόνιση τμήματος της Αττικής με συνδυασμό ψηφιακού μοντέλου εδάφους, δορυφορικης εικόνας, και χαρτογραφικών δεδομένων (δρόμοι) σε ψηφιακή μορφή.



Σχ. 8. Απεικόνιση με συνδυασμό δορυφορικής εικόνας και ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Ο χρήστης σχηματίζει αντίληψη του τι θα δει από τον Υμητό κοιτάζοντας προς την Πάρνηθα.



Σχ. 9. Απεικόνιση με συνδυασμό χάρτη υψομετρικών χρωματισμών και προοπτικής παρουσίασης του ανάγλυφου του εδάφους.

Κατά την προοπτική παρουσίαση του εδάφους μπορεί να οριστεί σημείο παρατήρησης ευρισκόμενο σε αρκετό ύψος ώστε να λάβουμε την εικόνα που θα έχει ένας αεροπόρος, που πετά πάνω από την περιοχή. Συνδυάζοντας μια σειρά τέτοιων εικόνων μπορούμε να δημιουργήσουμε το υπόβαθρο για κάποιον προσομοιωτή πτήσεων, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση χειριστών αεροσκαφών. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι η παραγωγή τέτοιων προοπτικών παρουσιάσεων του εδάφους στους σημερινούς Η/Υ είναι εξαιρετικά «μνημοβόρος» και χρονοβόρος. Αυτό καθιστά προς το παρόν αδύνατη τη σε πραγματικό χρόνο δημιουργία νέων προοπτικών παρουσιάσεων με την αλλαγή των στοιχείων παρατηρήσεως. Αν αυτό ήταν δυνατόν ο κάθε υπολογιστής με απλή τροφοδότησή του με ψηφιακό μοντέλο εδάφους και κατάλληλο εξοπλισμό, θα μπορούσε να μετατραπεί σε εξομοιωτή πτήσεων. Η εξέλιξη των Η/Υ θα δώσει στο εγγύς μέλλον τη δυνατότητα αυτή.

Ο μακρύς κατάλογος των εφαρμογών των ψηφιακών μοντέλων εδάφους, που αναφέρθηκε πιο πάνω, αποτελεί μόνο κλάσμα του καθ' ημέρα διευρυνόμενου φάσματος των χρήσεων του ψηφιακού αυτού προϊόντος. Ο κατάλογος όμως αυτός αποδεικνύει ότι η δημιουργία αξιόπιστου και ακριβούς ψηφιακού μοντέλου εδάφους αποτελεί σημαντικότατο έργο υποδομής. Ένα έργο υποδομής που μαζί με τα λοιπά ψηφιακά χαρτογραφικά προϊόντα, που προηγούμενη της εποχής της για τα Ελληνικά δεδομένα, παράγει ήδη από τη δεκαετία του 80 η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού.

Βιβλιογραφία

Band, L.E. (1986). "Topographic partition of watersheds with digital elevation models", Water Resources Research 22(1): 15-24.
Burrough, P.A. (1986). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Clarendon, Oxford. Chapter 3 reviews altemative methods of terrain representation.
Evans, I.S. (1980). "An integrated system for terrain analysis and slope mapping", Zeitschrift fur Geomorphologie 36: 274-95.
Marks, D. J., Dozier and J. Frew. (1984). "Automated basin delineation from digital elevation data", Geoprocessing 2: 299-311.
O'Callaghan, J.F. and D.M. Mrk. (1984). "The extraction of drainage networks with lakes", Water Resources Research, 18(2):275-280.
Pfaltz, J.L. (1976). "Surface networks", Geographical Analysis 8:77-93. Discussion of surface-specific points and their relationship to ridge and channel lines.
USGS. (1987). Digital Elevation Models, Data Users Guide, 5, US Department of the Interior, USGS, Reston, VA. Describes the creation and data structures of USGS DEMs in detail.

Ανάπτυξη Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) στις υδρολογικές λεκάνες της Κεντρικής Ελλάδας

Π. Μαρίνος, Α. Βαλαδάκη-Πλέσσα**, Χ. Αλεξιάδου*, Δ. Ζαμπετάκης*, Α. Παναγόπουλος*, Β. Περλέρος*, Σ. Πλέσσας** και Μ. Καββαδάς**

**Τομέας Γεωτεχνικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Πατησίων 42, Αθήνα.*

*** Διεύθυνση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Τμήμα Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος, Τρικάλων 36 και Μεσογείων, 11526 Αθήνα*

1. Εισαγωγή

Στην εργασία αυτή, γίνεται παρουσίαση της διαδικασίας που ακολουθείται για τη δημιουργία της Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων που αφορά τα υδρογεωλογικά στοιχεία σε μια προοπτική ορθολογικής Διαχείρισης του Υδάτινου Δυναμικού της Στερεάς Ελλάδας καθώς και παρουσίαση των πρώτων αποτελεσμάτων της ανάλυσης και επεξεργασίας των δεδομένων της βάσης. Οι εργασίες αναπτύσσονται στο Γ.Σ.Π. ARC/INFO και χρησιμοποιείται η σχεσιακή βάση δεδομένων INFO.

Η συνολική έκταση (25.293 km^2) που διερευνάται αφορά τα υδατικά διαμερίσματα της Δυτικής Στερεάς, Ανατολικής Στερεάς και Αττικής, σύμφωνα με το διαχωρισμό υδατικών διαμερισμάτων και υδρολογικών λεκανών του ΥΒΕΤ.

Η Στερεά Ελλάδα δομείται από πλήθος γεωλογικών ενοτήτων, οι οποίες συνιστούν πολυπλοκότητα στη γεωλογική δομή και αποτελούνται από πλήθος διαφορετικών λιθολογικών χαρακτήρων. Επομένως στο σύνολο της μελετώμενης περιοχής αναπτύσσονται πολλές διαφορετικής φύσης υδροφορίες (καρστικές και μη), σημαντικού δυναμικού κατά περίπτωση.

Οι εργασίες για τη δημιουργία της Βάσης Δεδομένων μπορούν να χωρισθούν σε δύο μέρη:

Α) Συλλογή, καταγραφή, ανάλυση και αξιολόγηση των υπαρχόντων υδρογεωλογικών στοιχείων και συμπλήρωση βασικών κενών με αναγνωριστική πρωτογενή εργασία στο ύπαιθρο με σκοπό:

- να προκύψουν οι απαραίτητες υδρογεωλογικές παράμετροι και
- να παρουσιασθούν οι πληροφορίες αυτές σε αναλογικούς, κατ' αρχήν χάρτες.

Οι εργασίες του μέρους αυτού εξελίσσονται σε δύο επίπεδα:

Α1. Εργασίες που αφορούν όλη την έκταση της Στερεάς Ελλάδας και η παρουσίαση των στοιχείων γίνεται σε χάρτες κλίμακας 1:250.000.

Α2. Εργασίες που αφορούν λεκάνες ιδιαίτερου υδρογεωλογικού ενδιαφέροντος, όπου η επεξεργασία και η παρουσίαση των στοιχείων γίνεται σε κλίμακα 1:5.000.

Β) Ανάπτυξη του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.)

Οι εργασίες του σταδίου αυτού παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακάτω.

Ως πιλοτική περιοχή για εφαρμογή και έλεγχο του προγράμματος επιλέγχθηκε η υδρολογική λεκάνη του Σπερχειού ποταμού.

2. Σχεδιασμός της βάσης δεδομένων

Για να αναπτυχθεί πλήρως και να λειτουργήσει σωστά ένα Γ.Σ.Π. πρέπει να σχεδιασθούν ολοκληρωμένα όλα τα συστατικά μέρη του, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται οι συσκευές Η/Υ, το λογισμικό, οι ειδικευμένοι χρήστες, τα ψηφιακά δεδομένα και οι αναλυτικές εφαρμογές και προσεγγίσεις. Η βάση δεδομένων, που βρίσκεται σε σύνδεση και συνεχή επικοινωνία με το Γ.Σ.Π. παίζει σημαντικό ρόλο στην αποθήκευση, ανάκτηση και διαχείριση της γεωγραφικής πληροφορίας.

Πρώτο βήμα για το σχεδιασμό της γεωγραφικής βάσης δεδομένων αποτελεί η πολύ καλή γνώση των δεδομένων τα οποία πρόκειται να εισαχθούν στη βάση. Στη συνέχεια προσδιορίζονται ποιές πληροφορίες και σε ποιά μορφή θα αποθηκευτούν. Τα χωρικά και τα περιγραφικά δεδομένα δομούνται κατά διαφορετικό τρόπο. Τα χωρικά δεδομένα (δηλ. χάρτες) αποθηκεύονται και διαχειρίζονται από το λογισμικό του Γ.Σ.Π., ενώ οι περιγραφικές πληροφορίες (κυρίως πίνακες) αποθηκεύονται και διαχειρίζονται από το σύστημα της σχεσιακής βάσης δεδομένων (D.B.M.S).

Η διαδικασία του σχεδιασμού της Βάσης Δεδομένων ακολούθησε τα εξής στάδια:

1) Προσδιορισμό των Απαιτήσεων του Χρήστη.
2) Ανάλυση και αξιολάγηση των χαρτογραφικών δεδομένων.
3) Λογικό Σχεδιασμό.
4) Φυσικό Σχεδιασμό.
5) Εκπάνηση Μελέτης-Οδηγού (Pilot Study).
6) Εφαρμογή και Δοκιμή Εναλλακτικών Σχεδίων.
7) Τελική Επιλογή και Ανάπτυξη του Σχεδιασμού που ταιριάζει καλύτερα στο Γ.Σ.Π. που θα αναπτυχθεί.

2.1. Συλλογή δεδομένων, αξιολόγηση και ψηφιακή επεξεργασία τους

Στο στάδιο αυτό συλλέχθηκαν όλες οι πληροφορίες και αξιολογήθηκαν:

A. Τα χαρτογραφικά δεδομένα που είτε αξιοποιούνται ως έχουν στη Βάση, είτε χρησιμοποιούνται ως υπόβαθρα για τις επεξεργασίες που ακολουθούν.

B. Τα μη χαρτογραφικά δεδομένα που εισόγονται ως πληροφορίες των πεδίων της Βάσης.

Η διαδικασία της ανάλυσης και της αξιολόγησης των δεδομένων περιέλαβε γενικά κατά κύριο λόγο τους εξής προσδιορισμούς:

- Της ακρίβειας και αξιοπιστίας των στοιχείων.
- Της κλίμακος εισαγωγής των δεδομένων.
- Του συστήματος συντεταγμένων που χρησιμοποιήθηκε.
- Των χαρτογραφικών σχεδιαστικών προβλημάτων.

Τα χαρτογροφικά στοιχεία της Βάσης Υδρογεωλογικών Δεδομένων που δημιουργούνται έχουν τριπλή προέλευση.

- Έτοιμα ψηφιακά αρχεία από άλλες πηγές.
- Ψηφιακά αρχεία που δημιουργήθηκαν από αναλογικούς χάρτες προηγούμενη επεξεργασία (π.χ. ψηφιοποίηση συγκοινωνιακού δικτύου κ.λπ.).
- Ψηφιακά αρχεία που δημιουργούνται μετά από επεξεργασία των υδρογεωλογικών στοιχείων.

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία ανήκουν στη δεύτερη και τρίτη κατηγορία.

2.2. Λογικός Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων

Ο Λογικάς Σχεδιασμός περιέλαβε τις εξής εργασίες:

1) Καταγραφή των Περιεχομένων της Βάσης Δεδομένων.
2) Ανάπτυξη Σχεδίου - Μοντέλου των Συστατικών της Βάσης Δεδομένων (Πίν. 1).
3) Σχεδιασμό της Διαδικασίας της Αυτοματοποίησης της σύνταξης των χαρτών, εκτίμηση των δυνατοτήτων του συστήματος και των αναγκών σε προγραμματισμό.
4) Επιλογή της περιοχής για την Pilot study και πιλοτική εφαρμογή.

2.2.1. Καταγραφή των Περιεχομένων της Βάσης Δεδομένων

Το τμήμα αυτό του σχεδιασμού ήταν από τα πιο σημαντικά, ώστε να μην υπάρξουν δυσχέρειες χρήσης στο μέλλον. Προβλέφθηκε με ακρίβεια κάθε στοιχείο που περιέχεται στη Βάση Δεδομένων, ώστε αφ' ενός μεν να μην υπάρχουν περιττά συστατικά, αφ' ετέρου δε να μην παρατηρούνται ελλειπή στοιχεία. Είναι δύσκολο μετά το στήσιμο της Βάσης να προστεθούν νέα πεδία και κυρίως να αναζητηθεί εκ νέου όλη η βιβλιογραφία, προκειμένου να συμπληρωθούν με τιμές τα νέα αυτά πεδία.

Γι' αυτό η εργασία της καταγραφής των περιεχομένων της Βάσης Δεδομένων είναι επίπονη και απαίτησε τη συνεχή συνεργασία των μελών της ομάδας υδρογεωλόγων και αυτών που ανέπτυξαν το Γ.Σ.Π. Στο τέλος της παρούσας εργασίας μας παραθέτουμε ένα παράδειγμα από τα Περιεχόμενα της Γεωγραφικής Βάσης των Υδρογεωλογικών Δεδομένων που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του διαχειριστικού προγράμματος του Υδατικού Δυναμικού της περιοχής της Στερεάς Ελλάδας.

2.2.2. Ανάπτυξη Σχεδίου - Μοντέλου των Συστατικών της Βάσης Δεδομένων

Αφού οριστικοποιήθηκαν τα περιεχόμενα της Βάσης Δεδομένων, έγινε ο διαχωρισμός των πληροφοριών σε λογικές ενότητες που πραγματοποιήθηκε η διαδικασία της ανάπτυξης του σχεδίου-μοντέλου, στην προοπτική της αυτοματοποίησης της λειτουργίας της Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει επίσης το σχεδιασμό των χαρτογραφικών αρχείων και τον ορισμό των συσχετίσεων μεταξύ των επί μέρους αρχείων. Εξαρτάται δε, από το λογισμικό το οποίο θα χρησιμοποιηθεί. Συνεπώς τα παρακάτω αναφερόμενα είναι σχεδιασμένα για το λογισμικό Γ.Σ.Π. ARC/INFO.

Το σχέδιο αφορά τις εξής τέσσερις ενότητες:

1) Τα χαρτογραφικά επίπεδα (Layers).
2) Τα αρχεία των χαρακτηριστικών στοιχείων (Feature Attribute Tables).
3) Τους πίνακες συσχέτισης (Relate Tables ή Look Up Tables).

Οι πληροφορίες που περιέχει η Βάση Δεδομένων διακρίθηκαν σε:

1) Γενικής-Γεωγραφικής Πληροφόρησης.
- των υδρολογικών στοιχείων,
- των διοικητικών πληροφοριών,
- των οικισμών και του οδικού δικτύου,
- των ισοϋψών καμπυλών και των παραγώγων χαρτών, των τιμών και του προσανατολισμού των μορφολογικών κλίσεων.
- των τεκτονικών στοιχείων και άλλων γενικών γεωλογικών στοιχείων καθώς και των μεγάλων τεχνικών έργων.

2) Υδρογεωλογικής στατικής Πληροφόρησης όπου περιλαμβάνονται τα στοιχεία που αφοραύν:
- τις υδρολογικές λεκάνες και υπολεκάνες,
- τους υδρολιθολογικούς σχηματισμούς,

- τις υδρογεωλογικές μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν και
- τα υδρογεωλογικά σημεία (πηγές και υδρογεωτρήσεις).

3) Υδρογεωλογικής πληροφόρησης χρονοσειρών, όπου περιλαμβάνονται στοιχεία μεταβαλλόμενα στο χρόνο όπως των:

- χρονοσειρών των πηγών και των γεωτρήσεων (παροχές, στάθμες, ποιότητα),
- χαρτών της πιεζομετρίας του υδροφόρου ορίζοντα και
- των ορίων των ζωνών με προβλήματα ρύπανσης.

4) Συνολικής υδρογεωλογικής αξιολόγησης.

- δυναμικό εκμεταλλεύσεως υπογείων υδάτων,
- δυνατότητες εκμετάλλευσης,

Οι πίνακες που σχεδιάσθηκαν περιέχουν:

- τα ονόματα των χαρτογραφικών επιπέδων,
- τις πληροφορίες για το είδος των αρχείων (.aat, .pat ή relate table)
- τα ονόματα, το είδος, το μέγεθος και τον τύπο των πεδίων (fields, items) των πινάκων της Βάσης Δεδομένων (Βλ. Πίν. 1).

ΟΝΟΜΑ ΠΙΝΑΚΑ/ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ (TABLE/ LAYER NAME)	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΙΝΑΚΑ (FEATURES)**	**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΙΝΑΚΑ (ATTRIBUTES - ITEM NAMES)**	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ (ATTRIBUTES DESCRIPTION)**
SPRINGS *Point cov.* (P.A.T.)	*Ειδικός πίνακας στοιχείων πηγών*	*SPRINGS - ID* *REF - C* (3,4,I) *REFCOD* (5,5,C) *NAME* (12,12,C) *BASNAM* (12,12,C) *HEIGHT* (4,6,F,2) INTER (2,2,C) *INT - YIELD* (2,2,C) *TYPE* (3,3,C)	*REF - C:* Κωδικός που συνδέει την κάθε πηγή με τον πίνακα βιβλιογραφικών αναφορών (REF.LUT). *REFCOD:* Κωδικός του σημείου στην υδρογεωλογική μελέτη απ' όπου τα δεδομένα. *NAME:* Όνομα πηγής *BASNAM:* Όνομα υδρολογικής λεκάνης όπου βρίσκεται η πηγή. *HEIGHT:* Απόλυτο υψόμετρο πηγής. *INTER:* Αφορά τον χαρακτηρισμό από όποψη ενδιαφέραντος που ακολουθεί. Παίρνει τιμές: Ε = Κατ' εκτίμηση και Μ = Από μελέτη. *INT - YIELD:* Χαρακτηρισμός πηγής με βάσει την τιμή της παροχής της. Παίρνει τιμές: Υ = Υψηλού ενδιαφέροντος, Χ = Χαμηλού ενδιαφέροντος, Α = Άγνωστα στοιχεία' *TYPE:* Τύπος πηγής. Παίρνει τιμές: Ε = Επαφής, ΥΠΕ = Υπερπλήρωσης. Α = Ανιούσα, ΥΠΟ = Υποθαλάσσια. ΠΑ = Παράκτια, ΔΙΑ = Διακριτού αγωγού ή και συνδυασμό τους.

ΟΝΟΜΑ ΠΙΝΑΚΑ / ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ (TABLE / LAYER NAME)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΙΝΑΚΑ (FEATURES)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΙΝΑΚΑ (ATTRIBUTES - ITEM NAMES)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ (ATTRIBUTES DESCRIPTION)
		SHARE (2,2,C)	*SHAPE:* Μορφή πηγής. Τιμές: Μ = Μέτωπο, Δ = Διάχυτη, Κ = Καθορισμένη.
		FUNCTION (2,2,C)	*FUNCTION:* Συνθήκες λειτουργίας. Τιμές: Ε = Εποχιακή, Δ = Διαλείπουσα, Μ = Μόνιμη.
		HYDCHAR (2,2,C)	*HYDCHAR:* Κατηγορία υδροφορέα από τον οποίο τροφοδοτείται η πηγή. Τιμές: Κ = Καρστικός, Π = Πορώδης, ΡΩ = Ρωγματωμένου Μέσου.
		GEOFORM (20,20,C)	*GEOFORM:* Γεωλογικός σχηματισμός εμφάνισης πηγής. Παίρνει τιμές σύμφωνα με την κατάταξη.
		TEMPTYPE (2,2,C)	*TEMPTYPE:* Κατηγορία ως προς την θερμοκρασία του νερού. Τιμές: Θ = Θερμή, Ψ = Ψυχρή.
		TME (2,2,C)	*TME:* Θ = Θερμομεταλλική
		DATE (20,20,C)	*DATE:* Ημερομηνία απογραφής (Χρόνια). Παίρνει τιμές π.χ. 80-84, δηλ. από 1980 έως 1984 ή 80-8790, δηλ. 1980 έως 1987 και το 1990.
		CHEM (2,2,C)	*CHEM:* Παίρνει την τιμή Ν = Ναι εάν έχει ληφθεί δείγμα για χημική ανάλυση και Ο = Όχι, εάν δεν έχει ληφθεί.
		WORKS (2,2,C)	*WORKS:* Ύπαρξη έργων. Τιμές: Ν = Ναι, Ο = Όχι.
		USE (2,2,C)	*USE:* Χρήση πηγής. Τιμες Μ = Μερική και Ο = Ολική.
		USETYPE (2,2,C)	*USETYPE:* Είδος χρήσης. Τιμές: Υ = Ύδρευση, Α = Άρδευση, και Ι = Ιαματική.
		ANAR (2,2,C)	*ANAR:* Παίρνει την τιμή «Ναι» εάν λειτουργεί υπό καθεστώς αναρίθμησης και «Όχι» εάν όχι.
		HYDGEO-ID (4,5,I)	*HYDGEO-ID:* Κωδικός που συνδέει την πηγή με την υδρογεωλογική λεκάνη που εκφορτίζει από τον πίνακα HYDGEO.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Απόσπασμα του σχεδίου των πινάκων της Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων.

ΟΝΟΜΑ ΠΙΝΑΚΑ/ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ (TABLE/ LAYER NAME)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΙΝΑΚΑ (FEATURES)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙ-ΣΤΙΚΑ ΠΙΝΑΚΑ (ATTRIBUTES - ITEM NAMES)	ΠΕ ΧΑΡΑ (ATTRIBUT
		SHAPE (2,2,C)	*SHAPE:* Μο M = Μέτωπο, θορισμένη.
		FUNCTION (2,2,C)	*FUNCTION:* Σ Τιμές: Ε = Επο σα, Μ = Μόνιμ
		HYDCHAR (2,2,C)	*HYDCHAR:* Κ από τον οπο πηγή. Τιμές: Κ ρώδης, ΡΩ = Ρ
		GEOFORM (20,20,C)	*GEOFORM:* Γ σμός εμφάνισ μές σύμφωνα
		TEMPTYPE (2,2,C)	*TEMPTYPE:* Κ την θερμοκρα Θ = Θερμή, Ψ
		TME (2,2,C)	*TME:* Θ = Θερ
		DATE (20,20,C)	*DATE:* Ημερ (Χρόνια), Παίρ δηλ. από 198 8790, δηλ. 19 1990.
		CHEM (2,2,C)	*CHEM:* Παίρν εάν έχει ληφθ ανάλυση και C ληφθεί.
		WORKS (2,2,C)	*WORKS:* Υπ Ν = Ναι, Ο = Ό
		USE (2,2,C)	*USE:* Χρήση π ρική και Ο = Ο
		USETYPE (2,2,C)	*USETYPE:* Ει Υ = Ύδρευση, Ι = Ιαματική.
		ANAR (2,2,C)	*ANAR:* Παίρνε λειτουργεί μπά σης και «Όχι»
		HYDGEO-ID (4,5,I)	*HYDGEO-ID:* ει την πηγή μ λεκάνη που εκ νακα HYDGEO

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Απόσπασμα του σχεδίου των πινάκων της Βάσης Δεδομένων.

3. Επεξεργασία υδρογεωλογικών δεδομένων και εφαρμογές με τη χρήση του Γ.Σ.Π.

3.1. Πιλοτική εφαρμογή στην υδρολογική λεκάνη του Σπερχειού ποταμού

Η λεκάνη του Σπερχειού ποταμού βρίσκεται στην Κεντρική Ελλάδα και καταλαμβάνει έκταση περίπου 2.000 km^2. Δυτικά ορίζεται από την οροσειρά της Πίνδου, βόρεια από την οροσειρά της Όρθρυος και νότια από τις οροσειρές των Βαρδουσίων, της Οίτης και του Καλλιδρόμου.

Χαρακτηρίζεται από έντονες μορφολογικές αντιθέσεις (Βλ. Χάρτη Στερεογραφικής παρουσίασης λεκάνης Σπερχειού), ως αποτέλεσμα κυρίως των τεκτονικών διεργασιών που έλαβαν χώρα στην περιοχή κατά το παρελθόν, στα πλαίσια του γεωλογικού χρόνου. Η κοιλάδα του Σπερχειού ποταμού αναπτύσσεται κατά μήκος τεκτονικής καταβύθισης με διεύθυνση Ανατολή - Δύση.

Η λεκάνη του Σπερχειού ποταμού μπορεί να χωρισθεί σε δύο διακεκριμένες περιοχές. Η μια αποτελείται από πετρώματα κυρίως του αλπικού κύκλου και καταλαμβάνει τις ορεινές περιοχές και η δεύτερη που καταλαμβάνει τα πεδινά τμήματα αποτελείται από προσχωσιγενείς σχηματισμούς. Η πρώτη περιοχή έχει 19 ορεινές υπολεκάνες και καλύπτει επιφάνεια 1645 km^2. Κυριότερη είναι η υπολεκάνη της Βίστριτσας (Βλ. Υδρολιθολογικό Χάρτη).

3.1.1. Κλιματικά στοιχεία

Η λεκάνη του Σπερχειού ποταμού εκτείνεται κυρίως σε τρία τοπογραφικά φύλλα κλίμακας 1:100.000 γης Γ.Υ.Σ., τα φύλλα Λαμία, Καρπενήσι και Στυλίς. Μικρά τμήματά της ανήκουν και στα γειτονικά φύλλα Βόλος, Καρδίτσα και Φάρσαλα. Για τις ανάγκες της πιλοτικής εφαρμογής ψηφιοποιήθηκαν όλες οι ισοϋψείς ανά 200 m και στο πεδινό τμήμα ανά 40 m, προκειμένου να αποτυπωθούν ευκρινέστερα οι μορφολογικές λεπτομέρειες του πεδινού αναγλύφου. Στη συνέχεια, από τα αρχείο των ισοϋψών καμπυλών και το υδρογραφικό δίκτυο δημιουργήθηκε στο ARC/INFO το TIN (Triangulated Irregulation Network) της λεκάνης και εξ αυτού προήλθε ο κάναβος σημείων (GRID) 1000 × 563 και μέγεθος κελιού 70 m^2. Από την επεξεργασία του GRID προήλθε ο χάρτης τιμών των μορφαλογικών κλίσεων (SLOPE MAP) και ο χάρτης προσανατολισμού των μορφολογικών κλίσεων (ASPECT MAP).

3. Επεξεργασία υδρογεωλογικών δεδομένων και εφαρμογές με τη χρήση του Γ.Σ.Π.

3.1. Πιλοτική εφαρμογή στην υδρολογική λεκάνη του Σπερχειού ποταμού

Η λεκάνη του Σπερχειού ποταμού βρίσκεται στην Κεντρική Ελλάδα και καταλαμβάνει έκταση περίπου 2.000 km^2. Δυτικά ορίζεται από την οροσειρά της Πίνδου, βόρεια από την οροσειρά της Όρθρυος και νότια από τις οροσειρές των Βαρδουσίων, της Οίτης και του Καλλιδρόμου.

Χαρακτηρίζεται από έντονες μορφολογικές αντιθέσεις (Βλ. Χάρτη Στερεογραφικής παρουσίασης λεκάνης Σπερχειού), ως αποτέλεσμα κυρίως των τεκτονικών διεργασιών που έλαβαν χώρα στην περιοχή κατά το παρελθόν, στα πλαίσια του γεωλογικού χρόνου. Η κοιλάδα του Σπερχειού ποταμού αναπτύσσεται κατά μήκος τεκτονικής καταβύθισης με διεύθυνση Ανατολή - Δύση.

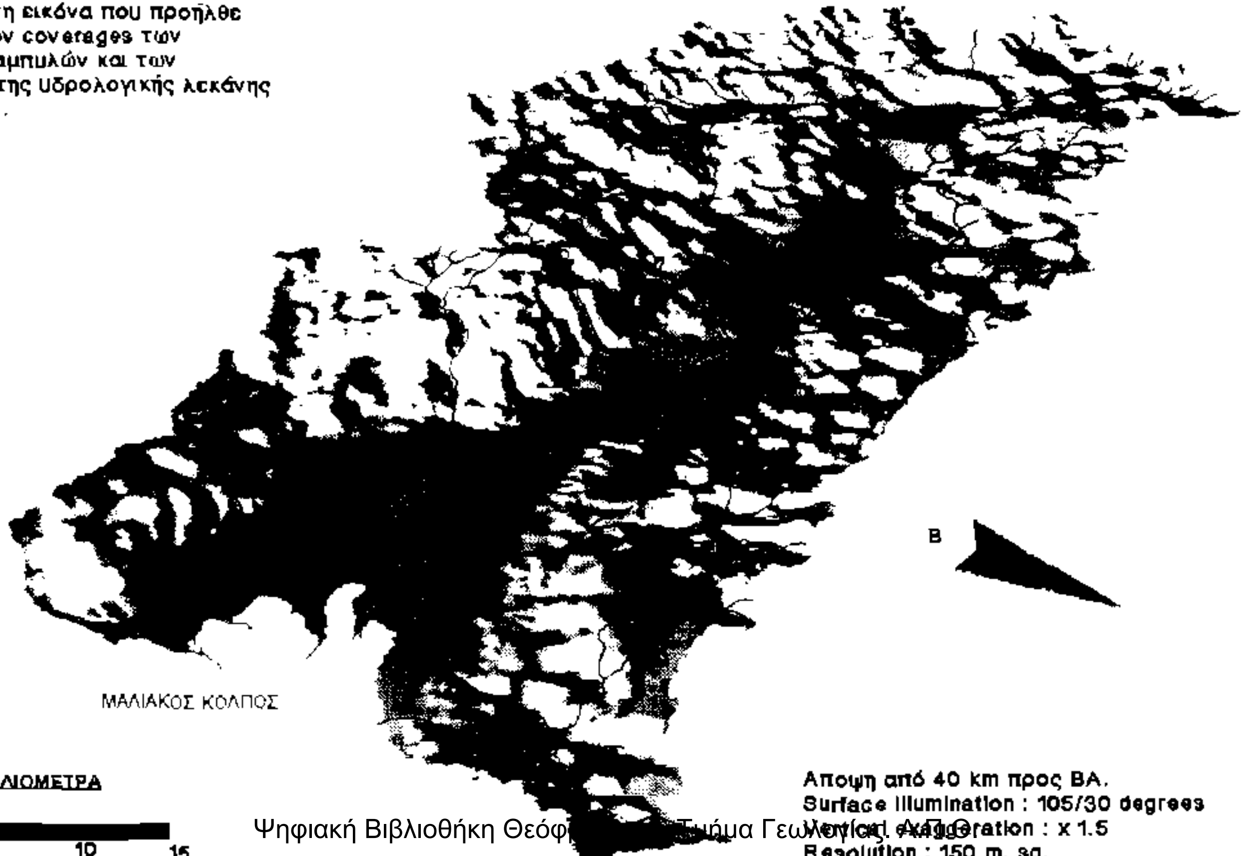
Η λεκάνη του Σπερχειού ποταμαύ μπορεί να χωρισθεί σε δύο διακεκριμένες περιοχές. Η μια αποτελείται από πετρώματα κυρίως του αλπικού κύκλου και καταλαμβάνει τις ορεινές περιοχές και η δεύτερη που καταλαμβάνει τα πεδινά τμήματα αποτελείται από προσχωσιγενείς σχηματισμούς. Η πρώτη περιοχή έχει 19 ορεινές υπολεκάνες και καλύπτει επιφάνεια 1645 km^2. Κυριότερη είναι η υπολεκάνη της Βίστριτσας (Βλ. Υδρολιθολογικό Χάρτη).

3.1.1. Κλιματικά στοιχεία

Η λεκάνη του Σπερχειού ποταμού εκτείνεται κυρίως σε τρία τοπογραφικά φύλλα κλίμακας 1:100.000 γης Γ.Υ.Σ., τα φύλλα Λαμία, Καρπενήσι και Στυλίς. Μικρά τμήματά της ανήκουν και στα γειτονικά φύλλα Βόλας, Καρδίτσα και Φάρσαλα. Για τις ανάγκες της πιλοτικής εφαρμογής ψηφιοποιήθηκαν όλες οι ισοϋψείς ανά 200 m και στο πεδινό τμήμα ανά 40 m, προκειμένου να αποτυπωθούν ευκρινέστερα οι μορφολογικές λεπτομέρειες του πεδινού αναγλύφου. Στη συνέχεια, από τα αρχεία των ισοϋψών καμπυλών και το υδρογραφικό δίκτυο δημιουργήθηκε στο ARC/INFO το TIN (Triangulated Irregulation Network) της λεκάνης και εξ αυτού προήλθε ο κάναβος σημείων (GRID) 1000 × 563 και μέγεθος κελιού 70 m^2. Από την επεξεργασία του GRID προήλθε ο χάρτης τιμών των μορφολογικών κλίσεων (SLOPE MAP) και ο χάρτης προσανατολισμού των μορφαλογικών κλίσεων (ASPECT MAP).

ΣΤΕΡΕΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Τρισδιάτατη εικόνα που προήλθε από TIN των coverages των ισουψών καμπυλών και των ρεμμάτων της υδρολογικής λεκάνης Σπερχειού .



ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ

0 5 10 15

Αποψη από 40 km προς ΒΑ.
Surface Illumination : 105/30 degrees
Vertical exaggeration : x 1.5
Resolution : 150 m. sq.

3.1.2. Κλιματικά στοιχείο

Τα κλιματικά στοιχεία είναι απαραίτητα προκειμένου να υπολογισθούν η επιφανειακή απορροή και όλες οι υδρολογικές και υδρογεωλογικές παράμετροι. Ψηφιοποιήθηκαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί και χτίσθηκαν σαν αρχείο σημειακής τοπολογίας (point cov).

3.1.3. Υδρολογικά στοιχεία

Η λεκάνη του Σπερχειού απαρτίζεται από 19 επί μέρους ορεινές υδρολογικές λεκάνες που καταλήγουν στην πεδινή περιοχή. Αυτές έχουν ποικιλία κλιματικών παραμέτρων και συνίστανται από διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς. Το γεγονός αυτό, έχει ως αποτέλεσμα, την ύπαρξη ποικιλότητας στις διάφορες υδρολογικές παραμέτρους (επιφανειακή απορροή, κατείσδυση, εξατμισιοδιαπνοή). Για τις ανάγκες του προγράμματος ψηφιοποιήθηκαν τα όρια των λεκανών αυτών από χάρτη κλίμακας 1:100.000 και χτίσθηκαν ως αρχείο πολυγωνικής τοπολογίας (polygon cov). Στη βάση δεδομένων εισήχθηκαν στοιχεία σχετικά με τους υδρολιθολογικούς σχηματισμούς που συναντώνται στην κάθε λεκάνη, το ύψος της βροχής, την επιφανειακή απορροή, την κατείσδυση και το εκτιμώμενο υπόγειο υδατικό δυναμικό. Επίσης ψηφιοποιήθηκαν όλα τα ρέματα που περιλαμβάνονται στο χάρτη κλ. 1:100.000 της ΓΥΣ τα οποία διαχωρίσθηκαν σε κύρια και δευτερεύοντα ρέματα (Χάρτης Πληροφόρησης).

3.1.4. Τεκτονικά στοιχεία

Στη συνέχεια ψηφιοποιήθηκαν από τους γεωλογικούς χάρτες κλίμακας 1:50.000 τα φύλλα Καρπενήσι, Σπερχειάς, Λαμία, Στυλίδα, Ανάβρα, Δομοκός, Λεοντάριο, Φουρνάς, Άμφισσα και Αμφίκλεια, έκδοσης ΙΓΜΕ τα ρήγματα, οι εφιππεύσεις και οι επωθήσεις. Σημαντικό πρόβλημα αντιμετωπίσθηκε λόγω της ασυνέχειας των τεκτονικών ορίων στα γειτονικά γεωλογικά φύλλα, όπου χρειάσθηκε επέμβαση με γεωλογικά κριτήρια καθώς και σε επικαλύψεις γειτονικών φύλλων με διαφορετικά όμως στοιχεία. Ανάλογο πρόβλημα προέκυψε εξ αιτίας της έλλειψης του γεωλογικού φύλλου Λιδωρίκι, το οποίο καλύφθηκε από την υδρολιθολογική χαρτογράφηση της BGR-IGME [1974]. Στον λιθολογικό χάρτη εμφανίζονται όλα τα ρήγματα και οι τεκτονικές επαφές που εκτιμάται ότι έχουν υδρογεωλογική σημασία.

3.1.5. Πηγές και Γεωτρήσεις

Ψηφιοποιήθηκαν αρχικά όλες οι πηγές που αναφέρονται στα φύλλα τοπογραφικών χαρτών 1:100.000 της ΓΥΣ. Στη συνέχεια ψηφιοποιήθηκαν ξεχωριστά οι πηγές που αναφέρονται στην «Απογραφή Καρστικών Πηγών της Ελλάδας», έκδοσης ΙΓΜΕ (Βλ. Υδρολιθολογικό χάρτη) οι οποίες σε αρκετές περιπτώσεις διορθώθηκαν ως προς τη θέση τους, με βάση τη μελέτη των BGR-IGME [1974]. Επίσης από την παραπάνω μελέτη συμπληρώθηκαν οι θερμομεταλλικές πηγές. Στη βάση δεδομένων εισήχθηκαν όλα τα σχετικά δεδομένα με τις πηγές αυτές. Από τη διαδικασία επεξεργασίας των ψηφιακών δεδομένων στο Γεωγραφικό Σύστημα προέκυψαν αρχεία σημειακής τοπολογίας (point cov.).

3.1.6. Υδρολιθολογικός χάρτης

Από την επεξεργασία των γεωλογικών χαρτών ΙΓΜΕ και των υδρογεωλογικών διαθεσίμων στοιχείων, όπως περιγράφηκε προηγούμενα, δημιουργήθηκε πρώτα το υπόμνημα των χαρτών υδρολιθολογικής πληροφορίας και στη συνέχεια προέκυψαν οι αναλογικοί χάρτες υδρολιθολογικών ορίων. Οι χάρτες αυτοί ψηφιοποιήθηκαν με τη σειρά τους και κτίσθηκαν με πολυγωνική τοπολογία (polygon cov.). Ιδιαίτερη μέριμνα υπήρξε για τα τμήματα των γραμμών του χάρτη των τεκτονικών στοιχείων, που συνέπιπταν με τμήματα των γραμμών των υδρολιθολογικών ορίων ώστε να μην υπάρξει επανάληψη της ψηφιακής πληροφορίας.

3.2. Ανάλυση, επεξεργασία και εφαρμογές με τη χρήση του ΓΣΠ στο σύνολο της περιοχής της Στερεάς Ελλάδας

3.2.1. Ανάπτυξη υδρολιθολογικού χάρτη

Αφετηρία για τη διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών αποτελεί η σύνταξη του γενικού υδρολιθολογικού χάρτη σε κλίματα 1:250.000.

Κριτήριο για τη σύνταξη του χάρτη αυτού ήταν ο συνδυασμός δύο βασικών παραμέτρων:

- Επιτελικότητα, για την απόδοση των υδρογεωλογικών συνθηκών σε μια τέτοια μεγάλη έκταση.
- Ακρίβεια για την αρτιότερη αξιολόγηση όλων των διαθέσιμων στοιχείων.

Για τους παραπάνω λόγους η απόδοση των υδρολιθολογικών χαρακτήρων των γεωλογικών σχηματισμών έγινε μετά από την ενοποίηση των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000 (συνολικά 70 φύλλα ΓΥΣ, περίπου).

Τα προβλήματα που αντιμετωπίσθηκαν όσον αφορά την ενοποίηση των γεωλογικών χαρτών ήταν κυρίως:

- Ασυμφωνία γεωλογικών ορίων σε γειτονικά φύλλα κυρίως λόγω διαφορετικών παραδοχών γεωλογικής χαρτογράφησης.
- Μη εκδομένοι γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ (13 φύλλα στο σύνολο της Στερεάς, που αφορούν τις περιοχές Αιτωλοακαρνανίας, Λιδωρίκι, Αττική και Εύβοια).

Στην περίπτωση της ασυμφωνίας των γεωλογικών ορίων χρησιμοποιήθηκαν γεωλογικά κριτήρια για την ταύτιση των ορίων γειτονικών φύλλων.

Το πρόβλημα των μη εκδομένων φύλλων επιλύθηκε κατά περίπτωση όπως:

- Για τα υπό έκδοση φύλλα, χρησιμοπαιήθηκαν οι μακέτες του ΙΓΜΕ.
- Για τα φύλλα όπου έχει ολοκληρωθεί η χαρτογράφηση, χρησιμοποιήθηκαν οι πρόχειροι χάρτες του ΙΓΜΕ (και για τις δύο αυτές περιπτώσεις υπήρξε συνεννόηση με τη Δ/νση Χαρτογράφησης του ΙΓΜΕ, την οποία και ευχαριστούμε).
- Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις ανατρέξαμε σε μελέτες, διδακτορικές διατριβές καθώς και σε γεωλογικούς χάρτες σε άλλες κλίμακες και οι πληροφορίες προσαρμόσθηκαν στην κλίμακα του προγράμματος.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στη Στερεά διαχωρίσθηκαν σε τρεις κύριες κατηγορίες, ανάλογα με τους υδρολιθολογικούς τους χαρακτήρες:

Πορώδεις σχηματισμοί. Διακρίνονται (i) οι πορώδεις προσχωματικοί σχηματισμοί κυμαινόμενης περατότητας, στους οποίους περιλαμβάνονται κυρίως οι πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις και (ii) οι πορώδεις μη προσχωματικοί σχηματισμοί μέτριας έως μικρής περατάτητας, στους οποίους περιλαμβάνονται οι πλειοπλειστοκαινικοί και νεογενείς σχηματισμοί.

Καρστικοί σχηματισμοί. Περιλαμβάνονται τα ανθρακικά πετρώματα στα οποία αναπτύσσεται καρστική υδροφορία. Πρόκειται για σχηματισμούς με μεγάλη έως μέτρια περατότητα.

Αδιαπέρατοι σχηματισμοί αλπικού υποβάθρου. Περιλαμβάνονται οι πρακτικά αδιαπέραται σχηματισμοί ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμοί του αλπικού υποβάθρου.

Σε γενικό υδρολιθογραφικό χάρτη παρουσιάζονται επίσης για λόγαυς περαιτέρω υδρογεωλογικής αξιολόγησης:

- Οι περιοχές της Αιτ/νίας στις οποίες εμφανίζονται τα τριαδικά λατυποπαγή, σχηματισμός μέτριας έως μικρής περατάτητας.

- Οι περιοχές στις οποίες επικρατούν οι Σχιστοκερατολιθική Διάπλαση, Οφιόλιθοι, Περιδοτίτες, Σχιστόλιθοι και παλαιοζωϊκό υπόβαθρο. Ουσιαστικά δηλ. διαχωρίζονται οι περιοχές του Φλύσχη. Πρόκειται για αδιαπέρατους σχηματισμούς.
- Οι περιοχές στις οποίες εμφανίζονται τα αδιαπέρατα ηφαιστειακά της Ν. Αίγινας.
- Τα τεκτονικά στοιχεία και οι πηγές για τα οποία θα αναφερθούμε παρακάτω.
- Η σχέση (στρωματογραφική ή τεκτονική) μεταξύ διαπερατών - αδιαπέρατων σχηματισμών του αλπικού υποβάθρου.

3.2.2. Απεικόνιση τεκτονικών στοιχείων

Για την απόδοση των τεκτονικών στοιχείων (ρήγματα, εφιππεύσεις, επωθήσεις) ψηφιοποιήθηκαν αρχικά όλα τα στοιχεία που αναφέρονται στους γεωλογικούς χάρτες 1:50.000 του ΙΓΜΕ. Το αποτέλεσμα όμως ήταν να εμφανίζεται μια άνιση κατανομή των στοιχείων αυτών για δύο κύρια λόγους:

- Διαφορετικές παραδοχές και μεθοδολογία απόδοσης των τεκτονικών στοιχείων ανά χαρτογράφο.
- Μη εκδομένα φύλλα.

Τελικά τα προβλήματα αυτά επιλύθηκαν λαμβάνοντας υπόψη τις μεγάλες κυρίως τεκτονικές γραμμές που εμπεριέχονται στο σεισμοτεκτονικό χάρτη του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:500.000, εφόσον αυτά συσχετίσθηκαν με τα αντίστοιχα των χαρτών του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000.

Η μεθοδολογία αυτή ακολουθήθηκε για όλη την έκταση της Στερεάς εκτός από την περιοχή της Πίνδου με τις έντονες λεπιώσεις, όπου χρησιμοποιήθηκαν οι επωθήσεις και εφιππεύσεις που περιέχονται στους χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000.

Στο χάρτη, αυτό που παρατίθεται στο τέλος της παρούσας ανακοίνωσης, έχουν αποτυπωθεί οι καρστικοί σχηματισμοί και παρουσιάζονται οι καρστικές κυρίως πηγές (βλ. παρακάτω). Οι πληροφορίες του χάρτη συμπληρώνονται με άλλους χάρτες όπου εμφανίζονται η κίνηση του νερού των καρστικών υδροφορέων, η διάκριση των υδρογεωλογικών λεκανών, οι ζώνες με υδροαποθεματικό ενδιαφέρον και οι ποιοτικοί χαρακτήρες του νερού.

3.2.3. Πηγές

Για τη μελέτη των πηγών (τύπος πηγής, υδροδυναμική συμπεριφορά, έκταση υδρογεωλογικής λεκάνης που εκφορτίζει κ.λπ.) ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

- Αποτυπώθηκαν όλες οι πηγές που αναφέρονται στην απογραφή καρστικών πηγών του ΙΓΜΕ.
- Αποτυπώθηκαν οι σημαντικότερες πηγές όπου αναφέρονται στην απογραφή θερμομεταλλικών πηγών Ελλάδας (Ν. Σφέτσος, ΙΓΜΕ).
- Οι παραπάνω πηγές συμπληρώθηκαν με τις πηγές που περιέχονται σε διάφορες υδρογεωλογικές μελέτες που έχουν εκπονηθεί για διάφορους φορείς (Υπ. Γεωργίας, ΥΠΕΧΩΔΕ κ.λπ.).
- Παράλληλα με την ψηφιοποίηση των πηγών αναπτύχθηκε και συμπληρώθηκε η βάση δεδομένων σε όλα τα διαθέσιμα στοιχεία που υπήρχαν.

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή, έτσι ώστε να τοποθετηθεί επακριβώς η θέση κάθε πηγής αντίστοιχα στο σχηματισμό που εκφορτίζει, λαμβάνοντας υπόψη τα πληροφοριακά στοιχεία κάθε πηγής και το υψόμετρο. Αυτό οπστέλεσε μια διαδικασία απαραίτητη και επίπονη εφόσον τα αρχικά υπόβαθρα από τα οποία ψηφιοποιήθηκαν τα σημεία των πηγών, αναφέρονται σε διάφορες κλίμακες και συχνά χωρίς συντεταγμένες.

Επίσης σημειώθηκαν οι διευθύνσεις ροής με βάση το τοπογραφικό υπόβαθρο.

3.2.4. Χάρτης κατανομής και δυναμικού προσχωματικών υδροφοριών

Η μελέτη των διαφορετικών τύπων υδροφοριών ξεκίνησε από τους πορώδεις προσχωματικούς σχηματισμούς.

Κριτήρια για την ταξινόμηση των κατηγοριών ήταν:

- Υδρολιθολογία, όπως αυτή προκύπτει από την επεξεργασία των στοιχείων των βιβλιογραφικών δεδομένων.
- Αξιολόγηση των στοιχείων των υδροληπτικών έργων σύμφωνα με τη βάση δεδομένων που έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του Γ.Σ.Π. (αναφέρθηκε προηγουμένως).
- Γνώση και εμπειρία των υδρογεωλογικών συνθηκών σε επί μέρους περιοχές από την ερευνητική ομάδα.

Η ταξινόμηση που ακολουθήθηκε και παρουσιάζεται στο χάρτη αφορά:

- ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα αξιόλογου δυναμικού
- ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα μικρού δυναμικού ή με τοπικό ενδιαφέρον
- υπό πίεση ή αρτεσιανό υδροφόρο ορίζοντα.

Στο τέλος της ανακοίνωσης παρατίθεται ο χάρτης κατανομής των προσχωματικών υδροφοριών.

4. Συμπεράσματα

1. Με το πέρας των εργασιών που παρουσιάσαμε, θα έχει αναπτυχθεί μια Γεωγροφική Βάση Δεδομένων Υδρογεωλογικών στοιχείων και μια σειρά χαρτών σχετικών με τα μέχρι τώρα διαθέσιμα υδρογεωλογικά δεδομένα για την περιοχή της Στερεάς Ελλάδας. Κάθε ενδιαφερόμενος θα μπορεί να ανατρέχει και να αναζητά τις σχετικές πληροφορίες, προικειμένου να έχει επιτελική εικόνα των υδρογεωλογικών παραμέτρων. Οι πληροφορίες αυτές θα αποτελέσουν απαραίτητα δεδομένα εισαγωγής στην ανάπτυξη ενός προγράμματος ορθολογικά σχεδιασμένης διαχείρισης του υδάτινου δυναμικού για την μελετηθείσα περιοχή.
2. Η υδρογεωλογική έρευνα απαιτεί τη συλλογή, αξιολόγηση, καταγραφή και αξιοποίηση πλήθους πληροφοριών κατανεμημένων σε έκταση και σε αλλεπάλληλα επίπεδα. Επί πλέον απαιτεί επεξεργασίες, συσχετίσεις και αναλύσεις των πρωτογενών γεωγραφικών υδρογεωλογικών στοιχείων για την παραγωγή νέων πληροφοριών. Το Γ.Σ.Π. αποτελεί μοναδικό εργαλείο στη διαδικασία αυτή.
3. Οι χάρτες οι οποίοι προέρχονται από ένα Γ.Σ.Π. και υποστηρίζονται από Βάση Γεωγραφικών Δεδομένων, είναι συνεπώς δυνατόν να προσαρμόζονται και να βελτιώνονται κάθε φορά και πολύ εύκολα με πρασθήκη ή αφαίρεση λεπτομερειακών και ένταξη νέων γεωλογικών πληροφοριών.
4. Βασική προϋπόθεση για την ολόπλευρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων που παρέχουν τα Γ.Σ.Π., είναι η εισαγωγή των κατάλληλων δεδομένων (λεπτομέρεια, ποιότητα κ.λπ.) καθώς και ο τρόπος δόμησης και αποθήκευσής τους. Για το λόγο αυτό, οι ομάδες ανάπτυξης και αξιοποίησης Γ.Σ.Π. απαιτείται να αποτελούνται από μέλη που να χειρίζονται με ευχέρεια το θεματικό αντικείμενο στο οποίο αναπτύσσεται το Γ.Σ.Π. και να υπάρχει συνεχής και ουσιαστική συνεργασία του συνόλου των μελών της ομάδας.

Βιβλιογραφία

Anderson, M.G. & Rogers, C.K.M. (1987). Catchment Scale Distributed Modeling). Progress in Physical Geography, vol. 11.

Baker, C.P. & August P.V. (1991). Groundwater Protection and the Rhode Island Geographic Information System, Praccedings of the Tenth Annual ESRI User Conference.

Batty, P. (1992). Exploiting Relational Database Technology in G.I.S.

B.G.R.-ΙΓΜΕ. (1970-1974). Groundwater investigations, Sperkhios Basin, Central Greece, vol. I-X Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.

Chambers, D. (1989). Overview of GIS/Database Design ARC News, vol. 11. no. 2. ESRI, Rediens, USA.

Diersch, J.H., & Grundler R., et al. (1993). ARC/INFO-BASED Groundwater Modeling in Environmental Planning and Assessment, Proceedings of the Twelfth Annual ESRI User Conference.

Johnson, E., Lynn. (1989). MAPHYD-A Digital Map-Based-Hydrologic Modeling System. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing vol. 55, no 6.

Jenson, S.K. & Dominique H.O. (1988). Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data from Geographic Information System Analysis, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Vol. 54, no. 11.

Nicholson, R. (1994). Hydrology and GIS. MSc Dissertation, School of Engineering, Univ. of Durham.

Pollock R.J. & McLaughin, J.D. (1991). Database Management System Technology and GIS, A.S.C.E. vol. 117 no. 1.

Reagan, D. Robert. (1992). GIS: A New Approach for the integrated interactive Analysis and Interpretation of Geoscience Data. Proceedings of the Eleventh Annual ESRI User Conference.

Ricem Keith. (1992). Groundwater Database Development within the PC ARC/INFO Environment. Proceedings of the Eleventh Annual ESRI User Conference.

Richard, A. Dulaney. (1992). The U.S. EPA River Reach File 3: A National Hydrographic Database for GIS Analysis. Proceedings of the Eleventh Annual ESRI User Conference.

Ross, M.A. & Schwartz, M.A. (1991). Groundwater Modeling with GIS-An Example, Groundwater. Proceedings of the International Symposium. Ch. 51.

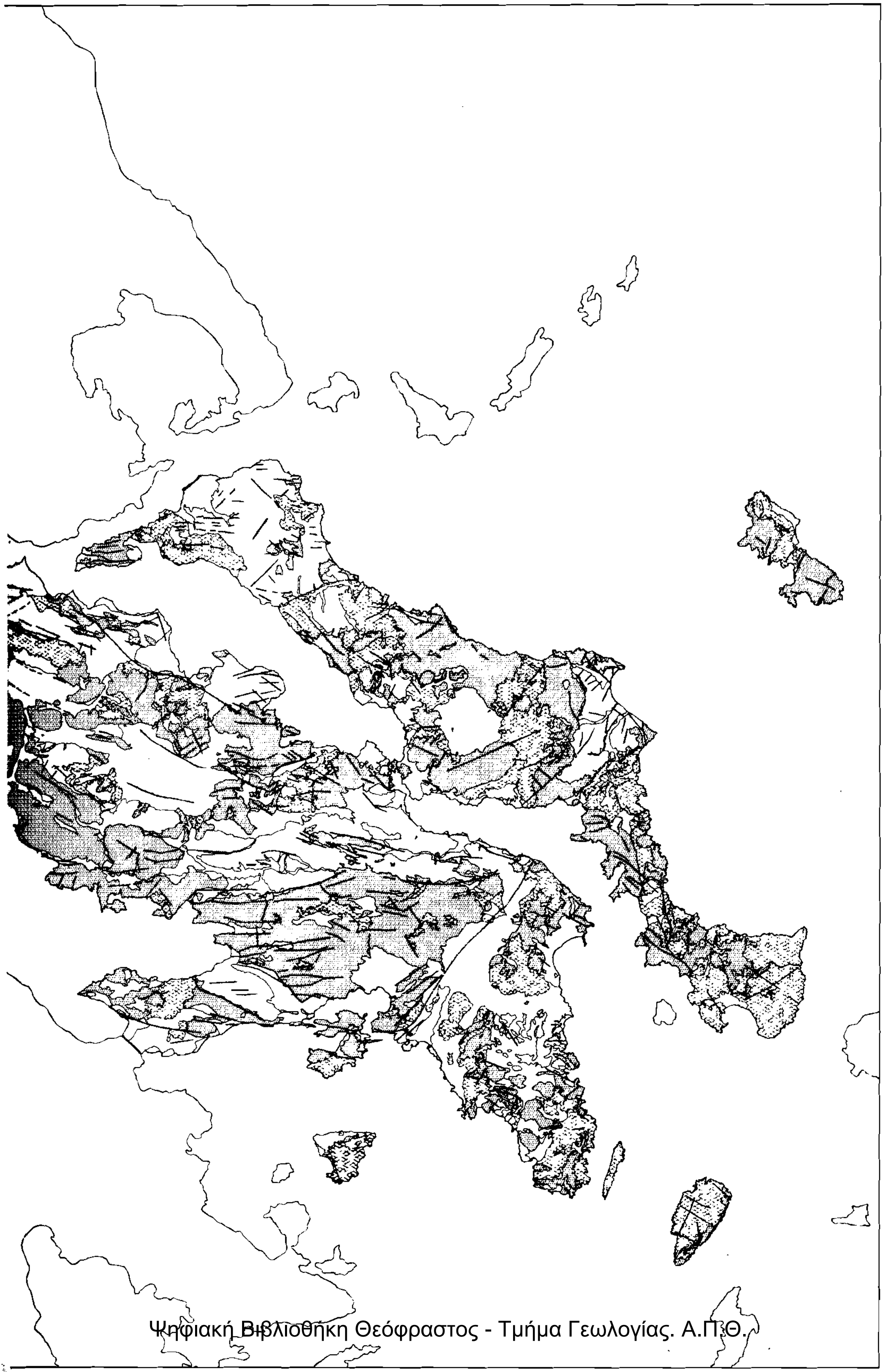
Tessar, A., Paul. (1992). GIS Database Development and Applications at the Wisconsin Department of Natural Resources. Proceedings of the Eleventh Annual ESRI User Conference.

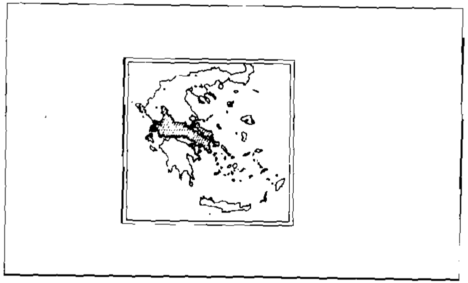
Wadge, G. (1992). Geological applications of GIS. Journal of the Geological Society, Longon, Vol. 149.

Weatly, M.R. (1992). Databases for the Geosciences, Past, Present and Future, I.T.C.J., no 2.

ΙΓΜΕ. Γεωλογικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000.


ΗΠΕΙΡΟΣ
ΘΕΣΣΑΛΙΑ
ΑΜΒΡΑΚΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ
Ν. ΛΕΥΚΑΔΑ
Ν. ΙΘΑΚΗ
ΙΟΝΙΟΝ ΠΕΛΑΓΟΣ
Ν. ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ
0 m
20000 m
40000 m





ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΙΣ : ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ :
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΤΗΣ Σ Τ Ε Ρ Ε Α Σ Ε Λ Λ Α Δ Α Σ

ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ
	1

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 1996

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ : Π.Γ. ΜΑΡΙΝΟΣ καθ. Ε.Μ.Π. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ: Μ.ΚΑΒΒΑΔΑΣ καθ.Ε.Μ.Π. και Χ.ΑΛΕΞΙΑΔΟΥ, Α.ΒΑΛΑΔΑΚΗ Δ.ΖΑΜΠΕΤΑΚΗΣ, Α.ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ, Β.ΠΕΡΛΕΡΟΣ, Σ.ΠΛΕΣΣΑΣ, ΓΕΟΛΟΓΟΙ.
	Η ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΓΙΝΕ ΑΠΟ ΤΗΝ : Μ. ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ, ΓΕΩΛΟΓΟ.
	Η ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΝ Η/Υ ΕΓΙΝΕ ΑΠΟ ΤΟΥΣ : [illegible]
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ : Θ. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ καθ.Ε.Μ.Π. ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ : Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ επικ.καθ.Ε.Μ.Π.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ : Η ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ, ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΕΥΦΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΕΓΙΝΕ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΠΟΡΩΔΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Πορώδης προσχωματικός σχηματισμός κυμαινόμενης περατότητας.

Πορώδης μη προσχωματικός σχηματισμός μέτριας έως μικρής περατότητας.

ΚΑΡΣΤΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ
Σχηματισμοί μεγάλης έως μέτριας περατότητας.

Καρστικός υδροφορέας.

Τριαδικά Ασβεστολιθοι περιοχής Αιτ/νίας.

ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΑΛΠΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΚΑΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ

Πρακτικά αδιαπέρατος ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμός.

Σχιστοκερατολιθική Διάπλαση, Περιδοτίτες, Οφιόλιθοι, Σχιστόλιθοι, Σχηματισμοί

Ηφαιστειακά πετρώματα νήσου Αίγινας.

Ρήγματα (Από τον σεισμοτεκτονικό χάρτη του ΙΓΜΕ κλιμ. 1:500.000).

Επωθήσεις-Επιπτώσεις (Από τον σεισμοτεκτονικό χάρτη του ΙΓΜΕ κλιμ. 1:500.000).

Καρστική Πηγή.

Πηγή Θερμομεταλλική.

Πηγή από έξοδο διηθήσεων νερού σε προσχωματικά πεδία.

Καρστική πηγή μικρής δυναμικότητας με υδρογεωλογικό ενδιαφέρον.

A B — Β Σχηματισμός υπερκείμενος του Α (Στρωματογραφικά ή Τεκτονικά)

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

(1) [illegible]

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ	
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΙΣ : ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ	
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ : **ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**	
ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΙΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ **2**
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 1996
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ : Π.Γ. ΜΑΡΙΝΟΣ καθ. Ε.Μ.Π. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ: Μ.ΚΑΒΒΑΔΑΣ καθ.Ε.Μ.Π. και Χ.ΑΛΕΞΙΑΔΟΥ, Α.ΒΑΛΑΔΑΚΗ Δ.ΖΑΜΠΕΤΑΚΗΣ, Α.ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ, Β.ΠΕΡΛΕΡΟΣ, Σ.ΠΛΕΣΣΑΣ, ΓΕΩΛΟΓΟΙ. Η ψηφιακή των χαρτογραφικών δεδομένων έγινε από τον Π. Δαφνή, Γεωλόγο
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ : Θ. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ καθ.Ε.Μ.Π ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ : Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ επικ.καθ.Ε.Μ.Π.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ : Η ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ, ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΙΣΟΫΨΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΕΓΙΝΕ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας αξιόλογου δυναμικού.

Ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας μικρού δυναμικού ή με τοπικό ενδιαφέρον.

Υπό πίεση ή αρτεσιανός υδροφόρος ορίζοντας.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΠΟΡΩΔΗΣ ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΙΑΣ ΕΩΣ ΜΙΚΡΗΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

ΚΑΡΣΤΙΚΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑΣ

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΣ Η ΕΚΛΕΚΤΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΛΠΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

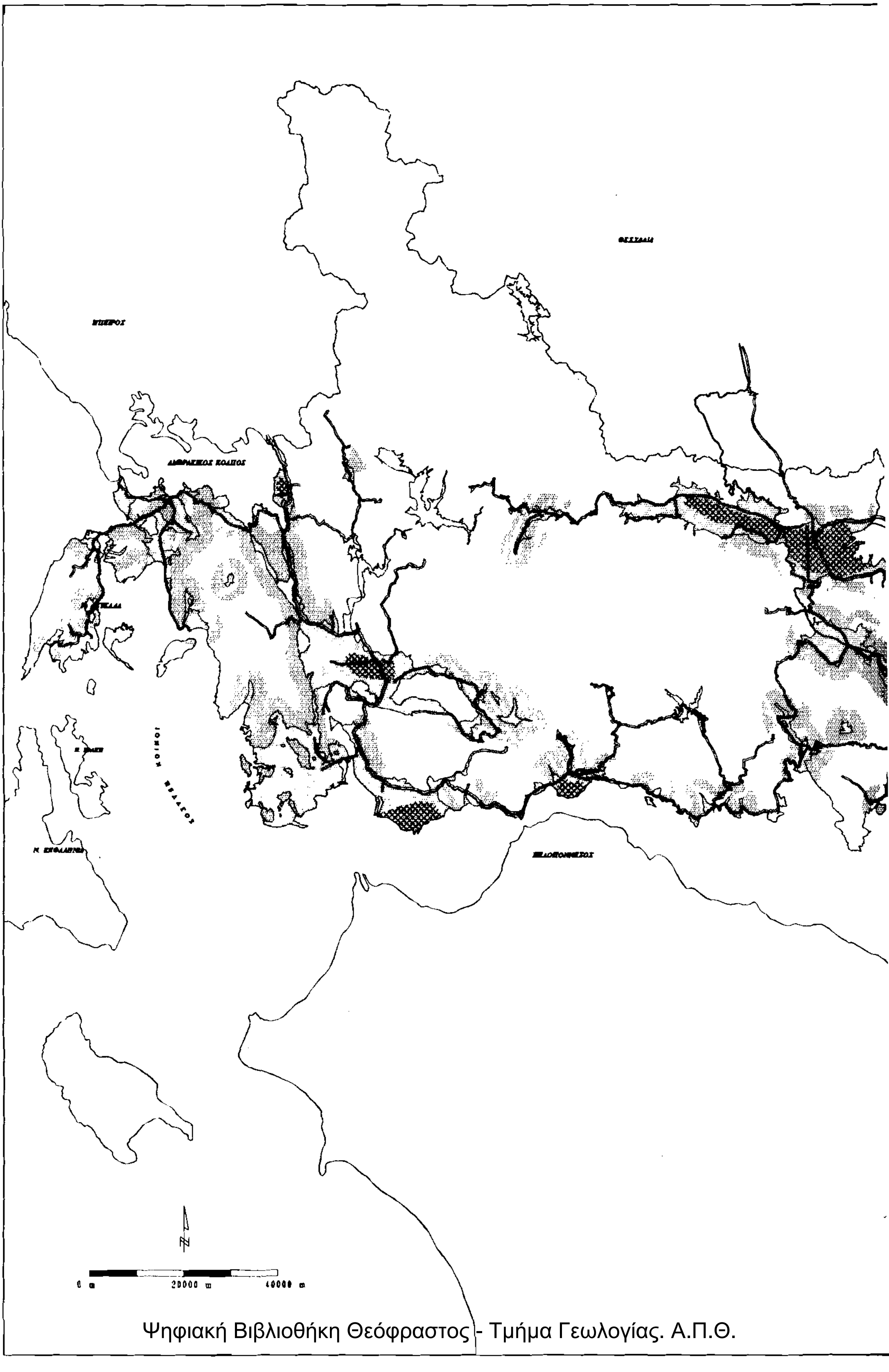
Σιδηροδρομική Γραμμή

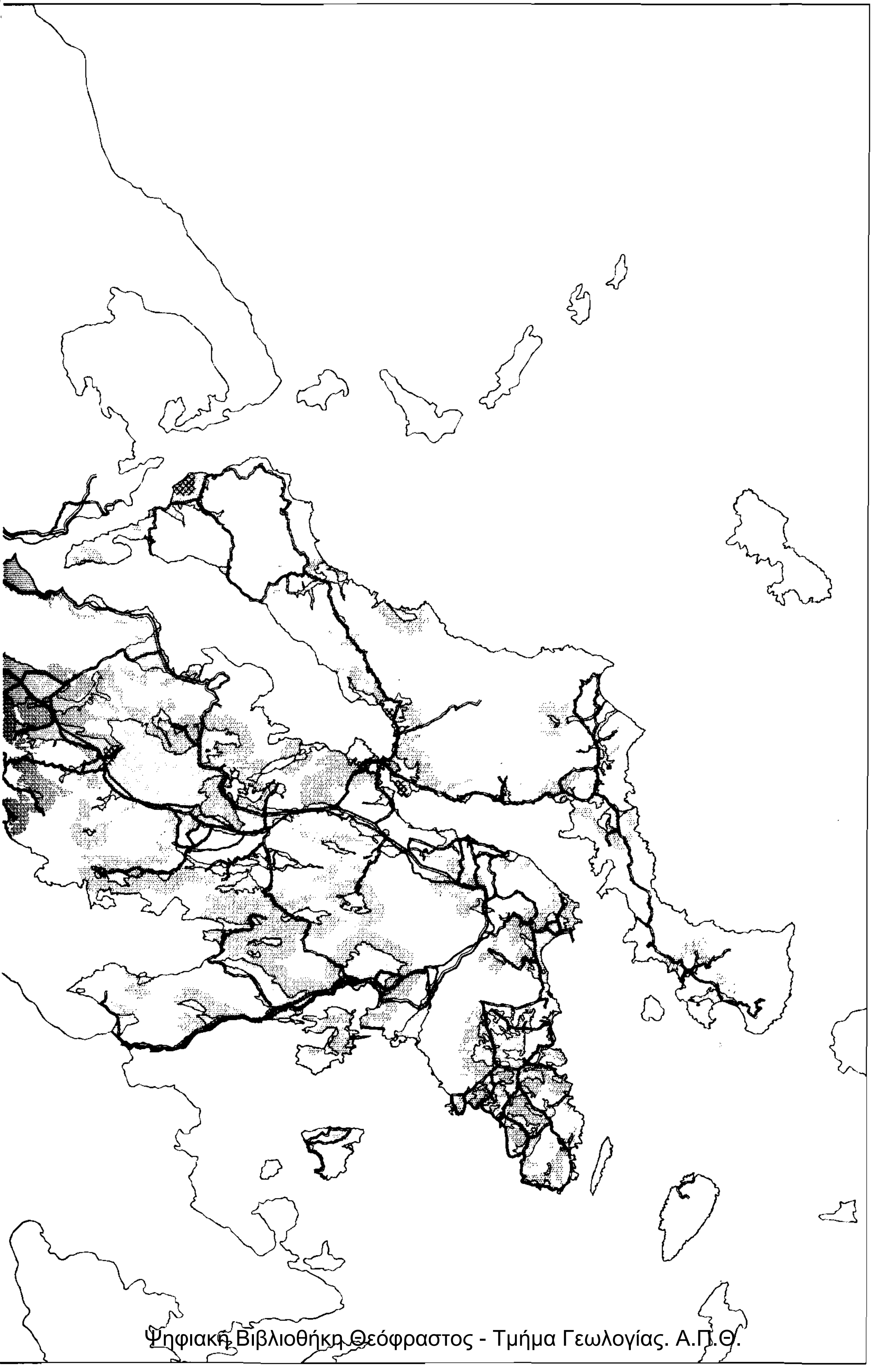
Κύριο Οδικό Δίκτυο

Δευτερεύον Οδικό Δίκτυο

Παρατήρηση :

1. Υδρογεωλογική Επεξεργασία και οριοθέτηση από στοιχεία γεωλογικών χαρτών Ι.Γ.Μ.Ε. 1:50.000 κ.λ.π. Επιλογή [illegible] στοιχείων από [illegible] χάρτη Ι.Γ.Μ.Ε. 1:500.000.
2. [illegible] δίδεται ο υδρογεωλογικός χαρακτήρας του [illegible] γεωλογικού υποβάθρου (βλ. υδρολιθολογικό χάρτη).


ΘΕΣΣΑΛΙΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
ΑΜΒΡΑΚΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ
ΙΟΝΙΟΝ ΠΕΛΑΓΟΣ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ
0 m
20000 m
40000 m



Θεματικοί χάρτες σχετικά με την εκτίμηση της επικινδυνότητας έναντι διαβρώσεων και παραγωγής φερτών υλών στην Αττική

Π. Μαρίνος, Σ. Πλέσσας** και Κ. Βαλαδάκη-Πλέσσα***

**Τομέας Γεωτεχνικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Πατησίων 42, Αθήνα*

***Διεύθυνση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού,Τμήμα Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος, Τρικάλων 36 και Μεσογείων, 11526 Αθήνα*

1. Εισαγωγή

Σκοπός της εργασίας είναι να εκτιμηθεί η δυνατότητα εμφάνισης έντονων διαβρωτικών φαινομένων στην Αττική και κατ' επέκταση, η διάκριση και ο εντοπισμός των περιοχών εκείνων που παρουσιάζουν τέτοιο κίνδυνο, βαθμονομώντας επί πλέον τον κίνδυνο αυτό.

Για τις ανάγκες της εργασίας αυτής εκπονήθηκε μια σειρά από χάρτες, οι οποίοι αναφέρονται:

– Στην υδρολιθολογική εξέταση, ταξινόμηση και ομαδοποίηση των πετρογραφικών σχηματισμών που απαντούν σε όλη την περιοχή, με σκοπό την εκτίμηση της διαπερατότητας και της διηθητικότητας των σχηματισμών και των διακυμάνσεων των συντελεστών κατείσδυσης και επιφανειακής απορροής.

– Στην κατάταξη των σχηματισμών που δομούν την περιοχή, σε κατηγορίες, ανάλογα με την, από λιθολογικής πλευράς, επιδεκτικότητάς τους στην διάβρωση.

– Στην κατάταξη της τρωτότητας των σχηματισμών, με κριτήρια λιθολογικά και γεωμορφολογικά, σε κατηγορίες, ανάλογα με την συνδυασμένη παρουσία των παραγόντων που είναι δυνατόν να επιφέρουν διαβρώσεις.

Στην εργασία αυτή έχουν ληφθεί υπ' όψη όλες οι υφιστάμενες διαθέσιμες γεωλογικές, υδρογεωλογικές, γεωμορφολογικές μελέτες, εκθέσεις, χάρτες και άλλα στοιχεία, από διάφορους φορείς (Ι.Γ.Μ.Ε., Υπ. Γεωργίας, Α.Ε.Ι. κ.λπ.). Τα βιβλιογραφικά αυτά στοιχεία αξιολογήθηκαν, προσαρμόσθηκαν, αλλά και συμπληρώθηκαν ή τροποποιήθηκαν μετά τις επί τόπου αναγνωρίσεις και μακροσκοπικές εκτιμήσεις που πραγματοποιήσαμε.

Η αλματώδης και εν πολλοίς μη προγραμματισμένη, οικιστική, κυρίως, ανάπτυξη της Αττικής, έχει επιφέρει αλλαγές, από την εποχή που εκπονήθηκαν οι ανωτέρω μελέτες, και κατέστησαν απαραίτητη την αποτίμηση της σημερινής, πραγματικής κατάστασης. Εκ των πραγμάτων, ύστερα και από τις μεταβολές που προηγήθηκαν από τις δασικές πυρκαϊές του θέρους 1995, απαιτήθηκε ακόμα μεγαλύτερη προσοχή και επιτόπια εξέταση των νέων συνθηκών στις πληγείσες περιοχές, ώστε να υπάρξουν οι ανάλογες εκτιμήσεις του κινδύνου διαβρωσιμότητας και της παραγωγής, της μεταφοράς και της απόθεσης φερτών υλών, κατάντη.

Η όλη έργασία εκπονήθηκε σε χαρτογραφικά υπόβαθρα κλίμακας 1:50.000, εκτός της περιοχής του Πεντελικού και της Πάρνηθας, όπου χρησιμοποιήθηκαν, για την κάλυψη των αναγκών της ανάλυσης της υφιστάμενης κατάστασης, γεωλογικοί χάρτες, κλίμακας 1:25.000.

Η επεξεργασία των στοιχείων έγινε σε ψηφιακή μορφή, σε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, ώστε να εισαχθούν έτοιμα σε ολοκληρωμένη γεωγραφική βάση δεδομένων.

2. Γεωλογική κατασκευή της Αττικής

Α. Γεωμορφολογικά στοιχεία - Φυσική Γεωγραφία

Το έδαφος της Αττικής, γενικά, κατά το μεγαλύτερο τμήμα του είναι ημιορεινό (1581 km^2), κατά ένα μικρότερο τμήμα του είναι ορεινό (223 km^2) και το υπόλοιπο είναι πεδινό (1115 km^2). Η Αττική δεν έχει αξιόλογα υδάτινα ρεύματα, τα οποία να αναπτύσσονται αυτοτελώς στον χώρο που αυτή καταλαμβάνει. Τα πιο αξιόλογα που θα μπορούσαν να αναφερθούν είναι ο Χάραδρος που εκβάλλει στον ταμιευτήρα του Μαραθώνα και στην συνέχεια στον ομώνυμο κόλπο, ο Κηφισσός και ο Ιλισσός με τους παραποτάμους τους. Οι λίμνες που υπάρχουν είναι μικρές και πρόκειται, για την τεχνητή λίμνη του Μαραθώνα και για τις λίμνες Κουμουνδούρου και Βουλιαγμένης, συνδεόμενες με εξόδους καρστικών νερών, ενώ εποχική θεωρείται η παρουσία ορισμένων μικρών ελών, εντοπιζόμενων κυρίως στην παραλία Μαραθώνα.

Η Αττική από γεωμορφολογικής πλευράς είναι δυνατόν να διακριθεί σε τρεις, γενικά, ενότητες:

- Τη ζώνη των ορέων (ορεινή ζώνη), αποτελούμενη από τα όρη Υμηττό, Πεντέλη, Πάρνηθα, Αιγάλεω.
- Τη ζώνη των σχετικά εκτεταμένων πεδινών εκτάσεων, αποτελούμενη από τις πεδιάδες των Μεσογείων, και Αγ. Στεφάνου - Αχαρνών - Αθηνών.
- Τις παράκτιες, μικρές, πεδινές εκτάσεις και τις παράκτιες ζώνες απόληξης των ορέων (ζώνη μέσου αναγλύφου), με μικρές λεκάνες απορροής. Στις εκτάσεις αυτές κατατάσσονται και οι μικρής έκτασης ορεινοί όγκοι της Ν. Αττικής (Όλυμπος, Κερατοβούνι κ.λπ.).

Δεν θα πρέπει να διαφύγει της προσοχής, το γεγονός ότι εκτεταμένα τμήματα του νομού συγκεντρώνουν τα 2/3 της οικονομικής δραστηριότητας της χώρας και το 50% του πληθυσμού της, με ότι αυτό συνεπάγεται στην διαχείριση του νερού και τους άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την διακίνησή του, είτε ως επιφανειακού, είτε ως υπογείου. Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κλίμα της Αττικής ανήκει στην βιοκλιματική ενότητα D, d, B'_3 ,b'_4 κατά Thornthwaite. Το κλίμα της κατηγορίας αυτής ανήκει στον ημίξηρο τύπο, με μικρό πλεόνασμα νερού τον χειμώνα και με δυνητική εξατμισοδιαπνοή από 855 έως 997 mm, του οποίου ο θερμικός χαρακτήρας διαμορφώνεται από την επίδραση των θαλασσίων εκτάσεων με τις οποίες γειτνιάζει η υπό μελέτη περιοχή.

Οι περιοχές που εξετάστηκαν αποτελούν τις υδρολογικές λεκάνες του Κηφισσού, της Μεσογαίας και του Χάραδρου.

Β. Γενική Γεωλογία

Στοιχεία σχετικά με την γενική γεωλογική δομή της Αττικής συνολικά, ή περιοχών της, έχουν αποδοθεί από διάφορους ερευνητές, από τα τέλη, ήδη, του περασμένου αιώνα. Ο Lepsius (1890), ο Renz (1908), ο Φ. Νέγρης (1912), ο Κτενάς (1921), ο Βορεάδης (1929), αλλά και οι Γ.Μαρίνος - Petrascheck (1956), Τρικκαλινός (1958), Ρουμπάνης (1961), Δούνας (1971), Μαριολάκος (1971, 1972), Γ. Μαρίνος - Κατσικάτσος κ.ά. (1971, 1974), Παπαδέας (1969), Jacobshagen (1977), Μέττος (1992), Παυλόπουλος (1992), Λόζιος (1993) και άλλοι, στις μελέτες τους έχουν ασχοληθεί με πλευρές της γεωλογίας της Αττικής.

Από γεωλογικής πλευράς και όσον αφορά τους Αλπικούς σχηματισμούς, ο γεωγραφικός χώρος της Αττικής διακρίνεται σε δύο τμήματα. Το ανατολικό, που περιλαμβάνει τις περιοχές που βρίσκονται ανατολικά της νοητής γραμμής που ορίζεται από τις ανατολικές υπώρειες του Αιγάλεω και της Πάρνηθας και με διεύθυνση ΝΝΔ - ΒΒΑ καταλήγει στον Ν. Ευβοϊκό στην περιοχή του Καλάμου, και το δυτικά ευρισκόμενο της ίδιας γραμμής. Η ειδοποιός διαφορά μεταξύ των δύο αυτών ενοτήτων της Αττικής, εντοπίζεται στο γεγονός ότι, το μεν ανατολικό (ενότητα Λαυρίου), αποτελείται, κυρίως, από μεταμορφωμένα πετρώματα (σχιστόλιθους και μάρμαρα), ενώ το δυτικό (ενότητα Αν. Ελλάδας), αποτελείται, κυρίως, από ασβεστολίθους διαφόρων στρωματογραφικών βαθμίδων. Βεβαίως, και στα δύο προαναφερθέντα τμήματα συναντώνται και ασβεστόλιθοι (Κρητιδικής ηλικίας) και σχιστόλιθοι (Ανωπαλαιοζωικής ηλικίας, σχιστοκερατολιθική διάπλαση και οφιολιθικό σύμπλεγμα), στο ανατολικό και το δυτικό αντίστοιχα, χωρίς όμως η παρουσία τους να τα χαρακτηρίζει. Η εν γένει τεκτονική δομή των δύο αυτών ενοτήτων παρουσιάζεται ιδιαίτερα πολύπλοκη, τόσο λόγω του εφαπτομενικού τεκτονισμού και των διαφόρων παραμορφωτικών φάσεων που διακρίνονται στην μάζα των λιθολογικών σχηματισμών που τις αποτελούν, συνδέονται δε, με την δημιουργία τους και την τοποθέτησή τους κατά την κατακόρυφο, όσο και λόγω του επακολουθήσαντος ρηγματογόνου τεκτονισμού ο οποίος τις διέρρηξε. Η Μεταλπική εξέλιξη της Αττικής, συνδέεται, αφ' ενός μεν, με την δημιουργία μεγάλων Νεογενών λεκανών (περιοχές Μεγάρων, Μαλακάσας-Ωρωπού, δυτικού λεκανοπεδίου Αθηνών, Μεσογείων-Ραφήνας) και στην συνέχεια, με την κατά την κατακόρυφο εξέλιξη των Νεογενών σχηματισμών, και την μεταξύ τους διαφοροποίηση με την απόθεση των Τεταρτογενών ιζημάτων, αφ' ετέρου δε, με την Τεταρτογενή ηφαιστειότητα, η οποία εντοπίζεται στο νότιο τμήμα της Αττικής (Σουσάκι-Αίγινα-Μέθανα-Κυκλάδες) σαν αρχή του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου και τον κατακερματισμό της Αιγαιίδας.

Μια γενική εικόνα των γεωλογικών σχηματισμών που συνθέτουν την περιοχή ενδιαφέροντος, δίνει ο γεωλογικός χάρτης που ακολουθεί, ο οποίος αποτελεί απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη της Ελλάδας, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε. και κλίμακας 1:500.000.

Ειδικώτερα, η δομή της ορεινής ζώνης, από γεωλογικής πλευράς φέρει τους χαρακτήρες της Αλπικής και των προηγούμενων ορογενετικών φάσεων που έχουν επιδράσει στους σχηματισμούς που την αποτελούν. Τα όρη που την συγκροτούν, αποτελούνται, κυρίως, από ανθρακικούς σχηματισμούς (ασβεστόλιθους, δολομίτες και μάρμαρα), πολλαπλώς διερρηγμένους και καρστικοποιημένους, οι οποίοι, σε αρκετές περιπτώσεις (κυρίως στην Αν. Αττική και την Πάρνηθα) επικάθεινται σχιστολίθων. Η τεκτονική δομή της χαρακτηρίζεται ως σύνθετη, με αλληλουχία πολλών παραμορφωτικών φάσεων στο ανατολικό τμήμα και πτυχές και επωθήσεις στο δυτικό.

Τη ζώνη των σχετικά εκτεταμένων πεδινών εκτάσεων, δομούν σχηματισμοί Νεογενούς ηλικίας, οι οποίοι εξελίσσονται κατά την κατακόρυφο προς Πλειστοκαινικούς και Ολοκαινικούς. Οι περιοχές αυτές, αποτελούν τμήματα των νεογενών λεκανών τα οποία εξελικτικά και ασυνεχώς στην διάρκεια του γεωλογικού χρόνου, πληρώθησαν με ιζήματα. Η φάση τους είναι κατά περίπτωση, από θαλάσσια, ή, λιμναία προς την ποταμοχειμάρρια και την χερσαία. Ως προς την λιθολογία τους, πρόκειται για μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, αργίλους, μαργαϊκούς ασβεστολίθους, ερυθρογαίες κ.λπ., οι οποίοι στα ανώτερα τμήματά τους εξελίσσονται σε πολύμικτα και ποικίλης συνεκτικότητας κροκαλοπαγή. Οι πλέον πρόσφατες αποθέσεις αναπτύσσονται σε μορφές κώνων κορρημάτων και αλλουβιακών ριπιδίων, διάφορης στρωματογραφικής τοποθέτησης στα πλαίσια του Τεταρτογενούς, αλλά και σύγχρονες αποθέσεις, περιοριζόμενες στις ζώνες των κοιτών των ρεμμάτων και των παράκτιων περιοχών.

Τη ζώνη του μέσου αναγλύφου, δομούν σχηματισμοί Αλπικής και μεταλπικής ηλικίας αδιακρίτως. Στην δημιουργία της, σημαντικό ρόλο έχει παίξει ο πρόσφατος ρηγματογόνος τεκτονισμός και η επακόλουθος διάβρωση.

3. Μεθοδολογία που ακολουθήθηκε

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, δημιουργήθηκε σειρά χαρτών, με διάφορο, κάθε φορά, θεματικό αντικείμενο. Οι χάρτες αυτοί, διακρίθηκαν σε τρεις θεματικές ενότητες:

- αυτούς που αποδίδουν την λιθολογική και υδρολιθολογική πληροφόρηση
- αυτούς που αποδίδουν τους γεωμορφολογικούς χαρακτήρες των υδρογραφικών δικτύων που διατρέχουν την περιοχή ενδιαφέροντος
- και τον χάρτη μορφολογικών κλίσεων.

Κάθε θεματική ομάδα έχει τον καταληκτικό της χάρτη, ο συνδυασμός των οποίων παράγει έναν τελικό χάρτη, στον οποίο εμφανίζονται οι περιοχές, ανάλογα με την τρωτότητά τους στην διάβρωση και την παραγωγή φερτών υλών. Τελικά, στον χάρτη αυτό δεν λαμβάνεται υπ'όψη μόνο η φυτοκάλυψη, ως παράγων ανταγωνιστικός της διάβρωσης, γεγονός που του προσδίδει μεγαλύτερη αξία, αφού η εκτίμηση του κινδύνου έναντι διαβρώσεων, είναι δυνατή και για τις περιπτώσεις εκείνες όπου μπορεί να προκύψει απογύμνωση λόγω πυρκαϊών.

Πολλοί από τους χάρτες αυτούς, αν και στηρίζονται στην «γεωλογική λογική», δεν αποτελούν γεωλογικούς χάρτες, αφού δεν παρουσιάζονται σ'αυτούς τα γεωλογικά εκείνα, τεκτονικά κυρίως, στοιχεία που εκτιμήθηκε ότι δεν συμμετέχουν στην διαμόρφωση των συνθηκών επιφανειακής ροής και αποσάθρωσης των σχηματισμών, στα πλαίσια, εννοείται, της κλίμακας του ανθρώπινου χρόνου. Παραδείγματος χάριν, όσον αφορά τον ρόλο των ρηγμάτων, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παρουσία τους, είναι δυνατόν να αυξάνει την περατότητα των σχηματισμών και να διαμορφώνει τις συνθήκες διακίνησης του νερού προς τις πηγές, γι'αυτό, τα βασικότερα εξ αυτών παρουσιάζονται μόνο στον χάρτη διαπερατότητας. Αντίθετα, η διαβρωσιμότητα των σχηματισμών δεν μεταβάλλεται από την παρουσία των ρηγμάτων, αφού, τα σκληρά πετρώματα παραμένουν σκληρά, τα δε ευδιάβρωτα, είναι, ούτως ή άλλως, ευδιάβρωτα.

Θα πρέπει εκ των προτέρων να τονισθεί ότι, σημαντικό ρόλο στην αποτύπωση των σχηματισμών που εμφανίζονται στους χάρτες και των ορίων τους, έπαιξε η κλίμακα εργασίας (1:50.000). Ετσι, μικρών διαστάσεων σχηματισμοί δεν είναι δυνατόν να παρουσιαστούν στους χάρτες, ανάλογα όμως, με το ρόλο που διαδραματίζουν, παρουσιάζονται, είτε σαν μεγεθυμένοι, είτε σαν ποιοτικές παράμετροι των γειτονικών τους σχηματισμών. Το γεγονός αυτό έχει επί πλέον σαν συνέπεια, τα όρια των σχηματισμών να παρουσιάζονται εξομαλυμένα στους χάρτες που ακολουθούν.

Ι. Θεματική ενότητα χαρτών επεξεργασίας και προσαρμογής λιθολογικών στοιχείων

1. Χάρτης διαπερατότητας

Ο πρώτος χάρτης, με τίτλο **«Χάρτης διαπερατότητας»** αφορά στην υδρολιθολογική κατανομή και γενική ταξινόμηση με βάση την περατότητα, των σχηματισμών που συμμετέχουν στην γεωλογική δομή της περιοχής ενδιαφέροντος, σε κλίμακα 1:50.000. Κατά τον τρόπο αυτόν, ο χρήστης μπορεί να διακρίνει με σαφήνεια, σε μικρή κλίμακα, την κατανομή των σχηματισμών που συναντώνται στην περιοχή μελέτης και έχουν παρόμοια υδρογεωλογική συμπεριφορά.

Επαναλαμβάνεται ότι, η παρουσία των ρηγμάτων στον χάρτη αυτόν, αποσκοπεί στο να φανεί κυρίως, ο υδρογεωλογικός τους ρόλος ως προς την κατείσδυση, δηλαδή, την βαθειά διακίνηση των νερών και την εκφόρτισή του σε διάκριτες πηγές, συνήθως, εκτός υδρολογικών λεκανών (με εξαίρεση την πηγή του Κάτω Σουλίου Μαραθώνα) και όχι τόσο, για την εκτίμηση της επιδεκτικότητας του κίνδυνου προς διάβρωση και την μεταφορά φερτών υλών των διαφόρων ζωνών.

Σημαντική, όμως, είναι η συμβολή του χάρτη αυτού, στην εκτίμηση του μεγέθους των μέσων ετήσιων απορροών και σε σαφώς μικρότερο βαθμό της έντασης των πλημμυρικών απορροών. Η εκτίμηση των συντελεστών επιφανειακής απορροής και κατεισδύσεως, η οποία θα ακολουθήσει, αφορά σε μη κατοικημένες περιοχές.

Στον χάρτη αυτόν παρουσιάζονται επίσης, οι αξιόλογες καρστικές μόνον πηγές. Αυτές, εντοπίζονται στα χαμηλότερα σημεία του αναγλύφου, δηλαδή, στις παράκτιες περιοχές, κυρίως έξω από τα όρια των εδώ λεκανών, αποστραγγίζουν όμως και τμήματα των υπό εξέταση λεκανών. Το γεγονός αυτό, δηλαδή, η διαφοροποίηση υδρογεωλογικής από υδρολογική λεκάνη, χαρακτηρίζει την βαθιά υπόγεια κίνηση του νερού στα μάρμαρα και τους ασβεστολίθους και την υψηλή δευτερογενή περατότητά τους. Στο εσωτερικό των λεκανών αυτών αξιοσημείωτη είναι η καρστική υδροφορία της Πεντέλης, παραδείγματος χάριν, στην περιοχή Πολιτείας - Εκάλης - Δροσιάς, αναπτύσσεται αξιόλογη καρστική υδροφορία η οποία, σήμερα, υφίσταται υπερεκμετάλλευση, ενώ παλιότερα υπήρχε πηγή στο Κεφαλάρι.

Στους άλλους σχηματισμούς, τέλος, να σημειωθεί η παρουσία πλήθους διάσπαρτων μικροπηγών στους σχιστολίθους, πολλές από τις οποίες είναι ασυνεχούς λειτουργίας, χαρακτηριστικό της μικρής περατότητας και του εδαφικού μανδύα ελάχιστου πάχους που αυτοί διαθέτουν.

Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί η παρουσία πολλών μικρών πηγών κατά μήκος των κοιτών ορισμένων ρεμμάτων της Αττικής, κυρίως της λεκάνης του Κηφισσού. Οι παροχές των πηγών αυτών εκτιμώνται της τάξης των μερικών m^3 την ώρα και συντηρούν μια μικρή ροή σε τμήματα της κοίτης, σχεδόν σε όλη την διάρκεια του έτους. Η παρουσία των μικρών αυτών πηγών, είναι ενδεικτική της κακής περατότητας των σχηματισμών με τους οποίους αυτές συνδέονται, δηλαδή, τα Νεογενούς ηλικίας κροκαλοπαγή, αργίλους, ψαμμίτες, κ.λπ. καθώς και τους νεώτερης ηλικίας αλλουβιακούς σχηματισμούς.

Στον χάρτη διαπερατότητας οι αναφερόμενες τιμές των συντελεστών απορροής και κατείσδυσης αναφέρονται σε ποσοστά της μέσης ετησίας βροχόπτωσης κανονικής ετησίας κατανομής και διακρίνονται:

1. **Σχηματισμοί μεγάλης περατότητας.** Στην κατηγορία αυτή συμμετέχουν τα ανθρακικά πετρώματα, μάρμαρα, ασβεστόλιθοι και δολομίτες, όλα Μεσοζωικής ηλικίας, αδιακρίτως ενοποιημένα, λόγω της κοινής τους δυνατότητας να είναι καρστικοποιημένα. Οι συντελεστές κατείσδυσης είναι υψηλοί, της τάξης του 30%-40%, κατ'εκτίμηση. Οι ποσότητες του κατεισδύοντος νερού καταλήγουν στα άκρα των ανθρακικών μαζών, είτε μεταγγιζόμενες σε ανάλογης περατότητος προσχωματικά υλικά, ή, κυρίως, καταλήγουν στην θάλασσα διάχυτα, ή σε διάκριτες πηγές (πηγές Αγ. Αποστόλων-Καλάμου, Κάτω Σουλίου, Αγ. Μαρίνας, Λ. Βουλιαγμένης κ.λπ.). Τα ανθρακικά πετρώματα, θεωρούνται σαν ιδιαίτερα υδροπερατοί σχηματισμοί, ανεξάρτητα από την γενική υδρογεωλογική συμπεριφορά του σχηματισμού, δηλαδή, αν αναπτύσσονται υδροφόροι ορίζοντες ή υδροαποθεματικές ζώνες. Ο συντελεστής επιφανειακής απορροής είναι μικρός, της τάξης του 10%. Σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο και σχετική ανάπτυξη εδαφικών σχηματισμών, εκτιμάται ότι ο συντελεστής αυτός μπορεί να φθάσει μέχρι 15%. Οι τιμές αυτές αναφέρονται σε ενδεικτικά μέσα ετήσια μεγέθη τυπικής κατανομής βροχοπτώσεων και σε καμμία περίπτωση δεν αφορούν το ποσοστό απορροής που αντιστοιχεί σε περιόδους πλημμυρών, όπου τα ποσοστά είναι οπωσδήποτε μεγαλύτερα, με μέγιστα εξομαλυμένα.
2. **Σχηματισμοί μέτριας έως μικρής, γενικής, περατότητας.** Περιλαμβάνονται κάθε είδους αλλουβιακές προσχώσεις και οι περιοχές εκείνες αναπτύξεως των παλαιών Τεταρτογενών και Τριτογενών ενοτήτων με ομαλό ανάγλυφο, καθώς επίσης και ορισμένες, όχι εκτεταμένες περιοχές, καλής περατότητας, (π.χ. αμμώδεις περιοχές σε πρόσφα-

τες προσχώσεις, οι παράκτιες ζώνες κ.λπ.), ενοποιημένες. Η παρουσία, γενικώς, περισσότερου ή λιγότερου αργιλικού υλικού, αποτελεί βασικό χαρακτήρα της ομάδας αυτής και ελέγχει την περατότητά τους. Ο συντελεστής κατείσδυσης εκτιμάται σε 7% έως 10% και ο συντελεστής απορροής περί τα 30%. Στην μάζα των σχηματισμών αυτών, αναπτύσσονται υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες, οι οποίοι τροφοδοτούνται από διηθήσεις στα κράσπεδα των ορέων, όπου, έμμεσα, ή, άμεσα, προβάλλουν στην επιφάνεια.

α) Οι αλλουβιακές προσχώσεις αναφέρονται στις πιο πρόσφατες γεωλογικά αποθέσεις ποταμών και χειμάρρων και σε εκτεταμένα καλύμματα εδαφικών υλικών σε ομαλές τοπογραφικά περιοχές, από αποσάθρωση, χαλάρωση, ή, με μικρή μεταφορά, υποκειμένων ευδιάβρωτων σχηματισμών. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται επίσης και οι αποθέσεις μορφής κώνων κορημάτων ή πλευρικών κορημάτων.

β) Οι Τριτογενείς ενότητες αφορούν σε εναλλαγές ψαμμιτών, συνεκτικών αργίλων, κροκαλολατυποπαγών και λιγότερο, μαργαϊκών ασβεστολίθων. Τα παλαιά Τεταρτογενή αφορούν, κυρίως, σε ερυθρές αργίλους, συνεκτικές άμμους και κροκαλοπαγή. Η διαπερατότητα έχει μέτριες τιμές (της τάξης του 10^{-5} m/sec και μικρότερη), με μεγάλη ετερογένεια, εξαρτώμενη από τις εναλλαγές των οριζόντων και την επικράτηση ή όχι της λεπτόκοκκης φάσης. Στο ανάπτυγμα της περιοχής που καταλαμβάνουν, αναπτύσσονται φρεάτιοι ορίζοντες, γενικώς μικρού δυναμικού, εκτός από περιοχές που επικρατούν αδρομερή υλικά όπως σε κοίτες χειμάρρων και ποταμών. Σε περιοχές που το πάχος τους είναι μεγάλο (μερικές δεκάδες μέτρα) αναπτύσσονται υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες, μέτριου ή μικρού δυναμικού (Αν. Πάρνηθα, Μεσόγεια).

3. **Αδιαπέρατοι σχηματισμοί.** Στην ομαδοποίηση αυτή συμμετέχουν όλοι οι σχιστολιθικοί σχηματισμοί και εκείνοι από τους Τριτογενείς, όπου αναπτύσσονται σε περιοχές με λοφώδες ανάγλυφο (περιοχές Αγ. Στεφάνου - Κρυονερίου, τμήματα Μεσογείων, Ν. Μάκρης κ.λπ.). Περιλαμβάνονται επίσης και πάσης φύσεως εμφανίσεις ηφαιστειακών πετρωμάτων.

Η περατότητα του συνόλου είναι ασήμαντη, αν και στο επιφανειακό τμήμα είναι δυνατόν να παρουσιάζεται, κατά περίπτωση, μικρή περατότητα, λόγω χαλάρωσης και ύπαρξης αποσαθρωμένου μανδύα. Ο συντελεστής κατείσδυσης εκτιμάται σε 2% έως 3%. Η μέση απορροή λόγω και του αναγλύφου, εκτιμάται σε 40% έως 50%.

Σαν πηγές για την δημιουργία του «Χάρτη διαπερατότητας» χρησιμοποιήθηκαν οι εκδοθέντες χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε., σε κλίμακα 1 : 50.000 (φύλλα Αθήνα - Ελευσίνα, Αθήνα - Πειραιάς, Ραφήνα, Λαύριο) ο γεωλογικός χάρτης της Αττικής του Lepsius, ο γεωλογικός χάρτης του ΒΑ τμήματος της Αττικής κατά τον Σ. Λόζιο, ο γεωτεχνικός χάρτης του Λεκανοπεδίου Αθηνών κατά τον Ν. Σαμπατακάκη και ο γεωλογικός χάρτης Νεογενών-Τεταρτογενών σχηματισμών ΒΑ Αττικής κατά τον Α. Μέττο.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι ασήμαντες σε έκταση και σημασία εμφανίσεις έχουν ενσωματωθεί στον εκάστοτε περιβάλλοντα σχηματισμό, καθώς επίσης ότι τα όρια μεταξύ των τριών ζωνών έχουν εξομαλυνθεί, χωρίς αυτό να αλλοιώνει το σκοπό του χάρτη.

2. Χάρτης διηθητικότητας

Η επόμενη θεματική ενότητα αφορά στην ικανότητα προς διήθηση του νερού μέσω της μάζας των συμμετεχόντων γεωλογικών σχηματισμών και φέρει τον τίτλο «Χάρτης διηθητικότητας». Δεν θα πρέπει να γίνεται σύγχυση μεταξύ των εννοιών της διαπερατότητας (η οποία αποτελεί μέτρο της ικανότητας του σχηματισμού να επιτρέπει την διέλευση του νερού από την μάζα του) και της διήθησης, δηλαδή της ικανότητας του νερού να διηθείται στην μάζα του εδάφους, χωρίς υποχρεωτικά να κινείται σε βάθος προκειμένου να συναντήσει τον υδροφόρο ορίζοντα. Η διηθητικότητα αναφέρεται σε εδάφη και όχι σε πετρώματα, όπου συνήθως, αν υπάρχει διηθητικότητα, αναφέρεται ως κατείσδυση σε βάθος. Στα εδάφη, η συνεχής διήθηση οδηγεί σε κορεσμό. Μεγάλος, συνεπώς, είναι ο ρόλος του εδαφικού καλύμματος πάνω στα πετρώματα, ο οποίος, συνήθως, είναι αποσαθρωμένος μανδύας, αργιλικής σύστασης και με διηθητική ικανότητα. Η ύπαρξη και το πάχος των εδαφικών καλυμμάτων, εκτιμήθηκαν από επιτόπιες παρατηρήσεις, ιδιαίτερα στις περιοχές που πρόσφατα είχαν πληγεί από εκτεταμμένες δασικές πυρκαϊές και από τους εδαφολογικούς χάρτες του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών, κλίμακας 1:50.000. Διακρίθηκαν με αυτόν τον τρόπο και ενοποιήθηκαν οι σχηματισμοί ως:

1. **Υψηλής διηθητικότητας.** Η διάκριση αυτή αφορά τους ανθρακικούς σχηματισμούς. Η διήθηση σ'αυτούς γίνεται άμεσα και γρήγορα, χωρίς το νερό να επανεξέρχεται στην γύρω περιοχή απ'όπου διηθήθηκε και διαφοροποιείται ανάλογα με τα επιμέρους χαρακτηριστικά του ανθρακικού σχηματισμού (διακλάσεις, ρωγμές, επίπεδα στρώσεων, καρστικά ανοίγματα κ.λπ.). Η διήθηση δεν έχει ομοιόμορφη κατανομή, αλλά εντοπίζεται, με υψηλές τιμές, στις ασυνέχειες της βραχομάζας. Κατά θέσεις, είναι δυνατόν να υπάρχει κάλυμμα από κορήματα, ή, εδαφικό υλικό, όπου η διήθηση γίνεται ομοιόμορφη, άλλά έχει πάντα τιμές υψηλότερες των δύο άλλων κατηγοριών που θα αναφερθούν. Η ενότητα αυτή, εκτός από ορισμένες περιοχές τμήματος των καλυμμάτων, δεν κορέννυται από διηθήσεις και δεν χαλαρώνει ούτε διαβρώνεται.

2. **Μέσης διηθητικότητας.** Πρόκειται περί όλης της περιοχής όπου επιφανειακά αναπτύσσονται κοκκώδεις σχηματισμοί (παλαιοί και νέοι Τεταρτογενείς και Τριτογενείς) και τμημάτων της περιοχής εξάπλωσης των σχιστολίθων, όπου το πάχος του επιφανειακού καλύμματός τους (αποσαθρωμένος μανδύας, κολλούβια κ.λπ.), είναι μεγάλο. Οι σχηματισμοί που συμμετέχουν στην ενότητα αυτή είναι δυνατόν να κορεσθούν αν η διάρκεια και το ύψος βροχής είναι μεγάλα. Εννοείται ότι η κλίση του αναγλύφου παίζει σημαντικό ρόλο στον ως άνω κορεσμό. Η ενότητα αυτή χαλαρώνει και διαβρώνεται.
3. **Μικρής διηθητικότητας.** Πρόκειται για το μεγαλύτερο τμήμα της εξάπλωσης των στεγανών σχιστολίθων, στο οποίο διήθηση είναι δυνατόν να λαμβάνει χώρα, εκεί όπου οι σχιστόλιθοι είναι αποσαθρωμένοι, αλλά, στο σύνολο του σχηματισμού αυτή εκτιμάται ότι είναι μικρή. Η ενότητα αυτή δεν χαλαρώνει και υφίσταται σχετική διάβρωση.

3. Χάρτης επιφανειακής ανάπτυξης συμπαγών πετρωμάτων

Ο τρίτος χάρτης της θεματικής αυτής ενότητας, αφορά στην διάκριση περιοχών όπου η δυνατότητα διάβρωσης από το ρέον νερό είναι αυξημένη. Αφορά μια πρώτη εκτίμηση της δυνατότητας αυτής, από την αξιολόγηση των λιθολογικών στοιχείων. Λόγω του ότι οι εδαφικοί σχηματισμοί, από την φύση τους, θεωρούνται ως λιγότερο ανθεκτικοί στους παράγοντες της αποσάθρωσης και της διάβρωσης, σε σχέση με τους βραχώδεις, λόγω μικρότερης συνοχής, η ενοποίηση αφορά στην διάκριση των περιοχών όπου αναπτύσσονται κοκκώδεις σχηματισμοί, σχιστόλιθοι ή ασβεστόλιθοι, με ικανό πάχος εδαφικού μανδύα, αφ'ενός, αφ'ετέρου, τις περιοχές όπου αναπτύσσονται ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, δολομίτες, ή, υγιείς σχιστόλιθοι. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκε ο **«Χάρτης επιφανειακής ανάπτυξης συμπαγών πετρωμάτων»**, στογ οποίο παρουσιάζονται οι περιοχές ανάπτυξης συμπαγούς και μη συμπαγούς υλικού, παρέχει, δε, μια πρώτη εκτίμηση του κινδύνου της διάβρωσης, από λιθολογικής (πετρογραφικής) πλευράς. Ο όρος «συμπαγές» αφορά στην αντοχή στην διάβρωση ενός γεωλογικού σχηματισμού από τα νερά της επιφανειακής απορροής, που προκαλούν οι βροχοπτώσεις και σε μη γεωλογική χρονική κλίμακα. Δηλαδή, μια προϊούσα συστηματική διάβρωση θα αποκάλυπτε, τελικά, τον συμπαγή, μη διαβρώσιμο, ασβεστόλιθο, ή, σχιστόλιθο.

Ετσι, διακρίθηκαν:

1. **Περιοχές εξάπλωσης συμπαγούς υλικού**, στις οποίες αναπτύσσονται σχηματισμοί σταθεροί, τελικά, μη διαβρώσιμοι. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι βραχώδεις, των οποίων οι εμφανίσεις, δεν καλύπτονται από σημαντικού πάχους και έκτασης επιφανειακό μανδύα αποσάθρωσης.

2. **Περιοχές εξάπλωσης μη συμπαγούς υλικού**, στις οποίες αναπτύσσονται σχηματισμοί με μικρή, ή, ακόμα και απουσία συνοχής μεταξύ των δομικών τους συστατικών. Πρόκειται περί μαργών, ψαμμιτών, κροκαλοπαγών, αργίλων, άμμων, δηλαδή παλαιοτέρων, ή, νεωτέρων προσχώσεων και μανδύων αποσάθρωσης σχιστολίθων.

Ο χάρτης αυτός, προσεγγίζει το θέμα της διαβρωσιμότητας από γεωλογικής πλευράς, αλλά δεν θα πρέπει από μόνος του να αξιολογεί και την παραγωγή φερτών υλών ύστερα από πλημμύρες, όπου η στερεοπαροχή, ανάμεσα σε άλλα, εξαρτάται και από την συσσώρευση διαβρώσιμων υλικών στις κοίτες των χειμάρρων, συνεπώς και από την ανάπτυξη και τα επιμέρους γεωμετρικά χαρακτηριστικά και παραμέτρους του υδρογραφικού δικτύου. Ο χάρτης αυτός θα πρέπει συνεπώς, πάντοτε να συνδυάζεται με τους χάρτες ανάλυσης του υδρογραφικού δικτύου (πυκνότητας και συχνότητας) και τους χάρτες κλίσεων του αναγλύφου.

4. Χάρτης περιοχών με λιθολογική σύσταση επιρρεπή σε διάβρωση

Επειδή, ακόμη και μικρού πάχους μανδύας αποσαθρωμένου υλικού, που στον προηγούμενο χάρτη δεν ήταν δυνατόν να εμφανιστεί και ενοποιήθηκε στην ομάδα του συμπαγούς υλικού, μπορεί να παραγάγει φερτές ύλες, συντάχθηκε και ο «**Χάρτης περιοχών με λιθολογική σύσταση επιρρεπή σε διάβρωση**» με περαιτέρω απομόνωση των σαφώς λιγότερο τρωτών σχηματισμών, δηλαδή, των μαρμάρων-ασβεστολίθων, στα τμήματά τους που αυτοί δεν καλύπτονται σαφώς από χαλαρά καλύμματα. Ο χάρτης αυτός αποτελεί χάρτη διακινδύνευσης έναντι διαβρώσεων (risk) και όχι κινδύνου (hazard). Η διάκριση μεταξύ των **σχετικά άτρωτων** σχηματισμών και των **τρωτών**, βασίσθηκε σε επί τόπου αναγνωρίσεις. Ο χάρτης δηλαδή αυτός αποτελεί κατάληξη των προηγουμένων χαρτών, συμπυκνώνοντας την απαιτούμενη, για τον χαρακτηρισμό της τρωτότητας στην διάβρωση και μεταφορά φερτών υλών, γεωλογική πληροφόρηση.

II. Θεματική ενότητα χαρτών ανάλυσης της υφής του υδρογραφικού δικτύου

Την υφή του υδρογραφικού δικτύου μιας λεκάνης απορροής αποδίδουν δύο παράμετροι, η πυκνότητα (D) και η συχνότητα (F).

Ως *Πυκνότητα* (D) (drainage density) ενός υδρογραφικού δικτύου, ορίζεται ο λόγος του συνολικού μήκους όλων των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης, ανεξαρτήτως της τάξης στην οποία ανήκουν, προς το εμβαδόν της, μετριέται δε σε km/km^2. Η τιμή της πυκνότητας της λεκάνης του υδρογραφικού δικτύου, διαμορφώνεται από τα φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής (την τοπογραφία, τη λιθολογία, τα εδαφολογικά της χαρακτηριστικά, την τεκτονική των γεωλογικών σχηματισμών που συμμετέχουν στην σύνθεσή της, την βλάστηση, τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σ'αυτήν κ.λπ.), ενώ είναι ανεξάρτητη της συνολικής τάξης του υδρογραφικού δικτύου.

Ως *Συχνότητα* (F) (stream frequency) ενός υδρογραφικού δικτύου, ορισμένης λεκάνης απορροής, ορίζεται ο λόγος του αριθμού των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης, ανεξαρτήτως της τάξης στην οποία ανήκουν, προς το εμβαδόν της, μετριέται δε σε km^{-2}. Αν και γενικώς, οι ίδιοι παράγοντες που διαμορφώνουν την πυκνότητα, διαμορφώνουν και την τιμή της συχνότητας, αυτή είναι έμμεσα εξαρτώμενη και από την συνολική τάξη του υδρογραφικού δικτύου.

Όπως φαίνεται και από τους ορισμούς, τόσο η πυκνότητα όσο και η συχνότητα, ως δείκτες, αποτελούν μέτρο της πολυπλοκότητας και της μορφής του υδρογραφικού δικτύου καθώς επίσης των φυσικογεωγραφικών χαρακτηριστικών και των διεργασιών που συντελούνται στην λεκάνη απορροής. Γίνεται φανερό ότι η χρησιμότητα των παραπάνω παραμέτρων στηρίζεται όχι στις απόλυτες τιμές που αυτές παρουσιάζουν, αλλά στην σύγκριση των τιμών μεταξύ τους.

Για την κατασκευή χαρτών πυκνότητας και συχνότητας του υδρογραφικού δικτύου υπάρχουν δύο μεθοδολογίες, που διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τρόπο που ορίζεται η μονάδα της επιφάνειας. Ετσι:

1. η πρώτη αφορά στον καθορισμό και τον υπολογισμό της έκτασης που καταλαμβάνει, κάθε υπολεκάνη απορροής, κάθε επί μέρους κλάδου, ξεχωριστά, ανάλογα με την τάξη του και ακολούθως, τον υπολογισμό του μήκους του, οι δε τιμές που προκύπτουν από την εφαρμογή των ορισμών αφορούν το σύνολο των επί μέρους λεκανών.

2. η δεύτερη, η οποία και εφαρμόσθηκε για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, αφορά στο σύνολο της περιοχής ενδιαφέροντος, χωρίς την διάκριση επί μέρους υπολεκανών. Η περιοχή ενδιαφέροντος χωρίστηκε με κάναβο σε τετράγωνα εμβαδού ενός km^2, στα οποιά και μετρήθηκε το μήκος και ο αριθμός των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου που συμμετείχαν σ'αυτά, οι δε τιμές που προέκυψαν από την εφαρμογή των ορισμών, αποτελούσαν τις τιμές της πυκνότητας και της συχνότητας αντίστοιχα και κεντροβαρικά τοποθετήθηκαν στον κάναβο. Στα περιφερειακά, μη πλήρη, τετράγωνα, έγινε αναγωγή των μετρήσεων ανάλογα με την επιφάνειά τους, στο ένα km^2.

Η δεύτερη αυτή μέθοδος, εκτιμάται ότι παρέχει μια πληρέστερη και σαφέστερη εικόνα των μεταβολών στο χώρο των δύο εξεταζομένων παραμέτρων, με εξαίρεση τις τιμές που υπολογίσθηκαν για τα περιφερειακά και μη πλήρη τετράγωνα του κάναβου, έχει δε το πλεονέκτημα της ταχείας εφαρμογής και είναι ανεξάρτητη των επί μέρους εσωτερικών λεκανών μικρότερης τάξης.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται στον κάναβο, με διάκριση των τετραγώνων ανάλογα με την τιμή τους, σε τρεις, κατά το δυνατόν, ισοπληθείς κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται ως χαμηλής συχνότητας ή, αντιστοίχως, πυκνότητας και αποδίδεται ως κατηγορία 1, η δεύτερη ως μέσης συχνότητας ή πυκνότητας και αποδίδεται ως κατηγορία 2, η δε τρίτη, ως υψηλής συχνότητας ή πυκνότητας και αποδίδεται ως κατηγορία 3.

Ο **«Χάρτης συναξιολόγησης των παραμέτρων της υφής του υδρογραφικού δικτύου»** αποτελεί τον συνδυασμό των δύο αυτών προηγούμενων χαρτών, με διάκριση, τελικά, δύο περιοχών όπου, στην πρώτη εντάσσονται εκείνες για τις οποίες ακόμα και μία από τις δύο παραμέτρους παρουσιάζει υψηλή τιμή (3), ενώ στην δεύτερη, αυτές που έχουν μέσες και χαμηλές (1 ή 2). Ο χάρτης αυτός, αποτελεί τον καταληκτικό της δεύτερης θεματικής ενότητας και είναι αυτός με τον οποίο θα πρέπει να συνδυάζονται, τόσο ο «χάρτης περιοχών με λιθολογική σύσταση επιρρεπή σε διάβρωση» όσο και ο «χάρτης κλίσεων του αναγλύφου», για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων σχετικά με την τρωτότητα στην διάβρωση και την παραγωγή φερτών υλών.

III. Θεματική ενότητα χάρτη κλίσεων του αναγλύφου

Όσον αφορά τον χάρτη κλίσεων του αναγλύφου, αυτός προέκυψε από την επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης με το λογισμικό ARC/INFO και τους αλγόριθμους που αυτό χρησιμοποιεί. Επιλέχθηκε η τιμή της κλίσης να είναι 10%, γιατί από την βιβλιογραφία αναφέρεται η τιμή αυτή, σαν οριακή των διεργασιών της απόθεσης κλαστικών υλικών, σε συνθήκες διάχυτης ροής (λασπορροής) και της ιζηματογένεσης στην επιφάνεια της γης (δημιουργία κώνων κορημάτων). Στον χάρτη κλίσεων διακρίνονται περιοχές με κλίση του αναγλύφου μεγαλύτερη του 10%, στις οποίες οι διαβρωτικές διεργασίες είναι πλέον εντατικές και περιοχές με κλίση του αναγλύφου μικρότερη του 10%, στις οποίες οι διαβρωτικές διεργασίες είναι πλέον ήπιες.

Στον **«Συνδυασμένο χάρτη τρωτότητας στην διάβρωση, βάσει λιθολογικών και γεωμορφολογικών κριτηρίων»**, λοιπόν που προέκυψε από την συναξιολόγηση των τριών καταληκτικών θεματικών χαρτών, γίνεται διάκριση σε τέσσερεις κατηγορίες περιοχών και αποτελεί, όπως και ο χάρτης περιοχών με λιθολογική σύσταση επιρρεπή σε διάβρωση (Χάρτης 4), χάρτη διακινδύνευσης (risk) και όχι κινδύνου (hazard). Οι περιοχές που διακρίνονται σ'αυτόν είναι οι εξής:

1. **περιοχές μικρής έως ελάχιστης τρωτότητας**, αποτελούμενες από μάρμαρα και ασβεστόλιθους, ανεξάρτητα από την τιμή της κλίσης του αναγλύφου τους και από τις τιμές των παραμέτρων της υφής του υδρογραφικού δικτύου που τις διατρέχει,

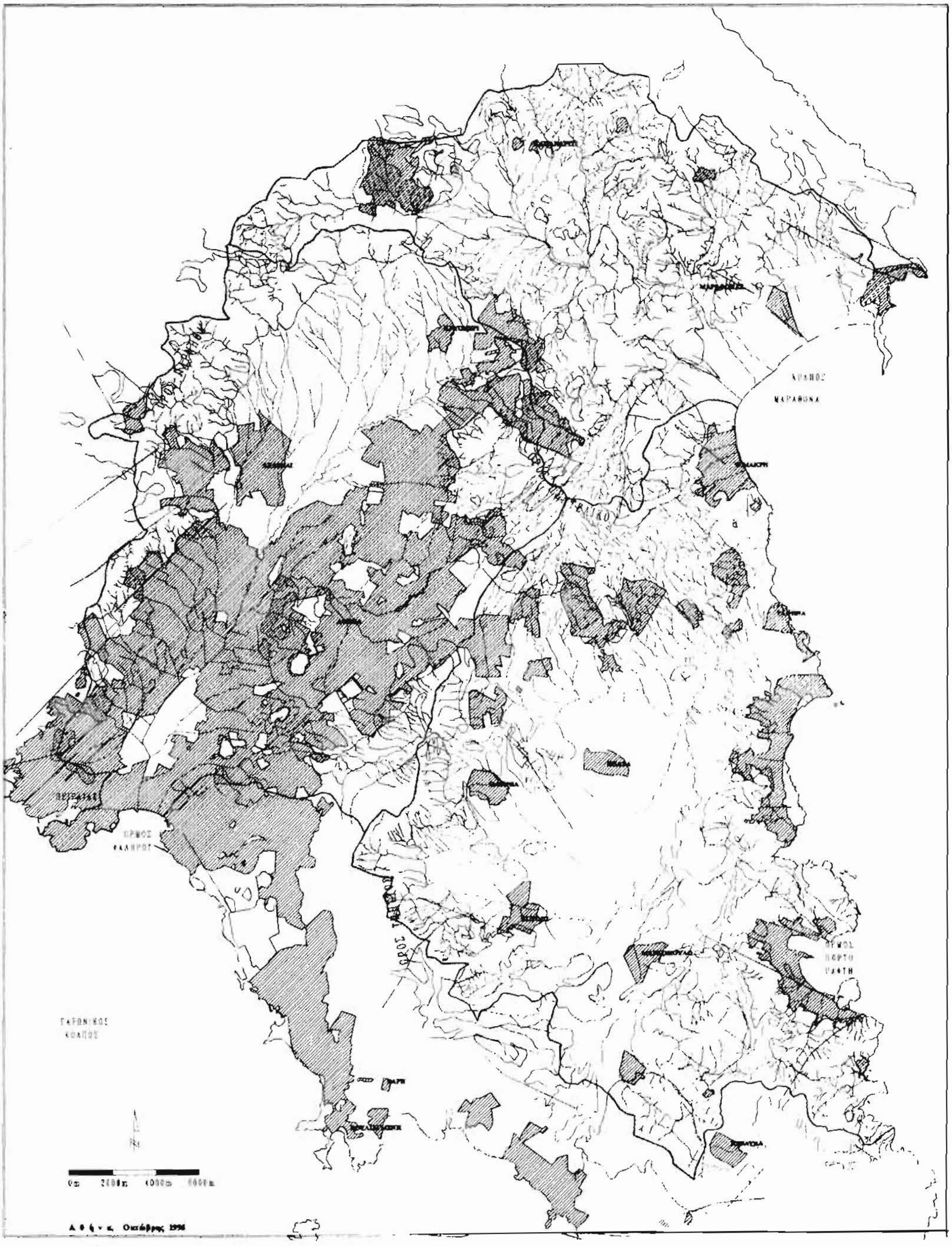
2. **περιοχές μικρής έως μέσης τρωτότητας**, αποτελούμενες από τρωτούς σχηματισμούς, των οποίων η τιμή της μορφολογικής κλίσης είναι μικρότερη του 10% και το υδρογραφικό δίκτυο που τις διατρέχει έχει μέσες και χαμηλές τιμές πυκνότητας και συχνότητας,

3. **περιοχές μέσης έως υψηλής τρωτότητας**, αποτελούμενες από τρωτούς σχηματισμούς, των οποίων η τιμή της μορφολογικής κλίσης είναι μεγαλύτερη του 10% και ταυτόχρονα, οι τιμές πυκνότητας και συχνότητας του υδρογραφικού δικτύου που τις διατρέχει είναι μικρές, ή, των οποίων, η τιμή της μορφολογικής κλίσης είναι μικρότερη του 10% και ταυτόχρονα, οι τιμές πυκνότητας και συχνότητας του υδρογραφικού δικτύου που τις διατρέχει είναι μεγάλες και τέλος,

4. **περιοχές υψηλής έως ιδιαίτερα υψηλής τρωτότητας**, αποτελούμενες από τρωτούς σχηματισμούς, των οποίων η τιμή της μορφολογικής κλίσης είναι μεγαλύτερη του 10%, και το υδρογραφικό δίκτυο που τις διατρέχει έχει υψηλές τιμές πυκνότητας και συχνότητας.

Συμπεράσματα

1. Από την διαδοχική ανάλυση και επεξεργασία των λιθολογικών, υδρογραφικών και γεωμορφολογικών στοιχείων του αναγλύφου, συντάγει χάρτης, ο οποίος εμφανίζει μια κατανομή των περιοχών ανάλογα με την τρωτότητα στην διάβρωση και την παραγωγή φερτών υλών, για τις τρεις κύριες λεκάνες της Αττικής, δηλαδή, του λεκανοπεδίου Αθηνών, της Μεσογαίας και του Χάραδρου. Από τον χάρτη αυτό φαίνονται οι πλέον επιρρεπείς σε διάβρωση και παραγωγή φερτών υλών περιοχές, πολύ δε περισσότερο, ο σχετικός κίνδυνος που μπορεί να υπάρξει ύστερα από απογύμνωση λόγω πυρκαϊών, αφού στην σύνταξη του χάρτη δεν έχει ληφθεί υπ'όψη ο κατά περίπτωση ευεργετικός ρόλος της φυτοκάλυψης.
2. Οι περιοχές με τον μεγαλύτερο κίνδυνο εντοπίζονται:
   - περιμετρικά των κλιτύων του Πεντελικού, με μια σχετική ύφεση στην ζώνη Ν. Μάκρη - Αγ. Παντελεήμων,
   - σε όλη την ανάντη της λίμνης του Μαραθώνα λεκάνη του Χάραδρου,


ΚΟΛΠΟΣ ΜΑΡΑΘΩΝΑ
ΟΡΜΟΣ ΦΑΛΗΡΟΥ
ΣΑΡΩΝΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ
ΟΡΜΟΣ ΠΟΡΤΟ ΡΑΦΤΗ
0m 2000m 4000m 6000m
Αθήνα, Οκτώβριος 1996

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ
ΔΙΑΒΡΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΤΙΣ
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ
ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ

1. ΧΑΡΤΗΣ ΔΙΑΚΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. Σχηματισμοί μεγάλης περατότητας.

2. Σχηματισμοί μέτριας έως μικρής περατότητας.

3. Αδιαπέρατοι σχηματισμοί.

Περιοχή Εντός Σχεδίου

Υδρογραφικό Δίκτυο

Υδροκριτική Γραμμή

Ρήγμα (Ορισμένα και ενδεικτικώς από τον Σεισμοτεκτονικό χάρτη Ι.Γ.Μ.Ε.)

Καρστική πηγή αξιόλογου μεγέθους.

1. Σχηματισμοί μεγάλης περατότητας.
Ανθρακικά πετρώματα [illegible]: Μάρμαρα, ασβεστόλιθοι, και δολομίτες, μεσοζωικής ηλικίας.
Συντελεστής κατείσδυσης υψηλός (30%-40% κατ' εκτίμηση).
Οι ιδιότητες [illegible] Αγ. Αποστόλων-Καλάμου, Κάτω Σουλίου, Αγ. Μαρίνας, [illegible] [illegible]
Ο συντελεστής επιφανειακής απορροής [illegible] της τάξης του 10%. [illegible] από 15%. [illegible]

2. Σχηματισμοί μέτριας έως μικρής περατότητας.
[illegible]
α) Οι αλλουβιακές [illegible]
β) Οι τριτογενείς ενότητες [illegible]
Η διαπερατότητα [illegible] (της τάξης του 15-65 [illegible]) [illegible] (Αγ. Παρασκευή, Μελίσσια).
Ο συντελεστής κατείσδυσης εκτιμάται σε 7% έως 15%. Ο συντελεστής επιφανειακής απορροής εκτιμάται σε 30% περίπου. [illegible] (δεν αναφέρεται σε κλιματικές απορροές).

3. Αδιαπέρατοι σχηματισμοί.
[illegible] (Πλ. [illegible]) [illegible] (περιοχές Αγ. Στεφάνου - Κρυονερίου, τμήματα Μεσογείων, Ν. Μάκρης κ.λ.π.). [illegible]
[illegible]
Ο συντελεστής κατείσδυσης εκτιμάται σε 2% έως 5%.
Ο συντελεστής απορροής, [illegible] εκτιμάται σε 30% έως 40%. Οι τιμές αυτές [illegible] (δεν αναφέρεται σε κλιματικές απορροές).

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :
1. Ο παρών χάρτης διαπερατότητας δεν αποσκοπεί στην άντληση πληροφοριών για κατ' εξοχήν υδρογεωλογικούς σκοπούς. Αντίθετα, είναι χρήσιμος για την εκτίμηση [illegible] στην επιφανειακή απορροή. [illegible]
2. Ο χάρτης διαπερατότητας δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί για εξαγωγή [illegible] γεωλογικού χαρακτήρα.
3. Η διάκριση [illegible] (Πλ. [illegible] χάρτες 4,5 κ.λ.).
4. [illegible]
5. [illegible]
6. Η χρωματική [illegible] σε κλίμακα 1:50.000.
7. Ο χάρτης [illegible] (1:50.000). [illegible]
8. Ο χάρτης δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για εξαγωγή γεωλογικών [illegible]. Χάρτες κατάλληλοι για τον σκοπό αυτό είναι οι γεωλογικοί.

- Η ψηφιακή επεξεργασία των στοιχείων έγινε με το λογισμικό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ARC/INFO.

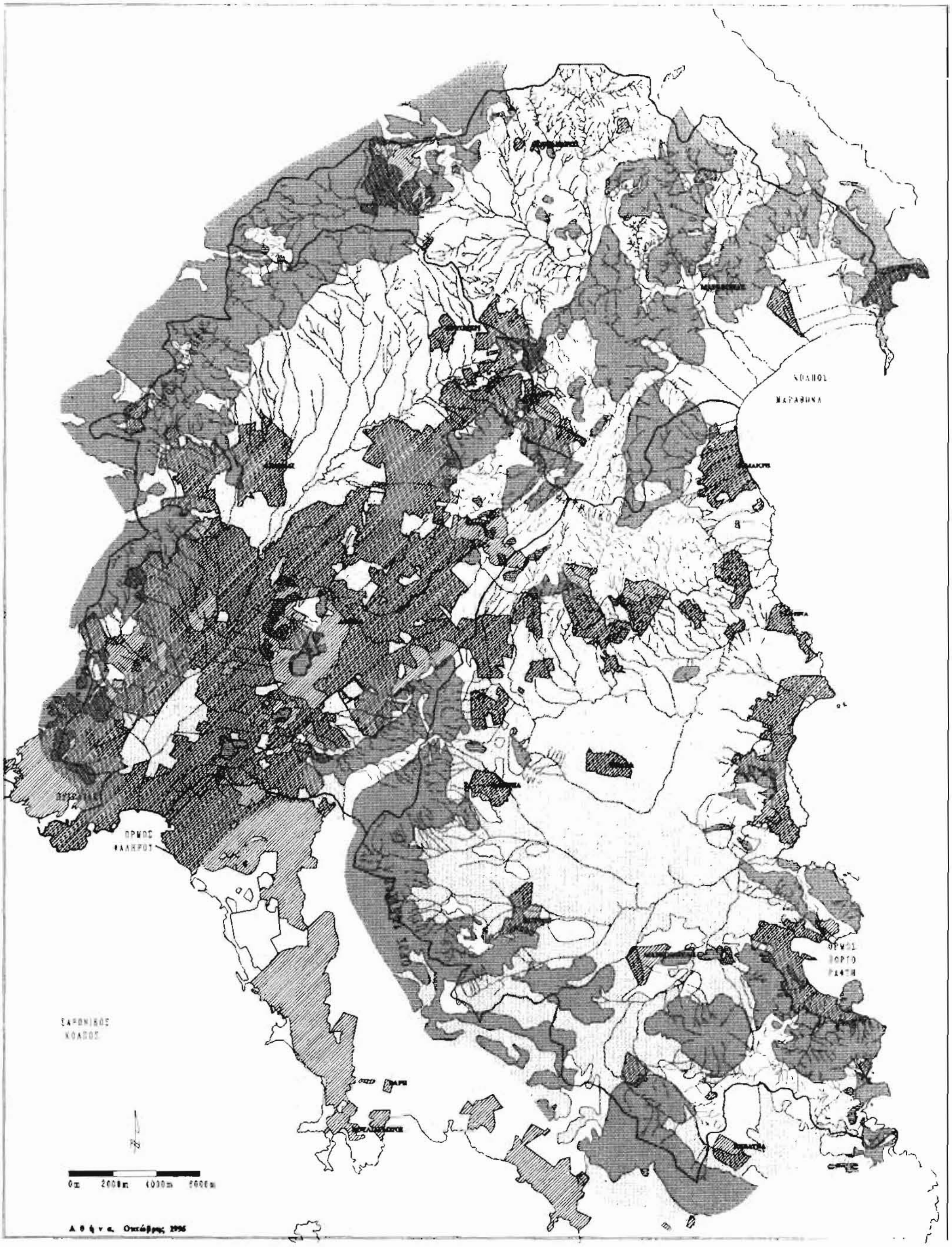
ΣΥΝΤΑΞΗ :

Π. Γ. Μαρίνος, Καθ. Ε.Μ.Π στον Τομέα Γεωτεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών.

Σ. Πλέσσας και Αικ. Βαλαδάκη-Πλέσσα, Γεωλόγοι.

Η χρωματική ψηφιακή επεξεργασία των ορίων των λεκανών απορροής, του υδρογραφικού δικτύου, του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και των ορίων της δομημένης περιοχής, έγινε από το γραφείο ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Β.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ : Ο παρών χάρτης συντάχθηκε στα πλαίσια της μελέτης, Καταγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης και Οργάνωση Εποπτείας των Υδατορρευμάτων Περιοχής Αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.ΑΠ., που εκπόνησαν για την Ε.ΥΔ.ΑΠ. τα γραφεία Δ.Σωτηρόπουλου και Συνεργάτες Ε.Ε. - ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Β. Τεχνική Εταιρεία Μελετών Ε.Π.Β. Οι συντάξαντες τον παρόντα χάρτη ευχαριστούν όλους τους ανωτέρω, για την υποστήριξή τους.


ΚΟΛΠΟΣ
ΜΑΡΑΘΩΝΑ
ΟΡΜΟΣ
ΦΑΛΗΡΟΥ
ΣΑΡΩΝΙΚΟΣ
ΚΟΛΠΟΣ
ΟΡΜΟΣ
ΠΟΡΤΟ
ΡΑΦΤΗ
0m 2000m 4000m 6000m
Αθήνα, Οκτώβρης

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΔΙΑΒΡΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΤΑΩΝ ΣΤΙΣ ΤΑΦΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ

2. ΧΑΡΤΗΣ ΔΙΑΚΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΗΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

1. Υψηλής διηθητικότητας.
2. Μέσης διηθητικότητας.
3. Μικρής διηθητικότητας.

Περιοχή Εντός Σχεδίου

Υδρογραφικό Δίκτυο

Υδροκριτική Γραμμή

1. Σχηματισμοί υψηλής διηθητικότητας.

Αφορά στους ανθρακικούς σχηματισμούς (μάρμαρα, ασβεστόλιθοι δολομίτες). Η διήθηση γίνεται άμεσα και γρήγορα, χωρίς το νερό να επηρεάζεται στην γύρω περιοχή από όπου κατεισδύει. Η διήθηση διαφοροποιείται ανάλογα με τα επιμέρους χαρακτηριστικά του ανθρακικού σχηματισμού (διακλάσεις, ρωγμές, επίπεδα στρώσεων, καρστικά ανοίγματα κ.λ.π.). Η διήθηση δεν έχει ομοιόμορφη κατανομή, αλλά εντοπίζεται, με υψηλές τιμές, στις ασυνέχειες της βραχομάζας. Κατά θέσεις δυνατόν να υπάρχει κάλυμμα από κορήματα, ή εδαφικό υλικό (δεν σημειώνεται στον χάρτη), όπου η διήθηση γίνεται ομοιόμορφη, αλλά έχει πάντα τιμές υψηλότερες των επομένων κατηγοριών.
Η ενότητα, εκτός από ορισμένες περιοχές τμήματος των καλυμμάτων, δεν κορέννυται από διηθήσεις, δεν χαλαρώνει και δεν διαβρώνεται.

2. Σχηματισμοί μέσης διηθητικότητας

Πρόκειται περί όλης της ενότητας (2) του χάρτη 1 (Διαπερατότητας) (αλλούβια κ.λ.π.) και τμημάτων της ενότητας (3) (σχιστόλιθοι), όπου το πάχος του επιφανειακού καλύμματος (αποσαθρωμένος μανδύας, κολλούβια κ.λ.π.), είναι μεγάλο.
Είναι δυνατόν να κορεσθούν αν η διάρκεια και το ύψος βροχής είναι μεγάλα. Εννοείται ότι η κλίση του ανάγλυφου παίζει σημαντικό ρόλο στον ως άνω κορεσμό.
Είναι δυνατή η χαλάρωση και η διάβρωση των σχηματισμών της ενότητας αυτής.

3. Σχηματισμοί μικρής διηθητικότητας.

Πρόκειται για το κυριότερο τμήμα εκείνο της εξάπλωσης των στεγανών σχιστολίθων. Διήθηση λαμβάνει χώρα εκεί όπου οι σχιστόλιθοι είναι αποσαθρωμένοι, αλλά, στο σύνολο του σχηματισμού, αυτή είναι μικρή. Οι σχηματισμοί της ενότητας αυτής δεν χαλαρώνουν, υφίστανται όμως σχετική διάβρωση

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.

1. Ως διηθητικότητα εννοούμε την ικανότητα του νερού να διηθείται στην μάζα του εδάφους, ανεξάρτητα αν από κινείται σε βάθος ώστε να συναντήσει τον υδροφόρο ορίζοντα. Αναφέρεται σε εδάφη, χαλαρά πετρώματα ή εδαφικά καλύμματα πετρωμάτων.

2. Το πάχος των καλυμμάτων εκτιμήθηκε από τον εδαφολογικό χάρτη κλίμακας 1:50.000 του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών και από προσωπική εργασία υπαίθρου.

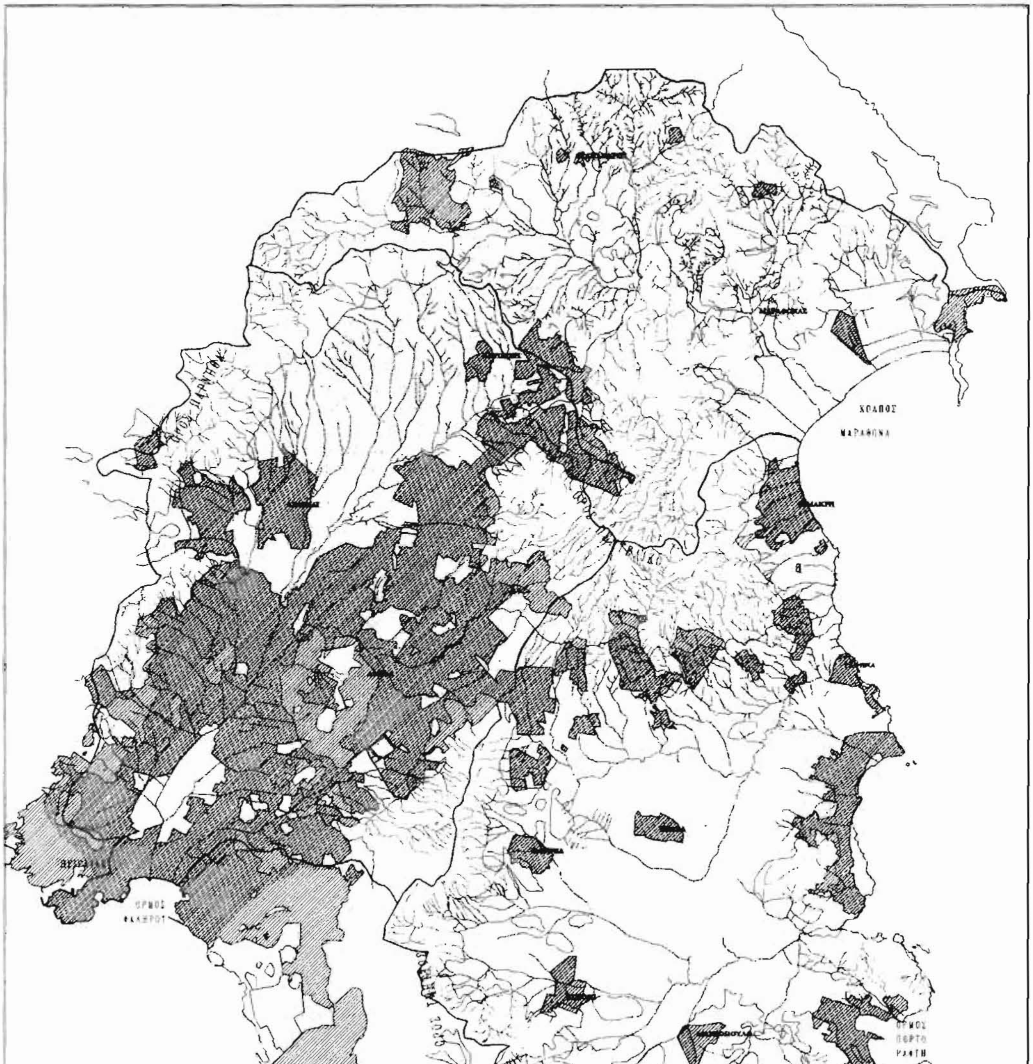
3. Ο χάρτης δίνει την απαραίτητη πληροφόρηση για την κλίμακα στην οποία έχει συνταχθεί (1:50.000). Για την ανάγκη σχεδιασμού αντιπλημμυρικών και άλλων σχετικών έργων απαιτείται, προφανώς, κάθε φορά ειδική τοπική μελέτη.

- Η ψηφιακή επεξεργασία των στοιχείων έγινε με το Λογισμικό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ARC/INFO.

ΣΥΝΤΑΞΗ:
Π. Γ. Μαρίνος, Καθ. Ε.Μ.Π. στον Τομέα Γεωτεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών
Σ. Πλέσσας και Αικ. Βαλαδάκη-Πλέσσα, Γεωλόγοι

Η χαρτογραφική ψηφιακή επεξεργασία των ορίων των λεκανών απορροής, των υδρογραφικών δικτύων, του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και των ορίων της δομημένης περιοχής, έγινε από το γραφείο ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ. Ο παρών χάρτης συντάσσεται στα πλαίσια της μελέτης, Καταγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης και Οργάνωση Εποπτείας των Υδατορρευμάτων Περιοχής Αρμοδιότητας Β.ΥΔ.ΑΠ., που εκπόνησαν για την Β.ΥΔ.ΑΠ. τα γραφεία Δ. Σωτηρόπουλου και Συνεργάτες Ε.Ε. - ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε. - Τεχνική Εταιρεία Μελετών Ε.Π.Ε. Οι συντάξαντες τον παρόντα χάρτη ευχαριστούν όλους τους ανωτέρω, για την υποστήριξη τους.


ΚΟΛΠΟΣ
ΜΑΡΑΘΩΝΑ
ΟΡΜΟΣ
ΦΑΛΗΡΟΥ
ΟΡΜΟΣ
ΠΟΡΤΟ
ΡΑΦΤΗ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΔΙΑΒΡΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΤΙΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ

3. ΧΑΡΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΕΚ ΣΥΜΠΑΓΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. Περιοχές ανάπτυξης υποβάθρου εκ συμπαγούς γεωλογικού υλικού.
2. Περιοχές ανάπτυξης υποβάθρου εκ μη συμπαγούς γεωλογικού υλικού.

Περιοχή Εντός Σχεδίου

Υδρογραφικό Δίκτυο

Υδροκριτική Γραμμή

1.Περιοχές ανάπτυξης υποβάθρου εκ συμπαγούς γεωλογικού υλικού

Σχηματισμοί σταθεροί κατά βάση, μη εντόνως διαβρώσιμοι λόγω απορροής. Πρόκειται για τους βραχώδεις σχηματισμούς μαρμάρων, ασβεστολίθων, δολομιτών και των σχιστολίθων εκείνων, των οποίων οι εμφανίσεις δεν καλύπτονται από σημαντικού πάχους και έκταση επιφανειακό μανδύα αποσάθρωσης.

2.Περιοχές ανάπτυξης υποβάθρου εκ μη συμπαγούς γεωλογικού υλικού.

Στους σχηματισμούς που είναι ενσωματωμένοι στην κατηγορία αυτή, υπάρχει ικανότητα διαβρώσεως, λόγω μικρής, ή ακόμα και απουσίας, συνοχής μεταξύ των δομικών τους συστατικών. Πρόκειται περί μαργών, ψαμμιτών, κροκαλοπαγών, αργίλων, άμμων, δηλαδή παλαιότερων, ή, νεότερων προσχώσεων και μανδυών αποσάθρωσης ικανού πάχους. Εδώ περιλαμβάνονται και οι περιοχές με σχιστολίθους που καλύπτονται από εδαφικό κάλυμμα μεγάλου πάχους.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :

1. Στην περιοχή του σχηματισμού (1) όπου υπάρχουν καλύμματα η προϊούσα συστηματική έντονη διαβρωτική διεργασία καταλήγει στην αποκάλυψη τελικώς του συμπαγούς υποβάθρου τους.

2. Στην περιοχή του σχηματισμού (2) δεν υπάρχει περίπτωση αποκάλυψης του σταθερού υποβάθρου, είτε λόγω πρακτικώς της απουσίας του, είτε λόγω μεγάλου πάχους διαβρωσίμων υλικών.

3. Ο χάρτης έχει αξία για την εκτίμηση του βαθμού διαβρώσεως μέχρις ενός σημείου, αφού δεν είναι δυνατόν να διαχωρισθούν κατά περίπτωση ζώνες με επιφανειακό μανδύα αποσαθρωμένου πετρώματος που αναπτύσσονται, βασικώς, στις σχιστολιθικές εξελίξεις της πρώτης περιοχής.

4. Ο χάρτης αυτός θα πρέπει πάντα να συνδυάζεται με τους γεωμορφολογικούς χάρτες, κυκνότητας και συχνότητας του υδρογραφικού δικτύου

5. Ο χάρτης δίνει την απαραίτητη πληροφόρηση για την κλίμακα στην οποία έχει συνταχθεί (1:50.000). Για την ανάγκη σχεδιασμού αντιπλημμυρικών και άλλων σχετικών έργων απαιτείται, προφανώς, κάθε φορά ειδική τοπική μελέτη

- Η ψηφιακή επεξεργασία των στοιχείων έγινε με το λογισμικό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ARC/INFO.

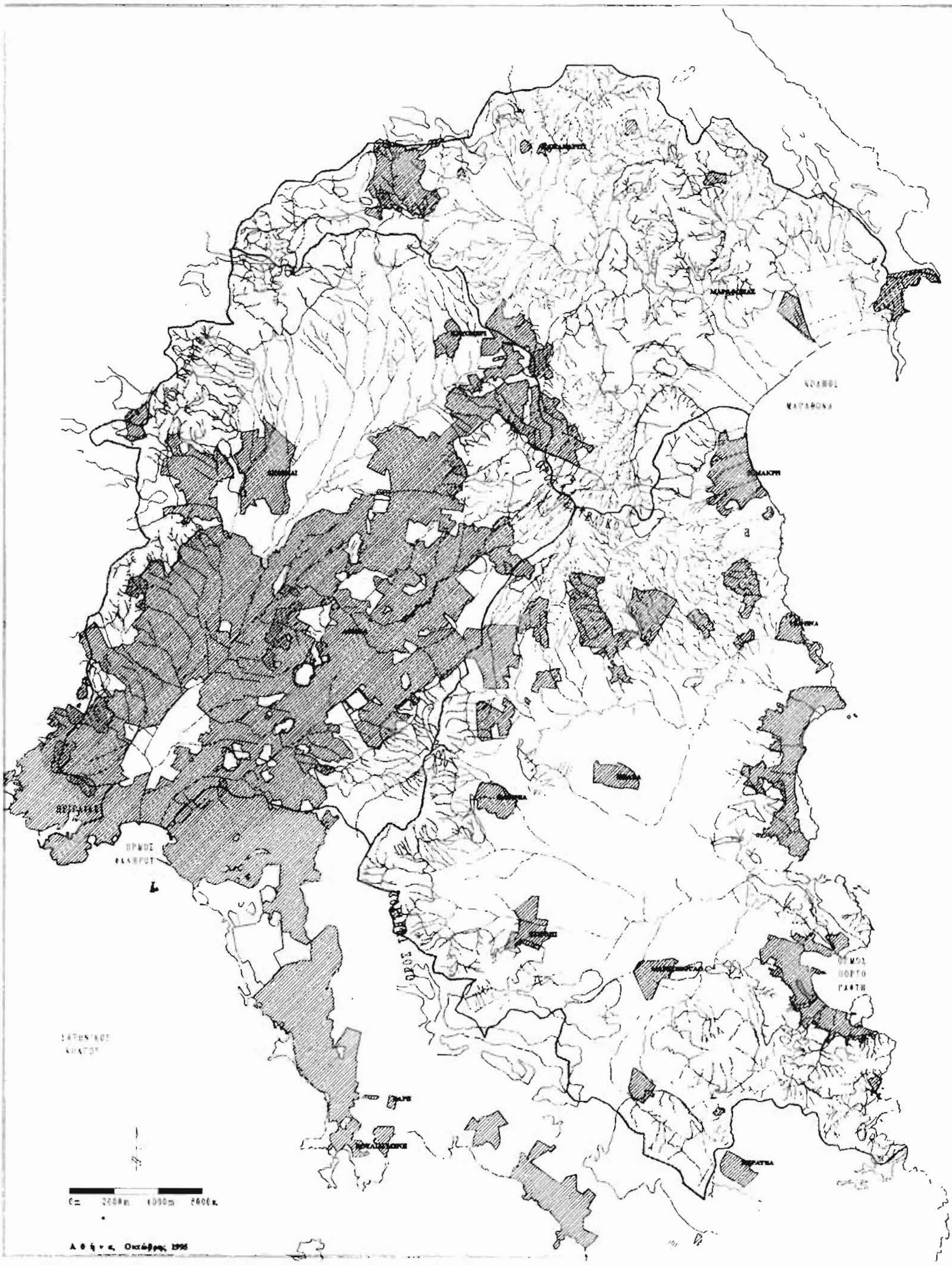
ΣΥΝΤΑΞΗ :

Π. Γ. Μαρίνος, Καθ. Ε.Μ.Π. στον Τομέα Γεωτεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών

Σ. Πλέσσας και Αικ. Βαλαδάκη-Πλέσσα, Γεωλόγοι

Η πρωτογενής ψηφιακή επεξεργασία των ορίων των λεκανών απορροής, των υδρογραφικών δικτύων, του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και των ορίων της δομημένης περιοχής, έγινε από το γραφείο ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ : Ο παρών χάρτης συντάσσεται στα πλαίσια της μελέτης "Καταγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης και Οργάνωση Εποπτείας των Υδατορευμάτων Περιοχής Αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.ΑΠ.", που εξεπόνησαν για την Ε.ΥΔ.ΑΠ. τα γραφεία Δ.Σωτηρόπουλος και Συνεργάτες Ε.Ε. - ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε. - Τεχνική Εταιρεία Μελετών Ε.Π.Ε. Οι συντάξαντες τον παρόντα χάρτη ευχαριστούν όλους τους ανωτέρω, για την υποστήριξη τους


ΚΟΛΠΟΣ
ΜΑΡΑΘΩΝΑ
ΟΡΜΟΣ
ΦΑΛΗΡΟΥ
ΟΡΜΟΣ
ΠΟΡΤΟ
ΡΑΦΤΗ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΔΙΑΒΡΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΤΑΩΝ ΣΤΙΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ

4. ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕ ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΕΠΙΡΡΕΠΗ ΣΤΗΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΕΡΤΩΝ ΤΑΩΝ (L)

Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

1. Περιοχές λιθολογικώς μη επιρρεπείς σε διάβρωση (L1)

2. Περιοχές λιθολογικώς επιρρεπείς σε διάβρωση (L2)

Περιοχή Εντός Σχεδίου

Υδρογραφικό Δίκτυο

Υδροκριτική Γραμμή

1. Περιοχές λιθολογικώς μη επιρρεπείς σε διάβρωση (L1).

Περιοχές όπου, είτε αναπτύσσονται συμπαγείς σχηματισμοί, είτε έχουν περιορισμένη κάλυψη από τους [illegible], ή δεν παρουσιάζουν αποσάθρωση στο επιφανειακό τους τμήμα. Υπάρχουν βέβαια ζώνες με ανάπτυξη χαλαρού υλικού, [illegible], οι οποίες όμως δεν αλλοιώνουν τον γενικό χαρακτήρα της περιοχής. (Οι ζώνες όμως αυτές, προκειμένου να αποτυπωθούν απαιτείται ειδική γεωλογική-χαρτογραφική εργασία).

2. Περιοχές λιθολογικώς επιρρεπείς σε διάβρωση (L2).

Περιοχές όπου αναπτύσσονται είτε μη συμπαγείς σχηματισμοί, είτε [illegible] σχηματισμοί που λόγω τεκτονικών ή άλλων εξωγενών αιτίων, [illegible] ότι είναι επιρρεπείς σε διάβρωση και απόπλυση των μονάδων που τους καλύπτουν, ακόμα και σε [illegible] μικρής έντασης και διάρκειας. Όταν, για οποιονδήποτε λόγο, [illegible] η βλάστηση, που συνήθως καλύπτει τις περιοχές αυτές, η διάβρωση του υλικού και η [illegible] του σε κατάντη θέσεις, γίνεται και με άλλους μηχανισμούς (π.χ. λασπορροή, βαρύτητα κ.λ.π.)

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Ο χάρτης αυτός διαφέρει από τον προηγούμενο, ως έχων ένταξη στην κατηγορία των [illegible] σχηματισμών του χάρτη 3, περιοχές που μπορούν, όμως να παραγάγουν [illegible] [illegible]. Δηλαδή, το μεγάλο τμήμα της εξάπλωσης των σχηματισμών και κατά περίπτωση περιοχές [illegible] με αξιόλογο κάλυμμα [illegible] υλικού, αργιλικής σύστασης, ή κορημάτων

2. Η διάκριση των περιοχών έγινε από επί τόπου γεωλογικές αναγνωρίσεις.

3. Ο χάρτης αυτός πρέπει πάντα να συνδυάζεται με τους γεωμορφολογικούς χάρτες Πυκνότητας και Συχνότητας του υδρογραφικού δικτύου και κλίσεων αναγλύφου προκειμένου να εξάγονται συμπεράσματα για το αναλόγως ή όχι. Ο χάρτης στον οποίο τελικώς παρουσιάζεται η συνδυασμένη επεξεργασία των ανωτέρω αποτελεί και τον τελικό χάρτη τρωτότητας στην διάβρωση (χάρτης 9)

4. Ο χάρτης αυτός πρέπει να θεωρηθεί ως ο καταλληλότερος από πλευράς λιθολογικής, σχετικά με τον χαρακτηρισμό περιοχών με ευαισθησία σε διάβρωση.

5. Ο χάρτης αυτός αποτελεί χάρτη επικινδυνότητας έναντι διαβρώσεων (Risk) και όχι κινδύνου διαβρώσεως (Hazard).

6. Ο χάρτης είναι την απαραίτητη πληροφόρηση για την κλίμακα στην οποία έχει συνταχθεί (1:50.000). Για την ανάγκη σχεδιασμού αντιπλημμυρικών και άλλων σχετικών έργων απαιτείται, προφανώς, κάθε φορά ειδική τοπική μελέτη.

- Η ψηφιακή επεξεργασία των στοιχείων έγινε με το λογισμικό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ARC/INFO

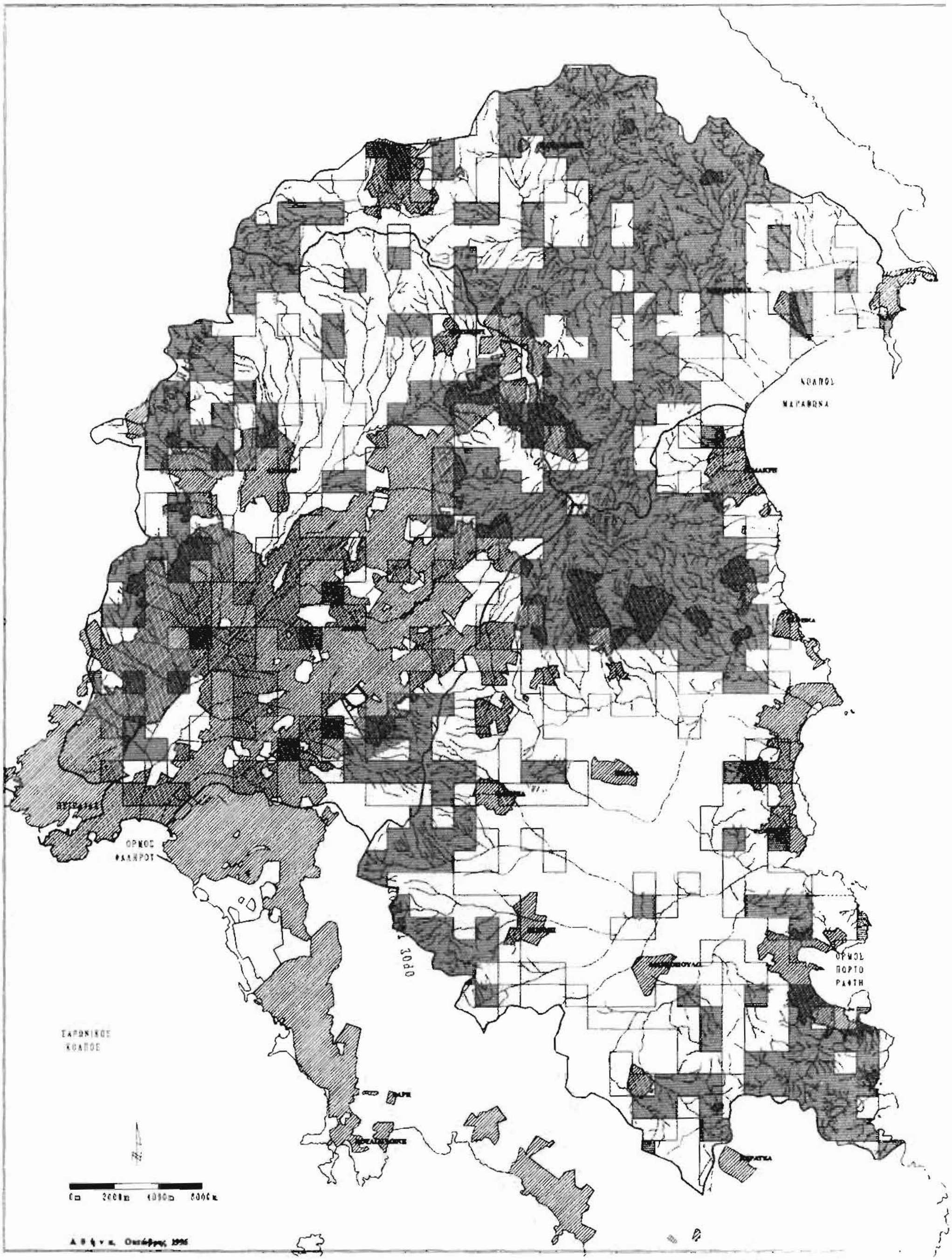
ΣΥΝΤΑΞΗ:

Π. Γ. Μαρίνος, Καθ. Ε.Μ.Π. στον Τομέα Γεωτεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών

Σ. Πλέσσας και Αικ. Βαλαδάκη-Πλέσσα, Γεωλόγοι

Η [illegible] ψηφιακή επεξεργασία των ορίων των λεκανών απορροής, των υδρογραφικών δικτύων, του [illegible] και των ορίων της [illegible] περιοχής, έγινε από το γραφείο ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ. Ο παρών χάρτης συντάχθηκε στα πλαίσια της μελέτης, Καταγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης και Οργάνωση Εποπτείας των Υδατορρευμάτων Περιοχής Αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.ΑΠ., που εξεπόνησαν για την Ε.ΥΔ.ΑΠ. τα γραφεία Δ. Σωτηρόπουλου και Συνεργάτες Ε.Ε. - ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε. - Τεχνική Εταιρεία Μελετών Ε.Π.Ε. Οι συντάξαντες τον παρόντα χάρτη ευχαριστούν όλους τους ανωτέρω, για την υποστήριξη τους


ΚΟΛΠΟΣ
ΜΑΡΑΘΩΝΑ
ΟΡΜΟΣ
ΦΑΛΗΡΟΥ
ΣΑΡΩΝΙΚΟΣ
ΚΟΛΠΟΣ
ΟΡΜΟΣ
ΠΟΡΤΟ
ΡΑΦΤΗ

1. Περιοχές χαμηλής συχνότητας του υδρογραφικού δικτύου [F1].

Περιοχές όπου η συχνότητα του υδρογραφικού δικτύου που τις διατρέχει, έχει τιμές μικρότερες ή ίσες των 2 κλάδων ανά τετρ. km.

2. Περιοχές μέσης συχνότητας του υδρογραφικού δικτύου [F2].

Περιοχές όπου η συχνότητα του υδρογραφικού δικτύου που τις διατρέχει, έχει τιμές μεγαλύτερες των 2 και μικρότερες ή ίσες των 8 κλάδων ανά τετρ. km.

3. Περιοχές υψηλής συχνότητας του υδρογραφικού δικτύου [F3].

Περιοχές όπου η συχνότητα του υδρογραφικού δικτύου που τις διατρέχει, έχει τιμές μεγαλύτερες των 8 κλάδων ανά τετρ. km.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Με τον όρο Συχνότητα του υδρογραφικού δικτύου (Stream Frequency) εννοούμε τον λόγο του αριθμού των κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου, ανεξαρτήτως της τάξης στην οποία ανήκουν, προς το εμβαδόν της λεκάνης απορροής την οποία στραγγίζουν.

2. Η επιλογή των διαστημάτων Συχνότητας έγινε έτσι ώστε να προκύπτουν τρία αντιπροσωπευτικά για την περιοχή εύρη Συχνότητας Υδρογραφικού Δικτύου, κατά το δυνατόν, ισοπληθή. Η μέγιστη τιμή Συχνότητας στον χάρτη είναι 48 κλάδοι υδρογραφικού δικτύου ανά τετρ. km.

3. Ο χάρτης αυτός χρήζει να συνδυαστεί με τον επόμενο και τον χάρτη κλίσεων εάν επιθυμείται η εξαγωγή ακριβέστερων συμπερασμάτων σχετικά με τον ευδιάβρωτο χαρακτήρα των κατά περίπτωση περιοχών που διακρίνονται σε αυτόν.

- Η ψηφιακή επεξεργασία των στοιχείων έγινε με το λογισμικό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ARC/INFO

Σ Υ Ν Τ Α Ξ Η .

Π. Γ. Μ α ρ ί ν ο ς, Καθ. Ε.Μ.Π. στον Τομέα Γεωτεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών.

Σ. Π λ έ σ σ α ς και Α ι κ. Β α λ α δ ά κ η-Π λ έ σ σ α, Γεωλόγοι.

Η [illegible] ψηφιακή επεξεργασία των ορίων των λεκανών απορροής, του υδρογραφικού δικτύου, του [illegible] και των ορίων της [illegible], έγινε από το γραφείο ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ : Ο παρών χάρτης συντάχθηκε στα πλαίσια της μελέτης, Καταγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης και Οργάνωση Εποπτείας των Υδατορρευμάτων Περιοχής Αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.ΑΠ., που εξασφάλισαν για την Ε.ΥΔ.ΑΠ. τα γραφεία Δ.Σωτηρόπουλου και Συνεργάτες Ε.Ε. - ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε. - Τεχνική Εταιρεία Μελετών Ε.Π.Ε. Οι συντάξαντες τον παρόντα χάρτη ευχαριστούν όλους τους ανωτέρω, για την υποστήριξή τους.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ
ΔΙΑΒΡΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΤΙΣ
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ
ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ

5. ΧΑΡΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ (F)

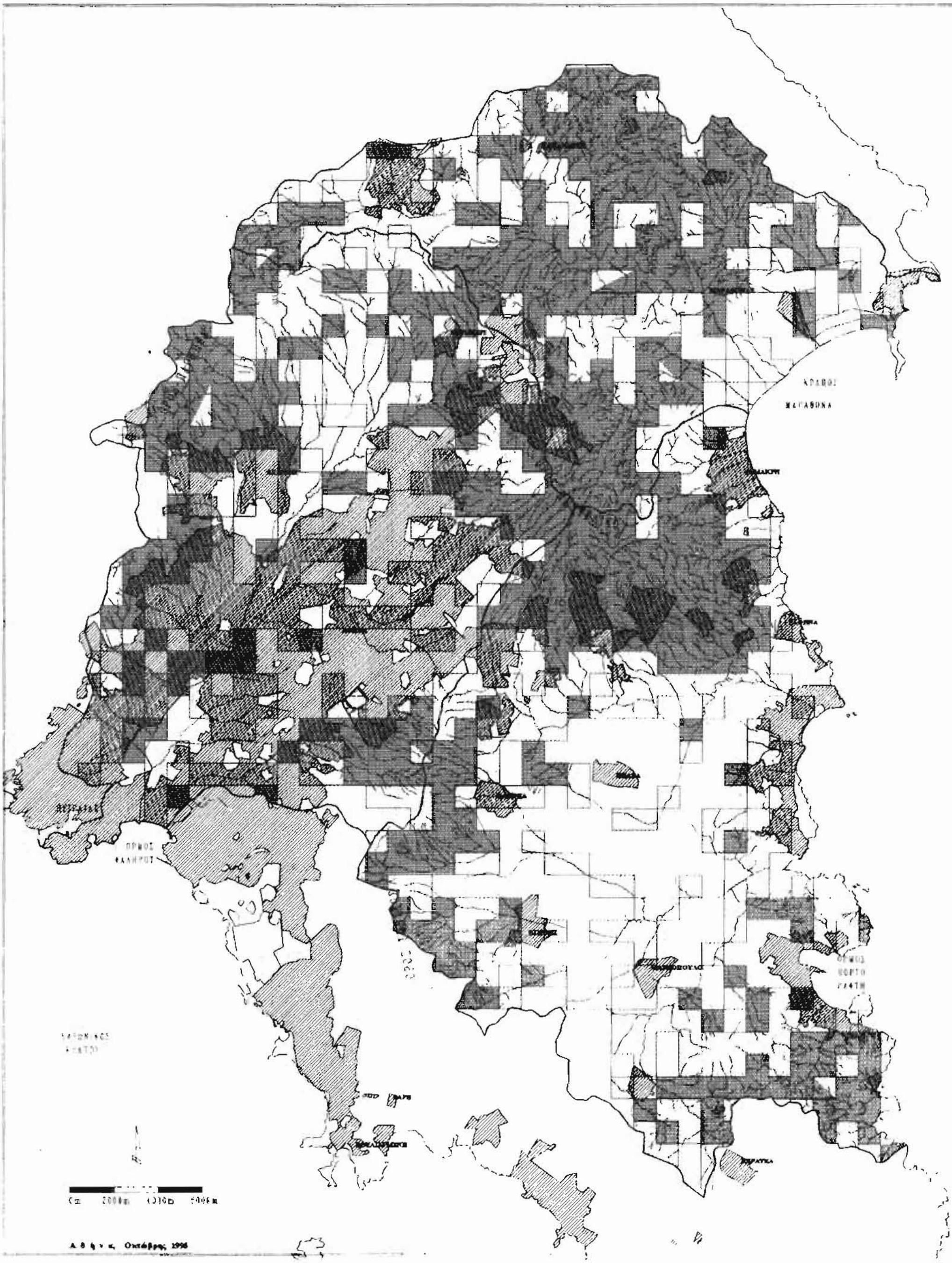
Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

1. Περιοχές χαμηλής συχνότητας του υδρογραφικού δικτύου. [F1]
2. Περιοχές μέσης συχνότητας του υδρογραφικού δικτύου. [F2]
3. Περιοχές υψηλής συχνότητας του υδρογραφικού δικτύου. [F3]

Περιοχή Εντός Σχεδίου

Υδρογραφικό Δίκτυο

Υδροκριτική Γραμμή



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ
ΔΙΑΒΡΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΤΙΣ
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ
ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ

6. ΧΑΡΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ (D)

Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

1. Περιοχές χαμηλής πυκνότητας του υδρογραφικού δικτύου. [D1]
2. Περιοχές μέσης πυκνότητας του υδρογραφικού δικτύου. [D2]
3. Περιοχές υψηλής πυκνότητας του υδρογραφικού δικτύου. [D3]

Περιοχή Εντός Σχεδίου

Υδρογραφικό Δίκτυο

Υδροκριτική Γραμμή

1. Περιοχές χαμηλής πυκνότητας του υδρογραφικού δικτύου [D1].

Περιοχές όπου η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου που τις διατρέχει, έχει τιμές μικρότερες του 1 km ανά τετρ. km.

2. Περιοχές μέσης πυκνότητας του υδρογραφικού δικτύου [D2].

Περιοχές όπου η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου που τις διατρέχει, έχει τιμές μεγαλύτερες του 1 και μικρότερες των 2.3 km ανά τετρ. km.

3. Περιοχές υψηλής πυκνότητας του υδρογραφικού δικτύου [D3].

Περιοχές όπου η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου που τις διατρέχει, έχει τιμές μεγαλύτερες των 2.4 km ανά τετρ. km.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Με τον όρο Πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου (Drainage Density) εννοούμε τον λόγο του μήκους του συνόλου των κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου, ανεξαρτήτως της τάξης στην οποία ανήκουν, προς το εμβαδόν της λεκάνης απορροής την οποία στραγγίζουν.

2. Η επιλογή των διαστημάτων Πυκνότητας έγινε έτσι ώστε να προκύπτουν τρία αντιπροσωπευτικά για την περιοχή φάσματα Πυκνότητας Υδρογραφικού Δικτύου, κατά το δυνατόν, ισοπληθή. Η μέγιστη τιμή Πυκνότητας στον χάρτη είναι 6.2 km κλάδων υδρογραφικού δικτύου ανά τετρ. km.

3. Ο χάρτης αυτός πρέπει να συνδυαστεί με τον χάρτη 4 και τον χάρτη κλίσεων, εάν επιθυμείται η εξαγωγή ακριβέστερων συμπερασμάτων σχετικά με τον ευδιάβρωτο χαρακτήρα των κατά περίπτωση περιοχών που διακρίνονται σε αυτόν.

- Η ψηφιακή επεξεργασία των στοιχείων έγινε με το λογισμικό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ARC/INFO.

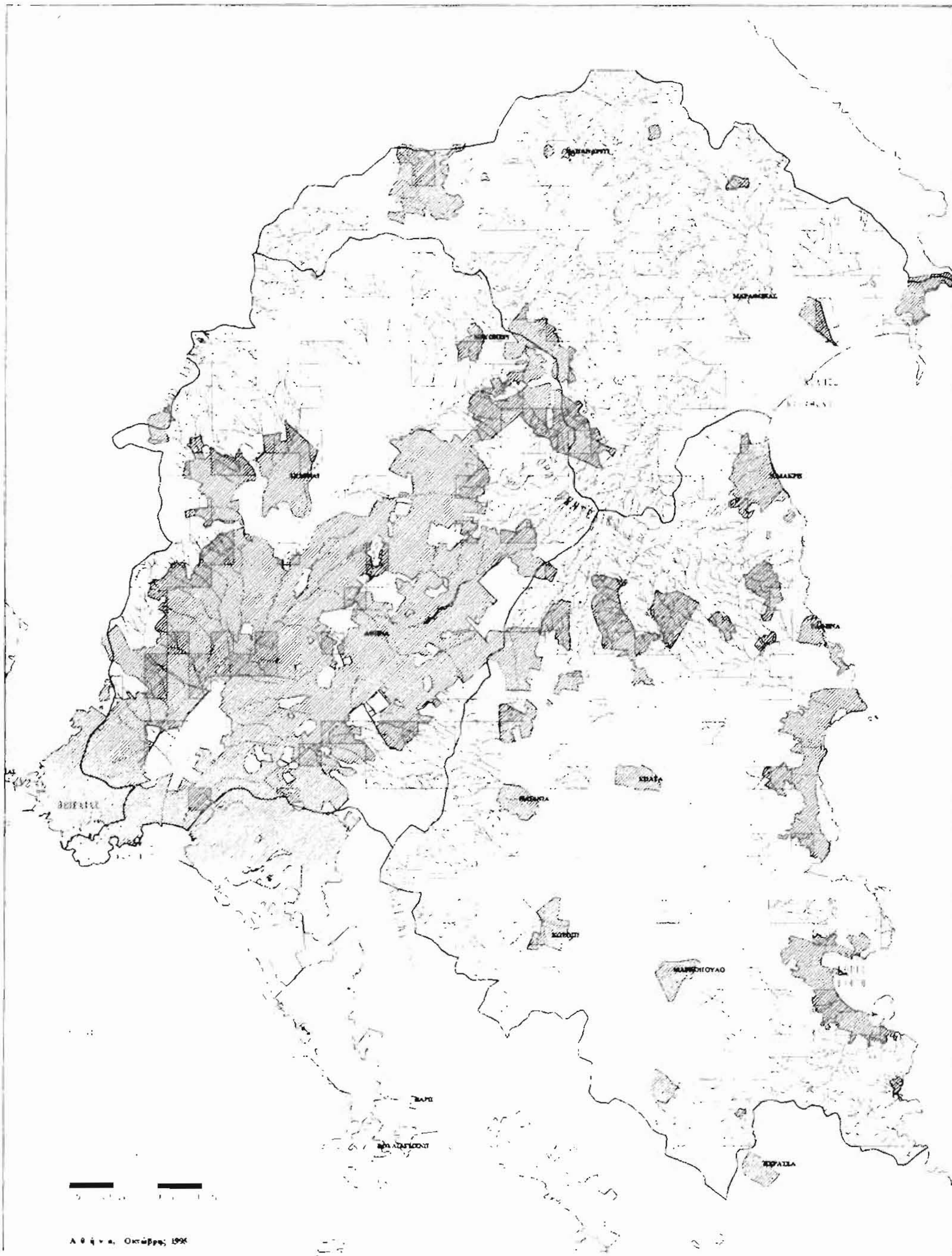
Σ Υ Ν Τ Α Ξ Η :

Π. Γ. Μ α ρ ί ν ο ς, Καθ. Ε.Μ.Π. στον Τομέα Γεωτεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών

Σ. Π λ έ σ σ α ς και Α ι κ. Β α λ α δ ά κ η-Π λ έ σ σ α, Γεωλόγοι

Η χρωματική ψηφιακή επεξεργασία των ορίων των λεκανών απορροής, του υδρογραφικού δικτύου, του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και των ορίων της δομημένης περιοχής, έγινε από το γραφείο ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ : Ο παρών χάρτης συντάχθηκε στα πλαίσια της μελέτης, Καταγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης και Οργάνωση Εποπτείας των Υδατορρευμάτων Περιοχής Αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.ΑΠ., που εξεπόνησαν για την Ε.ΥΔ.ΑΠ. τα γραφεία Δ. Σωτηρόπουλου και Συνεργάτες Ε.Ε. - ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε. Τεχνική Εταιρεία Μελετών Ε.Π.Ε. Οι συντάξαντες τον παρόντα χάρτη ευχαριστούν όλους τους ανωτέρω, για την υποστήριξή τους.



Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

1. Περιοχές χαμηλής έως μέσης υφής του υδρογραφικού δικτύου. [Τ1]

2. Περιοχές μέσης έως υψηλής υφής του υδρογραφικού δικτύου. [Τ2]

Περιοχή Εντός Σχεδίου

Υδρογραφικό Δίκτυο

Υδροκριτική Γραμμή

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Ο χάρτης αυτός συντάγει από την συναξιολόγηση των χαρτών Συχνότητας και Πυκνότητας του υδρογραφικού δικτύου. Διακρίνονται δύο, τελικά, ενότητες, με σκοπό μια βέλτιστη ομαδοποίηση σε δύο ενότητες από πλευράς συμμετοχής του υδρογραφικού δικτύου στον χαρακτηρισμό της ιδιότητας σε διάβρωση και την παραγωγή φερτών υλών, της συνολικής περιοχής.

2. Στην ενότητα Τ1 έχουν συμπεριληφθεί οι περιοχές των χαρτών Συχνότητας και Πυκνότητας που χαρακτηρίζονται, συγχρόνως, από

F1 και D1
F1 και D2
F2 και D1
F2 και D2

Στην ενότητα Τ2 έχουν συμπεριληφθεί οι περιοχές των χαρτών Συχνότητας και Πυκνότητας που χαρακτηρίζονται, συγχρόνως, από

F1 και D3
F2 και D3
F3 και D1
F3 και D2
F3 και D3

3. Ο χάρτης αυτός πρέπει να συνδυαστεί με τον χάρτη κλίσεων για την εξαγωγή ακριβέστερων συμπερασμάτων σχετικά με τον ευδιάβρωτο χαρακτήρα των κατά περίπτωση περιοχών που διακρίνονται σ' αυτόν.

4. Ο χάρτης δίνει την απαραίτητη πληροφόρηση για την κλίμακα στην οποία έχει συνταχθεί (1:50000). Για την ανάγκη σχεδιασμού αντιπλημμυρικών και άλλων σχετικών έργων απαιτείται προσθέτως, κάθε φορά ειδική τοπική μελέτη.

Η ψηφιακή επεξεργασία των στοιχείων έγινε με το Λογισμικό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ARC/INFO

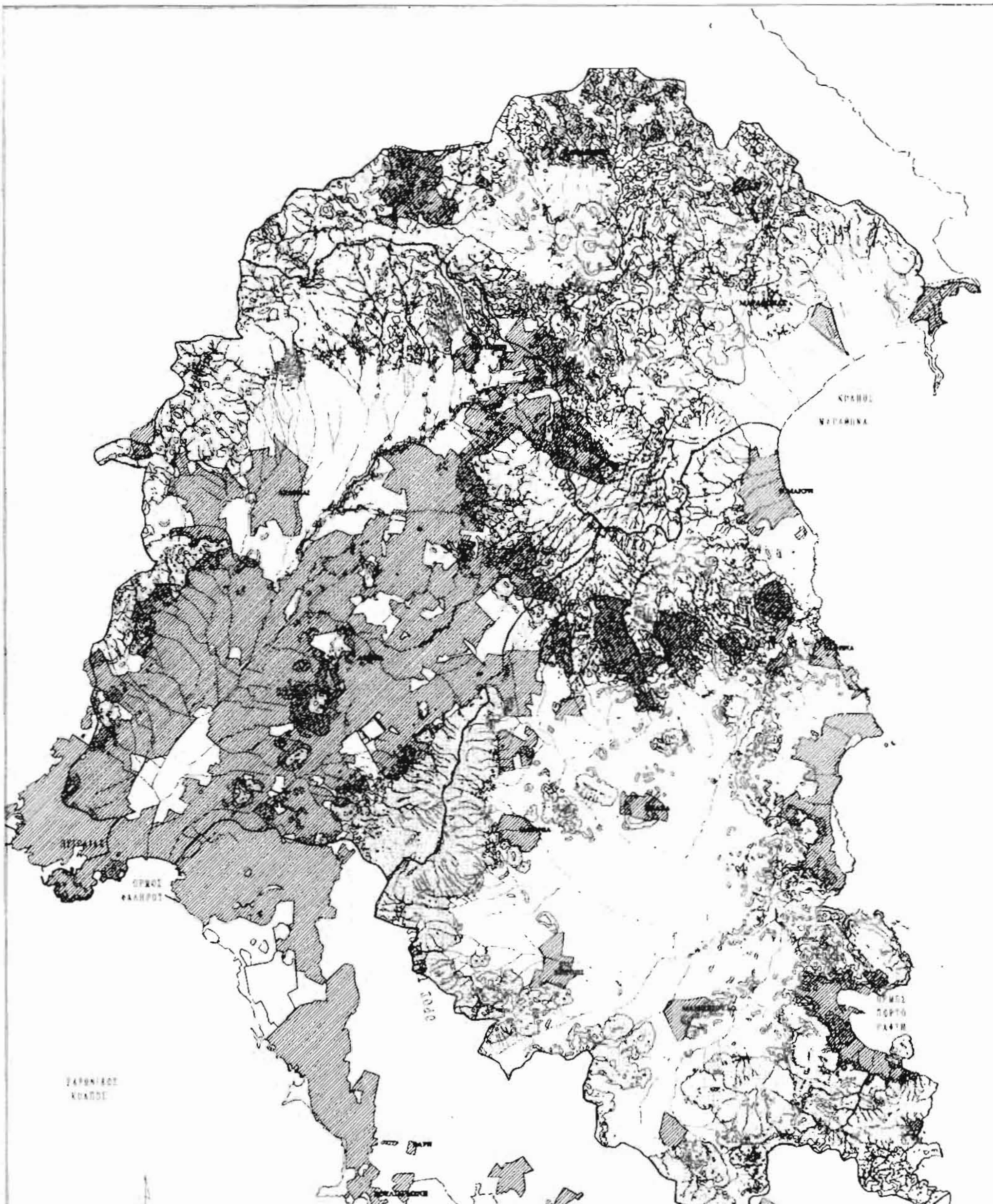
ΣΥΝΤΑΞΗ

Π. Γ. Μαρίνος, Καθ. Ε.Μ.Π. στον Τομέα Γεωτεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών

Σ. Πλέσσας και Αικ. Βαλαδάκη-Πλέσσα, Γεωλόγοι

Η χρωματική, ψηφιακή επεξεργασία των ορίων των λεκανών απορροής, των υδρογραφικών δικτύων, του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και των ορίων της δομημένης περιοχής έγινε από το γραφείο ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ: Ο παρών χάρτης συνιστά στο πλαίσιο της μελέτης, Καταγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης και Οργάνωση Εποπτείας των Υδατορρευμάτων Περιοχής Αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.ΑΠ., που εξεπονήθη για την Ε.ΥΔ.ΑΠ. τα γραφεία Α. Σωτηρόπουλου και Συνεργάτες Ε.Ε., ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε. Τεχνική Εταιρεία Μελετών Ε.Π.Ε. Οι συντάξαντες τον παρόντα χάρτη ευχαριστούν όλους τους ανωτέρω, για την υποστήριξή τους


ΟΡΜΟΣ
ΦΑΛΗΡΟΥ
0m 2000m 4000m 6000m

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΔΙΑΒΡΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΤΙΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ

8. ΧΑΡΤΗΣ ΚΛΙΣΕΩΝ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ (S)

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. Κλίσεις αναγλύφου μικρότερες του 10%. [S1]
2. Κλίσεις αναγλύφου μεγαλύτερες του 10%. [S2]

Περιοχή Εντός Σχεδίου

Υδρογραφικό Δίκτυο

Υδροκριτική Γραμμή

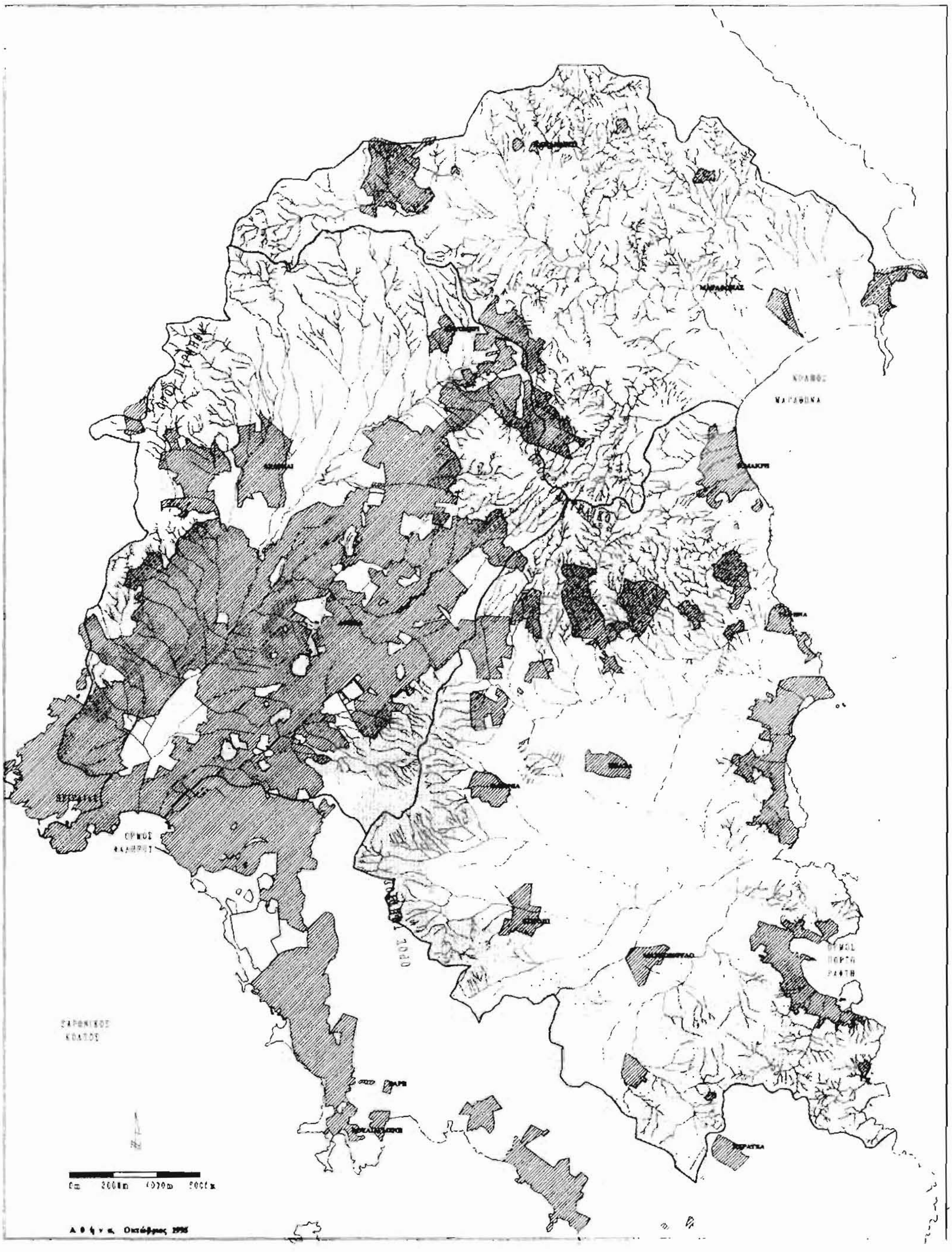
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Η κλίμακα εισαγωγής των δεδομένων ήταν 1:5000, με ισοδιάσταση 4m, ψηφιακής επεξεργασίας Γ.Υ.Σ

2. Η επιλογή του ορίου της τιμής της μορφολογικής κλίσης ως 10% έγινε με βάση το ότι η τιμή αυτή αποτελεί την οριακή μεταξύ των διεργασιών διάβρωσης και απόθεσης

- Η ψηφιακή επεξεργασία των στοιχείων έγινε με το λογισμικό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ARC/INFO.

ΣΥΝΤΑΞΗ από το γραφείο ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Ε.


ΚΟΛΠΟΣ
ΜΑΡΑΘΩΝΑ
ΟΡΜΟΣ
ΦΑΛΗΡΟΥ
ΣΑΡΩΝΙΚΟΣ
ΚΟΛΠΟΣ
ΟΡΜΟΣ
ΠΟΡΤΟ
ΡΑΦΤΗ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΔΙΑΒΡΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΤΙΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ ΚΑΙ ΜΑΡΑΘΩΝΑ ΑΤΤΙΚΗΣ

9. ΧΑΡΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ (V)

ΣΥΝΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. Περιοχές Μικρής έως Ελάχιστης Τρωτότητας. [V1]

2. Περιοχές Μικρής έως Μέσης Τρωτότητας. [V2]

3. Περιοχές Μέσης έως Υψηλής Τρωτότητας. [V3]

4. Περιοχές Υψηλής έως Μέγιστα Υψηλής Τρωτότητας. [V4]

Περιοχή Εντός Σχεδίου

Υδρογραφικό Δίκτυο

Υδροκριτική Γραμμή

1. [illegible]

2. [illegible]

3. [illegible]

4. [illegible]

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

[illegible]

ΣΥΝΤΑΞΗ

Π. Γ. Μαρίνος, Καθ. Ε.Μ.Π. στον Τομέα Γεωτεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών.

Σ. Πλέσσας και Αικ. Βαλαδάκη-Πλέσσα, Γεωλόγοι

Η [illegible] επεξεργασία των ορίων των λεκανών απορροής, των υδρογραφικών δικτύων, του [illegible] και των ορίων της [illegible] περιοχής, έγινε από το γραφείο ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Β.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ: Ο παρών χάρτης συντάχθηκε στα πλαίσια της μελέτης, Καταγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης και Οργάνωση Εποπτείας των Υδατορρευμάτων Περιοχής Αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.ΑΠ., που εξεπόνησαν για την Ε.ΥΔ.ΑΠ. τα γραφεία Δ. Σωτηρόπουλου και Συνεργάτες Ε.Ε. - ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ε.Π.Β. Τεχνική Εταιρεία Μελετών Ε.Π.Β. Οι συντάξαντες τον παρόντα χάρτη ευχαριστούν όλους τους ανωτέρω, για την υποστήριξή τους

- σε ορισμένους κλάδους του Χάραδρου (π.χ. κλάδος Γραμματικού, ΒΑ της κοινότητας Μαραθώνα)
- στον άνω ρου του Κηφισού, τόσο στις υπώρειες της Πάρνηθας, όσο και τις υπόρειες του Πεντελικού
- Σε μικρότερη έκταση και μεγαλύτερη διασπορά, ευδιάβρωτες περιοχές εντοπίζονται σε τμήματα των υπορειών του Υμηττού, του μέσου και κάτω ρου του Κηφισού και περί το Πόρτο Ράφτη.

3. Ο χάρτης αυτός προφανώς, επιτρέπει και την επισήμανση των κάθε φορά κατάντη περιοχών που κινδυνεύουν να δεχθούν τις φερτές ύλες που παράγονται από την διάβρωση.

Βιβλιογραφία

Καρράς, Γ. (1973). Κλιματική ταξινόμησις της Ελλάδος κατά Thornthwaite. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα.

Λόζιος, Σ. (1993). Τεκτονική ανάλυση μεταμορφωμένων σχηματισμών βορειοανατολικής Αττικής. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα.

Μαρίνος, Γ., Κατσικάτσος, Γ., Γεωργιάδου-Δικαιούλια, Ε., και Μίρκου, Ρ. Το σύστημα των σχιστολίθων Αθηνών. Ι. Στρωματογραφία και Τεκτονική. Ann. Geol. des P. Hell. 23, σελ. 183-216.

Μαρίνος, Γ., Κατσικάτσος, Γ., και Μίρκου, Ρ. Το σύστημα των σχιστολίθων Αθηνών. ΙΙ. Στρωματογραφία και Τεκτονική. Ann. Geol. des P. Hell. 25, σελ. 439-444.

Μαρουκιάν, Χ. (1987). Φυσικογεωγραφικές παρατηρήσεις στην υδρογραφική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα.

Μέττος, Α. (1992). Γεωλογική και παλαιογεωγραφική μελέτη των ηπειρωτικών Νεογενών σχηματισμών Β. Α/κής Αττικής και Ν. Α/κής Βοιωτίας. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα.

Μιστάρδης, Γ. Παλαιοτεταρτογενείς επιφανειακοί σχηματισμοί (εξ αδρομερών ιδία υλικών) εν Ανατολική Αττική. Δελ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρείας. Τόμος. 4. σελ. 50-61.

Παυλόπουλος, Κ. (1992). Γεωμορφολογική εξέλιξη της Νότιας Αττικής. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα.

Σαμπατακάκης, Ν. (1991). Τεχνικογεωλογική έρευνα του λεκανοπεδίου των Αθηνών. Διδακτορική Διατριβή. Πάτρα.

Επεξεργασία πολυφασματικών δορυφορικών δεδομένων με χρήση νευρωνικών δικτύων.

†Μ. Μουτσούλας*, Ε. Χάρου**, Ν. Βασιλάς**, Σ. Περαντώνης** και Σ. Βαρουφάκης**

* Τομέας Γεωγραφίας - Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών 15784 Αθήνα

** ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», 15310 Αγία Παρασκευή, Αττική

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, με τις προόδους στη μεθοδολογία και τεχνολογία της τηλανίχνευσης, και την τροχιοδρόμηση πολλών νέων δορυφόρων συσσωρεύεται ένα τεράστιος όγκος πληροφοριών σχετικών με την επιφάνεια και την ατμόσφαιρα της Γης. Η συχνότητα, με την οποία μεταβιβάζονται στη Γη οι δορυφορικές εικόνες και άλλες μετρήσεις, καθιστούν επιτακτική την ανάγκη εύρεσης νέων, ταχύτερων και, κατά το δυνατόν, αυτοματοποιημένων μεθόδων αξιοποίησης αυτών των δεδομένων. Στην κατεύθυνση αυτή βρίσκεται η χρησιμοποίηση των νευρωνικών δικτύων για την ταξινόμηση πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων. Στην εργασία αυτή γίνεται μια γενική εισαγωγή στα Νευρωνικά Δίκτυα και στην λειτουργία τους ως ταξινομητών. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται μια εφαρμογή στην ταξινόμηση σε 4 κατηγορίες χρήσεων γης πολυφασματικής Landsat TM δορυφορικής εικόνας της περιοχής Λέσβου.

Abstract

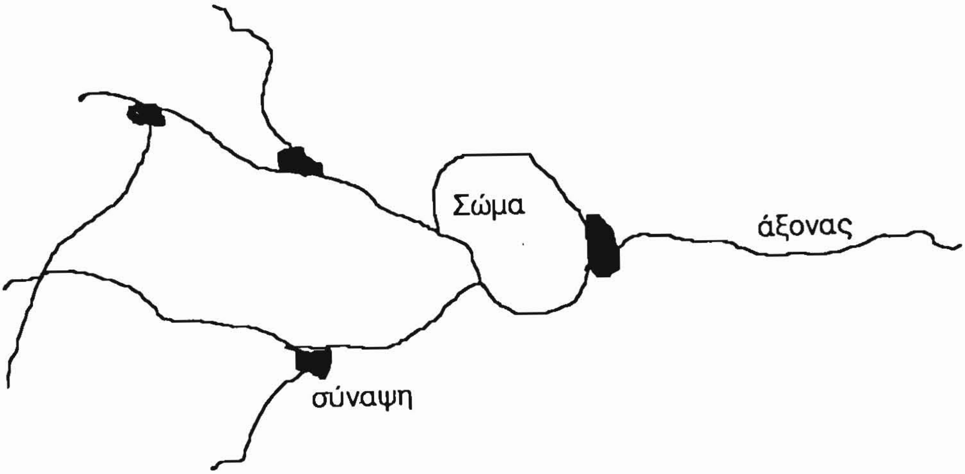
Within the last decade, advances in space and computer technology and the launch of new satellites have made it possible to amass large amounts of data about the earth and its environment. There is a strong demand in finding new, fast and, if possible, automatic methods to extract information from these data. In this research work artificial neural network (ANN) techniques, operating on raw image data (pixel values) of multispectral satellite images, were used for land-use classification.

1. Εισαγωγή

Τηλανίχνευση είναι η επιστήμη και η τεχνική με την οποία τόσο οι μηχανές όσο και ο άνθρωπος μπορούν από μακριά να ανιχνεύσουν, να μετρήσουν και να καταγράψουν τις διάφορες μεταβολές των δομικών, φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων στο χώρο και το χρόνο [1]. Η τηλανίχνευση βρίσκει εφαρμογές σε μια σειρά από επιστημονοτεχνικές περιοχές όπως οι Γεωλογία, Υδρολογία, Εδαφολογία, Δασολογία, Οικολογία, Γεωργία, Χωροταξία, Κτηματολόγιο, Γεωγραφία, Κοινωνικές επιστήμες κ.ά. Οι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις μπορούν να αναλυθούν είτε από τον ειδικευμένο φωτοερμηνευτή στην αναλογική τους μορφή είτε από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή στην ψηφιακή τους μορφή. Οι αναλογικές μέθοδοι υστερούν έναντι των ψηφιακών διότι το ανθρώπινο μάτι ευαισθητοποιείται μόνο στη ορατή περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, αδυνατεί να αντιληφθεί μικρές διαφορές τόνου ενώ δεν μπορεί να αναλύει συγχρόνως περισσότερες από μία εικόνες. Οι ψηφιακές μέθοδοι βέβαια δεν μπορούν να συναγωνιστούν τον άνθρωπο σε θέματα αντίληψης και κατανόησης στην αναγνώριση των προτύπων και τών μεταξύ τους σχέσεων και αλληλεπιδράσεων. Το μειονέκτημα αυτό προσπαθούμε να το αντιμετωπίσουμε με την εφαρμογή μεθόδων τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence). Μία από τις εφαρμογές των τηλανιχνευτικών δεδομένων είναι στον σχεδιασμό των χρήσεων γης ώστε να επιτυγχάνεται ανάπτυξη γιά το συμφέρον της ανθρωπότητας.

2. Νευρωνικά δίκτυα

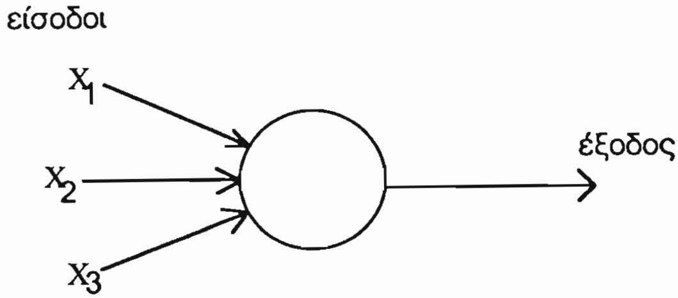
Ο ανθρώπινος εγκέφαλος και η λειτουργία του είναι ένα από τα πιό σύνθετα προβλήματα πού έχουν απασχολήσει τους επιστήμονες και οι μέχρι σήμερα γνώσεις και κατανόηση των διάφορων εγκεφαλικών λειτουργιών βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο. Παρ' όλα αυτά η βασική δομή και στοιχειώδης λειτουργία του είναι γνωστή σε ικανοποιητικό βαθμό. Υπολογίζεται ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος περιέχει περίπου 10 δισεκατομμύρια βασικές μονάδες που ονομάζονται νευρώνια (Σχ. 1). Κάθε ένα από αυτά συνδέεται μέσω ειδικών χημικών συνδέσεων, των συνάψεων ή συναπτικών βαρών (synaptic weights) με περίπου 10.000 άλλα νευρώνια. Για να ενεργοποιηθεί ένα νευρώνιο πρέπει το σύνολο των ερεθισμάτων που θα φθάσουν μέσω των συνάψεων στην είσοδό του να υπερβαίνει κάποιο εσωτερικό κατώφλιο (threshold).



Σχ. 1. Τα βασικά χαρακτηριστικά του βιολογικού νευρωνίου.

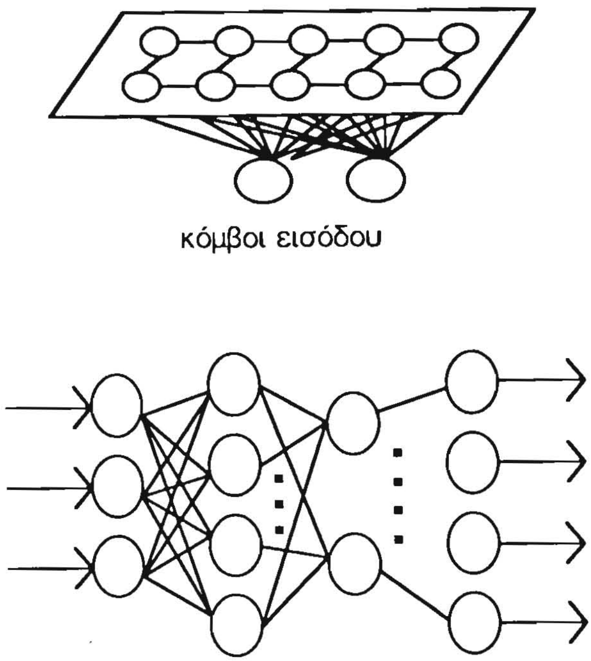
Τα Τεχνητά Νευρωνικά δίκτυα ανήκουν στην ευρύτερη περιοχή της τεχνητής νοημοσύνης [12], [13]. Είναι υπολογιστικά συστήματα που η δομή και η λειτουργία τους εμπνέονται από τις τρέχουσες γνώσεις μας γιά τον ανθρώπινο εγκέφαλο και τα νευροβιολογικά συστήματα.

Κατ' αναλογία με το βιολογικό νευρώνιο, το κάθε ένα από τα τεχνητά νευρώνια i (Σχ. 2) υπολογίζει την στάθμη ενεργοποίησής του V_i σαν συνάρτηση των εισόδων του και των συναπτικών βαρών του. Η έξοδος O_i του κάθε νευρωνίου i είναι συνήθως μιά μη γραμμική συνάρτηση της στάθμης ενεργοποίησής του.



Σχ. 2. Τα βασικά χαρακτηριστικά του τεχνητού νευρωνίου.

Ο τρόπος με τον οποίο θα συνδεθούν τα νευρώνια μεταξύ τους καθορίζει τον τύπο του νευρωνικού δικτύου (Σχ. 3). Ενα παράδειγμα είναι το πολυστρωματικό δίκτυο πρόσω διάδοσης (multi-layered feedforward network) το οποίο αποτελείται από ένα επίπεδο με τους κόμβους εισόδου, ενδιάμεσα επίπεδα με τους «κρυφούς» κόμβους και ένα επίπεδο με τους κόμβους εξόδου, όπου κάθε κόμβος συνδέεται μόνο με κόμβους από το προηγούμενο επίπεδο. Αλλο παράδειγμα είναι το μονοστρωματικό δίκτυο το οποίο αποτελείται μόνο από κόμβους εισόδων και εξόδων.



Σχ. 3. Μονοστρωματικό και Πολυστρωματικό δίκτυο.

Η λύση ενός προβλήματος με την βοήθεια των νευρωνικών δικτύων πραγματοποιείται σε δύο φάσεις. Κατά την φάση εκπαίδευσης (training phase) εφοδιάζουμε το νευρωνικό δίκτυο με ένα εκπαιδευτικό δείγμα της σχέσης που πρέπει να μάθει. Η μάθηση συνίσταται στην διόρθωση των συναπτικών βαρών σύμφωνα με κάποιο αλγόριθμο μάθησης ώστε να μπορέσει το δίκτυο να αντιδρά σωστά σε κάθε παράδειγμα που έρχεται στην είσοδό του. Αν το εκπαιδευτικό δείγμα αποτελείται από τα δεδομένα μαζί με το επιθυμητό αποτέλεσμα τότε η εκπαίδευση λέγεται «καθοδηγούμενη» (supervised). Αν η εκπαίδευση γίνεται χωρίς να εφοδιάζουμε το δίκτυο με τα επιθυμητά αποτελέσματα αφήνοντάς το έτσι να ανακαλύψει «μόνο» του τους συσχετισμούς που ενδεχόμενα υπάρχουν στα παραδείγματα του εκπαιδευτικού δείγματος τότε λέγεται «μή καθοδηγούμενη» (unsupervised) εκπαίδευση.

Όταν η φάση εκπαίδευσης ολοκληρωθεί, σταθεροποιούνται τα συναπτικά βάρη και αρχίζει η **φάση ελέγχου** κατά την οποία η εμπειρία του νευρωνικού δικτύου που αποκτήθηκε κατά την εκπαίδευσή του αξιολογείται με χρήση ενός συνόλου νέων δεδομένων. Η ικανότητα αυτή να αντιδρά σωστά σε νέα, άγνωστα δεδομένα λέγεται επίσης και γενικευτική ικανότητα του δικτύου.

3. Ταξινόμηση με χρήση Νευρωνικών Δικτύων

Μία από τις περιοχές όπου βρίσκουν εφαρμογή τα Νευρωνικά Δίκτυα είναι η ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων σε τύπους εδαφοκάλυψης [2]-[11], [21]. Μία τέτοια εφαρμογή αναπτύχθηκε για την ταξινόμηση ενός τμήματος 512 × 512 pixels δορυφορικής εικόνας Landsat TM περιοχής Λέσβου. Χρησιμοποιήθηκαν 3 κανάλια (TM1, TM2, TM3) της εικόνας με στόχο την ταξινόμηση της εικόνας στις εξής κατηγορίες εδαφοκάλυψης α) δάσος β) θάλασσα γ) αγροτικές περιοχές και δ) βραχώδεις περιοχές, άγονες ή εκτάσεις με λιγότερο από 10% βλάστηση.

Για την εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν δύο νευρωνικοί ταξινομητές. Ένα πολυστρωματικό δίκτυο με αλγόριθμο μάθησης ALECO (παραλλαγή του αλγορίθμου back error propagation) [17]-[20] και ένα μονοστρωματικό νευρωνικό δίκτυο με αλγόριθμο μάθησης LVQ (Learning Vector Quantization) [14]-[16].

Για την φάση εκπαίδευσης των δικτύων χρησιμοποιήθηκαν οι φασματικές υπογραφές 1187 σημείων που ανήκαν στις 4 κατηγορίες εδαφοκάλυψης που προαναφέρθηκαν. Κατά την φάση ελέγχου τα νευρωνικά δίκτυα κατέταξαν καθένα από τα 512 × 512 σημεία της εικόνας σε μια από αυτές τις 4 κατηγορίες. Στο τέλος του κειμένου παραθέτουμε την αρχική εικόνα LANDSAT TM (bands1, 2, 3) και τα αποτελέσματα που έδωσαν οι δύο νευρωνικοί ταξινομητές LVQ και ALECO. Επίσης, για συγκριτικούς λόγους παραθέτουμε και το αποτέλεσμα της ταξινόμησης της ίδιας αρχικής εικόνας με την χρησιμοποίηση ενός από τους πλέον χρησιμοποιούμενους στατιστικούς ταξινομητές του k-NN (k-πλησιέστερων γειτόνων).

Συμπεράσματα - Προοπτικές

Η ποιότητα των αποτελεσμάτων, όπως φαίνεται από τις εικόνες στο τέλος του κειμένου κρίνεται ικανοποιητική. Δυστυχώς, δεν κατέστη δυνατή ποσοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων λόγω έλλειψης ερμηνευμένης από ειδικούς φωτοερμηνευτές εικόνας. Ενδεικτικά όμως, παραθέτουμε στον Πίνακα 1 τα αποτελέσματα επί ενός μικρού συνόλου 847 pixels γιά τα οποία ήταν γνωστή η κατηγορία που ανήκαν και ήταν διαφορετικά από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπαίδευση των δικτύων.

		Σύνολο	Κατηγ. 1 Δάσος	Κατηγ. 2 Θάλασσα	Κατηγ. 3 Αγροτ. Περιοχές	Κατηγ. 4 Βραχώδεις κ.λπ.
LVQ	Δείγμα Εκπ/σης	97.6	95.5	99.8	96.3	100
	Δείγμα Ελέγχου	92.2	98.1	100	78.0	98.4
ALECO	Δείγμα Εκπ/σης	97.5	94.8	100	96.7	100
	Δείγμα Ελέγχου	92.0	97.5	100	78.7	95.3

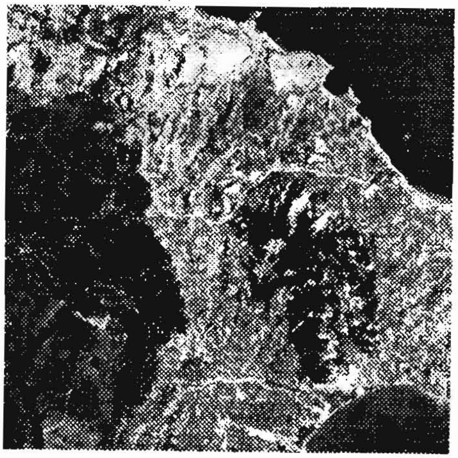
ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Ποσοστιαία επίδοση νευρωνικών ταξινομητών.

Μία άλλη σημαντική παράμετρος ήταν ο ελάχιστος χρόνος που απαιτήθηκε τόσο γιά την εκπαίδευση των δικτύων όσο και γιά την ταξινόμηση της εικόνας όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2. Επίσης, στον Πίνακα 2 παραθέτουμε ενδεικτικά τον χρόνο ταξινόμησης που απαιτήθηκε από τον συμβατικό ταξινομητή **k**-NN.

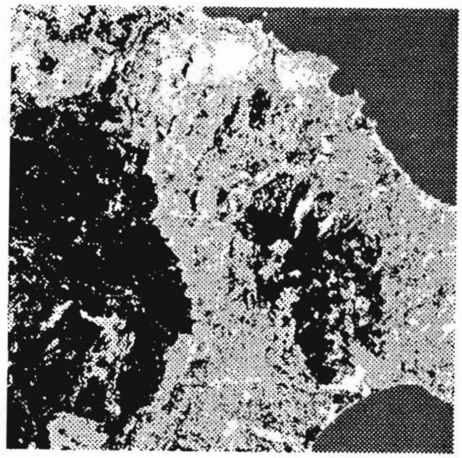
	χρόνος εκπαίδευσης	χρόνος ταξινόμησης
ταξινομητής LVQ	11 sec	43 sec
ταξινομητής ALECO	58 sec	66 sec
ταξινομητής *k*-NN	—	17 min 55 sec

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Χρόνοι εκπαίδευσης/ταξινόμησης.

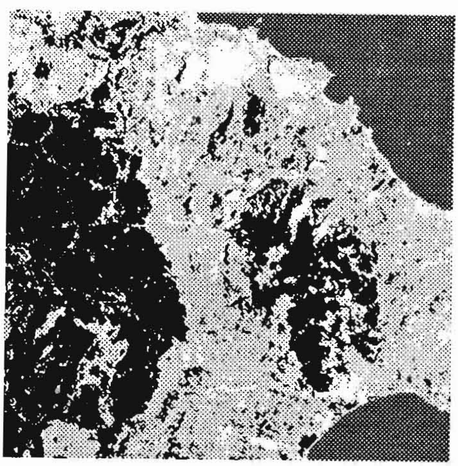
Από τα παραπάνω φαίνεται ότι τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιούνται σαν **αποτελεσματικοί και ταχύτατοι** ταξινομητές δορυφορικών εικόνων.



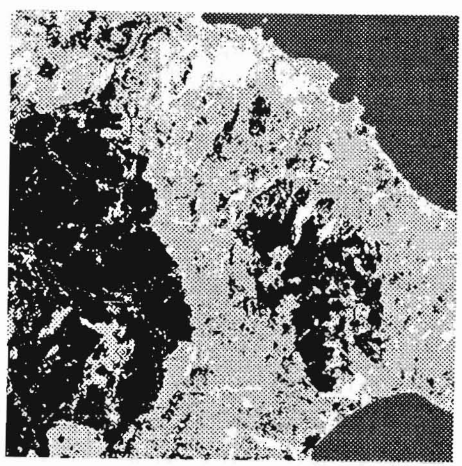
Φωτ. 1. LANDSAT TM περιοχής Λέσβου.



Φωτ. 2. Αποτελέσματα του ταξινομητή k-NM.



Φωτ. 3. Αποτελέσματα του ταξινομητή LVQ.



Φωτ. 4. Αποτελέσματα του ταξινομητή ALECO.

Βιβλιογραφία

[1] Μουτσούλας, Μ. και Σ. Πιτέρη. (1993). «Εφαρμογές της Διαστημικής Επιστήμης και Τεχνολογίας», Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

[2] Benediktsson, P.H. Swain, and O.K. Ersoy. (1990). "Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data", *IEEE Trans. Geosc. Remote Sensing*, vol. GE-28, no. 4, pp. 540-552.

[3] Bischof, H., W. Schneider, and A.J. Pinz. (1992). "Multispectral classification of Landsat-images using neural networks" *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. GE-30, no. 3, pp. 482-490.

[4] Omatu, S. and T. Yosida. (1991). "Pattern classification for remote sensing using neural network", *Proc. IJCNN '91*, pp. 653-657, Singapore.

[5] Kamata, S. and E. Kawaguchi. (1993). "A neural network classifier for multi-temporal Landsat images using spacial and spectral information", *Proc. IJCNN '93*, pp. 2199-2202, Nagoya, Japan.

[6] Heermann, P.D. and N.Khazenie. (1992). "Classification of multispectral remote sensing data using a back propagation neural network", *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. GE-30, no. 1, pp. 81-88.

[7] Salu, Y. and J. Tilton. (1993). "Classification of multispectral image data by the binary diamond neural network and by nonparametric, pixel-by-pixel methods", *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. GE-31, no. 3, pp. 606-617.

[8] Szu, H.H., B.A. Telfer, and R.K. Kiang. (1993). "Neural network classification of multispectral data with contextual information", *Proc. World Congress on Neural Networks*, pp. I117-I121, Oregon, USA.

[9] Halounova, L. (1995). "Comparison of neural network and maximum likelihood classifications in an urban area", in *Proc. 14th EARSeL Symposium '94 (Sensors and Environmental Applications of Remote Sensing)*, J. Askne, Ed. Rotterdam: A.A. Balkema, Geteborg, pp. 463-468.

[10] Cappellini, V., A. Chiuderi and S. Fini. (1995). "Neural networks in remote sensing multisensor data processing", in *Proc. 14th EARSeL Symposium '94 (Sensors and Environmental Applications of Remote Sensing)*, J. Askne, Ed. Rotterdam: A.A. Balkema, Geteborg, pp. 457-462.

[11] Charou, E., N. Ampazis, N. Vassilas, S. Perantonis, C. Feizidis and S. Varoufakis. (1994). "Land-use classification of satellite images

using artificial neural network techniques", *Proc. Integration, Automation and Intelligence in Photogrammetry, Remote Sensing and GIS-LIESMARS*, pp. 368-377, Wuhan, P.R. China.

[12] Rumelhart, D.E., G.E. Hinton, and R.J. Williams. (1986). "Learning representations by back propagating errors," *Nature*, vol. 323, pp. 533-536.

[13] Funahashi, K-I. (1989). "On the approximate realization of continuous mappings by neural networks", *Neural Networks*, vol. 2, pp. 183-192.

[14] Kohonen, T. (1990). "Improved versions of learning vector quantization", *Proc. IJCNN '90*, pp 1545-1550, San Diego, California.

[15] Kohonen, T. (1990). "Statistical pattern recognition revisited", *Advanced Neural Computers*, pp. 137-144.

[16] LVQ-PAK: (1992). The Learning Vector Quantization Program Package. Helsinki GrHelveticaity of Technology, January.

[17] Karras, D.A. and S. Perantonis. (1995). "Constrained optimization training algorithms for feedforward networks", *IEEE Trans. Neural Networks*, under review.

[18] Perantonis, S.J. and D.A. Karras. (1993). "A fast constrained learning algorithm based on the construction of suitable internal representations", *Proc. IJCNN '93*, pp. 536-539, Nagoya, Japan.

[19] Perantonis, S.J. and D.A. Karras. (1995). "An efficient constrained learning algorithm with momentum acceleration", *Neural Networks*, in print.

[20] Karras, D.A. and S.J. Perantonis. (1993). "Comparison of the performance of learning algorithms in large scale networks and problems", *Proc. IJCNN '93*, pp. 532-535, Nagoya, Japan.

[21] Hewitson, B.C. and R.G. Crane. (1994). Neural Nets: Applications in Geography. Kluwer Academic Publishers, Netherllands.

Δημιουργία ενός Γ.Σ.Π. και αξιοποίηση των δεδομένων για τον αυτόματο υπολογισμό του μέσου υψομέτρου και της μέσης κλίσης

Κ. Νικολακόπουλος και Δ. Βαϊόπουλος
Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών,
15784 Αθήνα

Περίληψη

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο Νομό Ηλείας, στην ευρύτερη περιοχή της Ανδρίτσαινας. Αρκετές κοινότητες της περιοχής τελούν υπό μετακίνηση μετά το μεγάλο σεισμό των 6,1 R του Απριλίου 1965. Απώτερος σκοπός μας είναι η δημιουργία μιας ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων για την περιοχή, η οποία να μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σε θέματα τεχνικών κατασκευών, είτε για την ευρύτερη οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Γι' αυτό το λόγο η μελέτη μας αποτελείται από δύο μέρη:

Στο πρώτο δημιουργήσαμε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών για την περιοχή της μελέτης. Γι' αυτό το σκοπό προχωρήσαμε στην ψηφιοποίηση οχτώ (8) χαρτών: (τοπογραφικού, γεωλογικού, τεκτονικού, εδαφολογικού, χάρτη χρήσεων γης, χάρτη φυτοκάλυψης, χάρτη διοικητικών ορίων και χάρτη οδικού δικτύου).

Στο δεύτερο μέρος της μελέτης παρουσιάζουμε ένα παράδειγμα χρήσης της παραπάνω βάσης δεδομένων για τον υπολογισμό δύο χρήσιμων για την αγροτική και οικοδομική ανάπτυξη παραμέτρων. Δημιουργήσαμε ένα πρόγραμμα γραμμένο στη γλώσσα προγραμματισμού ARC/INFO, SML, το οποίο μπορεί να κάνει επικάλυψη διαφόρων χαρτών στο τοπογραφικό υπόβαθρο και για τις εκάστοτε οριοθετούμενες περιοχές να υπολογίζει τη μέση κλίση και το μέσο υψόμετρο.

Abstract

The area under study is situated in the prefecture of Ileia, in the vicinity of Andritsena. Some of the communities of the region are being displaced after the 6,1R earthquake, of April 1965. Our purpose was the creation of a complete data base for the region. This data base could be used for a better planning of the constructions or for the agricultural development.

This study is divided in two parts. In the first part we creatred a G.I.S. for the respective area. For this purpose we digitized eight maps: (topographical, geological, tectonic, ground map, map of landuse, vegetation cover map, map of administrative bounds and map of road networks).

In the second part we present an example of using this data base for the calculation of two useful parameters for agriculture and constructions. We wrote a program in the ARC/INFO programming language SML. Using this program one or more maps can be overlayed on the topographical map and then average dip and altitude of the selected basins can be calculated.

Εισαγωγή

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη Δυτική Πελοπόννησο, στο νομό Ηλείας, στην ευρύτερη περιοχή της Ανδρίτσαινας. Καλύπτει μία έκταση εικοσιπέντε (25) περίπου Km^2. Το μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιοχής βρίσκεται μέσα στα διοικητικά όρια του συνοικισμού Συκεών.

Η ευρύτερη περιοχή του νομού έχει αποτελέσει και παλαιότερα αντικείμενο μελέτης λόγω του γεγονότος ότι παρουσιάζει προβλήματα στη θεμελίωση τεχνικών κατασκευών αφού είναι συχνά, τόσο τα κατολισθητικά φαινόμενα, όσο και η σεισμική δραστηριότητα.

Την 1η Απριλίου 1965 εκδηλώθηκε στην περιοχή σεισμός μεγέθους 6,1 βαθμών της κλίμακας Richter. Αρκετές κοινότητες υπέστησαν ζημιές και κάποιες απ' αυτές χαρακτηρίστηκαν απ' τις αρμόδιες υπηρεσίες του ΙΓΜΕ μεταφερόμενες για εγκατάσταση σε άλλες ασφαλέστερες περιοχές. Μία από αυτές ήταν και η κοινότητα Συκεών. Η μετακίνηση του οικισμού δεν υλοποιήθηκε πλήρως και αρκετές οικογένειες παρέμειναν στον ίδιο χώρο.

Γεωλογία της περιοχής

Η περιοχή καλύπτεται από δύο τεκτονικές ζώνες:

α) Τη ζώνη Πίνδου και
β) Τη ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης.

Επίσης σημαντικό μέρος της περιοχής καλύπτεται από μεταλπικές αποθέσεις πλειοκαινικής ηλικίας.

Σχηματισμοί που συναντώνται είναι:

α) Φλύσχης (Γαβρόβου - Τρίπολης),
β) Ασβεστόλιθοι Πίνδου,
γ) Κρητιδικά κλαστικά ιζήματα,
δ) Σχιστόλιθοι Πλατάνου - Ασβεστόλιθοι με Calpionellae,
ε) Σχιστόλιθοι Βουτύρου - Πυριτικοί σχιστόλιθοι,
στ) Τριαδικά κλαστικά ιζήματα.

Ειδικότερα στα όρια του συνοικισμού Συκεών, εμφανίζονται:

α) Φλύσχης (Γαβρόβου - Τρίπολης) με επικράτηση της ψαμμιτικής λιθολογικής φάσης. Στο μεγαλύτερο μέρος του από εδαφικό μανδύα πάχους ενός περίπου μέτρου,
β) Λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι λευκότεφρου χρώματος έντονα τεκτονισμένοι,
γ) Σύνθετη μεταβατική σειρά με εναλλαγές ασβεστολίθων και κερατολίθων,
δ) Λεπτοπλακώδεις κερατόλιθοι με παρεμβολές αργιλικών σχιστολίθων.

Μορφολογία

Ο συνοικισμός Συκεών βρίσκεται στα βόρεια της Ανδρίτσαινας. Αναπτύσσεται σε αντέρεισμα της βόρειας πλευράς του όρους Μίνθη και το μέσο υψόμετρο είναι περίπου 500 m.

Το μορφολογικό ανάγλυφο είναι σχετικά ομαλό και το πρανές που αναπτύσσεται έχει κλίσεις της τάξεως των 20°-25°.

Το υδρογραφικό δίκτυο δεν είναι ιδιαίτερα πυκνό και ακολουθεί δύο κύριες διευθύνσεις, περίπου Β-Ν και ΒΔ-ΝΑ.

Σκοπός - Μεθοδολογία

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η δημιουργία μίας ψηφιακής βάσης δεδομένων η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον τόσο σε θέματα τεχνικών κατασκευών όσο και για τη αγροτική ανάπτυξη της περιοχής. Προς αυτήν την κατεύθυνση προχωρήσαμε στην ψηφιοποίηση οχτώ χαρτών που προμηθευτήκαμε από διάφορες πηγές. Πιο συγκεκριμένα:

1. Τοπογραφικοί χάρτες 1:5000 (φύλλα 62966, 62988 ΓΥΣ),
2. Γεωλογικός χάρτης 1:50000 (απόσπασμα φύλλου Τρόπαια, ΙΓΜΕ),
3. Τεκτονικός χάρτης 1:50000 (απόσπασμα φύλλου Τρόπαια, ΙΓΜΕ),

4. Εδαφολογικός χάρτης 1:5000 (απόσπασμα φύλλου Τρόπαια, Υπουργείο Γεωργίας),
5. Χάρτης φυτοκάλυψης 1:20000 (απόσπασμα φύλλου Καλλιθέα, Υπουργείο Γεωργίας, ΙΔΕ),
6. Χάρτης χρήσεων γης (καλλιεργήσιμες εκτάσεις),
7. Χάρτες διοικητικών ορίων 1:5000 (φύλλα 62966, 62988, ΓΥΣ),
8. Χάρτες οδικού δικτύου (επαρχιακό δίκτυο και δασικοί δρόμοι) 1:5000 (στοιχεία από τα φύλλα 62966, 62988, ΓΥΣ και άλλες πηγές).

Στη συνέχεια δημιουργήσαμε ένα πρόγραμμα γραμμένο στη γλώσσα προγραμματισμού του ARC/INFO, SML, στο οποίο παρουσιάζουμε το πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή η βάση δεδομένων.

Με το πρόγραμμα αυτό γίνεται επικάλυψη διαφόρων χαρτών στο τοπογραφικό υπόβαθρο και για τις εκάστοτε οριοθετούμενες περιοχές, υπολογίζουμε τη μέση κλίση και το μέσο υψόμετρο. Η γνώση των δύο αυτών παραμέτρων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη τόσο στην υδρογεωλογική μελέτη μιας περιοχής όσο και στην ανάπτυξη γεωργικών καλλιεργιών.

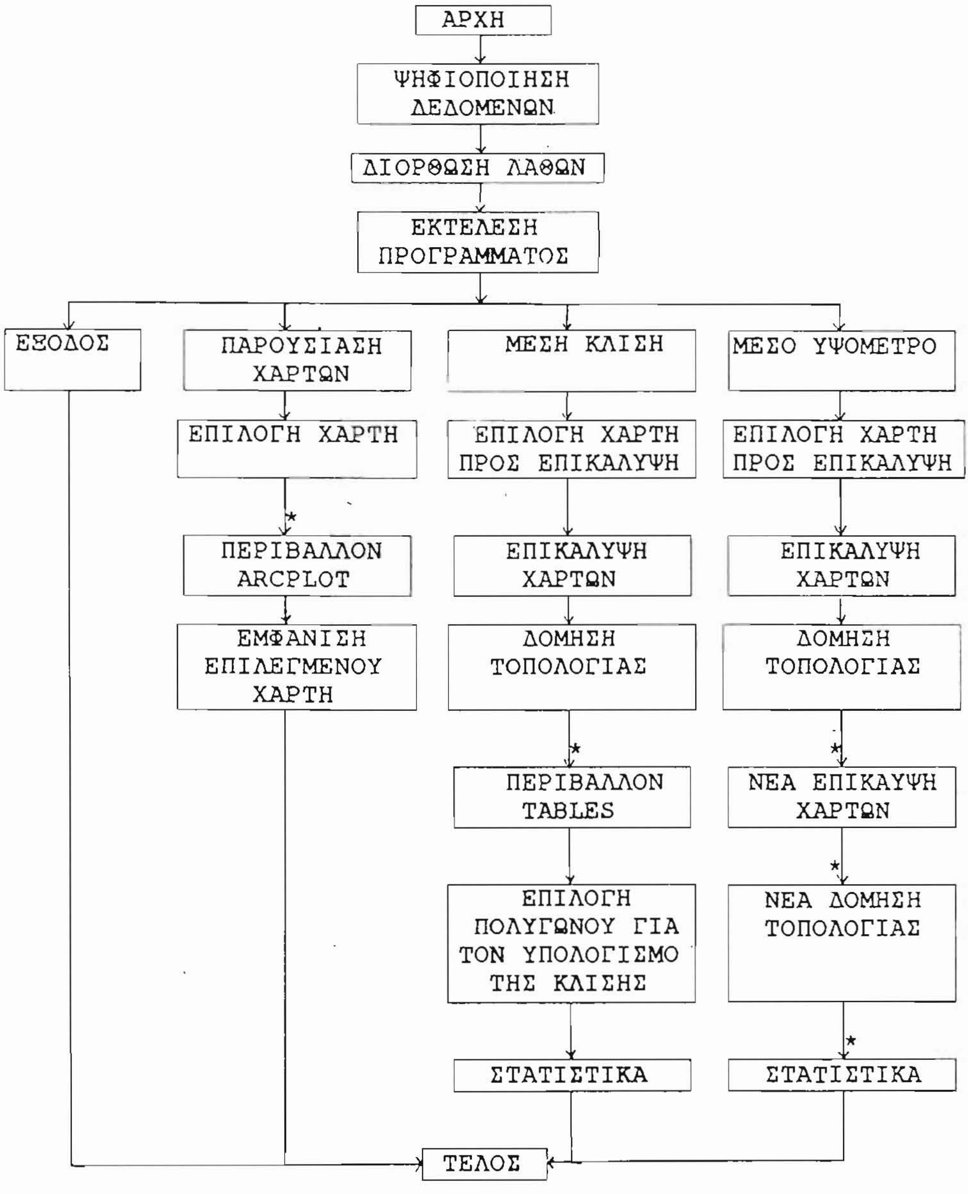
Στάδια εργασίας

Στο Σχ. 1 βλέπουμε το διάγραμμα ροής των διαφόρων σταδίων της εργασίας. Στα σημεία που υπάρχει το σύμβολο * είναι αναγκαία η επέμβαση του χρήση και η πληκτρολόγηση κάποιων εντολών σύμφωνα με τις οδηγίες του προγράμματος. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τα διάφορα στάδια του προγράμματος όπως εμφανίζονται στην οθόνη του υπολογιστή:

Σ' αυτό το αρχικό μενού έχουμε τέσσερις επιλογές. Η πρώτη απ' αυτές είναι προεπιλεγμένη και αν επιθυμούμε να περάσουμε σε κάποια άλλη μπορούμε να μετακινηθούμε με τη βοήθεια του δρομέα ή του ποντικιού (Σχ. 2). Παντώντας το enter περνάμε στο επόμενο μενού (Σχ. 3).

Εδώ μας δίνεται η ευκαιρία να επιλέξουμε έναν από τους οκτώ ψηφιοποιημένους χάρτες για να παρουσιαστεί στην οθόνη του υπολογιστή. Έχουμε τη δυνατότητα να πάρουμε οδηγίες (επιλογή HELP1) ή να εγκαταλείψουμε το πρόγραμμα (EXIT TO DOS).

Επιλέγοντας κάποιον από τους χάρτες παίρνουμε οδηγίες (Σχ. 4) και ακολουθώντας αυτές τις οδηγίες εμφανίζεται ο επιλεγμένος χάρτης. Μπορούμε εδώ να δούμε κάποιους από τους ψηφιοποιημένους χάρτες όπως τον τοπογραφικό (Σχ. 5) το χάρτη χρήσεων γης (Σχ. 6) κ.ά.



Σχ. 1. Διάγραμμα ροής των σταδίων εργασίας.

ΚΑΛΩΣ ΗΡΘΑΤΕ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΥΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΙ ΤΗ ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΧΑΡΤΩΝ	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΕΞΟΔΟΣ

Σχ. 2.

ΧΑΡΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ...
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ...
ΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ...
ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟΣ...
ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ...
ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗΣ...
ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ ΟΡΙΩΝ...
ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ...
HELP1
EXIT TO DOS

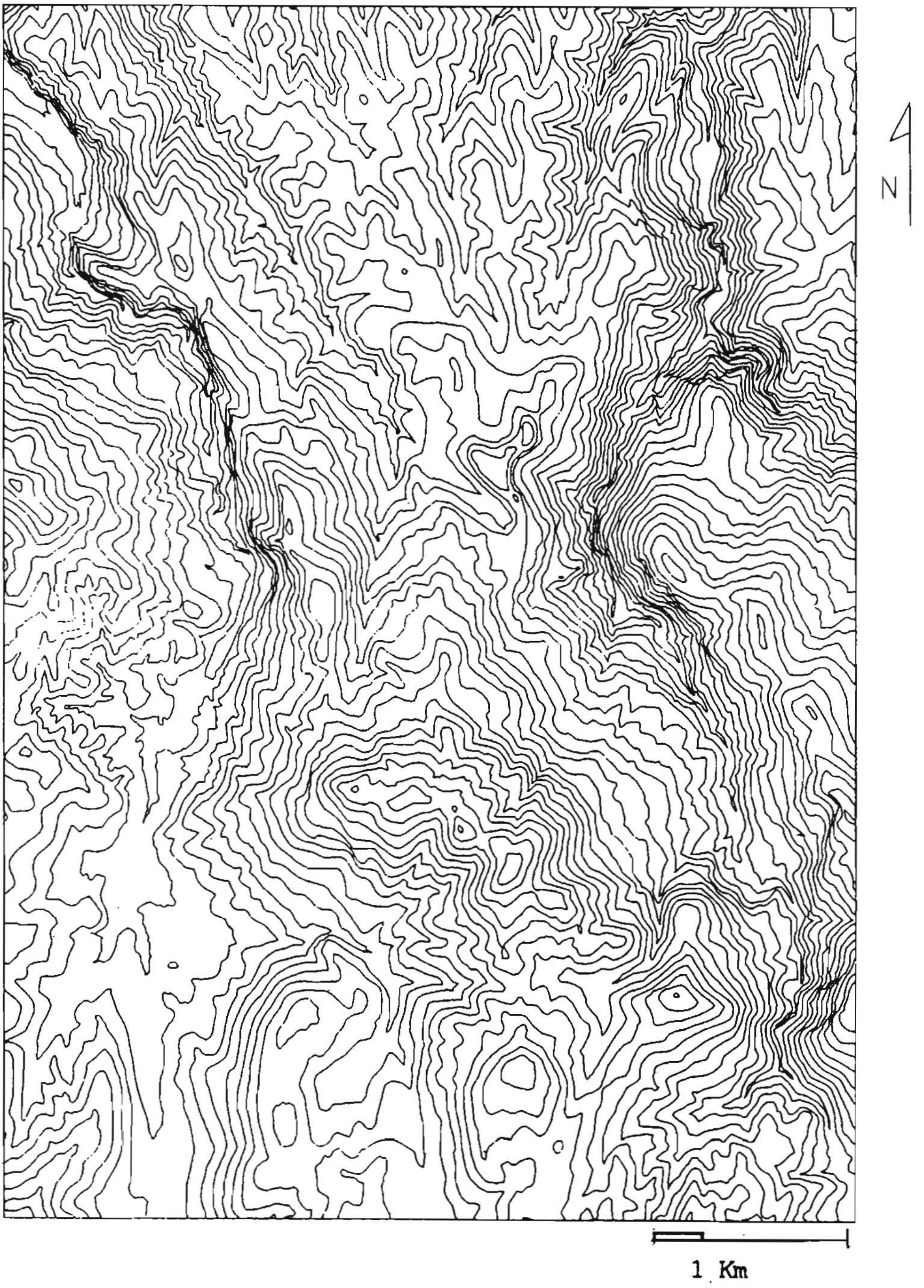
Σχ. 3.

ΠΗΓΑΙΝΕΤΕ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ARCPLOT ΚΑΙ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΗΣΤΕ:
&RUN MAKE1

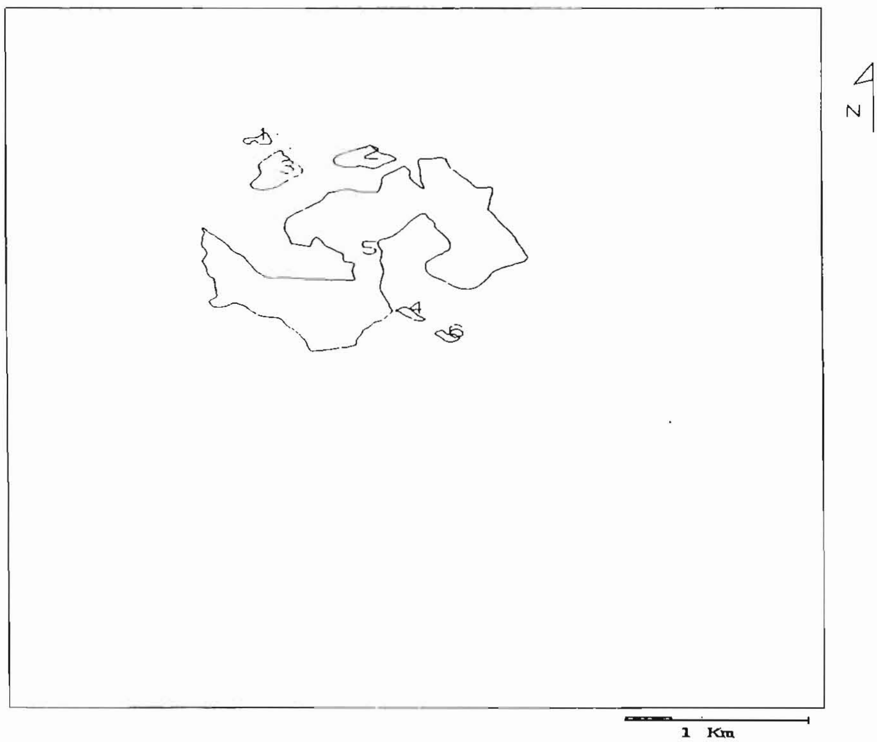
Σχ. 4.

Αν στο αρχικό μενού (Σχ. 2) είχαμε επιλέξει την επιλογή μέση κλίση στην οθόνη μας θα παρουσιαζόταν το ακόλουθο μενού (Σχ. 7):

Παρατηρούμε ότι οι επιλογές μας έχουν μειωθεί. Ο τοπογραφικός χάρτης θεωρείται πλέον ως υπόβαθρο και ο χάρτης του οδικού δικτύου δεν κρίθηκε αναγκαίο να είναι ανάμεσα στις επιλογές μας. Εδώ μας ζητάει το πρόγραμμα και πληκτρολογούμε ένα από τα νούμερα που είναι μπροστά από τους χάρτες. Έστω ότι επιλέγουμε το χάρτη χρήσεων γης (νούμερο 4) για να επικαλύψει το τοπογραφικό υπόβαθρο και να υπολογιστεί η μέση κλίση. Πληκτρολογούμε το νούμερο 4 και παίρνουμε τις παρακάτω οδηγίες (Σχ. 8).



Σχ. 5. Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής.



Σχ. 6. Χάρτης χρήσεων Γης της περιοχής.

ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΕΝΑΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΧΑΡΤΕΣ
ΓΙΑ ΝΑ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙ ΤΟ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ
ΚΑΙ ΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΙ Η ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ
1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ
2 ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ
3 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟ
4 ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ
5 ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗΣ
6 ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ ΟΡΙΩΝ
7 ΕΞΟΔΟΣ
ΒΑΛΤΕ ΤΟ ΝΟΥΜΕΡΟ ΤΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΣΑΣ:

Σχ. 7.

ΠΗΓΑΙΝΕΤΕ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ TABLES ΚΑΙ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΗΣΤΕ:

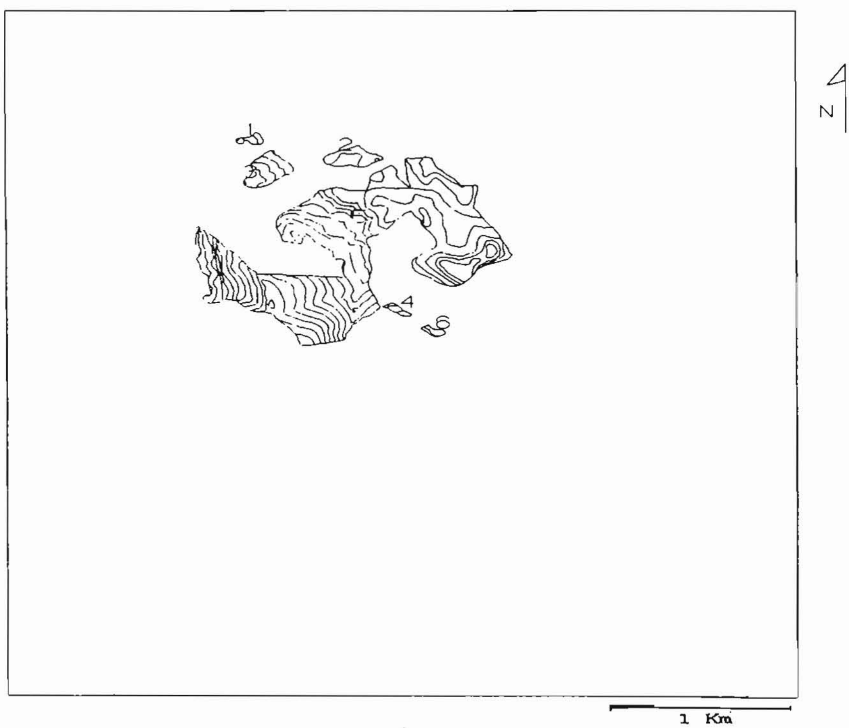
Σχ. 8.

Στην οθόνη μας εμφανίζεται το παρακάτω μήνυμα (Σχ. 9).

ΒΑΛΤΕ ΤΟ ΝΟΥΜΕΡΟ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ ΠΟΥ ΣΑΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΕΙ:

Σχ. 9.

Το νούμερο που μας ζητείται αναφέρεται στην αρίθμηση των πολυγώνων του χάρτη χρήσεων γης (Σχ. 6). Ας δούμε εδώ τι έχει κάνει μέχρι τώρα το πρόγραμμα (Σχ. 10).



Σχ. 10. Χάρτης Υπολογισμου Μέσης Κλισης. Προεκυψε απο την επικαλυψη του χάρτη Χρήσεων Γης στο Τοπογραφικό Υπόβαθρο.

Βλέπουμε τα πολύγωνα του χάρτη χρήσεων γης που έχουν επικαλύψει το τοπογραφικό υπόβαθρο και τις περικλειόμενες μέσα σ' αυτά ισοϋψείς. Έστω ότι επιλέγουμε να υπολογίσουμε τη μέση κλίση για το πολύγωνο Νο 5. Ο υπολογισμός θα γίνει με βάση τον τύπο:

$$A = \frac{D * L}{E}$$

όπου:

A: η ζητούμενη μέση κλίση

D: η ισοδιάσταση

L: το συνολικό μήκος των ισοϋψών που περικλείονται στην περιοχή

E: το εμβαδόν της περιοχής

Σ' αυτόν τον τύπο εμείς γνωρίζουμε την ισοδιάσταση (από τον τοπογραφικό χάρτη) και πρέπει να υπολογίσουμε το συνολικό μήκος των ισοϋψών (L) και το εμβαδό της περιοχής (E). Αυτά τα υπολογίζει αυτόματα το πρόγραμμα. Αν πληκτρολογήσουμε το νούμερο (5), όπως είχαμε αποφασίσει, στην οθόνη μας εμφανίζονται τα παρακάτω στοιχεία που αφορούν στο μήκος των ισοϋψών (length), στο εμβαδό της περιοχής (area) και στην περίμετρο (perimeter) του πολυγώνου No 5:

```
Enter command: statistics length
Partial statistics for length
CASE   COUNT        MINIMUM        MAXIMUM             SUM            MEAN
 TOT     157       0.874738    1510.506000    29852.474600      190.143150
Enter command: statistics area
Partial statistics for area
CASE   COUNT        MINIMUM        MAXIMUM             SUM            MEAN
 TOT     157 1099461.000000 1099461.000000 172615377.000000 1099461.000000
Enter command: statistics perimeter
Partial statistics for perimeter
CASE   COUNT        MINIMUM        MAXIMUM             SUM            MEAN
 TOT     157    8542.420000    8542.420000  1341159.940000     8542.420000
Enter command:
```

Τα νούμερα που μας ενδιαφέρουν είναι από την κατηγορία length το SUM και από την κατηγορία area to MEAN. Οι μονάδες είναι σε m και m^2 οπότε με μία απλή εφαρμογή του τύπου:

$$A = \frac{D * L}{E} \rightarrow A = \frac{D * SUM}{MEAN}$$

έχουμε τη ζητούμενη μέση κλίση.

Αν θέλουμε να υπολογίσουμε τη μέση κλίση κάποιου άλλου πολυγώνου μπορούμε να επαναλάβουμε την τελευταία εντολή και να εμφανιστούν νέα στοιχεία.

Έστω ότι στο αρχικό μενού είχαμε επιλέξει τον υπολογισμό του μέσου υψομέτρου. Στην οθόνη μας θα παρουσιαζόταν το παρακάτω μενού (Σχ. 11):

```
ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΕΝΑΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΧΑΡΤΕΣ
ΓΙΑ ΝΑ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙ ΤΟ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ
ΚΑΙ ΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΙ ΤΟ ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ
1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ
2 ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ
3 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟ
4 ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ
5 ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗΣ
6 ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ ΟΡΙΩΝ
7 ΕΞΟΔΟΣ
ΒΑΛΤΕ ΤΟ ΝΟΥΜΕΡΟ ΤΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΣΑΣ:
```

Σχ. 11.

Έστω ότι επιλέγουμε το χάρτη Νο 4 για να επικαλύψει το τοπογραφικό υπόβαθρο και να υπολογιστεί το μέσο υψόμετρο. Πληκτρολογώντας το Νο 4 παίρνουμε μια σειρά από οδηγίες όπως φαίνονται στο παρακάτω Σχήμα (Σχ. 12):

```
ΠΗΓΑΙΝΤΕ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ARCEDIT ΚΑΙ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΗΣΤΕ
&RUN YPS4
ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΗΣΤΕ:
&RUN YPS40
ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΗΣΤΕ:
LIST K117.PAT
```

Σχ. 12.

Ακολουθώντας τις οδηγίες εκτελούνται τρία προγράμμα. Εδώ θα πρέπει να αναφερθούμε στον τρόπο υπολογισμού του μέσου υψομέτρου. Ο υπολογισμός γίνεται με βάση τον τύπο:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n} (a * e)}{E}$$

όπου:

Η : το μέσο υψόμετρο

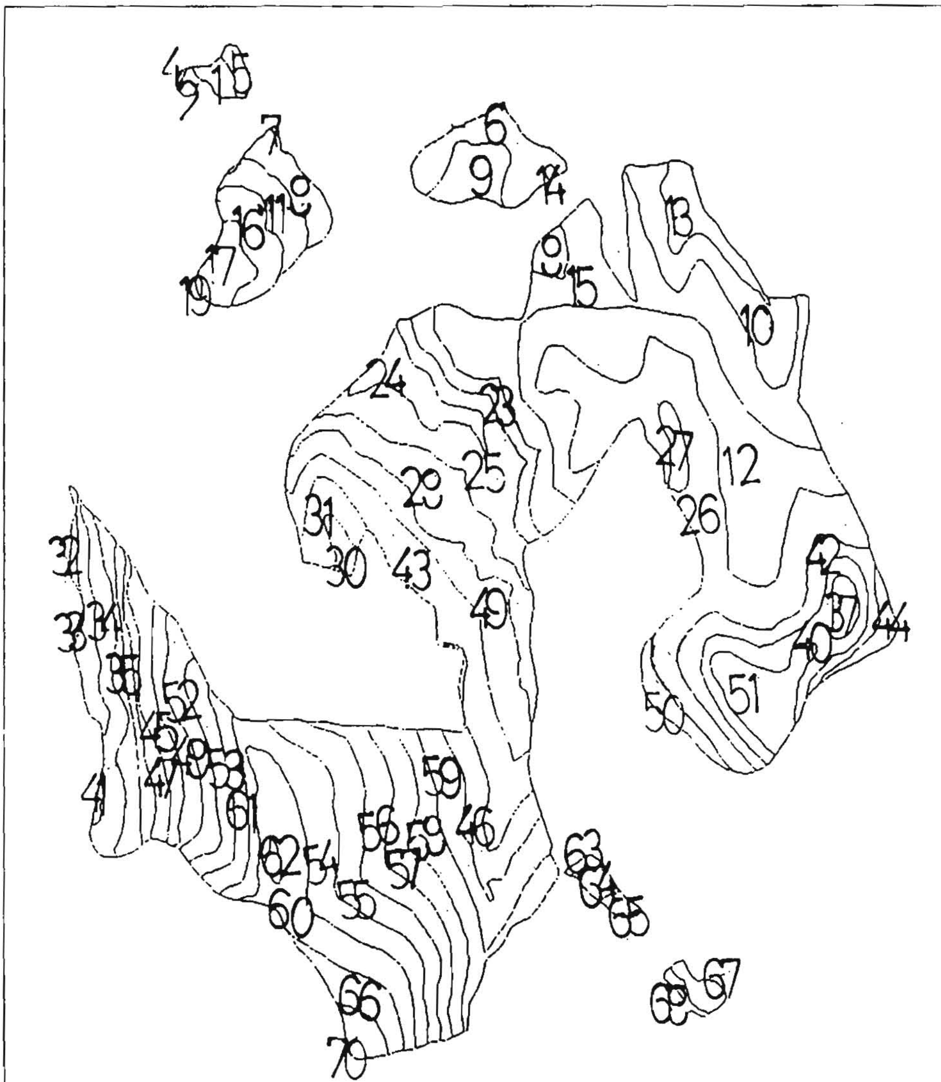
α : το ημιάθροισμα των τιμών δύο διαδοχικών ισοϋψών

ε : το εμβαδό της επιφανείας μεταξύ δύο διαδοχικών ισοϋψών

Ε : το συνολικό εμβαδό της λεκάνης

n : ο συνολικός αριθμός των πολυγώνων που δημιουργούνται μεταξύ των ισοϋψών.

Ας δούμε τι έχει κάνει ο υπολογιστής μέχρι τώρα. Στο Σχήμα Νο 10 βλέπουμε τα πολύγωνα του χάρτη χρήσεων γης που έχουν επικαλύψει το τοπογραφικό υπόβαθρο και τις περικλειόμενες μέσα σ' αυτά ισοϋψείς. Έστω ότι επιλέγουμε να υπολογίσουμε το μέσο υψόμετρο για το



Σχ. 13. Χάρτης Υπολογισμού Μέσου Υψομέτρου. Προέκυψε από την επικάλυψη του χάρτη Χρήσεων Γης στο Τοπογραφικό Υπόβαθρο. Τα νούμερα αντιστοιχούν στα μικρά πολύγωνα.

πολύγωνο Νο 5. Χρειάζεται να υπολογίσουμε το εμβαδό κάθε ενός μικρού πολυγώνου που περικλείεται στην περιοχή Νο 5. Στη συνέχεια αθροίζοντας τα επιμέρους εμβαδά, υπολογίζουμε το συνολικό εμβαδό της λεκάνης (Ε). Το (α) δηλ. το ημιάθροισμα των τιμών δύο διαδοχικών ισοϋψών μπορούμε να το βλέπουμε κάθε φορά απ' τον τοπογραφικό χάρτη. Θεωρώντας ότι η επιο επίπονη δουλειά είναι η εμβαδομέτρηση των μικρών πολυγώνων που σχηματίζονται απ' τις διαδοχικές ισοϋψείς δώσαμε στον υπολογιστή την εντολή να κτίσει τοπολογία πολυγώνων όπως φαίνεται στο προηγούμενο Σχήμα (Νο 13) και να υπολογίσει τα εμβαδά. Με την τελευταία εντολή στην οθόνη μας εμφανίζεται αυτόματα ο παρακάτω πίνακας όπου στην πέμπτη στήλη έχουμε τον αριθμό του πολυγώνου και στη δεύτερη το αντίστοιχο εμβαδό. Με απλή εφαρμογή του τύπου μπορούμε να υπολογίσουμε το ζητούμενο μέσο υψόμετρο.

$RECNO	AREA	PERIMETER	K117_	K117_ID
1	– 1206890.0000	11487.7400	1	0
2	2853.8290	241.6903	2	1
3	3465.2670	275.5995	3	2
4	1482.1500	162.7051	4	3
5	302.2235	73.8782	5	4
6	1.8542	6.4956	6	5
7	22428.7000	1045.3780	7	6
8	380.4253	145.5687	8	7
9	12200.7800	712.1750	9	8
10	13510.1500	517.9407	10	9
11	14782.0300	797.3042	11	10
12	12155.5200	673.7958	12	11
13	34871.8100	1423.1580	13	12
14	97.2654	53.0163	14	13
15	474.1002	80.2735	15	14
16	97921.2100	3859.6870	16	15
17	13826.2200	645.6676	17	16
18	10426.7800	432.9394	18	17
19	5061.8450	282.4425	19	18
20	291.2657	81.6672	20	19
21	4.0113	18.5004	21	20
22	3.3288	17.4115	22	21
23	101442.1000	2822.2960	23	22
Continue?				
24	15843.4300	1168.9300	24	23
25	46795.4100	2113.5220	25	24
26	15326.1300	848.8539	26	25
27	108658.4000	3760.8460	27	26
28	5570.8810	367.0889	28	27
29	41550.3300	1847.4470	29	28
30	41476.2400	1832.7650	30	29
31	53670.3900	2091.2310	31	30

32	11807.7100	605.9255	32	31
33	2145.6700	430.0472	33	32
34	11292.4400	881.3434	34	33
35	20657.9200	1358.4350	35	34
36	14110.5700	1266.8850	36	35
37	3978.9250	304.9201	37	36
38	28847.2000	2209.9270	38	37
39	9221.3690	1075.9870	39	38
40	9562.6020	1069.1570	40	39
41	25911.0700	1994.6850	41	40
42	14892.3300	1048.2180	42	41
43	5902.9110	598.7861	43	42
44	282.6163	233.8680	44	43
45	5025.8960	284.4965	45	44
46	13380.9200	948.3088	46	45
47	1.3882	9.0912	47	46
Continue?				
48	516.7207	182.0854	48	47
49	16198.8900	983.4799	49	48
50	20232.5700	1452.8120	50	49
51	8091.8040	665.9603	51	50
52	21531.7100	710.7187	52	51
53	13638.4600	894.2596	53	52
54	11454.3700	837.6398	54	53
55	44337.9600	2214.3320	55	54
56	33602.4800	1564.5680	56	55
57	26718.4900	1485.2050	57	56
58	25377.6300	1303.6410	58	57
59	28555.2900	1680.2550	59	58
60	27306.0000	1308.6120	60	59
61	40456.6800	1677.1600	61	60
62	910.6907	238.8358	62	61
63	1599.2800	130.0048	63	62
64	1412.7610	209.6832	64	63
65	3364.6500	238.4967	65	64
66	2253.0170	206.9509	66	65
67	12763.1400	705.4639	67	66
68	4724.0640	328.9355	68	67
69	1848.6230	275.0544	69	68
70	22.1520	26.8624	70	69
71	6077.0110	325.0313	71	70

Enter command:

Συμπεράσματα

Η γνώση της μορφολογικής κλίσης μίας περιοχής κρίνεται απαραίτητη για το γεωλόγο, τόσο όσον αφορά στη μελέτη τεχνικών κατασκευών όσο και στην υδρολογική μελέτη. Όπως είναι γνωστό αυξανομένης της μορφολογικής κλίσης αυξάνει η πιθανότητα κατολισθήσεων, καθιζήσεων ή άλλων κινήσεων υλικών λόγω βαρύτητας. Είναι επίσης γνωστό ότι όσο αυξάνει η μορφολογική κλίση αυξάνει και ο συντελεστής επιφανειακής απορροής, ενώ όσο η μορφολογική κλίση μειώνεται αυξάνει ο συντελεστής κατείσδυσης (όταν πρόκειται για τον ίδιο λιθολογικό σχηματισμό).

Επίσης η γνώση του μέσου υψομέτρου μίας περιοχής χρησιμοποιείται, σε συνδυασμό με τη βροχοβαθμίδα, στον υπολογισμό του όγκου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται αυτή η περιοχή. Η γνώση του όγκου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι απαραίτητη τόσο για τη γεωλογία όσο και για τη γεωργία.

Η γνώση των δύο παραπάνω μεγεθών σε συνδυασμό με τα άλλα στοιχεία της βάσης δεδομένων, όπως π.χ. το είδος των εδαφών, το είδος των πετρωμάτων και το υπάρχον οδικό δίκτυο, μπορούν να αποτελέσουν ουσιαστικό βοήθημα για τη σύνταξη μελετών σχετικών με τη γεωργική αλλά και την ευρύτερη ανάπτυξη της περιοχής.

Βιβλιογραφία

Aronoff, S. (1989). "Geographic Information Systems. A Management Perspective". WDL Publications, Ottawa, Canada.

Βαϊόπουλος, Δ.Α. (1995). «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών». Υπό δημοσίευση.

Βετούλης, Δ. (1972). «Εκθέσεις γεωλογικής επανεξετάσεως των οικισμών του νομού Ηλείας Πεύκης, –Βρεστού, Ροβίων, Αλιφείρας– Συκεών και των συνοικισμών Καστρούγκαινας, Πλατειάς» (Βιβλιοθήκη ΙΓΜΕ).

E.S.R.I. (1989).
PC ARC/INFO Starter Kit (Users' Guide-ber. 3, 4d).
PC ARC/INFO Arcedit (ver. 3, 4d).
PC ARC/INFO Arcplot (ver. 3, 4d).
Environmental Systems Research Institute, Inc. 380 New York Street, Redlands, California, U.S.A.

Καρτέρης, Μιχ. Α. (1992). «Τηλεπισκόπηση Φυσικών Πόρων και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. (Πανεπιστημιακές Παραδόσεις)». Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Κατσιαβρίας, Α.Ν. (1991). «Γεωλογική δομή της περιοχής Λευκοχωρίου-Μύλων Κεντροδυτικής Πελοποννήσου», Διδακτορική Διατριβή.

Μουτσούλας, Μιχ. & Δ. Α. Βαϊόπουλος, (1989). «Σημειώσεις Ειδικών Θεμάτων της Μαθηματικής Γεωγραφίας». Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γεωλογικό Τμήμα, Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας.

Μουτσούλας, Μιχ. & Δ.Α. Βαϊόπουλος, (1994). «Εισαγωγή στην Πληροφορική». Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γεωλογικό Τμήμα, Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας.

Τσαλαμπούνης, Αντ. (1991). «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.)». Διπλωματική εργασία. Σχολή Ικάρων, Σμηναρχία Ακαδημαϊκής Εκπαίδευσης.

– «Γεωτεχνική έρευνα των συνθηκών θεμελίωσης σε κοινοτικές περιοχές του νομού Ηλείας». Από ομάδα γεωλόγων του ΙΓΜΕ (Βιβλιοθήκη ΙΓΜΕ).

The Use of Geographical Information Systems (GIS) in Rock Characterisation

N. Passas, C. Butenuth, de M. Freitas
Imperial College of Science, Technology and Medicine, Dept. of Geology, Engineering Geology Group, London SW7 2BP, U.K.

Περίληψη

Ένα κυλινδρικό δοκίμιο του ψαμμίτη Penrith εξετάστηκε γεωφυσικά και οπτικά. Τα γεωφυσικά αποκαλύπτουν ότι ο ψαμμίτης περιέχει δύο επίπεδα όπου η διαφορά των κυμάτων p, αν και μικρή, παρουσιάζει μέγιστο. Πετρολογικές λεπτές τομές κόπηκαν κατά μήκος αυτών των δύο επιπέδων και από αυτές τις λεπτές τομές φωτογραφίες ελήφθησαν μέσω ενός μικροσκοπίου υπό μεγέθυνση 8x. Οι πόροι που αναγνωρίσθηκαν στις φωτογραφίες εισήχθησαν στο IDRISI 4.1, ένα raster Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών. Αυτή η μελέτη δείχνει πως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μπορούν να παρέχουν μετρήσεις επιφανειών πόρων, περιμέτρου πόρων και «πορώδους» όπως επίσης και να προσδιορίσουν διαφορές σε αυτά τα χαρακτηριστικά πετρωμάτων οι οποίες μπορουν να εξηγήσουν μερικές από τις διαφορές που προσδιορίστηκαν από τα γεωφυσικά.

Abstract

A cylindrical laboratory specimen of Penrith sandstone has been examined geophysically and optically. Geophysics reveals that the sandstone contains two planes where the difference in p-wave velocity, although small, is at a maximum. Petrological thin sections have been cut along these two planes and photographs have been taken of them with a microscope under 8x magnification. The pores which have been recognised from the pictures taken have individually been inserted into IDRISI 4.1, a raster-based Geographical Information System. This paper shows how Geographical Information Systems can provide measurements of pore area, pore perimeter, and "porosity", and detect differences in these rock characteristics which may account for some of the difference in the geophysical measurements detected.

Introduction

Microscopic characteristics have been used widely to describe the texture of rock, especially in sandstones where extensive studies have provided systematic descriptions of sandstone grains. These descriptions have been both qualitative (Pettijohn et al., 1972; Dusseult et al., 1979) and quantitative (Khan, 1956; Dobereiner et al., 1986). Quantitative descriptions, e.g. of grain contact and packing density, can correlate well with other aspects of rock behaviour, such as mechanical strength and deformability (Dobereiner et al., 1986). One factor upon which the mechanical behaviour of rock will depend is anisotropy, as this will make the mechanical properties of the rock vary with direction. Anisotropy in rock can be quantified by studying its directional velocity using compressional (p) and shear (s) wave seismic data (Winterstein, 1990; Crampin, 1989), and from these, determining the coefficient of anisotropy, ie. the ratio of the velocities of elastic waves in different directions; such anisotropy is usually different for different rock types (Lama et al., 1978).

In this study the differences in p-wave measurements made on a cylindrical sample of Penrith sandstone are correlated with microscopic characteristics of its pores, especially their geometry. This required the use of a precise image analysis tool. For this, IDRISI (Eastman, 1993), a raster-based Geographical Information System (GIS) was utilised to provide precise and reliable measurements of pore area, as well as pore/solid area ratios, and perimeter, from the optical measurements made. The sandstone comes from the Lower Permian of N.W. England, a coarse grained well sorted, red orthoquarzitic deposit with a high degree of mineralogical and textural maturity (Waugh, 1970).

Background

P-wave velocities have been measured on a cylindrical sample of Penrith sandstone of 38 mm diameter and 77 mm height, which had been cored so that its vertical axis was oriented 90° to the layers of bedding in the sandstone (Passas et al., 1995). Twelve measurements have been taken on a horizontal plane, parallel to the layers of bedding along the diameter of the sample, at intervals of 15° rotation around the circumference of the cylinder, and one unique measurement normal to the bedding (2260 m/sec) along the axis of the cylinder: the experimental method used is as described by King (1970). The p-wave velocities measured along the bedding were in a range of 2326 m/sec to 2515 m/sec (Fig. 1A). These

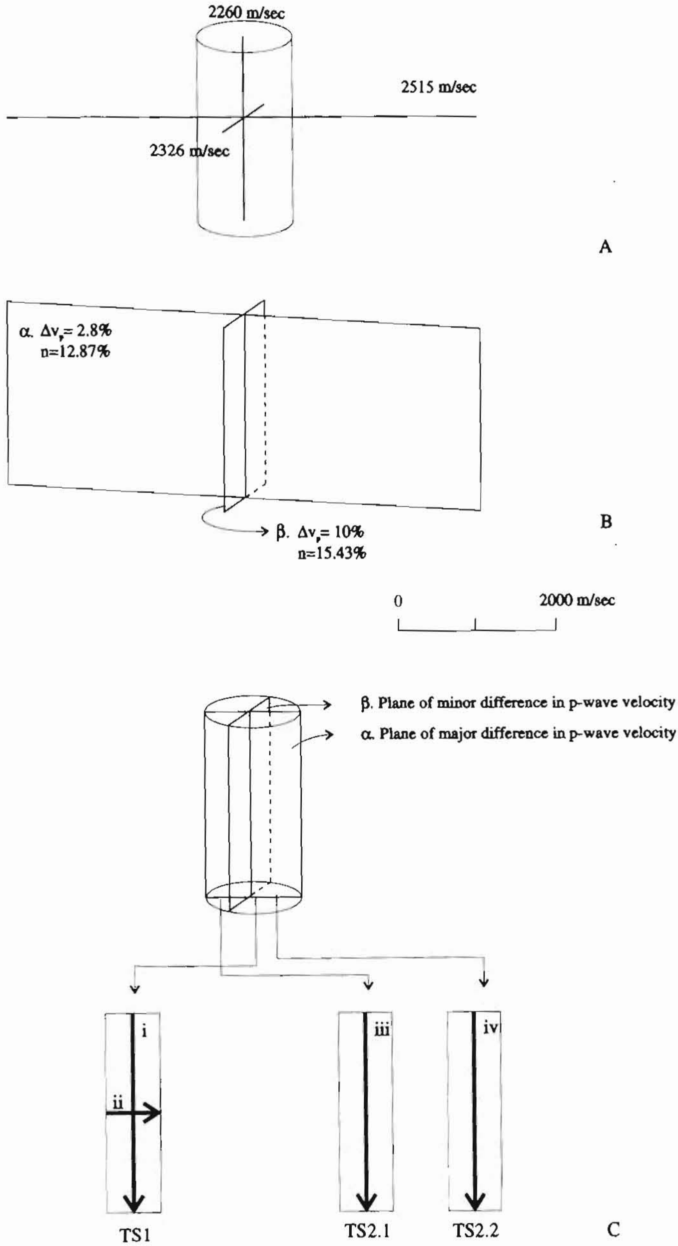


Fig. 1. **(A)**. Graphical representation of the extreme values of p-wave velocities measured in the cylindrical sample of Penrith sandstone, **(B)**. Planes of major (a) and minor (b) difference in p-wave velocities (Dvp); n: "porosity" in these planes, **(C)**. Thin section cutting strategy followed and directions for taking pictures from the thin sections (after Passas et al., 1995).

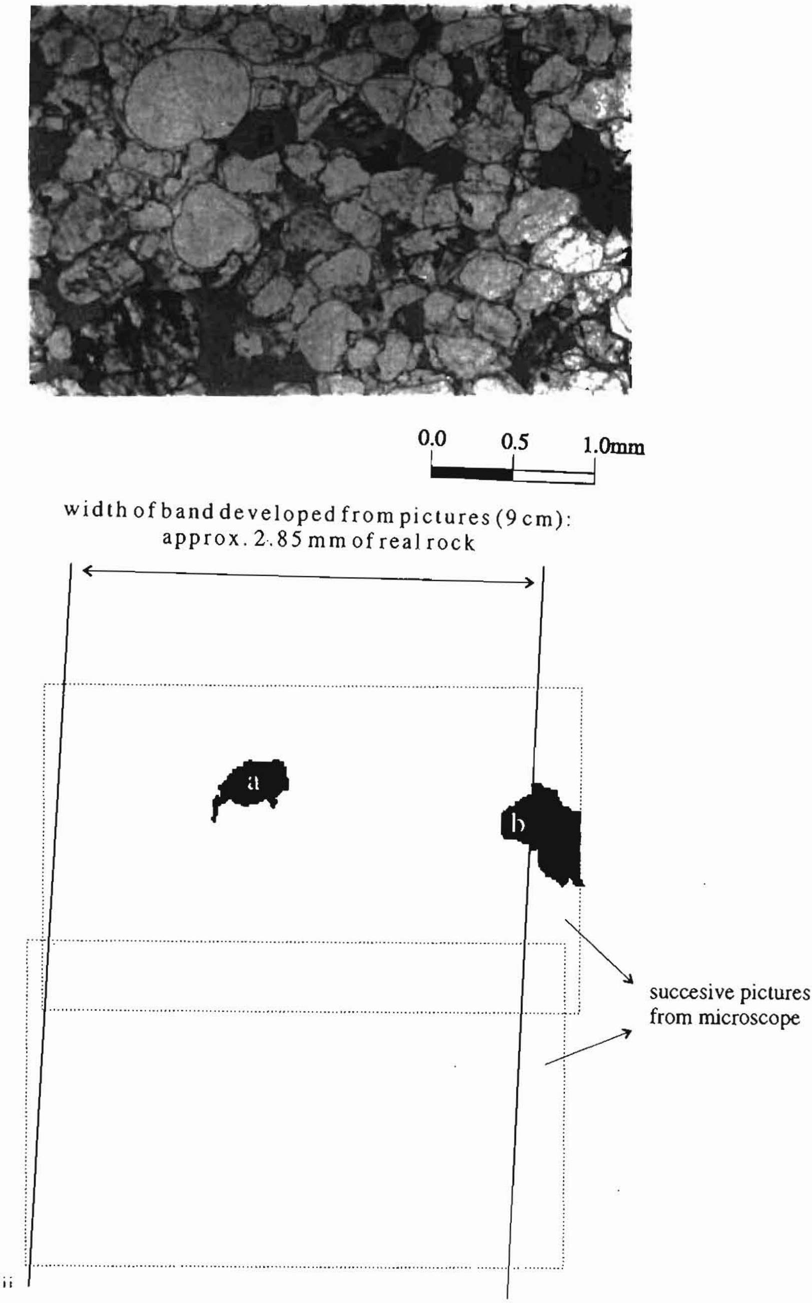


Fig. 2. (i). Picture taken with photographic microscope where pores, e.g. a and b, are indicated with a specific colour; (ii). These pores may appear in their full extent (a), and are involved in area/perimeter measurements, or may partially appear (b) and are included in the "porosity" determination.

two end values, occurring in planes 90° to each other, together with the unique value normal to the bedding, form the planes α and β of Fig. 1B; they correspond to the planes of major (10%) and minor (2.8%) difference in p-wave velocities respectively. Petrological thin sections have been cut along these two planes and photographs taken with a microscope under 8x magnification along the directions i, ii, iii and iv as shown in Fig. 1C. The rock has a uniform mineralogy dominated by the mineralogy of its grains and their cement, both of which are quartz. The crystallographic orientation of the quartz does not exhibit a preferred orientation within the rock and thus the pores which have been recognised from the pictures (Fig. 2i) are considered to be the rock characteristic most likely to account for the difference found on planes a and b based on the geophysical measurements made.

The use of GIS in pore area and perimeter measurement

The pores recognised from the above procedure have been inserted into IDRISI 4.1 (Eastman, 1993) one by one, using a digitizer: vector files were created of 588 rows and 416 columns each, and with this procedure it was possible to give an individual value to each pore. The vector files were imported as images into IDRISI. Within the GIS, a different label was assigned to each pore.

The above procedure enabled the study of 2130 and 1580 pores, recognised on planes α and β respectively, to be made. Area and perimeter measurements were made of the pores for these two pore populations and these measurements were given to IDRISI in cells and cell side units respectively. The resulting values file was imported into an Excel-compatible spreadsheet. Within the spreadsheet the measurements obtained were converted into unit values of cm^2 and cm for pore area and perimeter respectively. It was then possible to statistically analyze the data and to plot histograms for the area (Fig. 3) and perimeter (Fig. 4) of the pores involved in this investigation. By calculating the cumulative frequency of pore areas pore size distribution curves were also possible to be drawn (Fig. 3) for planes α and β.

Calibration of the Computer-Aided System Used

The methodology described above establishes a computer-aided system for measuring pore size, pore size distribution and pore perimeter,

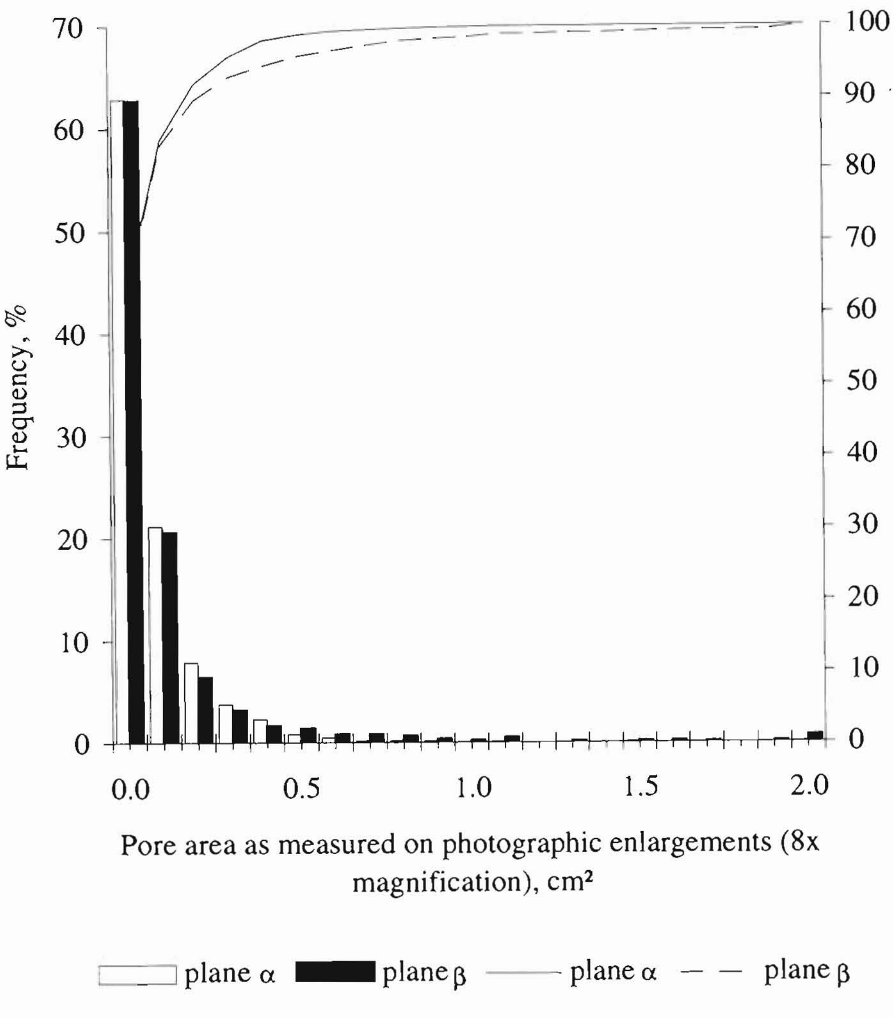


Fig. 3. Histograms of the pore area measurements and pore size distribution curves.

but it is necessary to calibrate such a system to confirm the extent to which the geometry of any shape determines the accuracy of the stored value for its area and its perimeter.

To calibrate the system three shapes were considered, viz. rectangular, circle, triangle. These shapes were of known dimensions, and therefore of known area and perimeter. The area was kept the same for the three single shapes. Based on this principle, three images were produced each one containing the above three shapes with the shape area kept constant in anyone of the three images but varying between the different images. The input of the images into IDRISI followed the

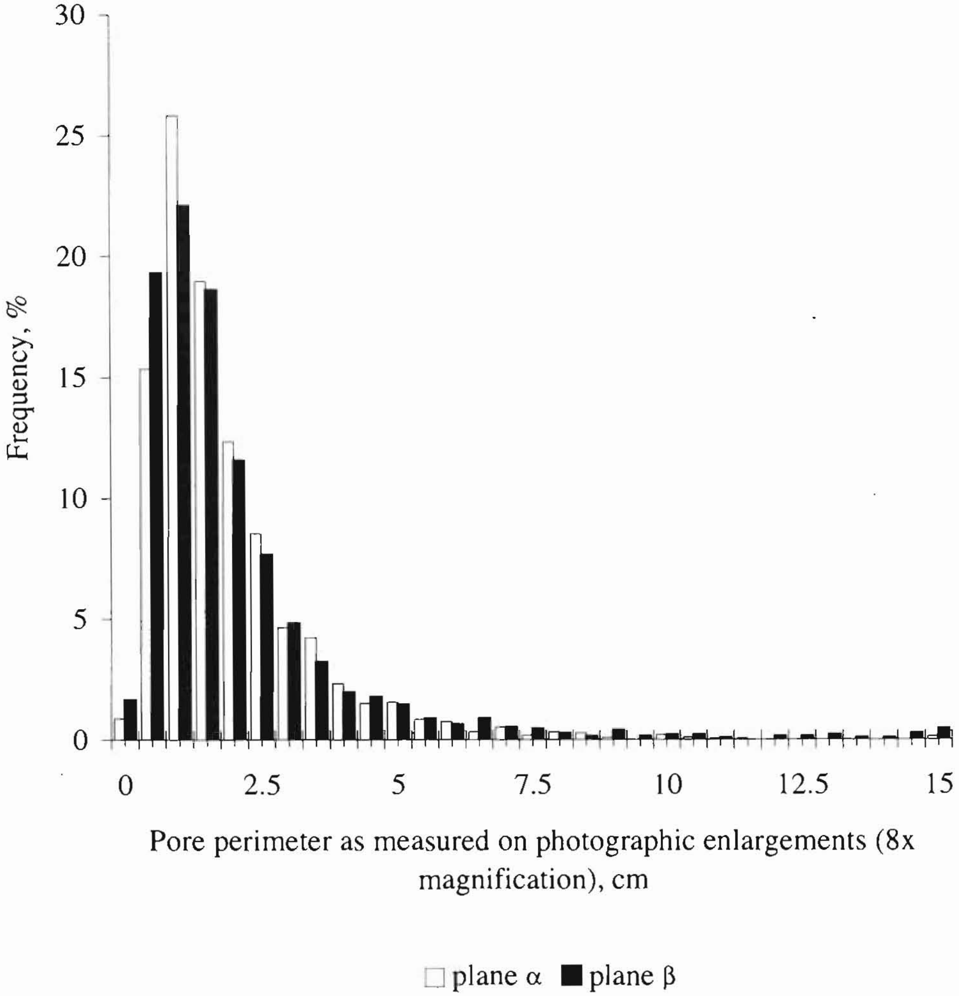


Fig. 4. Histograms of the pore perimeter measurements.

same procedure as used for the pores in this study, viz. by digitization.

The results calculated on the known areas and perimeters and those acquired from IDRISI are given in Table 1 where the values for area and perimeter are expressed as a percentage of the real values.

The areas measured by IDRISI are consistently lower than the real ones. This difference seems to be in the range of 0.01% to 1.01%; it is small. This can be appreciated from Fig. 5, where the real shape areas have been plotted against the areas found with IDRISI; all the points fall either on or very close to the line which is 45° to the axes. The

Shape	Real dimensios		Measurements within IDRISI 4.1				Variation	
	Shape area cm^2	Shape perim cm	Shape area cells	Shape perim. cell sides	Shape area cm^2	Shape perim. cm	Variation in measuring area, %	Variation in measuring perim., %
	A	B			C	D	E [(A – C)/A]*100	F [(B – D)/B]*100
1. rectangular (b = 3 cm, h = 2 cm)	6.001	0.00	2360	198	5.98	9.96	0.38	0.36
2. circle (d = 2.8 cm)	6.16	8.80	2432	222	6.161	1.17	0.01	– 26.96
3. triangle (b = 3 cm, h = 4 cm)	6.00	13.00	2340	274	5.93	13.79	1.23	– 6.07
4. rectangular (b = 5 cm, h = 3 cm)	15.00	16.00	5909	318	14.97	16.00	0.23	– 0.02
5. circle (d = 4.4 cm)	15.21	13.82	5945	348	15.06	17.51	1.01	– 26.72
6. triangle (b = 6 cm, h = 5 cm)	15.00	18.81	5899	438	14.94	22.04	0.40	– 17.18
7. rectangular (b = 10 cm, h = 4 cm)	40.00	28.00	15786	558	39.98	28.08	0.05	– 0.29
8. circle (d = 7 cm)	39.59	21.99	15604	568	39.52	28.58	0.18	– 29.99
9. triangle (b = 10 cm, h = 8 cm)	40.00	30.80	15654	714	39.65	35.93	0.89	– 16.66

Note: b: base of rectangular or triangle; h: height of rectangular or triangle; d: diameter of circle, 1 cell = 0.0025326 cm^2; 1 cell side = 0.05032494 cm,
when the per cent variation in measuring area/perimeter is positive, then the real area/perimeter is greater than the meas ured one; the opposite is valid for negative variations.

TABLE 1. Measurements and calculations on the accuracy of using IDRISI in measuring area and perimeter of shapes of known area.

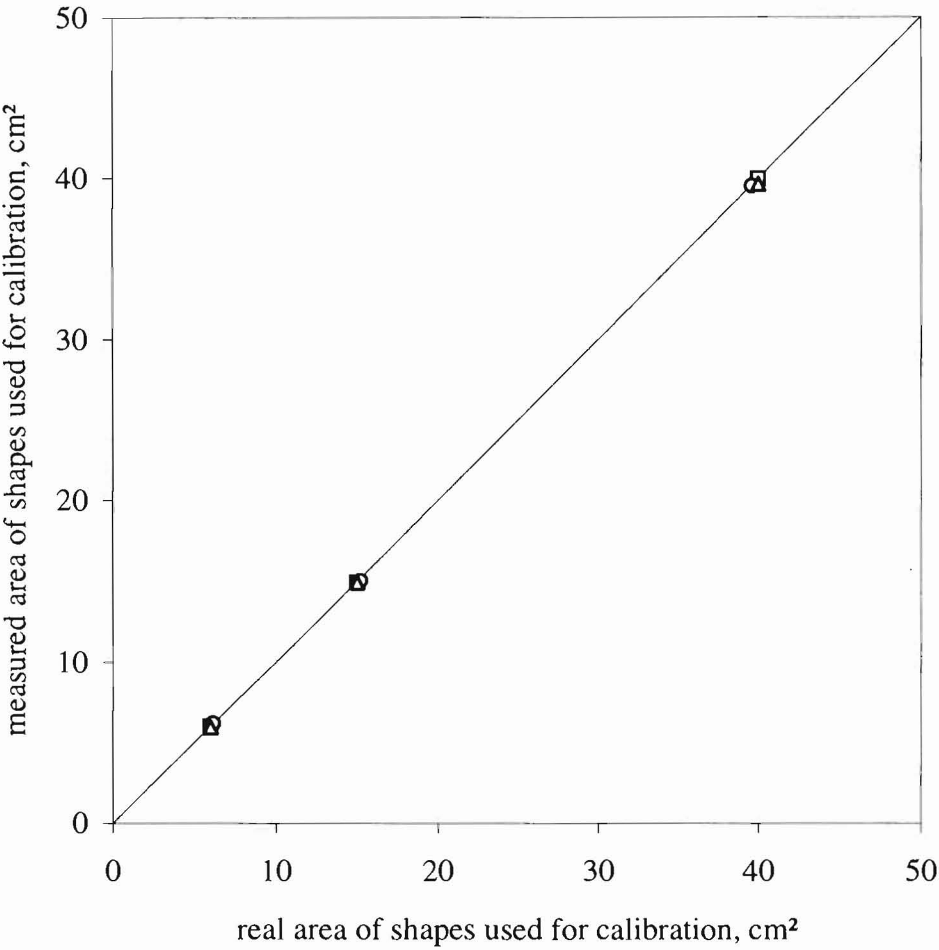


Fig. 5. Calibration of the system for measuring area. Plot of real areas vs areas measured within IDRISI. Explanation in the text.

perimeter measurements are less accurate since for most of the non-rectangular shapes; IDRISI seems to give values higher than the real ones, particularly for the circular shapes (Table 1, Fig. 6), the error is 28%. By far, the greater majority of the pore perimeter values obtained from the enlarged photographs used in this study were much less than 2.5 cm (Fig. 4) where, the error in perimeter length would be less than 0.7 cm.

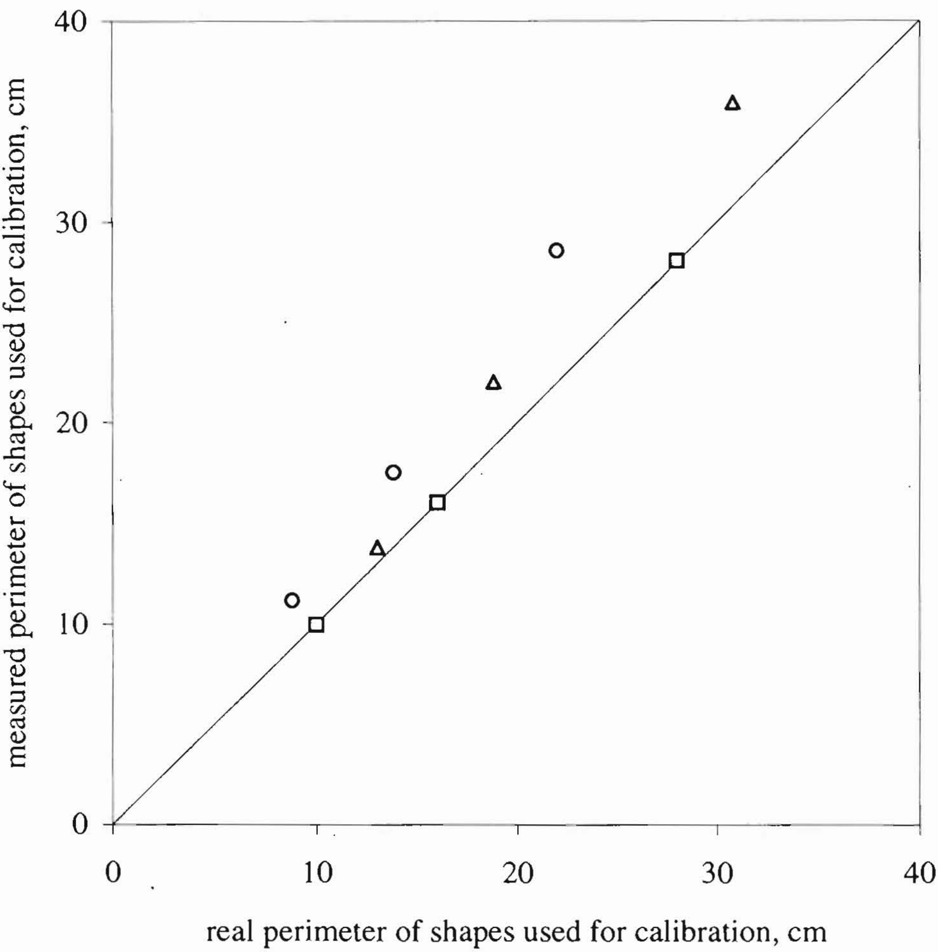
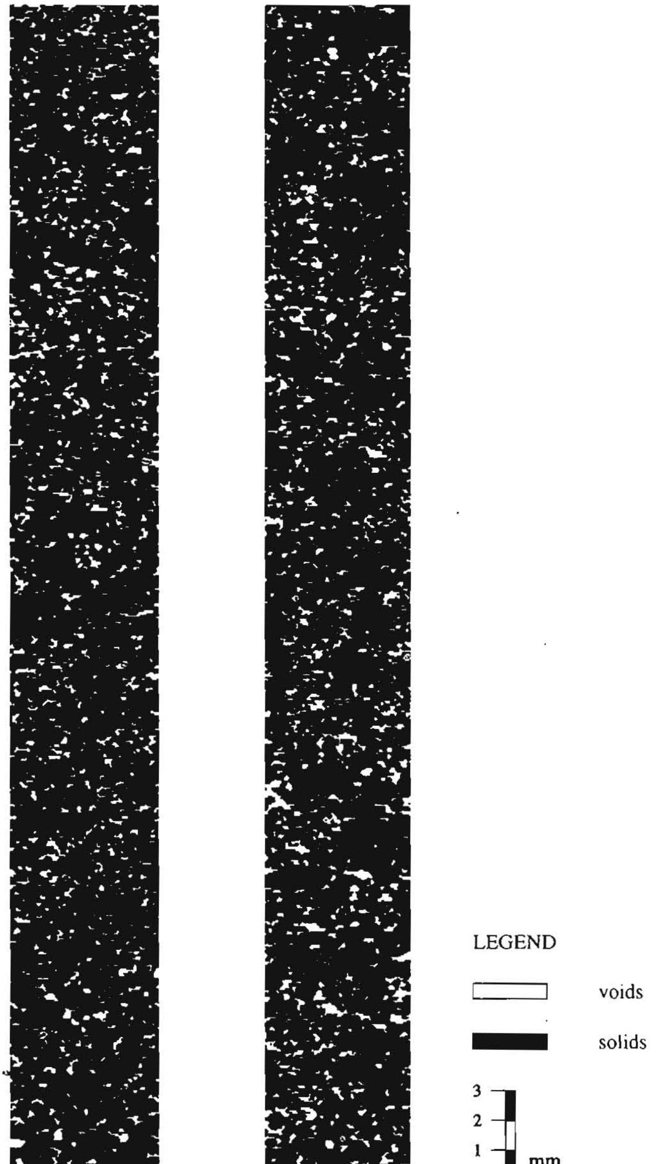


Fig. 6. Calibration of the system for measuring perimeter. Plot of real perimeters vs perimeters measured within IDRISI. Explanation in the text.

"Porosity" measurements acquired from the thin sections

The pores recognised from the thin sections involved in this study have been inserted in IDRISI (Eastman, 1993), by scanning the traced pores using Scangal (Scangal, 1988) at 240 dpi (dots per inch) resolution: the scanned Tagged Image File Format (TIFF) images were imported into IDRISI and with this procedure the GIS attributed one value to the pores and an other one to the solid part of the initial pictures.

Fig. 7. Bands i and ii as produced by IDRISI.



iii iv

Fig. 8. Bands iii and iv as produced by IDRISI.

The above procedure enabled the visualisation, within IDRISI, of the bands of the thin sections along which pictures were taken, and area measurements of those parts of the thin sections covered by voids and solids, separately. The bands appear in Fig. 7 and 8 for both the planes a and b respectively. From these measurements, which were in cell units, the area ratio between the void and the total rock area can be calculated, which can be considered as a "porosity" measurement for the rock in the given direction of the focusing plane (Passas, 1996; Passas et al., submitted). These measurements show that the "porosity" is 16.11%, 14.75%, 13.42% and 12.32% for the bands i, ii, iii and iv respectively (Fig. 1B).

The accuracy of the area ratio measurements within IDRISI, based on the shapes of known areas used for calibration proved that IDRISI gives higher area ratios than exist in reality in the range of 1.14 to 5.13% (Passas, 1996; Passas et al., submitted).

Discussion

The two methodologies followed in this investigation, viz. that for measuring pore area and perimeter, and that for measuring "porosity", involved different pore populations. Area/perimeter measurements were possible only for pores which existed as their full extent on the pictures taken, while the "porosity" measurements covered the full area of the bands photographed included the pores of the previous operation plus pores that partially appeared on the pictures taken (Fig. 2ii). Direct comparisons between pore area, perimeter and porosity are therefore not possible, however, a total of 3710 pores were included in the study of area and perimeter, and are considered to reflect the nature of porosity overall.

From the results obtained it can be inferred that the pore area and the pore size distribution are similar (Fig. 3) for the planes α and β. On the other hand, there appears to be a difference as far as the perimeter of the small pores is concerned (Fig. 4). Descriptive statistics of the pore perimeter measurements for the two populations involved (Table 2) reflected this observation; the value for the mode was found 1.41 for plane α and considerably lower for plane β at 0.91. Similar descriptive statistics for the area measurements did not show any difference at all (Table 2), a fact reflected in the similarity of the histograms and pore size distributions observed. Additionally, the "porosity" measurements reveal that the plane where the major difference in p-wave velocities occurred (plane α) is less porous than the plane of minor difference in p-wave velocities (plane β). The measurements indicate that porosity alone, as measured in two dimensions, may not be sufficient to explain the differences revealed in p-wave velocity and that other differences should also be considered, such as grain area and perimeter, nature of contacts between grains etc.

	Area measurements		**Perimeter measurements**	
	plane a	**plane b**	**plane a**	**plane b**
Mean	0.12	0.15	2.11	2.26
Stand. Err.	0.00	0.01	0.03	0.06
Median	0.07	0.07	1.61	1.61
Mode	0.03	0.02	1.41	0.91
Stand. Dev.	0.14	0.29	1.61	2.31
Variance	0.02	0.08	2.59	5.34
Range	2.78	3.72	23.75	28.58
Min	0.001	0.010	0.20	0.20
Max	2.780	3.730	23.95	28.78

TABLE 2. Descriptive statistics on the pore area and perimeter values obtained from IDRISI.

The measurements which were feasible with IDRISI in the context of pore geometry as they appear on petrological thin sections, viz. pore area, pore perimeter and "porosity", and the correlations acquired, are comparable with the same measurements and correlations found by using an image analyser (Passas et al., 1995), namely, SigmaScan Image (Jandel, 1993) using scanned Tagged Image File Format (TIFF) images of the same pores with 75 dpi (dots per inch), a resolution equivalent to the resolution used while digitizing these pores for this study. IDRISI can be a useful and reliable image analysis tool in observing and quantifying certain spatial problems on a micro scale.

Conclusions

The differences observed in the maximum and minimum p-wave velocities in known directions through a laboratory sample of Penrith sandstone have been compared with differences in the geometric characteristics of the pores observed on two planes in those directions. A raster-based GIS has been proved to be a precise and sensitive image analysis tool for providing a quantitative analysis of the pore area and for describing the rock in terms of its "porosity" on these two planes.

Comparative studies on pore area, perimeter, and "porosity" on the two planes of major and minor difference in p-wave velocities showed that the pores on the plane of major difference may have a higher perimeter and do have a higher "porosity" than those on the other plane while their area does not seem to vary at all. These results indicate that from the pore characteristics considered here only the pore perimeter and "porosity" show some distinct difference which could account for the difference in p-wave velocities observed. Use of the technique has also showed that other microscopic characteristics of rock must be used to reveal further information.

Acknowledgements

We would like to thank Prof. M.S. King for his help in acquiring the geophysical data upon which this study was based.

Bibliography

Crampin, S. (1989). "Suggestions for a Consistent Terminology for Seismic Anisotropy". Geophysical Prospecting, 37, 753-770.

Dobereiner, L. de Freitas, M.H. (1986). "Geotechnical Properties of Weak Sandstones". Gιotechnique, 36, 1, 79-94.

Dusseault, M.B. Morgenstern, N.R. (1979). "Locked sands". Q. J. Engng. Geol., 12, 2, 117-131.

Eastman, J.R. (1993). "IDRISI 4.1". Clark GrHelveticaity, Graduate School of Geography, Worcester, Ma01610, U.S.A.

Jandel Scientific (Editor). (1993). "SigmaScan/Image, Measurement Software for Windows: User's Manual". U.S.A.

Kahn, J.S. (1956). "The Analysis and Distribution of the Properties of Packing in Sand-size Sediments: Part 1, on the Measurement of Packing in Sandstones. J. Geology, 64, 385-395.

King, M.S. (1970). "Static and Dynamic Elastic Moduli of Rocks under Pressure". Proc. 11th Symp. Rock Mechanics, Berkeley, 329-351.

Lama, R.D. Vutukuri, V.S. (1978). "Handbook on Mechanical Properties of Rocks", II, Trans. Tech. Publications, Germany.

Passas, N. (1996). "The Character of Rock Tensile Failure as revealed using the Hoop Tension Test", provisional title. Ph.D. Thesis, Imperial College, London.
Passas, N, Butenuth. C, de Freitas. M.H. (submitted). "A Non-volumetric Method of Measuring the Ratio of Solid and Voids in Porous Material with a Computer Aided System". Submitted for publication.
Passas, N. Butenuth, C. de Freitas, M.H. King, M.S. (1995). "Relations between p-wave velocities and pore characteristics in Penrith sandstone". Proceedings of the 10th National Congress for Engineering Geology, Freiberg, Germany: in print.
Pettijohn, F.J. Potter, P.E. Siever, R. (1972). "Sand and Sandstone". Springer Verlag, New York.
Scangal, (1988). "Scanning Gallery Plus, Version A.03.00". Hewlett-Packard Co. & Microsoft Corporation.
Waugh, B. (1970). "Petrology, Provenance and Silica Diagenesis of the Penrith Sandstone (Lower Permian) of NW England". Journal of Sedimentary Petrology, vol 40, no 4, pp. 1226-1240. U.S.A.
Winterstein, D.F. (1990). "Velocity Anisotropy Terminology for Geophysicists". Geophysics, 55, 8, 1070-1088.

Τεχνητή νοημοσύνη και συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών

Κ. Στεφανάκης και Λ. Τσούλος
Τομέας Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Αθήνα

1. Εισαγωγή

Το πεδίο των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) είναι ένας γνωστικός χώρος σχετικά νέος και αναπτυσσόμενος με αξιοσημείωτο ρυθμό. Τα αντικείμενα εφαρμογής των ΣΓΠ είναι αναρίθμητα, οι διαδικασίες όμως υλοποίησής τους είναι χρονοβόρες και δεν αξιοποιούν πλήρως τις δυνατότητες των επί μέρους τεχνολογιών που υπεισέχονται στην υλοποίηση των εφαρμογών. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές όταν αντιμετωπίζονται σύνθετα προβλήματα όπως η λήψη αποφάσεων και η αυτοματοποίηση διαδικασιών με ελάχιστη παρέμβαση του χρήστη. Τα προβλήματα αυτά εκτιμάται ότι μπορούν να αντιμετωπισθούν αποτελεσματικά μέσω της αξιοποίησης των δυνατοτήτων της τεχνητής νοημοσύνης και ειδικότερα των έμπειρων συστημάτων. Στην εργασία αυτή αναπτύσσονται τα χαρακτηριστικά των εμπείρων συστημάτων και προσεγγίζεται η μεθοδολογία της αξιοποίησής τους σε συνδυασμό με τα ΣΓΠ.

2. Τεχνητή νοημοσύνη

Ο όρος *Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)* χαρακτηρίζει τεχνικές, που έχουν αναπτυχθεί σε περιβάλλον συστήματος υπολογιστή με σκοπό τη διαχείριση προβλημάτων, τα οποία ο άνθρωπος, τη δεδομένη στιγμή, αντιμετωπίζει περισσότερο αποτελεσματικά (Rich και Knight, 1991). Ο ορισμός αυτός χαρακτηρίζεται ως εφήμερος, αφού αναφέρεται στις τωρινές δυνατότητες των υπολογιστών. Επίσης δεν καλύπτει τις περιοχές όπου, υπολογιστής και άνθρωπος, αδυνατούν να δώσουν λύσεις. Ο ορισμός όμως αυτός, προσφέρει μια καλή γενική εικόνα για το αντικείμενο της τεχνητής νοημοσύνης, αποφεύγοντας συγχρόνως την ανάλυση εννοιών με φιλοσοφική διάσταση, όπως είναι οι έννοιες του *τεχνητού* και της *νοημοσύνης*. Τα έμπειρα συστήματα είναι ένα υποσύνολο των εφαρμογών της τεχνητής νοημοσύνης.

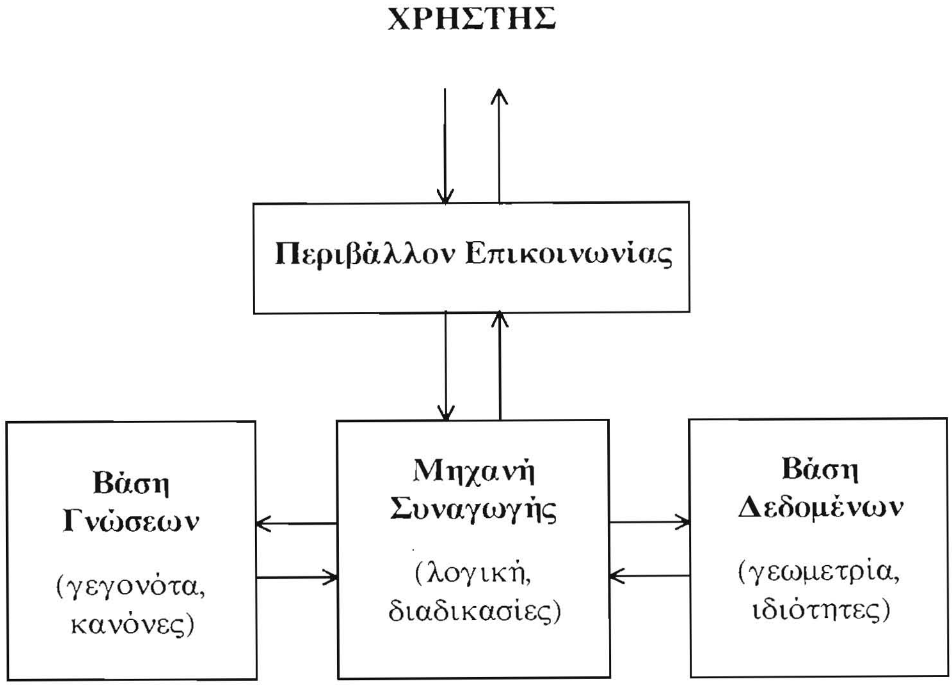
2.1. Έμπειρα συστήματα

Ένα *έμπειρο σύστημα (expert system)* ορίζεται αρχικά ως ένα σύστημα λογισμικού ικανό να εκτελεί σε ορισμένη περιοχή εφαρμογών λειτουργίες, που διαφορετικά θα εκτελούνταν από έναν εμπειρογνώμονα (Σελλής, 1992). Η ιδιότητα του *εμπειρογνώμονα (expert)* αποδίδεται σε άτομα που κατέχουν ειδικές γνώσεις, σε κάποιο συγκεκριμένο τομέα. Το γεγονός αυτό τους επιτρέπει, όποτε είναι απαραίτητο, να επεξεργάζονται τα δεδομένα ενός προβλήματος και να καταλήγουν σε ορισμένα συμπεράσματα.

Ο όρος έμπειρα συστήματα θα χρησιμοποιείται στην συνέχεια ως γενικός και θα περιλαμβάνει όλα εκείνα τα προγράμματα που θα μπορούσαν με μεγαλύτερη ακρίβεια να χαρακτηριστούν σαν *συστήματα κανόνων (rule based systems), συστήματα γνώσης (knowledge based systems)*. Τα κύρια χαρακτηριστικά των προγραμμάτων αυτών που τα διαφοροποιούν από τα συμβατικά αλγοριθμικά προγράμματα είναι (Forrest, 1993):

- χρησιμοποιούν πληροφορίες για *απλά γεγονότα (facts)* και *κανόνες (rules)*, που αφορούν ένα θέμα και προσομοιώνουν τη μέθοδο επίλυσης που θα εφάρμοζε ένας εμπειρογνώμονας.
- το σύστημα ευρίσκεται σε συνεχή διάλογο με το χρήστη, αλλά μόνο σε θέματα άμεσα συνδεόμενα με την επίλυση του προβλήματος.
- το σύστημα εκτιμά το πιο πιθανό αποτέλεσμα ή την πιθανότερη σειρά ενεργειών ανάλογα με τις συνθήκες που ισχύουν.
- αβέβαια και ημιτελή συμπεράσματα είναι αποδεκτά και μπορεί να χρησιμοποιηθούν.
- έχουν τη δυνατότητα να επεξηγούν τις πράξεις τους και το πώς κατέληξαν στα εξαγόμενα συμπεράσματά τους.

Τα έμπειρα συστήματα διαθέτουν δομή η οποία διαφέρει σημαντικά από αυτή των συμβατικών προγραμμάτων, τα οποία συντίθενται από μία αυστηρά καθορισμένη σειρά εντολών και είτε παράγουν ένα έγκυρο αποτέλεσμα, είτε αποτυγχάνουν. Πρότυπη αρχιτεκτονική για τα έμπειρα συστήματα δεν υπάρχει. Σύμφωνα με τις υλοποιήσεις και τις προτάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί τα έμπειρα συστήματα αποτελούνται από τρία βασικά τμήματα: *τη βάση γνώσεων (knowledge base)*, *τη μηχανή* *συναγωγής (inference engine)* και το *περιβάλλον επικοινωνίας (user interface)* (Σχ. 1). Για την εφαρμογή του συστήματος στην περιοχή των γεωγραφικών εφαρμογών είναι επίσης σημαντική η σύνδεσή του με μια βάση δεδομένων γεωγραφικών στοιχείων. Για την ανάπτυξη ενός έμπειρου συστήματος η κύρια προσπάθεια επικεντρώνεται στην αναπαράσταση της γνώσης και στη μηχανή συναγωγής.



Σχ. 1. Αρχιτεκτονική ενός έμπειρου συστήματος για γεωγραφικές εφαρμογές.

2.2. Βάση γνώσεων

Μία από τις πρώτες βασικές διαπιστώσεις της έρευνας γύρω από την τεχνητή νοημοσύνη, που αφορά σε μεγάλο βαθμό και τα έμπειρα συστήματα ήταν, ότι η νοημοσύνη βασίζεται στη *γνώση (knowledge)*. Η *βάση γνώσεων (knowledge base)* αποτελείται από *ειδική γνώση* ή *γεγονότα (facts)* και *γενική γνώση* ή *κανόνες (rules)*. Η ειδική γνώση αντιστοιχεί στα συλλεχθέντα δεδομένα, όπως μετρήσεις ή γνωστά γεγονότα και συνήθως αποθηκεύεται σε δομημένη μορφή. Ένα έμπειρο σύστημα αποθηκεύει τα γεγονότα με δηλωτικό τρόπο, σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα όπου τα δεδομένα μπορεί να κρύβονται σε ένα τμήμα του κώδικα. Η γενική γνώση περιέχει γενικές αρχές, κανόνες και ευριστικές (εμπειρικές) τεχνικές επίλυσης προβλημάτων και αντιστοιχεί στη συσσωρευμένη εμπειρική ή τεχνική γνώση του εμπειρογνώμονα. Επίσης ένας σημαντικός παράγοντας της βάσης γνώσεων, που ονομάζεται *μετα-γνώση (meta-knowledge)*, χρησιμοποιείται για να περιγράψει το σκοπό, την ακρίβεια, την αξιοπιστία, καθώς και άλλες ιδιότητες της αποθηκευμένης γνώσης. Στη συνέχεια παρατίθενται μερικά απλά παραδείγματα στοιχειωδών γεγονότων και κανόνων:

Στοιχειώδη γεγονότα:

Η ιδιοκτησία είναι 5 στρέμματα.
Η πόλη έχει σιδηροδρομική σύνδεση.
Η θέση απέχει 6 χιλιόμετρα από το λιμάνι.

Κανόνες:

ΕΑΝ (IF) η ιδιοκτησία είναι μεγαλύτερη από 2 στρέμματα ΚΑΙ (AND) η πόλη έχει σιδηρογραμική σύνδεση ΚΑΙ (AND) η θέση απέχει το πολύ 10 km από το λιμάνι ΤΟΤΕ (THEN) η ιδιοκτησία είναι κατάλληλη.

2.3. Μέθοδοι αναπαράστασης της γνώσης

Η αναπαράσταση της γνώσης αφορά την μέθοδο με την οποία η γνώση μπορεί να περιγραφεί και να αξιοποιηθεί στο περιβάλλον του υπολογιστή. Η γνώση μπορεί να αναπαρασταθεί με τρεις γενικά μεθόδους (Robinson και Frank, 1987):

- Με την εφαρμογή *τύπων κατηγορικού λογισμού πρώτης τάξης (first order predicate logic)*, που αποτελεί τη βάση του *λογικού προγραμματισμού (logic programming languages)*. Η μέθοδος αυτή μπορεί να υποστηρίξει την αναπαράσταση στοιχειωδών γεγονότων και κανόνων. Η γλώσσα Prolog είναι η πιο διαδεδομένη για την υλοποίηση λογικού προγραμματισμού.
- Με την εφαρμογή *σημασιολογικών δικτύων (semantic nets)*. Τα σημασιολογικά δίκτυα προσομοιώνουν τη μέθοδο συσχέτισης στην ανθρώπινη μνήμη. Τα αντικείμενα απεικονίζονται με κόμβους σε ένα γράφημα και οι σχέσεις μεταξύ τους με συνδέσεις που φέρουν κάποια ετικέττα. Ένα από τα πλεονεκτήματα των σημασιολογικών δικτύων είναι οι ευρετηριακές τους δυνατότητες. Το δίκτυο μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε, αντικείμενα που συνδέονται συχνά με υπολογι-

σμούς, ή αντικείμενα που είναι συγγενή εννοιολογικά, να απεικονίζονται με κοντινούς κόμβους στο δίκτυο.

- Με την εφαρμογή *πλαισίων (frames)*. Τα πλαίσια μπορούν να παρομοιαστούν με δομές δεδομένων, όπου οι γνώσεις που σχετίζονται με κοινά αντικείμενα να καταχωρούνται μαζί. Επειδή η γνώση οργανώνεται καλύτερα, η προσπέλασή της επιταγχύνεται.

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα των σημασιολογικών δικτύων και πλαισίων σε βάρος του κατηγορικού λογισμού πρώτης τάξης είναι ότι οι πληροφορίες που αφορούν κοινά στοιχεία συγκεντρώνεται μαζί. Αυτή η ιδιότητα βελτιώνει την προσπέλαση και διαχείριση της πληροφορίας. Η επιλογή μιας μεθόδου αναπαράστασης έναντι των υπολοίπων φαίνεται να εξαρτάται κύρια από τη φύση του προβλήματος. Ορισμένα συστήματα, όπως το KBGIS, εφαρμόζουν υβριδική μέθοδο αναπαράστασης της γνώσης, μίξη των μεθόδων των σημασιολογικών δικτύων και πλαισίων.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι οι τρεις μέθοδοι αναπαράστασης της γνώσης ειναι γενικά ισοδύναμες. Η επιλογή μίας μεθόδου ίσως διαφοροποιεί τα χαρακτηριστικά της απόδοσης του συστήματος, όχι όμως και τη δύναμη λογικής του.

2.4. Ιδιότητες της γνώσης

Μπορούν να σημειωθούν τα ακόλουθα εγγενή χαρακτηριστικά που αφορούν την περιγραφή της γνώσης:

- Καταλαμβάνει μεγάλο όγκο.
- Είναι δύσκολο να περιγραφεί με ακρίβεια.
- Αναπτύσσεται και μεταβάλλεται με το χρόνο.
- Διαφοροποιείται από τα δεδομένα, επειδή οργανώνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να συμφωνεί με τις μεθόδους που εφαρμόζεται.

Η γνώση που θα ενσωματωθεί σε ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης, λόγω των εγγενών της χαρακτηριστικών, πρέπει να σχεδιαστεί με τήρηση των ακόλουθων ιδιοτήτων:

- *Γενίκευση της γνώσης*. Δεν είναι απαραίτητο να περιλαμβάνεται στο σύστημα κάθε ιδιαίτερη κατάσταση. Αντίθετα, καταστάσεις όπου μοιράζονται σημαντικές ιδιότητες πρέπει να ομαδοποιούνται. Η γνώση που δεν συνοδεύεται από την ιδιότητα αυτή, έχει ανάγκη από μεγάλο μέγεθος μνήμης και απαιτεί χρονοβόρες διαδικασίες ενημέρωσης. Καταστάσεις που δεν διαπνέονται από την ιδιότητα της γενίκευσης, αποτελούν μάλλον δεδομένα (data) και όχι γνώση.

- *Κατανοητή έκφραση της γνώσης*. Σε πολλές εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης, το κύριο μέρος της γνώσης εισάγεται άμεσα από τους εμπειρογνώμονες. Η γνώση θα πρέπει να μπορεί να εκφραστεί με κατανοητό τρόπο.
- *Τροποποίηση της γνώσης*. Η γνώση που εμπεριέχεται σε ένα σύστημα πρέπει να τροποποιείται εύκολα. Η τροποποίηση της γνώσης μπορεί να αφορά είτε τη διόρθωση λαθών, είτε την έκφραση αλλαγών που συμβαίνουν στον πραγματικό κόσμο ή στο μοντέλο του πραγματικού κόσμου που εφαρμόζεται.
- *Πολλαπλή εφαρμογή της γνώσης*. Η γνώση ενός συστήματος θα είναι ικανή να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο αριθμό προβλημάτων ακόμα και αν δεν είναι απόλυτα ακριβής ή ολοκληρωμένη για κάθε περίπτωση.
- *Ευέλικτη γνώση*. Για αντιστάθμιση του μεγάλου όγκου της, η γνώση πρέπει να ανακτάται εύκολα και να συμβάλλει ακόμα και η ίδια σε αυτή την κατεύθυνση.

Μολονότι οι μέθοδοι τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να τηρούν τις προηγούμενες συνθήκες, υπάρχει κάποιος βαθμός ανεξαρτησίας μεταξύ των προβλημάτων και των τεχνικών που τα επιλύουν. Είναι δυνατό, για παράδειγμα, να επιλυθούν ορισμένα προβλήματα τεχνητής νοημοσύνης, χωρίς την εφαρμογή μεθόδων τεχνητής νοημοσύνης (μολονότι λύσεις που δίνονται σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζουν αδυναμίες). Όπως επίσης, μπορούν να εφαρμοστούν μέθοδοι τεχνητής νοημοσύνης για επίλυση προβλημάτων που δεν ανήκουν στην κατηγορία των προβλημάτων της τεχνητής νοημοσύνης, όμως μοιράζονται ορισμένα χαρακτηριστικά.

2.5. Μηχανή συναγωγής

Η *μηχανή συναγωγής (inference engine)* είναι σημαντικός συντελεστής για τη λειτουργία του έμπειρου συστήματος. Στη μονάδα αυτή εκτελούνται οι συλλογισμοί και ερευνάται η βέλτιστη λύση μεταξύ αριθμού πιθανών επιλογών. Οι βασικότεροι μηχανισμοί εξαγωγής συμπερασμάτων που χρησιμοποιούνται είναι:

- *η επαγωγή (deduction)*, σχηματικά απεικονίζεται ως $(P\,;P \rightarrow R) \Rightarrow R$. Η έκφραση αυτή σημαίνει ότι, όταν το στοιχειώδες γεγονός P είναι αληθές και ο κανόνας $P \rightarrow R$ είναι αληθής, το στοιχειώδες γεγονός R είναι επίσης αληθές.

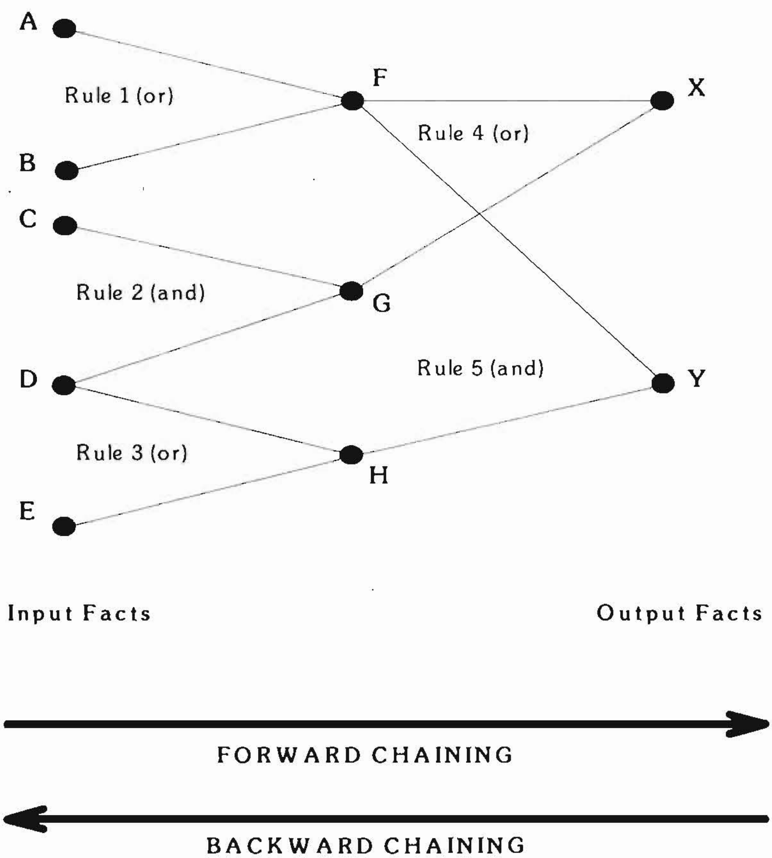
- *η απαγωγή (abduction)*, σχηματικά απεικονίζεται ως $(R\,;P \rightarrow R) \Rightarrow P$. Όταν το γεγονός R είναι αληθές και ο κανόνας $P \rightarrow R$ είναι αληθής, το γεγονός P είναι αληθές.
- *η συναγωγή (induction)*, σχηματικά απεικονίζεται ως $(P\,;R) \Rightarrow (P \rightarrow R)$. Όταν τα γεγονότα P και R είναι σύγχρονα αληθή, υπάρχει ένας ο κανόνας που τα συνδέει, δηλαδή ο κανόνας $P \rightarrow R$ είναι αληθής.
- *η μετάβαση (transitivity)*, σχηματικά απεικονίζεται ως $(P \rightarrow Q\,;Q \rightarrow R) \Rightarrow (P \rightarrow R)$. Όταν υπάρχουν δύο κανόνες, όπου ο πρώτος υποδηλώνει το Q, ενώ ο δεύτερος έχει σαν εισαγωγή το Q, τότε ένας νέος κανόνας μπορεί να σχεδιαστεί που θα έχει σαν εισαγωγή την εισαγωγή του πρώτου κανόνα και θα υποδηλώνει ότι υποδηλώνει ο δεύτερος κανόνας, δηλαδή $P \rightarrow R$.

Οι συνηθισμένοι τρόποι για την εκτέλεση συλλογισμών με τη βάση γνώσης, οι οποίοι βασίζονται στους τέσσερις μηχανισμούς που έχουν ήδη αναφερθεί, είναι (Σελλής, 1992):

- *Με χρήση αλυσίδων προς τα εμπρός (forward chaining)*. Με αυτό τον τρόπο δοθείσης μίας αρχικής κατάστασης και ενός στόχου, το σύστημα βρίσκει μία ακολουθία κανόνων που αν εφαρμοστούν στην αρχική κατάσταση θα οδηγήσουν στο στόχο. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται κυρίως μηχανισμοί επαγωγής και σχηματίζονται αλυσίδες με την εφαρμογή μηχανισμών μετάβασης (Σχ. 2).
- *Με χρήση αλυσίδων προς τα πίσω (backward chaining)*. Αυτή είναι η αντίστροφη μέθοδος από την προηγούμενη. Σ' αυτή το σύστημα προσπαθεί να αποδείξει το στόχο πραγματοποιώντας ανάλυση. Χρησιμοποιούνται κυρίως μηχανισμοί απαγωγής και σχηματίζονται αλυσίδες επίσης με την εφαρμογή μηχανισμών μετάβασης (Σχ. 2).
- *Με χρήση αλυσίδων δύο κατευθύνσεων (bidirectional chaining)*. Αυτός είναι ένας συνδυασμός των παραπάνω, όπου η εκτέλεση συλλογισμών μπορεί να γίνει και προς τις δύο κατευθύνσεις επιτυγχάνοντας ταχύτερη επεξεργασία.

Στο Σχ. 2 τα γεγονότα της αρχικής κατάστασης είναι τα A, B, C, D, E και τα γεγονότα του στόχου τα X, Y. Οι κανόνες, οι οποίοι εκφράζονται με χρήση των συνθηκών του Boole με τις πράξεις AND και OR, είναι:

Rule 1 : A or B → F
Rule 2 : C and D → G
Rule 3 : D or E → H
Rule 4 : F or G → X
Rule 5 : F and H → Y



Σχ. 2. Σύνδεση γεγονότων με κανόνες (Laurini and Thompson, 1992).

3. Μεθοδολογία εμπλουτισμού των έμπειρων συστημάτων

Τα έμπειρα συστήματα έχουν δυναμικό σχήμα, όσον αφορά τη βάση γνώσεων που χρησιμοποιούν. Η αρχιτεκτονική τους επιτρέπει τη συνεχή ενημερώση και διεύρυνση της βάσης γνώσεων. Ο μηχανικός που σχεδιάζει το έμπειρο σύστημα χαρακτηρίζεται ως *μηχανικός γνώσης (knowledge engineer)*. Ο μηχανικός γνώσης εκφράζει τις εξειδικευμένες γνώσεις του εμπειρογνώμονα σε ένα σύνολο κανόνων, οι οποίοι στη συνέχεια εισάγονται στο έμπειρο σύστημα. Η άντληση της γνώσης μπορεί να γίνει είτε άμεσα με τη μορφή συνέντευξης του εμπειρογνώμονα από το μηχανικό γνώσης, ή έμμεσα με τη συμπλήρωση ερωτηματολόγιου, είτε με την εφαρμογή αυτοματοποιημένου συστήματος εξαγωγής γνώσης μέσα από ένα έμπειρο περιβάλλον επικοινωνίας.

Για την εξαγωγή της γνώσης συχνά εφαρμόζεται η μέθοδος της συνέντευξης. Στη συνέντευξη που πραγματοποιείται αναπτύσσονται σημαντικές και πολύπλοκες πτυχές του προβλήματος και καταγράφονται οι σχετικές προτάσεις και τα σχόλια του εμπειρογνώμονα. Οι προτάσεις αυτές στη συνέχεια μεταφράζονται σε κανόνες στη βάση γνώσεων. Ο μηχανικός γνώσεων πρέπει να χαρακτηρίζεται από υπομονή και επιμονή, όπως επίσης να έχει υπόβαθρο γνώσεων σχετικό με το πρόβλημα, ώστε να μπορεί να επικοινωνεί αποτελεσματικά με τον εμπειρογνώμονα. Η μέθοδος της συνέντευξης είναι χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία.

Ενώ πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα εξαγωγής γνώσης δεν έχει ακόμα υλοποιηθεί, υπάρχει ένας αριθμός προγράμματων που μπορούν να εφαρμοστούν αποτελεσματικά για το σκοπό αυτό. Τα προγράμματα αλληλεπιδρούν με το χρήστη-εμπειρογνώμονα για την άντληση της γνώσης του και αναλαμβάνουν τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Εισαγωγή της γνώσης.
- Διατήρηση της συνέπειας (consistency) στη βάση γνώσεων.
- Εξασφάλιση της πληρότητας (completeness) στη βάση γνώσεων.

Τα πιο αποτελεσματικά προγράμματα αυτής της κατηγορίας περιορίζονται σε ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, όπως π.χ. είναι η διάγνωση. Είναι σημαντικό το σύστημα να αναλύει τους ρόλους που μπορεί να έχει η γνώση στη διαδικασία επίλυσης. Για παράδειγμα, αν το σύστημα έχει σχεδιαστεί για προβλήματα διάγνωσης, το πρόγραμμα θα δομεί τη βάση γνώσεων σε συμπτώματα, υποθέσεις και αίτια συμπτωμάτων. Τότε το πρόγραμμα θα μπορεί να προσδιορίζει τα συμπτώματα, στα οποία ο εμπειρογνώμονας δεν έχει προσδιορίσει ακόμα τα αίτια. Επίσης αν κάποιο σύμπτωμα αντιστοιχεί σε περισσότερα από ένα αίτια, το πρόγραμμα θα μπορεί να ερωτήσει τον εμπειρογνώμονα για το πιο αίτιο είναι περισσότερο πιθανό από τα άλλα.

Η διαδικασία εξαγωγής γνώσης παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα, ανεξάρτητα από τη μέθοδο που εφαρμόζεται για την άντλησή της. Οι εμπειρογνώμονες, οι οποίοι αποτελούν την κύρια πηγή άντλησης γνώσης, συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολία έκφρασης με σαφήνεια των κανόνων που εφαρμόζουν. Επίσης συχνά παραλείπουν λεπτομέρειες χαμηλού επιπέδου που αφορούν τη μεθοδολογία που εφαρμόζουν και κυρίως αδυνατούν να παρέχουν πληροφορίες που αφορούν στατιστικά στοιχεία. Για αντιστάθμιση των προβλημάτων αυτών, μεγάλο ενδιαφέρον έχει δημιουργηθεί για τη σχεδίαση συστημάτων, τα οποία αυτόματα θα μπορούν να εξάγουν τη γνώση (κανόνες).

Τα συστήματα αυτόματης εξαγωγής γνώσης θα επισκοπούν τις καταστάσεις που αντιμετωπίστηκαν από τους ειδικούς, καθώς και τις λύσεις που προτάθηκαν. Εφαρμόζοντας μια τέτοια τεχνική ο εμπειρογνώμονας θα προσφέρει μόνο το γενικό εννοιολογικό πλαίσιο για την επίλυση ενός προβλήματος, όπως επίσης και ένα σύνολο αντιπροσωπευτικών παραδειγμάτων.

Σε ένα τέτοιο πλαίσιο ας εξεταστεί ο σχεδιασμός ενός έμπειρου συστήματος που θα επιλύει το πρόβλημα της χωροθέτησης κέντρων παροχής υπηρεσιών. Η κλασική μέθοδος θα υπαγόρευε για την εξέταση ειδικών με την μορφή συνέντευξης σχετικά με το συγκεκριμένο πρόβλημα. Η εναλλακτική μέθοδος θα ήταν η επισκόπηση των λύσεων που ήδη έχουν δοθεί σε παρόμοια προβλήματα χωροθέτησης και η προσπάθεια αυτόματης εξαγωγής κανόνων.

Στατιστικές τεχνικές, που αφορούν ανάλυση πολυωνύμων, προσφέρουν εναλλακτικές δυνατότητες για την κατασκευή έμπειρων συστημάτων. Όμως οι μέθοδοι αυτές δεν παράγουν περιεκτικούς κανόνες αντιληπτούς από τους χρήστες. Η εξαγωγή συμπερασμάτων μέσα από τέτοιες τεχνικές είναι πολύ δύσκολο να ελεγχθεί και να επεξηγηθεί.

4. Έμπειρα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών

Οι Robinson και Frank (1987) προσδιόρισαν τέσσερεις βασικές περιοχές εφαρμογής των έμπειρων συστημάτων στα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών:

- Παραγωγή αποδεκτών χαρτογραφικών προϊόντων.
- Εξαγωγή οντοτήτων και ιδιοτήτων.
- Διαχείριση χωρικών βάσεων δεδομένων.
- Λήψη αποφάσεων σε γεωγραφικές εφαρμογές.

4.1. Έμπειρα συστήματα για την παραγωγή χαρτογραφικών προϊόντων

Η παραγωγή χαρτογραφικών προϊόντων πραγματοποιείται συχνά μέσα από το περιβάλλον ΣΓΠ. Επίσης προϊόντα της γεωγραφικής ανάλυσης απεικονίζονται στις περισσότερες εφαρμογές γραφικά με τη μορφή χαρτών. Όμως η παραγωγή προϊόντων που πληρούν χαρτογραφικές προδιαγραφές ποιότητας είναι χρονοβόρα και δαπανηρή διαδικασία και απαιτεί τη συμβολή ενός εμπειρογνώμονα χαρτογράφου. Η εφαρμογή των έμπειρων συστημάτων προς αυτή τη κατεύθυνση έγινε με στόχο να προσομοιάσουν, κατά το δυνατό, την εμπειρία του χαρτογράφου.

Τα έμπειρα συστήματα που μελετώνται για την υποστήριξη της χαρτογραφικής παραγωγής, εστιάζουν κυρίως στις ακόλουθες περιοχές:

- τη χαρτογραφική απόδοση και συμβολισμό
- τη χαρτογραφική γενίκευση
- την απόδοση ονοματολογίας.

Επίσης έχουν αναπτυχθεί έμπειρα συστήματα που αντιμετωπίζουν επιμέρους προβλήματα, όπως είναι:

- η σχεδίαση πλαισίων χαρτών
- ο προσδιορισμός και η τοποθέτηση ένθετων χαρτών
- η επιλογή κατάλληλης χαρτογραφικής προβολής.

Το *CES* είναι χαρτογραφικό έμπειρο σύστημα το οποίο σχεδιάστηκε αρχικά για την υπηρεσία Ενέργειας και Φυσικών Πόρων του Καναδά (Muller, Johnson, Vanzella, 1986). Το σύστημα αυτό εξάγει προδιαγραφές για την απόδοση θεματικών πληροφοριών. Κύρια έμφαση για την ανάπτυξη του συστήματος δόθηκε στη σχεδίαση ενός μοντέλου για την αναπαράσταση της χαρτογραφικής γνώσης. Το μοντέλο αποτελείται από δύο επίπεδα ιεραρχίας της γνώσης. Το ένα αφορά την είσοδο ή τις ανάγκες του χαρτη και το άλλο την έξοδο ή τις προδιαγραφές του χάρτη. Υπάρχουν εννέα κατηγορίες εισόδου, οι οποίες αποτελούνται από 40 στοιχεία και 55 στοιχεία εξόδου τα οποία κατηγοριοποιούνται σε δέκα κατηγορίες.

Το *MAPEX* είναι έμπειρο σύστημα το οποίο έχει σχεδιαστεί για την εκτέλεση αυτόματης χαρτογραφικής γενίκευσης (Nickerson and Freeman, 1986). Το σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί στη *Γεωλογική Υπηρεσία των Η.Π.Α (U.S. Geological Survey - U.S.G.S.)* για την γενίκευση των γραμμικών χαρτογραφικών στοιχείων κλίμακας από 1:24.000 σε κλίμακα 1:250.000. Το σύστημα MAPEX χρησιμοποιεί κανόνες και ευριστικές τεχνικές για την εκτέλεση της γενίκευσης.

Ένα άλλο παράδειγμα έμπειρου συστήματος που επιλύει χαρτογραφικά προβλήματα είναι το *AUTONAP* (Freeman and Ahn, 1984). Το πρόγραμμα αυτό έχει σχεδιαστεί για την απόδοση ονομάτων σε χάρτες με αναφορά σημειακές, γραμμικές και επιφανειακές οντότητες. Το πρόβλημα της απόδοσης ονοματολογίας είναι πολύπλοκο και αφορά θέματα της οπτικής αντίληψης και αισθητικής. Το σύστημα AUTONAP χρησιμοποιεί περίπου 30 κανόνες οι οποίοι κύρια εκφράζουν ευριστικές τεχνικές. Στο χάρτη τοποθετούνται πρώτα τα ονόματα με επιφανειακή αναφορά, στη συνέχεια τα ονόματα με γραμμική και τέλος τα ονόματα με σημειακή αναφορά. Υπάρχει δηλαδή μία πρόοδος από τις δυσκολότερες περιπτώσεις στις ευκολότερες. Το σύστημα AUTONAP χαρακτηρίζεται ως το καλύτερο στο είδος του.

Ένα σημαντικό πρόβλημα, που αντιμετωπίζει η εφαρμογή των έμπειρων συστημάτων στη χαρτογραφία, πηγάζει από το γεγονός, ότι η χαρτογραφική γνώση είναι πολύ δύσκολο να εκφραστεί με κανόνες. Υπάρχει επίσης, ένας αριθμός χαρτογραφικών προβλημάτων (π.χ. η χαρτογραφική γενίκευση) τα οποία δεν διέπονται από αντικειμενικούς κανόνες. Η μετάδοση της γνώσης στη χαρτογραφία συνήθως πραγματοποιείται με παράθεση παραδειγμάτων και συνοπτικές οδηγίες.

4.2. Έμπειρα συστήματα για την εξαγωγή οντοτήτων και ιδιοτήτων

Η αυτόματη αναγνώριση οντοτήτων και ιδιοτήτων από γεωγραφικά δεδομένα είναι βασική λειτουργία των ΣΓΠ. Για παράδειγμα, έχοντας ένα αρχείο σημείων που περιγράφουν το ανάγλυφο μιας περιοχής, το ΣΓΠ μπορεί να εφαρμοστεί για τον προσδιορισμό οντοτήτων της επιφάνειας, οι οποίες έχουν σημασία για την επίλυση ενός προβλήματος. Το ίδιο σύνολο δεδομένων μπορεί να εφαρμοστεί για την εξαγωγή διάφορων οντοτήτων. Όμως για κάθε περίπτωση υπάρχει η ανάγκη ενός εμπειρογνώμονα.

Ο *Palmer (1984)* περιέγραψε την εξαγωγή επιφανειακών οντοτήτων με χρήση λογικού προγραμματισμού. Με εφαρμογή δικτύου τριγώνων, περιέγραψε πως κοιλάδες, ρέμματα και κορυφογραμμές θα μπορούσαν αυτόματα να αναγνωριστούν.

Το *Forestry Expert System (FES)* πραγματοποιεί ανάλυση εικόνων Landsat, διαφορετικών χρονικών περιόδων, για την κατηγοριοποίηση της δασοκάλυψης και τον εντοπισμό αλλαγών. Το σύστημα χρησιμοποιεί χρονική βάση δεδομένων εικόνων Landsat και συνάγει τη φύση των αλλαγών στη δασοκάλυψη, όπως επίσης ορίζει και ένα μέτρο αξιοπιστίας των συμπερασμάτων του.

4.3. Έμπειρα συστήματα για τη διαχείριση χωρικών βάσεων δεδομένων

Τα έμπειρα συστήματα και οι βάσεις δεδομένων έχουν ένα κοινό γνώρισμα: την επεξεργασία στοιχειωδών δεδομένων και γενικών κανόνων, προκειμένου να πετύχουν τους στόχους τους. Τα έμπειρα συστήματα και τα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων κατασκευάστηκαν για την εξυπηρέτηση διαφορετικών σκοπών, με αποτέλεσμα το καθένα να έχει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι του άλλου. Τα έμπειρα συστήματα διαθέτουν ισχυρούς μηχανισμούς επεξεργασίας λογικών προτάσεων και μειονεκτούν στην προσπέλαση στοιχειωδών γεγονότων. Ενώ αντίθετα τα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων διαθέτουν ισχυρούς μηχανισμούς προσπέλασης και δεν διαθέτουν, γενικά, μηχανισμούς επεξεργασίας λογικών προτάσεων. Το γεγονός ότι τα μειονεκτήματα των έμπειρων συστημάτων και των συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων αλληλοαναιρούνται, οδήγησε στην ιδέα της ενοποίησης των δύο συστημάτων σε ένα.

Η εισαγωγή των έμπειρων συστημάτων στα ΣΓΠ απέφερε στην ανάπτυξη αποδοτικότερων λειτουργιών διαχείρισης και ανάκτησης δεδομένων. Για παράδειγμα το *σύστημα KBGIS II*, το οποίο αναπτύχθηκε από τους Smith και Peuquet (1987), έχει βελτιωμένες λειτουργίες αναζήτησης σε χωρικές βάσεις δεδομένων μεγάλης κλίμακας, οι οποίες είναι οργανωμένες σε πολλαπλά επίπεδα. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή βάσης γνώσεων χωρικών στοιχείων και την απεικόνιση των δεδομένων σε μορφή τετραδικών δένδρων (quad-tree), η οποία είναι αποδοτική μέθοδος οργάνωσης δεδομένων. Με των εφαρμογή των μεθόδων αυτών στρατηγικής αναζήτησης, οι υπολογισμοί μειώνονται στο ελάχιστο. Το σύστημα περιλαμβάνει επίσης ένα υποσύστημα εκμάθησης το οποίο αναπτύσσει μετα-κανόνες, ή διαφορετικά γνώση που αφορά τη γνώση. Το υποσύστημα αυτό έχει επίσης τη δυνατότητα να προσδιορίζει νέες χωρικές σχέσεις με εισαγωγή παραδειγμάτων.

4.4. Έμπειρα συστήματα για τη λήψη αποφάσεων σε γεωγραφικές εφαρμογές

Οι τεχνικές έμπειρων συστημάτων έχουν ενσωματωθεί σε μεγάλο αριθμό σύγχρονων ΣΓΠ με σκοπό την υποστήριξη λήψης αποφάσεων σε χωρικά προβλήματα. Ειδικότερα οι τεχνικές αυτές είναι προσανατολισμένες στην επίλυση προβλημάτων χωροθετήσεων και σχεδιασμού. Για την ανάπτυξη έμπειρων συστημάτων που να υποστηρίζουν τη λήψη αποφάσεων στο γεωγραφικό χώρο, πρέπει να προηγηθεί η διατύπωση της θεωρίας και της πρακτικής, που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό. Το έμπειρο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών, που έχει εμπλουτιστεί με γνώση εμπειρογνωμόνων, μπορεί να συνάγει συνεπείς και ανεπηρέαστες αποφάσεις.

Το *GEODEX* είναι έμπειρο σύστημα σχεδιασμένο, για να υποστήριζει ειδικούς στην αξιολόγηση της καταλληλότητας περιοχών για χρήσεις γης. Οι κανόνες που εφαρμόζει έχουν αντληθεί από εμπειρογνώμονες στο σχεδιασμό χρήσεων γης. Το GEODEX εκτελεί συλλογισμούς με χρήση αλυσίδων προς τα εμπρός και εφαρμόζει χωρικούς περιορισμούς που εξάγει από τη βάση γνώσεων. Σε περιπτώσεις όπου οι περιορισμοί είναι αυστηροί με αποτέλεσμα καμία περιοχή να μην τους πληρεί, το πρόγραμμα προσφέρει τη δυνατότητα αναθεώρησης των περιορισμών.

Το *AVL 2000* είναι σύστημα εντοπισμού θέσης και αυτόματης οδήγησης οχήματος (Karimi et al., 1987). Χρησιμοποιεί επεξεργαστή 68000, οθόνη υψηλής ανάλυσης και δεδομένα GPS πραγματικού χρόνου. Η βάση δεδομένων του συστήματος περιλαμβάνει το οδικό δίκτυο. Το AVL 2000 υπολογίζει τη βέλτιστη διαδρομή και απεικονίζει πάνω στο ψηφιακό χάρτη τη θέση του οχήματος. Στο δυναμικό χάρτη εμφανίζονται οδηγίες σε μορφή κειμένου.

Το *URBSYS* (Tanic, 1986) είναι σύστημα σχεδιασμένο για πολεοδομικό σχεδιασμό και ανάλυση. Τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται από τους πολεοδόμους περιγράφονται σαν σύνθετο σύστημα από στοιχεία που πρέπει να αναλύονται σύμφωνα με τους αντικειμενικούς στόχους του σχεδιασμού. Το URBSYS χρησιμοποιεί βάση γνώσεων εμπλουτισμένη με στατιστικούς δείκτες και μετρήσεις, που εφαρμόζονται στη διαδικασία πολεοδομικού σχεδιασμού.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί η δυναμική που δημιουργείται από την ενσωμάτωση τεχνικών που βασίζονται στη θεωρία *της ασαφούς λογικής (fuzzy logic)* στα συστημάτων που υποστηρίζουν τη λήψη αποφάσεων. Η θεωρία της ασαφούς λογικής αναπτύχθηκε, για να εκφράσει κατ' εξοχήν ασαφείς ποσοτικές έννοιες με μαθηματικά μοντέλα. Επειδή οι εφαρμογές των ΣΓΠ συχνά εμπεριέχουν μη ακριβείς έννοιες, η θεωρία της ασαφούς λογικής βελτιώνει σημαντικά τη μοντελοποίηση των ποσοτικών δεδομένων.

5. Συμπεράσματα

Τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών αντιμετωπίζουν σήμερα έναν αριθμό προβλημάτων, των οποίων λύση μπορεί να δοθεί μέσα από την εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης. Η ενσωμάτωση τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης στα ΣΓΠ, πέρα από την επίλυση κάποιων συγκεκριμένων προβλημάτων, μπορεί να δημιουργήσει τη δυναμική ανάπτυξης των ΣΓΠ επόμενης γενιάς.

Βιβλιογραφία

Egenhofer, M.J., Frank, A.U. (1990). Lobster: Combining AI and Database Techniques for G.I.S., *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 56, No. 6, pp. 919-926.

Fischer, M.M. (1994). Expert Systems and Artificial Neural Networks for Spatial Analysis and Modelling, *Geographical Systems*, Vol. 1, pp. 221-235.

Forrest, D. (1993). Expert Systems and Cartographic Design, *The Cartographic Journal*, Vol. 30, No. 2, pp. 143-147.
Freeman, H., Ahn, J., 1984. AUTONAP-An Expert System for Automatic Map Name Placement, *Proceedings 1st International Symposium on Spatial Data Handling*, pp. 554-571.
Hayes-Roth, F., Jacobstein, N. (1994). The State of Knowledge-Based Systems, *Communications of the ACM*, Vol. 37, No. 3, pp. 27-39.
Karimi, H.A., Krakiwsky, E.J., Harris, C., Craig, G., Goss, R. (1987). A Relational Database Model for an AVL System and an Expert System for Optimal Route Selection, *Proceedings Autocarto 8*, pp. 584-593.
Laurini, R., Thompson, D. (1992). *Fundamentals of Spatial Information Systems*, Academic Press, pp. 639-670.
Müller, J.C., Johnson, R.D., Vanzella, L.R. (1986). A Knowledge-Based Approach for Developing Cartographic Expertise, Proceedings 2nd *International Symposium on Spatial Data Handling*, pp. 557-571.
Nickerson, B.G., Freeman, H. (1986). Development of a Rule-Based System for Automatic Map Generalisation, *Proceedings 2nd International Symposium on Spatial Data Handling*, pp. 537-556.
Palmer, B. (1984). Symbolic Feature Analysis and Expert Systems, *Proceedings 1st International Symposium on Spatial Data Handling*, pp. 465-478.
Rich, E., Knight, K. (1991). *Artificial Intelligence*, McGraw-Hill Edition, pp. 547-557.
Robinson, V.B., Frank, A.U. (1987). Expert Systems for Geographic Information Systems, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 53, No. 10, pp. 1435-1441.
Σελλής, T. (1992). Έμπειρα Συστήματα Βάσεων Δεδομένων, Έκδοση της Ε.Π.Υ., *Ειδικά Θέματα Βάσεων Δεδομένων*, σελ. 105-123.
Smith, T., Peuquet, D., Menon, S., Agarwal, P. (1987). KBGIS II: A Knowledge-Based Geographical Information System, *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 1, No. 2, pp. 149-172.
Smith, T.R., Jiang, Y.E. (1991). Knowledge-Based Approaches in G.I.S., in Maguire, D.J., Goodchild, M.F. and Rhind, D.W. (eds.) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, London: Longmans, pp. 413-425.
Srinivasan, A., Richards, J.A. (1993). Analysis of G.I.S. Spatial Data Using Knowledge-Based Methods, *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 7, No. 6, pp. 479-500.
Tanic, E. (1986). Urban Planning and Artificial Intelligence: The URBSYS System, Computers, *Environment and Urban Systems*, Vol. 10, No. 3/4, pp. 135-146.

Βασικές αρχές ανάλυσης στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Χ. Χαλκιάς
Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 15784 Αθήνα.

Περίληψη

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) παρέχουν δυνατότητες ανάλυσης πολλών χωρικών και μη πληροφοριών σε πολλαπλά θεματικά επίπεδα με την εφαρμογή αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Αφού γίνει μια συνοπτική αναφορά στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και της έννοιας της Τοπολογίας, αναπτύσσονται οι λογικές λειτουργίες σύζευξη, διάζευξη, άρνηση καθώς και οι συνδυασμοί τους, που χρησιμοποιούνται κατά τις αναλυτικές διαδικασίες μέσω των ΓΣΠ.

Τέλος γίνεται μια παρουσίαση εφαρμογών των παραπάνω, με πραγματικά δεδομένα από θεματικά επίπεδα του νομού Λακωνίας, μέσα από παραδείγματα γεωεπιστημονικού προσανατολισμού.

Abstract

This paper describes the analytical capabilities of Geographical Information Systems in spatial data and attributes.

First a few general issues (definitions, types of data, topology, etc) are described, and then the principles of logic (logical operations AND, OR, NOT, XOR) that can be applied by G I S are approached.

Finally, examples of these concepts are presented from data of Lakonia region, southern Greece.

Τι είναι και απο τι αποτελείται ένα ΓΣΠ

Η εποχή μας έχει χαρακτηριστεί -και δίκαια- ως εποχή της πληροφορίας. Ιδιαίτερα την τελευταία 20ετία -με την ανάπτυξη των Η/Υ- οι πληροφορίες άρχισαν να οργανώνονται σε μεγάλες πληροφοριακές βάσεις. Για μεγάλο πλήθος ανθρώπινων δραστηριοτήτων και ιδιαίτερα στο σχεδιασμό τα πληροφοριακά αυτά δεδομένα συνδέονται άμεσα με χωρικές πληροφορίες. Επομένως η δημιουργία μιας πληροφορικής βάσης για τον σχεδιασμό, πρέπει αναγκαστικά να περιλαμβάνει όχι μόνο το είδος (περιγραφική πληροφορία), αλλά και τη γεωγραφική θέση της πληροφορίας (χωρική πληροφορία).

Αυτή η διαπίστωση οδήγησε τα τελευταία χρόνια, σε μια έντονη προσπάθεια ανάπτυξης αυτοματοποιημένων τρόπων για την αποτελεσματικότερη αποθήκευση, ανάλυση και παρουσίαση γεωγραφικών στοιχείων, που να ικανοποιούν την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για πληροφορίες χωρικής φύσης. Τις ανάγκες αυτές καλύπτουν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

Θα μπορούσαμε γενικά να πούμε ότι τΑ ΓΣΠ επιτυγχάνουν με τη βοήθεια των υπολογιστών την ανάπτυξη και το χειρισμό μιας βάσης δεδομένων στην οποία τα τελευταία είναι γεωγραφικά ή κατά χώρο προσανατολισμένα. Σύμφωνα με μια πιο γενική θεώρηση τα ΓΣΠ είναι *συστήματα εξομοίωσης του πραγματικού χώρου.*

Στην ουσία ένα ΓΣΠ αποτελείται από μια σειρά πληροφοριακών επιπέδων τα οποία αφορούν την ίδια γεωγραφική περιοχή. Το καθένα από αυτά τα επίπεδα –που καλούνται θεματικά επίπεδα– περιλαμβάνει είτε μη επεξεργάσιμα δεδομένα (π.χ. τοπογραφία, δορυφορικά κ.τλ.) είτε θεματικές πληροφορίες (π.χ. είδος βλάστησης, τύπος εδαφών, κλίση και έκθεση του αναγλύφου, αποτελέσματα ταξινόμησης δορυφορικών δεδομένων κ.τλ.). Όλα όμως τα παραπάνω είναι προσανατολισμένα σ' ένα κοινό γεωγραφικό σύστημα, ώστε να καθίσταται δυνατός ο συνδιασμός ορισμένων από αυτά ανάλογα με τις επιθυμίες του χρήστη. Σημειώνεται στην εργασία αυτή οι αναφορές γίνονται για διανυσματικό δυσδιάστατο ΓΣΠ. Θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι όλα τα δεδομένα καθώς και οι πληροφορίες είναι σε ψηφιακή μορφή και η επεξεργασία τους γίνεται με ειδικά προγράμματα, έτσι ώστε να εκμεταλλευόμαστε τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα που παρέχει η πληροφορική. Τα πλεονεκτήματα αυτά αφορούν κυρίως την ταχύτητα επεξεργασίας, τη δυνατότητα εκτέλεσης πολύπλοκων λειτουργιών, την ευκολία ανάκτησης και αναθεώρησης των δεδομένων, το μέγεθος των αποθηκευτικών δυνατοτήτων κ.λπ.

Ένας άλλος ορισμός που θα μπορούσαμε να δώσουμε για ένα ΓΣΠ είναι ότι αποτελεί μια ειδική περίπτωση πληροφοριακού συστήματος, όπου η πληροφοριακή βάση αποτελείται από παρατηρήσεις για χωρικά κατανεμημένα χαρακτηριστικά, δραστηριότητες ή γεγονότα που καθορίζονται στο χώρο σαν σημεία, γραμμές ή επιφάνειες. Έτσι ένα ΓΣΠ επεξεργάζεται στοιχεία γι' αυτά τα σημεία, γραμμές ή επιφάνειες, δημιουργώντας τις αναγκαίες πληροφορίες για την απάντηση χωρικών ερωτημάτων και αναλύσεων.

Γενικά για την ύπαρξη ενός ΓΣΠ είναι απαραίτητα τα παρακάτω στοιχεία:

- Το κατάλληλο υπολογιστικό σύστημα (Hardware) και τα περιφερειακά του.
- Το σύνολο προγραμμάτων, λογισμικό (Software) που θα καταστήσει ικανό το υπολογιστικό σύστημα (Hardware) να επεξεργαστεί το σύνολο δεδομένων
- Τα δεδομένα (data) που θα εισαχθούν στο ΓΣΠ.

Από τη στιγμή που είναι διαθέσιμα τα παραπάνω, ο επιστήμονας διαθέτει ένα πολύ ισχυρό εργαλείο περιγραφής και ανάλυσης του χώρου. Κάθε εφαρμογή με τη χρήση των ΓΣΠ ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

Σχεδιασμός μεθοδολογιών και καθορισμός στόχων. Σε αυτό το στάδιο καθορίζονται τα δεδομένα, οι προδιαγραφές τους, οι στόχοι της εφαρμογής, καθώς και η μεθοδολογία προσέγγισης των στόχων αυτών.

Εισαγωγή δεδομένων (input). Περιλαμβάνει διαδικασίες όπως τη ψηφιοποίηση και τη σάρωση χαρτών την εισαγωγή περιγραφικής πληροφορίας κ.λπ.

Επεξεργασία δεδομένων (processing). Περιλαμβάνει τις διαδικασίες τροποποίησης της εισαχθείσας πληροφορίας, τις αναλυτικές διαδικασίες κ.λπ.

Εξαγωγή αποτελεσμάτων (output). Είναι το τελευταίο στάδιο κατά το οποίο έχουμε την παραγωγή των τελικών προιόντων (χαρτών, πινάκων γραφημάτων ή αναφορών, ψηφιακών προιόντων κ.λπ.).

Είδη δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε, ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) εναποθηκεύει και αναλύει και χαρτογραφικά–χωρικά (spatial) και περιγραφικά (attributes) δεδομένα. Τα χωρικά δεδομένα χαρακτηρίζονται αποκλειστικά από τη θέση τους στο χώρο σε σχέση με κάποιο σύστημα συντεταγμένων, ενώ τα περιγραφικά δεδομένα περιγράφουν τα χαρακτηριστικά ή τις ιδιότητες αυτής χωρικής θέσης. Για παράδειγμα ένα ρήγμα που παριστάνεται σ' ένα χάρτη σα γραμμή είναι ένα χωρικό δεδομένο, ενώ ο χαρακτηρισμός τους ως «ενεργό» ή ως «μη ενεργό» είναι περιγραφική πληροφορία.

Τα *χωρικά δεδομένα (spatial data)* διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: τα σημειακά, τα γραμμικά, και τα επιφανειακά.

Σημειακά δεδομένα: Αυτά αφορούν οντότητες οι οποίες παριστώνται σαν σημεία. Η αναπαράσταση αυτή είναι συνάρτηση της κλίμακας παρατήρησης. Για παράδειγμα ένας οικισμός σ' ένα χάρτη μπορεί να σημειωθεί ως σημείο ή ως πολύγωνο ανάλογα με την κλίμακα. Τα σημειακά δεδομένα ορίζονται με ζευγάρια συντεταγμένων χ, ψ. Άλλα παραδείγματα σημειακών δεδομένων είναι οι θέσεις δειγματοληψίας, τα ακραία σημεία ενός γραμμικού στοιχείου κ.λπ.

Γραμμικά δεδομένα: Τα δεδομένα αυτά αφορούν γραμμικές οντότητες όπως δρόμους, χειμάρρους και ποταμούς, ρήγματα, διοικητικά όρια κ.λπ. Τα γραμμικά δεδομένα αποτελούνται από μία απλή σειρά σημειακών δεδομένων τα οποία έχουν διαφορετική αρχή και τέλος. Τα γραμμικά δεδομένα έχουν καταγεγραμμένη σαν εσωτερική πληροφορία το μήκος τους.

Πολυγωνικά δεδομένα: Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά καταλαμβάνουν μια περιοχή η οποία περικλείεται και ορίζεται από γραμμικά δεδομένα. Σ' ένα πολυγωνικό θεματικό επίπεδο το κάθε πολύγωνο θεωρείται σαν ανεξάρτητη οντότητα. Έχει ιδιαίτερη σημασία να κατανοηθεί ότι αν ένα πολυγωνικό θεματικό επίπεδο θεωρηθεί σαν ένα σύνολο, τα στοιχεία αυτού του συνόλου είναι οι οντότητες «πολύγωνα». Τα επιφανειακά δεδομένα έχουν περίμετρο και έκταση. Η περίμετρος είναι το άθροισμα των μηκών των γραμμικών στοιχείων που περιγράφουν ένα πολυγωνικό, ενώ έκταση του πολυγώνου είναι το εμβαδό της κλειστής πολυγωνικής επιφάνειας που περιγράφουν οι γραμμικές αυτές οντότητες. Μια επιφάνεια μπορεί να αποδοθεί ακόμα και ως σημείο σε μικρής κλίμακας χάρτες.

Τα μη χωρικά ή περιγραφικά δεδομένα (attributes) μπορεί να είναι ποιοτικά ή ποσοτικά. Είναι οι ιδιότητες των χωρικών δεδομένων οι οποίες πρέπει να διαχειριστούν σ' ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, αλλά δεν είναι χωρικές οι ίδιες κατά το είδος τους. Η εισαγωγή όλων αυτών των δεδομένων επιτυγχάνεται με τη βοήθεια αριθμών, λέξεων, κωδικών συμβόλων, χρωμάτων κ.λπ. Για παράδειγμα μια πολυγωνική οντότητα η οποία παριστά την εμφάνιση ενός γεωλογικού σχηματισμού διακρίνεται στο τμήμα της χωρικής πληροφορίας ενός ΓΣΠ με τη χρήση χρώματος, διαγράμμισης ή συμβόλου. Όταν ο χρήστης επιθυμεί να καταγράψει δεδομένα σχετικά με το πάχος του σχηματισμού, την ηλικία του, την εσωτερική του δομή, τη σύστασή του κ.λπ., είναι προφανές ότι πρέπει να συσχετίσει όλη αυτή την περιγραφική πληροφορία με τη συγκεκριμένη χωρική οντότητα. Ο συσχετισμός αυτός γίνεται με τη βοήθεια κωδικών. Έτσι δομείται βάση δεδομένων όπου για κάθε μια χωρική οντότητα έχουμε πλήθος περιγραφών. Σημειώνεται ότι οι περιγραφές αυτές μπορεί να είναι απλοί κωδικοί σύμβολα κ.λπ., αλλά ακόμα και λίστες ή αναφορές.

Τοπολογία

Είναι γνωστό πως ένας συμβατικός αναλογικός χάρτης είναι μια δυσδιάστατη απεικόνιση πολλών πληροφοριών για κάποιο συγκεκριμένο χώρο αναφοράς.

Ένας απλός «ηλεκτρονικός» χάρτης εκτός από τα παραπάνω μπορεί να παρέχει κάποιες επιπλέον δυνατότητες (όπως γραφικών απεικονίσεων, πολλαπλών αντιγράφων κ.λπ.).

Σε αυτό το επίπεδο οι χάρτες αποτελούν μια προσομοίωση του πραγματικού χώρου αλλά σε πολύ απλή μορφή, που περιορίζεται στη χαρτογραφική απόδοση μέσα από κάποιες συμβάσεις. Για να γίνει πιο πιστή η προσομοίωση των πραγματικών συνθηκών, είναι αναγκαία η δόμηση της *τοπολογίας* με την οποία επιτυγχάνεται μια αποκατάσταση χωρικών σχέσεων ανάμεσα στα γεωμετρικά στοιχεία του κάθε θεματικού επιπέδου, αλλά και στις περιγραφικές τους ιδιότητες. Έτσι μετά τη δόμηση της τοπολογίας ο χάρτης παύει να είναι ένα άναρχο σύνολο γραμμών και επιφανειών, αλλά αποτελείται από διακριτές και συσχετισμένες δομικές οντότητες (πολύγωνα, γραμμές) οι οποίες περιέχουν σαφώς καθορισμένες χωρικές και περιγραφικές ιδιότητες.

Η Τοπολογία είναι το μέρος εκείνο της Γεωμετρίας, το οποίο ασχολείται με ιδιότητες των γεωμετρικών σχημάτων οι οποίες διατηρούνται αναλλοίωτες κατά τις τοπολογικές απεικονίσεις. Σαν σχήμα εννοούμε ένα σημειοσύνολο ή αλλιώς μια συνάθροιση, σαφώς διακριτών οντοτήτων (είται πραγματικών, είτε νοητικών). Η κατάστρωση της Τοπολογίας σ' ένα ψηφιακό χάρτη είναι μια μαθηματική διαδικασία η οποία σκοπό έχει τη λεπτομερή καταγραφή των χωρικών σχέσεων των δομικών του οντοτήτων.

Η Τοπολογία συνεισφέρει στη οργανωμένη και γρήγορη διαχείριση της πληροφορίας, αλλά το σπουδαιότερο είναι ότι επιτρέπει λειτουργίες ανάλυσης και μοντελοποίησης της γεωγραφικής πληροφορίας.

Γενικά λέγοντας ότι ένα θεματικό επίπεδο περιέχει. Τοπολογία θεωρούμε ότι ισχύουν οι παρακάτω θεμελιώδεις αρχές:

- Συνέχεια των τόξων. Επιτυγχάνεται με την ταξινόμηση των τόξων και των κόμβων τους σε σειρές ζευγών χ, ψ, με την αρίθμησή τους, καθώς και με την καταγραφή πληροφορίας κατεύθυνσης από – προς.
- Ύπαρξη πληροφορίας προσδιορισμού επιφανειών. Η επιφάνεια ορίζεται σα σειρά τόξων που περιγράφουν κοινό πολύγωνο.
- Ύπαρξη πληροφορίας γειτνίασης πολυγώνων. Καθορίζει το δεξί και το αριστερό πολύγωνο του κάθε τόξου.

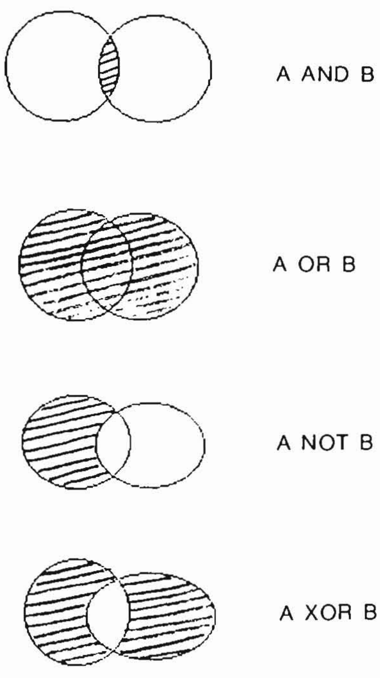
Γεωγραφική ανάλυση

Ο πραγματικός χώρος αποτελείται από πληθώρα πληροφοριών. Η τάση του ανθρώπου για ανάλυση του φυσικού του περιβάλλοντος καθώς και η αφαιρετική του ικανότητα τον οδήγησαν στο να επιμερίσει την πληροφορία αυτή. Ο βασικός τρόπος απεικόνισης του φυσικού χώρου είναι ο χάρτης. Σε κάθε χάρτη αναπαριστώνται ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά της περιοχής αναφοράς του. Εύλογο είναι ότι η αναπαράσταση αυτή περιέχει κάποιες παραδοχές και απλουστεύσεις.

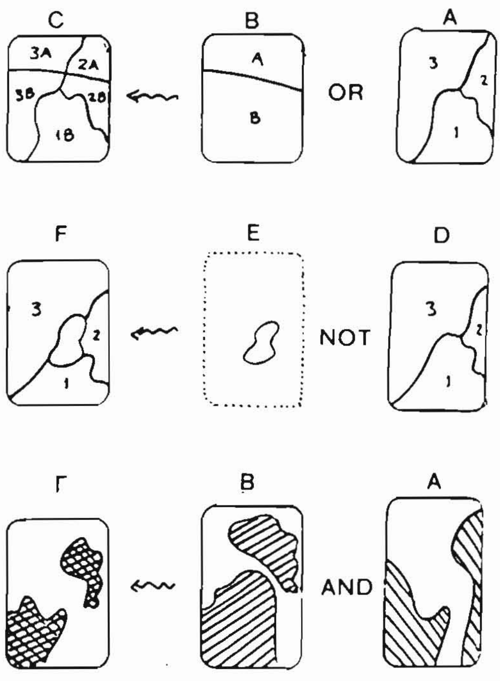
Με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών οι αναπαραστάσεις αυτές γίνονται πιο ρεαλιστικές λόγω της σύνδεσης χωρικής–περιγραφικής πληροφορίας, των δυνατοτήτων αναθεώρησης, των προσεγγίσεων δυναμικών φαινομένων κ.λπ. Τα ΓΣΠ επίσης υποστηρίζουν τις διαδικασίες γεωγραφικής ανάλυσης δηλ. την εφαρμογή και ανάπτυξη μοντέλων στο γεωγραφικόι χώρο. Η υποστήριξη αυτή καθίσταται δυνατή μέσω συγκεκριμένων λογικών λειτουργιών, η ορθολογική χρήση των οποίων παράγει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι αναλυτικές αυτές διαδικασίες ακολουθούν τις *λογικές πράξεις* «AND», «OR», «NOT», «XOR» και συνδυασμούς τους. Έτσι αν Α και Β είναι σύνολα οντοτήτων,

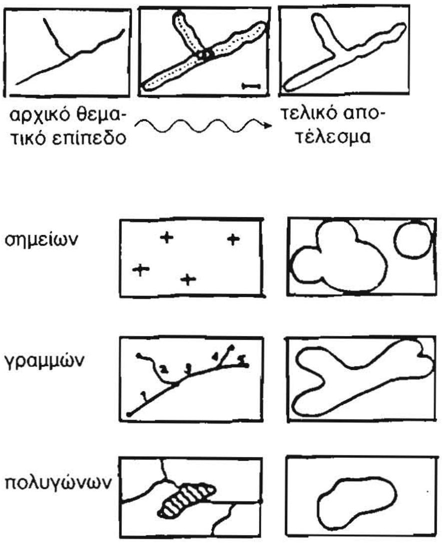
Βασικές σχέσεις Boolean άλγεβρας



Λογικές πράξεις μεταξύ χαρτών

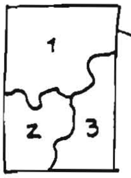


Δημιουργία ζωνών επιρροής



Ανάλυση με βάση περιγραφικά δεδομένα

Παράδειγμα:



Α/Α	ΚΩΔΙΚΟΣ Α	ΚΩΔΙΚΟΣ Β
1	0	D
2	0	D
3	0	F

ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΩΔΙΚΟΥ Α = "Ο" AND
ΚΩΔΙΚΟΥ Β = "F"

- το αποτέλεσμα της λογικής πράξης «Α AND Β» είναι το νέο σύνολο Γ το οποίο περιέχει τα κοινά στοιχεία των Α και Β.
- το αποτέλεσμα της λογικής πράξης «Α OR Β» είναι το νέο σύνολο Δ το οποίο περιέχει όλα τα στοιχεία των Α και Β.
- το αποτέλεσμα της λογικής πράξης «Α NOT Β» είναι το νέο σύνολο Ε το οποίο περιέχει όλα τα στοιχεία του συνόλου Α εκτός από εκείνα που περιέχονται και στο Β.
- το αποτέλεσμα της λογικής πράξης «Α XOR Β» είναι το νέο σύνολο Ζ το οποίο περιέχει όλα τα στοιχεία των Α και Β εκτός από τα κοινά τους.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών λειτουργούν καλύτερα σε δεδομένα διακριτών κατηγοριών. Έτσι βασική εργασία του χρήστη είναι να καθορίσει πώς τα πρωτογενή δεδομένα μπορούν να υποστούν μια βέλτιση κατηγοριοποίηση όταν εισάγονται σε μια βάση δεδομένων.

Μέσα από λογικές πράξεις μεταξύ χαρτών παρέχεται η δυνατότητα στον αναλυτή να συνδυάσει χωρικά τα θεματικά επίπεδα πληροφορίας. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή νέων θεματικών επιπέδων με νέες χωρικές σχέσεις και συνδυασμό περιγραφικής πληροφορίας. Οι συσχετισμοί αυτοί βασίζονται σε λογικά και υπολογιστικά κριτήρια.

Παρέχονται οι δυνατότητες για τοπολογικές επιθέσεις θεματικών επιπέδων, καθώς και γιατ η δημιουργία ζωνών επιρροής.

Με τις τοπολογικές επιθέσεις θεματικών επιπέδων παράγονται νέα δεδομένα από το συνδυασμό των επιτιθέμενων. Το εξαγόμενο αποτέλεσμα είναι ένας νέος χάρτης με νέα χωρικά χαρακτηριστικά και τοπολογία. Οι τοπολογικές αυτές επιθέσεις μπορεί να είναι επίθεση πολυγώνων σε πολύγωνα, επίθεση γραμμών σε πολύγωνα ή και επίθεση σημείων σε πολύγωνα.

Η δημιουργία ζώνης επιρροής είναι μια γεωγραφική πράξη με την οποία καθορίζεται η περιοχή που περιβάλλει κάποια γεωγραφική οντότητα. Η οντότητα αυτή μπορεί να είναι πολυγωνική, γραμμική ή και σημειακή.

Ένας άλλος τρόπος γεωγραφικής ανάλυσης, είναι μέσω κριτηρίων που έχουν να κάνουν με την περιγραφική πληροφορία των γεωγραφικών μονάδων του χάρτη. Έτσι είναι δυνατή η επιλογή από ένα θεματικό επίπεδο πληροφοριών που πληρούν κάποια συγκεκριμένα κριτήρια και η δημιουργία νέων θεματικών επιπέδων.

Οι εφαρμογές Γεωγραφικής ανάλυσης μέσω Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφορίας ακολουθούν τα παρακάτω βήματα:

- Καθορισμός στόχων και κριτηρίων της ανάλυσης. Αυτός γίνεται με τη συνεργασία επιστημόνων με ειδικές γνώσεις με ειδικούς στην Τεχνολογία των ΓΣΠ.
- Προετοιμασία δεδομένων για χωρικές λειτουργίες. Προϋποθέτει την ύπαρξη κάποιων προτύπων που πρέπει να ισχύουν για τα δεδομένα εισαγωγής.
- Εκτέλεση χωρικών λειτουργιών.
- Προετοιμασία των δεδομένων για ανάλυση περιγραφικής πληροφορίας.
- Εκτέλεση αυτών των αναλύσεων.
- Εκτίμηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.
- Τροποποίηση (αν κριθεί σκόπιμο) των διαδικασιών ανάλυσης.
- Παραγωγή των τελικών χαρτών και αναφορών των αποτελεσμάτων.

Παραδείγματα Εφαρμογών

Για τα παραδείγματα εφαρμογής μεθόδων Γεωγραφικής ανάλυσης που ακολουθούν χρησιμοποιήθηκαν θεματικά επίπεδα της ευρύτερης περιοχής Σπάρτης του Νομού Λακωνίας. Τα θεματικά αυτά επίπεδα προήλθαν από ψηφιοποίηση χαρτών κλίμακας 1: 50.000 (χάρτης χρήσεων γης, εδαφολογικός χάρτης, γεωλογικός χάρτης), στον εξοπλισμό του Εργαστηρίου Τηλεανίχνευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών. Έπίσης στον εξοπλισμό του Εργαστηρίου έγινε και η επεξεργασία των ψηφιακών δεδομένων με τη χρήση του λογισμικού PC ARC/INFO®.

Παράδειγμα 1ο: Ένωση θεματικών επιπέδων

Με την ένωση των πολυγωνικής τοπολογίας θεματικών επιπέδων διάβρωσης-κλίσης εδάφους λαμβάνουμε ένα πιο σύνθετο θεματικό επίπεδο στο οποίο τα πολύγωνα φέρουν περιγραφική πληροφορία και για τη διάβρωση και για την κλίση του εδάφους. Σε αυτό το πιο σύνθετο θεματικό επίπεδο μπορούμε κατόπιν να επιλέξουμε τις περιοχές π.χ. με έντονη διάβρωση και μεγάλες κλίσεις.

Παράδειγμα 2ο: Τομή θεματικών επιπέδων

Ο στόχος μας είναι να βρούμε τις περιοχές έντονης διάβρωσης που βρίσκονται κοντά στο κύριο οδικό δίκτυο της περιοχής. Για το σκοπό αυτό έγινε μια προεργασία στα θεματικά επίπεδα του οδικού δικτύου και της διάβρωσης. Πιο συγκεκριμένα από το θεματικό επίπεδο του οδικού δικτύου, αρχικά επιλέχθηκαν με βάση τα περιγραφικά δεδομένα οι αφαλτοστρωμένοι δρόμοι. Έτσι δημιουργήθηκε νέο θεματικό επίπεδο το οποίο περιέχει μόνο τους κύριους δρόμους. Στο νέο αυτό θεματικό επίπεδο δημιοργήθηκε μια ζώνη επιρροής ακτίνας 250 μέτρων εκατέρωθεν των δρόμων. Έτσι δημιουργείται το θεματικό επίπεδο στο οποίο έχουμε τις περιοχές οι οποίες είναι γειτονικές (απόσταση 250 μ) από το κύριο οδικό δίκτυο.

Από το θεματικό επίπεδο διάβρωσης επιλέγουμε τις περιοχές με έντονη διάβρωση.

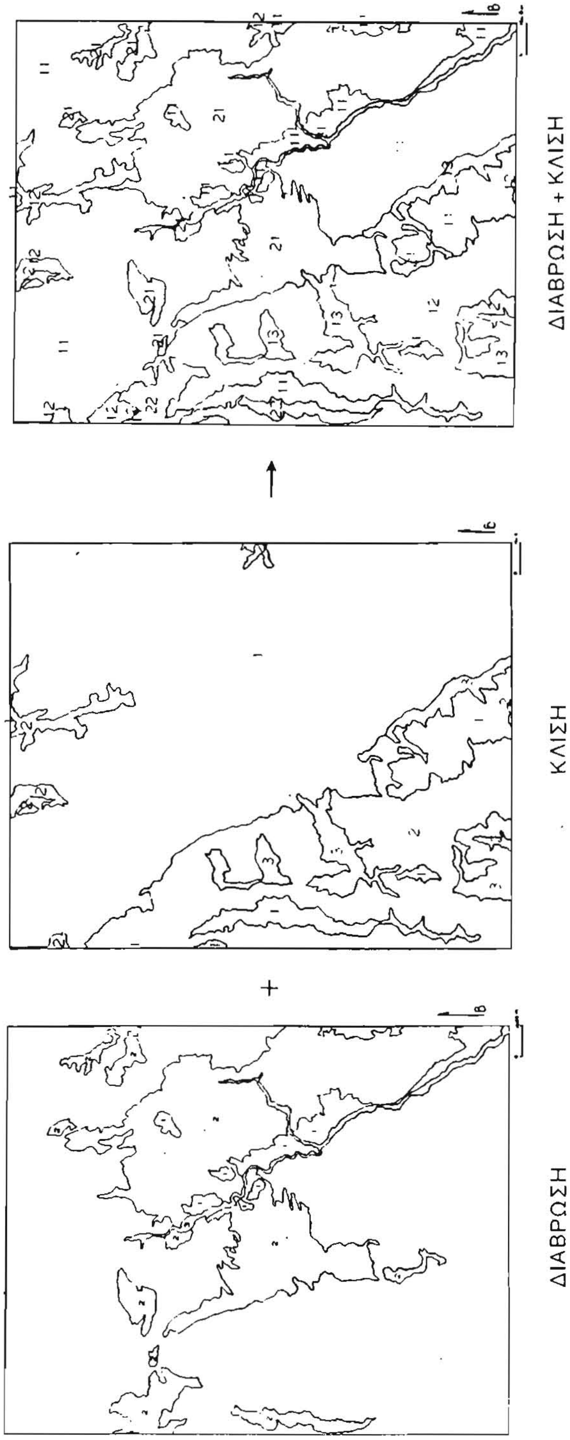
Η τομή των θεματικών επιπέδων έντονης διάβρωσης-περιοχών γειτονικών στο κύριο οδικό δίκτυο, δίνει ένα νέο θεματικό επίπεδο στο οποίο καταγράφονται όλες οι περιοχές έντονης διάβρωσης που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 250μ. από το κύριο οδικό δίκτυο.

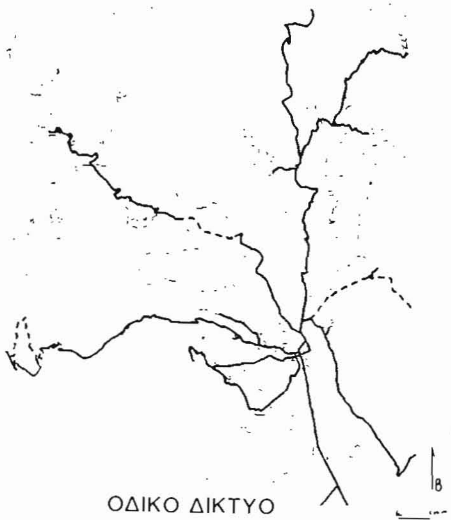
Παράδειγμα 3ο: Αφαίρεση από θεματικό επίπεδο οντοτήτων κοινών με άλλο θεματικό επίπεδο.

Στόχος είναι η παραγωγή ενός χάρτη ο οποίος να δείχνει τις οικολογικές ζώνες στα όρια του νομού Λακωνίας για την περιοχή ενδιαφέροντος.

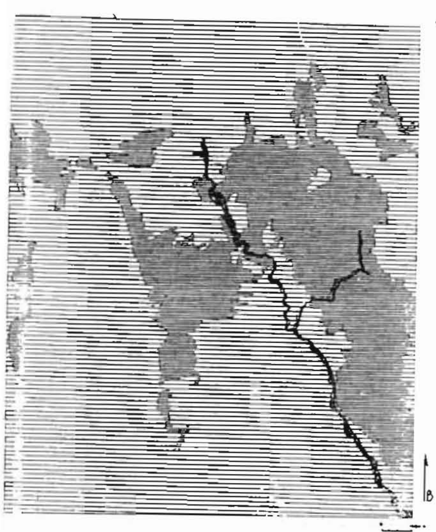
Από το συνδυασμό θεματικού επιπέδου οικολογικής περιοχής-θεματικού επιπέδου ορίων του Νομού, λαμβάνουμε νέο θεματικό επίπεδο το οποίο δείχνει τις οικολογικές ζώνες εντός του Νομού Λακωνίας.

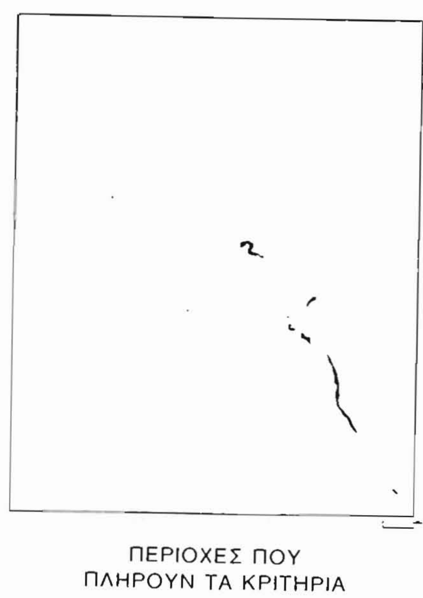
Παράδειγμα 1ο



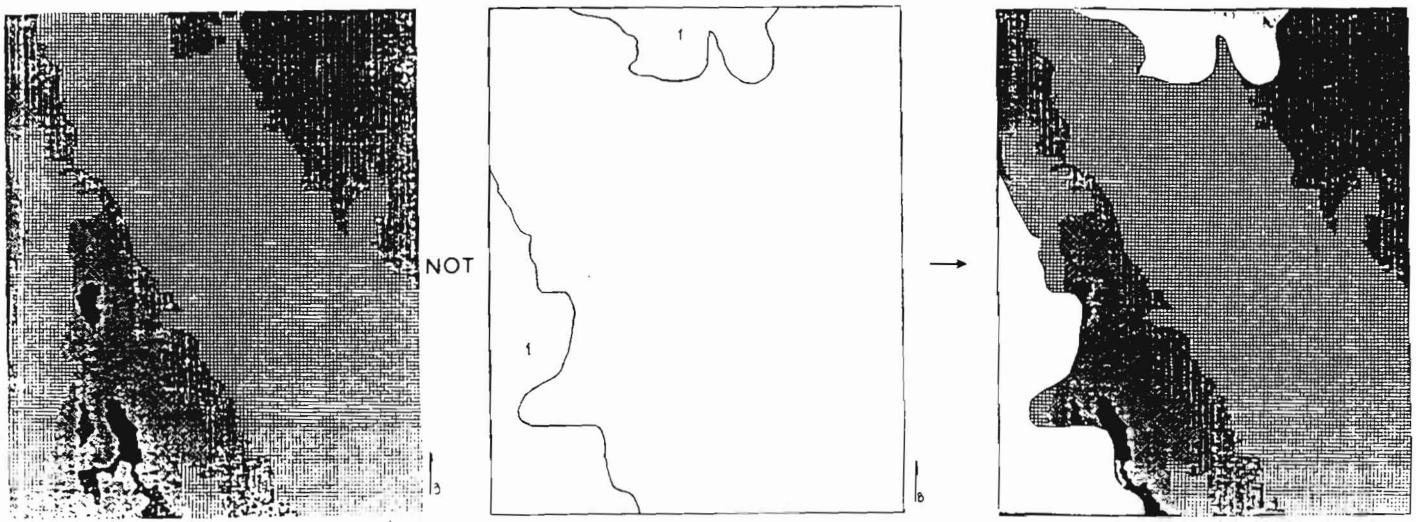


Παράδειγμα 2ο





Παράδειγμα 3ο

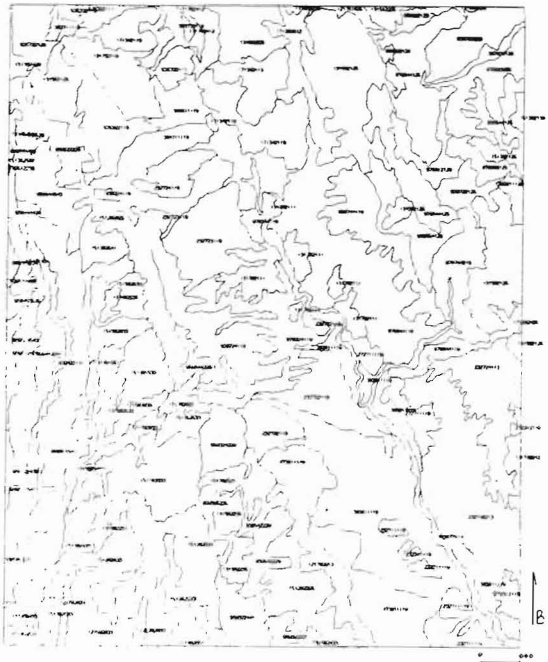


ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

ΟΡΙΑ ΝΟΜΩΝ

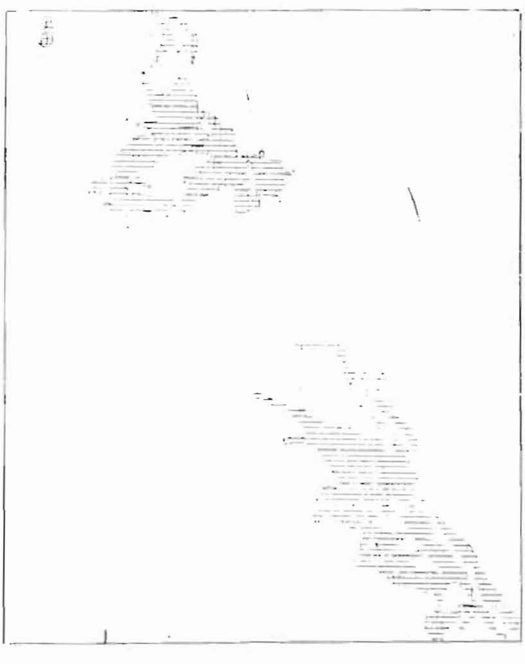
ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΕΝΤΟΣ ΛΑΚΩΝΙΑΣ

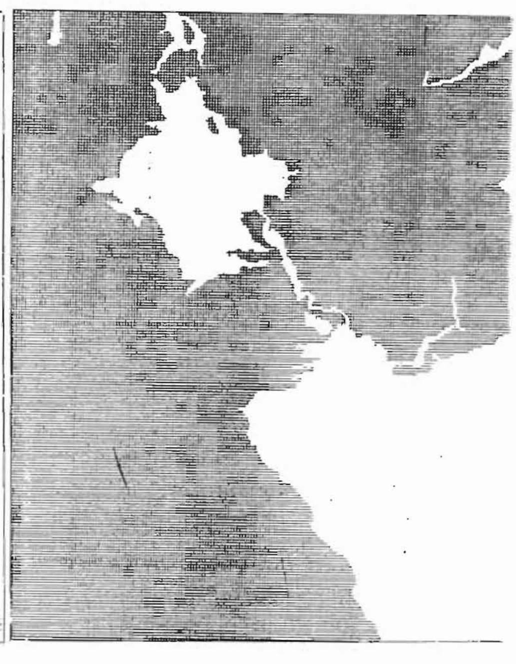
ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ



Παράδειγμα 5ο

Παράδειγμα 4ο





Παράδειγμα 4ο: Επιλογή με βάση περιγραφικά κριτήρια
Από το θεματικό επίπεδο μητρικού εδαφικού υλικού, επιλέγουμε τις περιοχές εδαφικού υλικού με μητρικό υλικό μεταλπικής προέλευσης.

Παράδειγμα 5ο: Επιλογή με βάση περιγραφικά κριτήρια
Από τον εδαφολογικό χάρτη επιλέγουμε τις περιοχές με μικρή κλίση και διάβρωση, με μεγάλο εδαφικό βάθος και με εδαφικό υλικό αλλουβιακής προέλευσης.

Συμπεράσματα

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών παρέχουν δυνατότητες εξομοίωσης και ανάλυσης του φυσικού περιβάλλοντος. Οι αναλυτικές τους δυνατότητες αξιοποιούνται μόνο όταν οι πληροφορίες που περιέχουν είναι διευθετημένες σε διακριτά θεματικά επίπεδα οντοτήτων με δομημένη τοπολογία και ορθολογικά σχεδιασμένη βάση πληροφοριών στην οποία αναφέρονται οι περιγραφικές πληροφορίες.

Οι διαδικασίες ανάλυσης, είτε αφορούν χωρικά, είτε αφορούν περιγραφικά δεδομένα, ακολουθούν τους βασικούς λογικούς κανόνες AND, OR, NOT, XOR ή και συνδυασμούς τους. Η γνώση και η χρήση αυτών των κανόνων είναι απαραίτητη στους χρήστες της τεχνολογίας των ΓΣΠ.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι αναλυτικές λειτουργίες των ΓΣΠ κρίνεται σκόπιμο να εφαρμόζονται από επιστήμονες με ειδικές γνώσεις που αφορούν την κάθε εφαρμογή, σε συνδυασμό με ειδικούς στην τεχνολογία των ΓΣΠ.

Επίσης θεωρείται απαραίτητος ο έλεγχος των αποτελεσμάτων της ανάλυσης με εργασίες πεδίου όπως και με τη βοήθεια της Τηλεανίχνευσης.

Βιβλιογραφία

Burrough, P.A. (1986). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.

ESRI, (1990). Understanding GIS, The ARC/INFO Method.

Goodchild, M.F., Parks B.O., Steyaert, L.T. (1993). Environmental modeling with GIS.

Maguire, D.J., Goodchild, M.F., and Rhind, D.W. (1991). Geographical information Systems principles and applications.

Monkhouse, F.J. and Wilkinson, H.R. (1978). Maps and Diagrams.
Parker, H.D. (1987). What is a geographic information system? GIS 87- San Francisco.
Εγκυκλοπαίδεια Μαθηματικών. (1971). Εκδόσεις Παγουλάτου.
Κουτσόπουλος, Κ. (1982). Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών στην Ελλάδα. ΕΜΠ.
Καρτέρης, Μ.Α. (1991). Τηλεπισκόπηση φυσικών πόρων και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (Πανεπιστημιακές παραδόσεις).
Μουτσούλας, Μ., Βαϊόπουλος, Δ. (1990). Σημειώσεις Μαθηματικής Γεωγραφίας. Πανεπιστήμιο Αθηνών.

ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Επίδραση ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής του Όρμου Αλμυρής

Α. Αλεξούλη - Λειβαδίτη

Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Τμήμα Μηχανικών Μεταλ. Μεταλουργών Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780, Αθήνα

Περίληψη

Η περιοχή Αλμυρής βρίσκεται στη δυτική ακτή του Σαρωνικού κόλπου, περί τα 10 km νότια του Ισθμού της Κορίνθου.

Στην εργασία αυτή μελετώνται τα υδρογραφικά συστήματα της περιοχής, οι ανθρωπογενείς επιδράσεις στο χώρο και οι επιπτώσεις τους στο φυσικό περιβάλλον. Οι παρατηρήσεις προέρχονται από τήν υπαίθριο εργασία, από τη μελέτη αεροφωτογραφιών διαφόρων χρονολογιών λήψης, τοπογραφικών χαρτών και του γεωλογικού χάρτη. Από το συνδιασμό, την επεξεργασία των στοιχείων εξήχθησαν και παρουσιάζονται συμπεράσματα σχετικά με τις επιπτώσεις από τίς ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον.

Abstract

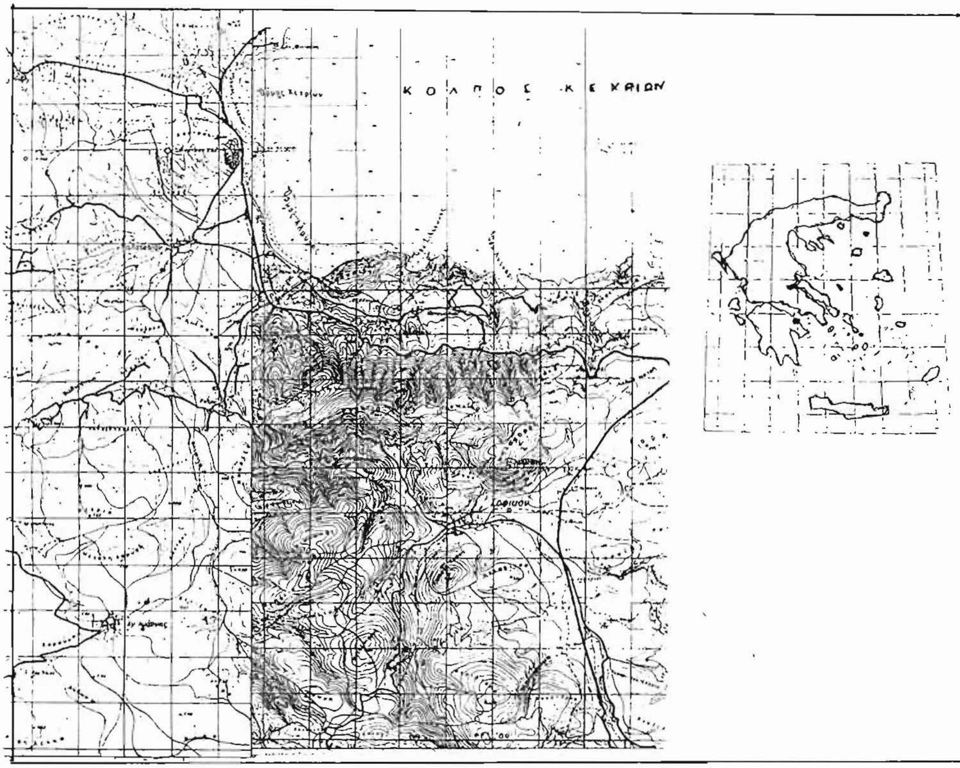
Almyri area lays on the western coast of Saronicos gulf, 10km south of t he Channel of Corinthos.

This paper deals with the drainage sytems of the area, human influences and their results on the physical environment. The data drawn from the field work, the study of the maps and the air photos of different years, were processed and the derived results concerning the changes of the environment are presented.

Σκοπός - Θέση

Η εργασία αυτή αφορά στη μελέτη των μορφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής, στην καταγραφή των ανθρώπινων παρεμβάσεων και των μεταβολών που έχουν επέλθει απ' αυτές.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται 10 km περίπου νότια του Ισθμού της Κορίνθου, στο βόρειο τμήμα του ορεινού όγκου της Τραπεζώνας (Σχ. 1) και νότια των Ονείων ορέων. Η ερευνηθείσα περιοχή έχει συνολική έκταση περίπου 84 km^2.



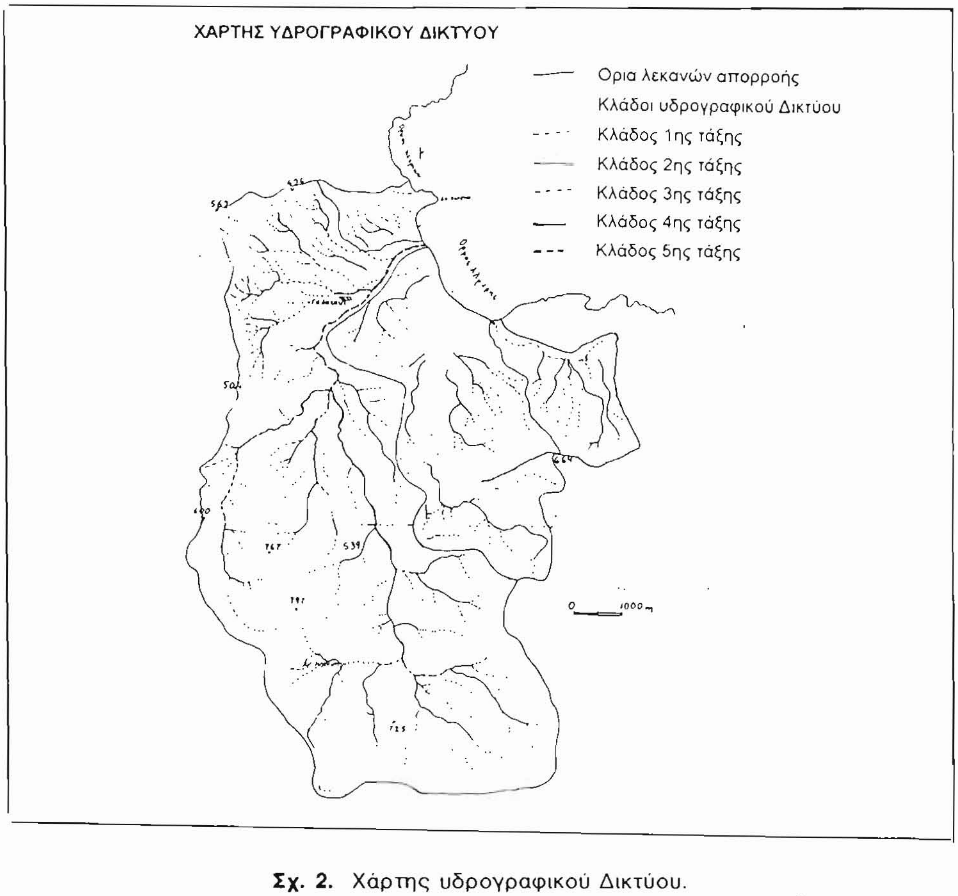
Σχ. 1. Χάρτης περιοχής όρμου Αλμυρής.

Γεωτεκτονικά η περιοχή εντάσσεται στην Πελαγονική ζώνη (γεωλογικοί χάρτες, φύλλα Σοφικό και Κόρινθος, ΙΓΜΕ, 1:50.000). Συναντιώνται ασβεστόλιθοι Μέσου-Ανωτ. Τριαδικού, έντονα καρστικοοποιημένοι καί πάνω σ' αυτούς έχουν αποτεθεί Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις. Οι Νεογενείς αποθέσεις περιλαμβάνουν τη μαργαϊκή σειρά και διακρίνουμε τις λεπτοστρωματώδεις έως λεπτοπλακώδεις λευκότεφρες ασβεστολιθικές μάργες με πολλές λεπτές αργιλικές παρεμβολές. Τους σχηματισμούς αυτούς διαδέχεται μια σειρά ιλυομιγών ή ψαμμιτικών μαργών, που μεταπίπτουν κατά θέσεις σέ ελαφρώς κυανότερες ασβετολιθικές μάργες. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις περιλαμβάνουν: Παλαιοδιλουβιακά ιζήματα χερσαίας προέλευσης (συνεκτικά ή ημιχαλαρά κροκαλοπαγή, ιλυόλιθους, κ.λπ.), Τυρρήνιες αποθέσεις και νεότερους τεταρτογενείς σχηματισμούς (κώνους κορημάτων κ.λπ.), πλευρικά κορήματα και ποταμοχειμαρώδεις αποθέσεις.

Μορφολογία

Ο όρμος Αλμυρής βρίσκεται στις ανατολικές ακτές της Κορινθίας επί του Σαρωνικού κόλπου. Στο βόρειο τμήμα βρίσκονται τα Όνεια όρη και στο νότιο οι βόρειες κλιτύες της Τραπεζώνας. Η ακτή κατά τον άξονα ΒΔ-ΝΑ είναι χαλικώδης και εκβάλλουν σ' αυτήν δύο ρεύματα, το ένα περίπου στο μέσον και το άλλο στο νότιο τμήμα. Οι νότιες ακτές του όρμου είναι ασβεστολιθικές και κλίνουν με κλίσεις πρίπου 30° προς τη θάλασσα. Το εσωτερικό της περιοχής είναι τμήμα της λοφώδους Κορινθίας και αποτελείται από σχετικά χαμηλές εσωτερικές λεκάνες απορροής (Σχ. 2) που αποστραγγίζονται από τα ρεύματα, που εκβάλλουν στην ακτή.

Διακρίνουμε δύο κύρια υδρογραφικά συστήματα, το ένα είναι το ρεύμα Ξεριάς και το άλλο του Αγ. Ιωάννη. Το ρεύμα του Αγ. Ιωάννη, 5ης



Σχ. 2. Χάρτης υδρογραφικού Δικτύου.

τάξης, πηγάζει από τις νότιες κλιτύες της Τραπεζώνας, η κύρια κοίτη του ακολουθεί ΒΒΔ διεύθυνση για ένα μήκος περίπου 6 km και στη συνέχεια κάμπεται σχεδόν κατ' ορθήν γωνία προς ΑΒΑ και διασχίζοντας απόσταση 2 km, εκβάλλει στον όρμο Αλμυρής, ακολουθώντας τις κύριες τεκτονικές γραμμές. Το ρεύμα Ξεριάς, 3ης τάξης, αποστραγγίζει άλλη αυτοτελή λεκάνη, ρέει ανατολικά του προηγούμενου και εκβάλλει στο νότιο τμήμα του όρμου. Εκτός από τά υδρογραφικά αυτά συστήματα η περιοχή αποστραγγίζεται από άλλα μικρότερα, 2ης τάξης, τέσσερα στο νότιο τμήμα και τρία στο βόρειο τμήμα, που δεν εκβάλλουν στη θάλασσα, αλλά εξαφανίζονται στο κατώτερο τμήμα της λεκάνης.

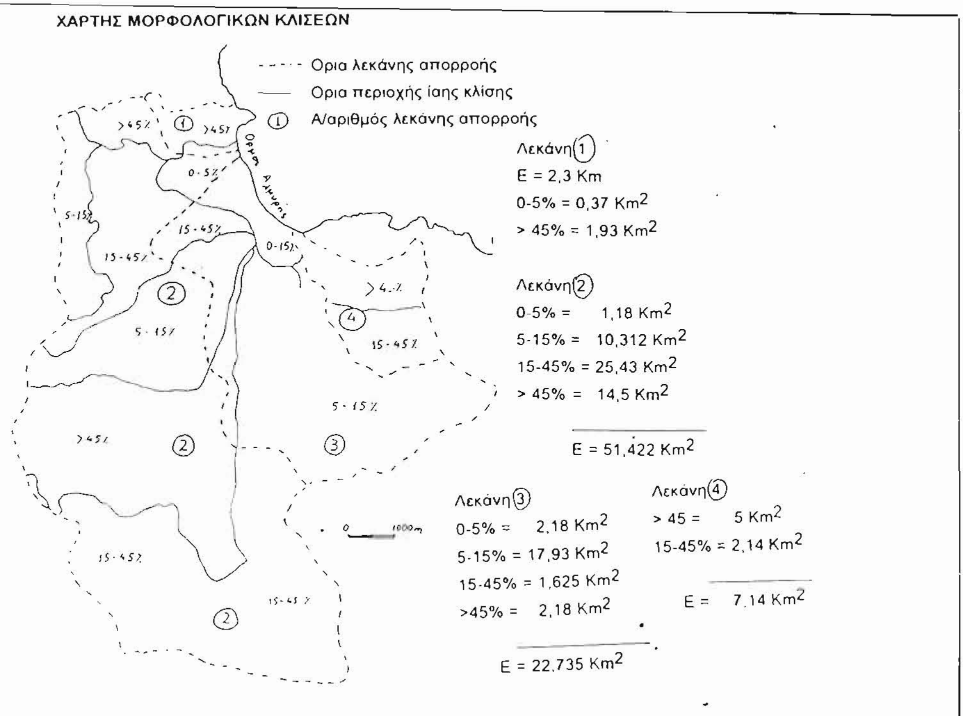
Το ρεύμα του Αγ. Ιωάννη, 1 km μετά την προς ΑΒΑ καμπή του, κοντά στο χωριό Γαλατάκι, συμβάλλει με ένα κλάδο 4ης τάξης που αποστραγγίζει το βόρειο τμήμα της λεκάνης και συνεχίζουν την πορεία τους προς τη θάλασσα εκσκάπτοντας την κοίτη τους πάνω σε ένα μεγάλο κώνο κορημάτων. Στο ίδιο ύψος διακρίνονται άλλοι μικρότεροι κώνοι κορημάτων στους οποίους καταλήγουν τα άλλα μικρότερα αυτοτελή ρεύματα που βρίσκονται βορειότερα. Εκατέρωθεν της κοίτης του ρεύματος του Αγίου Ιωάννη, μόνον, παρατηρήθηκαν, 4 ζεύγη αναβαθμίδων. Οι αναβαθμίδες μαζί με τη μεγάλη ανάπτυξη των κώνων κορημάτων είναι ενδεικτικά στοιχεία της έντονης τεκτονικής δραστηριότητας, που επικρατεί στην περιοχή, όπου όπως φαίνεται επικρατούν ανοδικές τάσεις.

Το ρεύμα Ξεριάς παρουσιάζει μονόπλευρη ανάπτυξη των κλάδων του και σε πολλές θέσεις μεγάλη κατά βάθος διάβρωση της κοίτης του, ενώ αυτή κοντά στις εκβολές γίνεται τελείως ανενεργή. Στο ρεύμα αυτό δεν παρατηρήθηκαν ανθρωπογενείς επεμβάσεις.

Η πεδιάδα της Αλμυρής-Ωραίας Ελένης είναι μια τεκτονική τάφρος που σχηματίζεται μεταξύ των Ονείων ορέων και του ορεινού όγκου της Τραπεζώνας με διεύθυνση Α-Δ και είναι παράλληλη με την τάφρο του Ισθμού. Οι τεκτονικές κινήσεις κατά το τεταρτογενές και το ολόκαινο έχουν διαδραματίσει πολύ σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της περιοχής και αυτό θα αποτελέσει το αντικείμενο προσεχούς μορφοτεκτονικής μελέτης μας.

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των υδρογραφικών συστημάτων της περιοχής είναι η έλλειψη νερού, κατά το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, εκτός από περιόδους έντονων βροχοπτώσεων. Στα υψηλότερα τμήματα και έως τις ισοϋψείς των 20 m ή 30 m παρατηρείται έντονη κατά βάθος διάβρωση της κοίτης, που σε πολλά σημεία φθάνει τα 20 m, με ενεργές αλλά ξηρές κοίτες κατά το μεγαλύτερο διάστημα. Η διάβρωση εξασθενεί και σταματά εντελώς στο υψόμετρο αυτό και σχηματίζοντας αβαθείς και ασαφείς κατά τό πλείστον κοίτες, οι οποίες καταλαμβάνονται περιοδικά μόνον από νερό. Μερικές απ' αύτές σήμερα έχουν διαμορφωθεί και καταλήγουν στη θάλασσα, ενώ στο μεγαλύτερο μέρος εξαφανίζονται εξ' αιτίας της κατείσδυσης του νερού μέσα στις χαλαρές προσχώσεις και των καλλιεργειών και διαμορφώσεων, που έχουν γίνει.

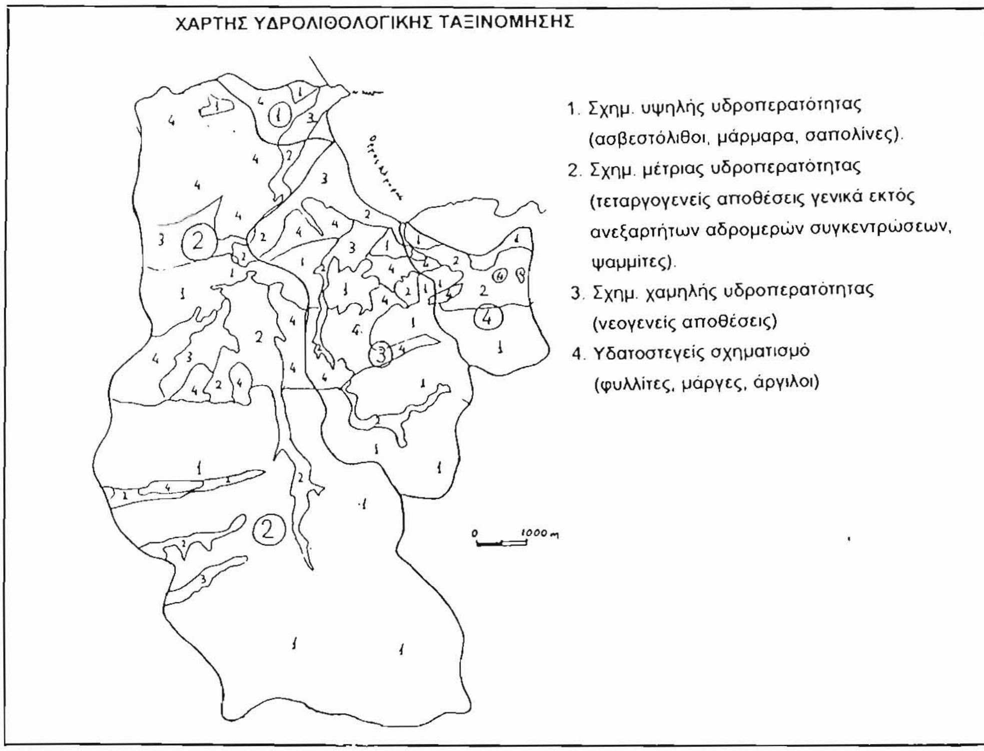
Σχεδόν ολόκληρη η πεδινή έκταση καλύπτεται από κροκάλες και τροχμάλες διαμέτρου 10-30 cm που, όπως φαίνεται από τη σύσταση των πετρωμάτων, δεν οφείλεται στη διάβρωση, αλλά έχουν μεταφερθεί κατά τή διάρκεια μεγάλων πλημμυρικών επεισοδίων. Από το γεγονός αυτό αφ' ενός και από την διαπίστωση 2-3 μεγάλων πλημμυρικών επεισοδίων που υπέπεσαν στην αντίληψή μας μετά το 1970, αποφασίσαμε να διερευνήσουμε τα αίτια που τα προκάλεσαν. Για το λόγο αυτό προβήκαμε στις ακόλουθες ενέργειες. Εντοπίσαμε και καταγράψαμε τις μεταβολές που επήλθαν από ανθρωπογενείς παράγοντες, με επιτόπιες έρευνες και με χρήση αεροφωτογραφιών που ελήφθησαν σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα (1945, 1960, 1987) και συγκρίναμε τα στοιχεία αυτά με τη σημερινή κατάσταση. Υπολογίσαμε την επιφανειακή απορροή 24ώρου των υδρογραφικών λεκανών και την πλημμυρική παροχή αιχμής. Επίσης υπολογίσαμε την παροχετευτική ικανότητα των γεφυρών



Σχ. 3. Χάρτης μορφολογικών κλίσεων.

και των αγωγών που έχουν κατασκευασθεί στην εθνική οδό, που στήν περιοχή της Ωραίας Ελένης περνά σε μικρή απόσταση από τη θάλασσα (μέχρι και 5 m από την ακτή) και επιτρέπουν την αποστράγγιση του εσωτερικού χώρου.

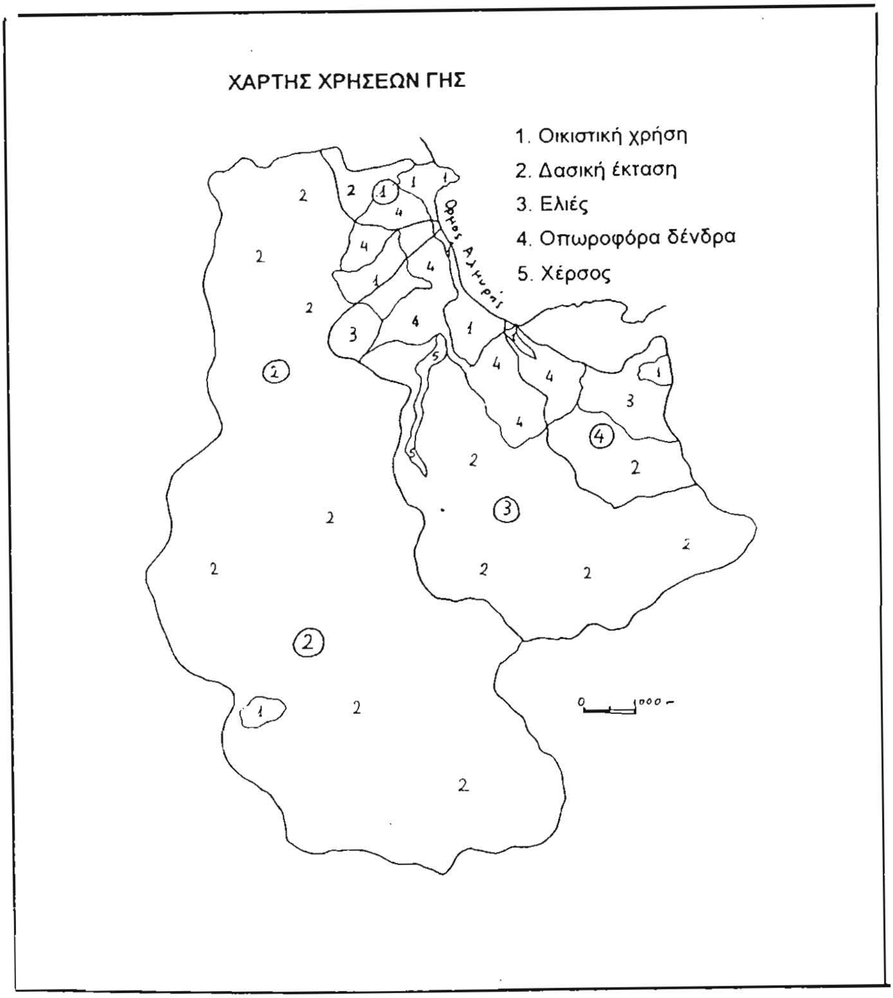
Η περιοχή χαρακτηρίζεται στο υψηλότερα τμήματα από ένονο ανάγλυφο. Η κλίση των κλιτύων ποικίλλει από θέση σε θέση και εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη λιθολογία (Σχ. 3 και 4). Για παράδειγμα αναφέρουμε ότι η κλίση των κλιτύων των Ονείων ορέων (ασβεστόλιθοι) είναι μεγαλύτερη του 45% , ενώ στο σχεδόν επίπεδο αλλουβιακό πεδίο οι κλίσεις είναι της τάξης 0-5%. Η κατανομή των κλίσεων δίνεται στο χάρτη του Σχ. 3.



Σχ. 4. Χάρτης υδρολιθικής ταξινόμησης.

Χρήση γης - Τεχνικά έργα

Η ανάπτυξη των διαφόρων περιοχών και κυρίως των παράκτιων είναι ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες με συνέπειες θετικές και αρνητικές για το φυσικό περιβάλλον. Η ανάπτυξη αυτή έχει ως συνέπεια τη δημιουργία τεχνικών έργων και την αλλαγή της χρήσης γης (Σχ. 5). Οι μεταβολές αυτές είναι μεγάλες και οφθαλμοφανείς στην περιοχή που διερευνούμε, τις οποίες θα αναφέρουμε σε συντομία.



Σχ. 5. Χάρτης χρήσεων Γης.

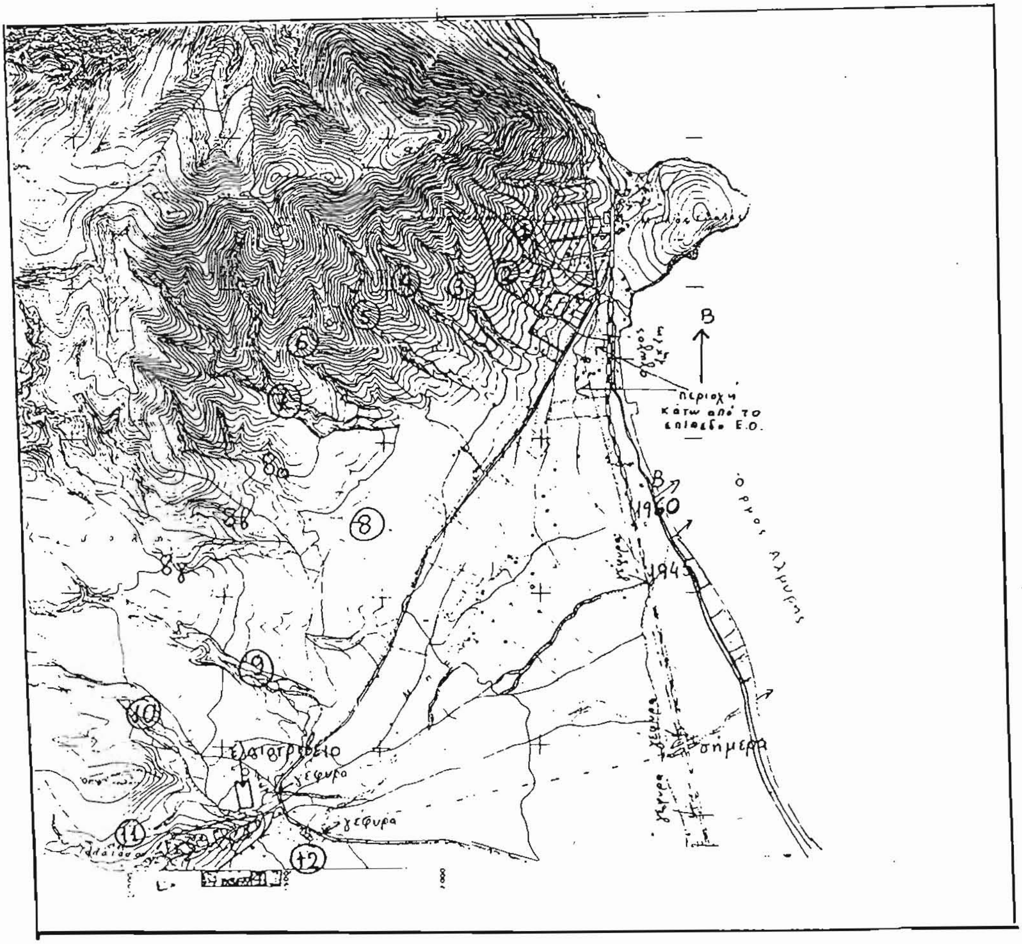
Η πρώτη σημαντική παρέμβαση έγινε αρκετά χρόνια πριν τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο με τη δημιουργία του επαρχιακού δρόμου Κορίνθου - Σοφικού. Όπως φαίνεται στο Σχ. 6 μόνο δύο γέφυρες υπήρχαν για τη διέλευση των κλάδων 10-11 και 12. Στη συνέχεια η κατασκευή της Εθνικής Οδού πού έγινε γύρω στο 1968 επέφερε τις μεγαλύτερες μεταβολές. Περνά πολύ κοντά στήν ακτή, μέχρι και 5 m απ' αυτή και σε πολλά σημεία είναι υπερυψωμένη από 1 m έως 5 m. Κατά μήκος του δρόμου (Σχ. 6) έχουν δημιουργηθεί αγωγοί ή γέφυρες για να διέρχονται τα νερά, που προέρχονται από την αποστράγγιση των λεκανών απορροής.

Μετρήσαμε τις διαστάσεις των αγωγών και των γεφυρών και υπολογίσαμε την παροχετευτική τους ικανότητα σε συνάρτηση με την κλίση τους και την τραχύτητα της κοίτης, την οποία δίνουμε πιό κάτω.

Διαστάσεις αγωγού	Παροχετευτική ικανότητα
κυκλικός αγωγός δ. 80 cm	2 m^3/sec
1m × 1m τσιμέντ.	5 m^3/sec
γέφυρα 4m × 4m	190 cm^3/sec
γέφυρα 20 m × 3 m	1000 m^3/sec
γέφυρα 2 m × 1,5 m κλίση 2%	20 m^3/sec
αν θεωρηθεί η κλίση 2,5%	25 m^3/sec
1 × 1	6 m^3/sec

Άλλες παρεμβάσεις που τροποποιούν τη μορφή του υδρογραφικού δικτύου είναι οι επιχωματώσεις που γίνονται στίς κοίτες και διακόπτουν την επικοινωνία των κοιτών μικρής τάξεως με τις μεγαλύτερες κατά την περίοδο βροχοπτώσεων, το όργωμα και οι καλλιέργειες και τέλος η δημιουργία δρόμων ή το κτίσμο κατά μήκος της κοίτης. Στο Σχήμα 6 σημειώνουμε τέτοιες επεμβάσεις. Στα σημεία 1,2 και 9 η κοίτη διακόπτεται από την κατασκευή δρόμου, 11α κατασκευή κτιρίου: 6,7,8,9 και Γ δενδροφυτεύσεις και 10 τεχνητή επιπέδωση και δενδροφύτευση, με αποτέλεσμα να εξαφανίζονται οι κοίτες και το νερό να διαχέεται στην ευρύτερη περιοχή.

Η μορφή που παρουσιάζουν οι κοίτες δηλ. να διακόπτονται και να μην καταλήγουν στη θάλασσα, να είναι ασυνεχείς ή να παλινδρομούν, είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο όταν διασχίζουν κώνους κορημάτων, όπως στήν προκειμένη περίπτωση. Για την αποφυγή όμως πλημμυρών θά μπορούσε να διευθετηθούν τεχνητά μερικές κοίτες, που θα διευκόλυναν την κατευθυνόμενη αποστράγγιση, ώστε νά αποφεύγεται η διάχυτη απορροή και οι πλημμύρες. Η εκβολή της κύριας κοίτης, όπως φαίνεται από τις αεροφωτογραφίες κατά τη διάρκεια πλημμυρικών επεισοδίων έχει μετακινηθεί κατ' αρχήν βόρεια και στη συνέχεια νότια της αρχικής θέσης (Σχ. 6).



Σχ. 6. Χάρτης της περιοχής Ωραίας Ελένης - Αλμυρης.

Μια άλλη σημαντική μεταβολή επήλθε από τη δημιουργία του μώλου, μετά το 1945 και εντάθηκε μετά τη δημιουργία της Εθνικής Οδού. Στη διαμόρφωση των ιζημάτων των ακτών, όπως είναι γνωστό, συνεργάζονται θαλάσσιοι και χερσαίοι παράγοντες. Οι επικρατούντες άνεμοι ΒΑ διευθύνσεις, προκαλούν μετακίνηση των ιζημάτων με τη δημιουργία ρευμάτων προς νότον, πράγμα που επιφέρει ελάττωση του πλάτους του αιγιαλού βόρεια του μώλου, εξαιτίας της απομάκρυνσης του υλικού και αύξηση του πλάτους νότια του μώλου, δημιουργώντας αυτή την κλιμακωτή ακτογραμμή. Εξαιτίας της δημιουργίας του δρόμου παρατηρείται ελάττωση της ποσότητας των προφερομένων στην ακτή ιζημάτων και συγχρόνως σμίκρυνση του μεγέθους τους εξαιτίας των κυμάτων. Από τη δημιουργία του δρόμου (1968) έως σήμερα είναι εμφανής η σμίκρυνση του μεγέθους των ιζημάτων της ακτής τουλάχιστον από τοι Μύλο έως το σημείο Β. Βόρεια του μώλου η ακτή αποτελείται από ψηφίτες (6-4 mm), νότια του μώλου από χαλίκια 20-64 mm και στο Κοκκώση 64-25,6 mm. Εκτός της Εθνικής Οδού όμως, ένας άλλος δρόμος παράκτιος (2-5 m από την ακτή) δημιουργήθηκε πρόσφατα αλλοιώνοντας τελείως τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά του αιγιαλού. Είναι προφανές ότι στην περίπτωση αυτή ο μώλος λειτούργησε ως groin (τεχνητός βραχίονας), που εμπόδισε την προς νότο μετακίνηση των ιζημάτων και τη διατήρηση του αιγιαλού στο βόρειο τμήμα. Σε αντίθετη περίπτωση η απομάκρυνση του υλικού σε συνδυασμό με τη μείωση της τροφοδοσίας από την ξηρά εξ αιτίας των ανθρωπογενών παρεμβάσεων, θα είχε ως συνέπεια την εξαφάνιση του αιγιαλού από το τμήμα αυτό.

Τέλος στο νότιο τμήμα του όρμου Αλμυρής, στη ζώνη κυματογής και σε απόσταση 50 m απ' αυτή, δια μέσου των αλλουβιακών σχηματισμών αναβλύζουν υφάλμυρες καρστικές πηγές. Αυτές τροφοδοτούνται από τους τριαδικούς ασβεστόλιθους και έχουν παροχή που φθάνει τά 3000 m^3/h (Σκαγιάς, 1978). Ο χώρος αυτός αποτελούσε υδροβιότοπο και τα νερά του χρησίμευαν στο παρελθόν για την κίνηση νερόμυλου. Σήμερα επιχωματώθηκε και δημιουργήθηκε γήπεδο.

Η σχέση βροχής-απορροής 24ώρου Q και πλημμυρικής παροχής αιχμής Qp των υδρογραφικών λεκανών της περιοχής Αλμυρής

Η περιοχή μελέτης των τεσσάρων ερευνούμενων λεκανών της περιοχής Αλμυρής Ν. Κορινθίας, ανήκει σύμφωνα με το σύστημα διαίρεσης της Διεύθυνσης υδατικού δυναμικού και φυσικών πόρων του Υ.Β.Ε.Τ., στο υδατικό διαμέρισμα (092) της Βόρειας Πελοποννήσου και συγκεκριμένα στα υπόλοιπα (99) των υπολεκανών της ευρύτερης περιοχής Αλμυρής-Λουτρών Ωραίας Ελένης, βόρεια του Σοφικού.

Η διαίρεση αυτή της Βόρειας Πελοποννήσου, κατά το Υ.Β.Ε.Τ., σε λεκάνες είναι πολύ χονδρική για τους σκοπούς της έρευνάς μας. Για το λόγο αυτό συντάξαμε το χάρτη του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής (Σχ. 2), χρησιμοποιώντας τοπογραφικούς χάρτες της Γ.Υ.Σ., κλίμακας 1:50.000, 1:5.000 και αεροφωτογραφίες (Σχ. 2).

Προσδιορίστηκαν το εμβαδόν της λεκάνης σε τετρ. μέτρα, το μέγιστο μήκος της, το μέγιστο πλάτος της, το μέσο πλάτος της, το μέσο υψόμετρό της το υψόμετρο εκβολλής του κύριου ρεύματος, και η περίμετρός της σε μέτρα. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται αναλυτικά στον Πίν. 1.

Όνομα Λεκάνης	Έκταση (m^2)	Μέγιστο Μήκος (m)	Μέγιστο Πλάτος (m)	Μέσο Πλάτος (m)	Περί-μετρος (m)	Μέσο Υψόμε-τρο (m)	Ελάχιστο Υψόμετρο (m)	Χρόνος Συρροής		Συντελεστές Ομοιομορφίας Βροχής		
								Ώρες	Λεπτά	Fantoni	Specht	Fruhling
1	2300000	2500,0	1300,0	920,0	8000,0	85	0	1,33	80	0,90	0,93	0,79
2	51420000	14500,0	6750,0	3546,2	43500,0	420	0	3,08	185	0,29	0,72	0,54
3	22735000	7750,0	3500,0	2933,5	26000,0	310	0	2,18	131	0,48	0,77	0,62
4	7140000	4250,0	2400,0	1680,0	12500,0	270	0	1,30	78	0,75	0,85	0,72

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Χαρακτηριστικά των υδρολογικών λεκανών περιοχής Αλμυρής και χρόνος απορροής ή συρροής.

Στη συνέχεια προσδιορίσθηκε ο χρόνος συρροής και οι συντελεστές ομοιομορφίας των λεκανών απορροής, τα οποία αναφέρονται στον ίδιο Πίν. (1). Οι δύο τελευταίοι συντελεστές είναι ιδιαίτερα απαραίτητοι στον προσδιορισμό πλημμυρικών παροχών και συνεπώς στις μελέτες αντι-πλημμυρικής προστασίας.

Το μέσο ετήσιο υπολογισθέν ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνι-σμάτων ανά υδρογραφική λεκάνη κυμαίνεται από 438 mm έως 445 mm, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5. Τα στοιχεία αυτά προήλθαν από πρόσφα-τη έρευνα που έχει εκπονηθεί στην ευρύτερη πριοχή ενδιαφέροντος. Με βάση τις μέγιστες βροχοπτώσεις εικοσιτετραώρου, πραγματοποιή-θηκαν αναλύσεις κατά Gumbel και προσδιορίστηκαν οι μέγιστες προ-βλεπόμενες-αναμενόμενες τιμές των υψών βροχής γιά διάστημα πέντε (5), δέκα (10) και εικοσιπέντε (25) ετών. Τα αποτελέσματα αναφέρονται στον ακόλουθο πίνακα.

Μέγιστες τιμές βροχής 24ώρου γιά διαστήματα 5, 10, και 25 ετών, κατά Gumbel.

47	$< X_5 <$	69
53	$< X_{10} <$	83
60	$< X_{25} <$	101

Υπολογισμός της απορροής 24ώρου (Q) και της παροχής αιχμής (Qp) των ερευνουμένων υδρολογικών λεκανών με τη μέθοδο της S.C.S.

Χρησιμοποιήθηκε και εφαρμόστηκε η μεθοδολογία προσδιορισμού της σχέσης βροχής-απορροής και παροχής αιχμής της «Soil Conservation Service (S.C.S.)» των Η.Π.Α.

Ο υπολογισμός του αριθμού καμπύλης απορροής ή ειδικού συντελεστή απορροής (CN) κατά στοιχειώδες ομοιογενές τμήμα εδαφικής επιφάνειας των ερευνούμενων λεκανών απορροής στην ευρύτερη περιοχή Αλμυρής, έγινε με τις εξής επιμέρους διαδικασίες. Συντάχθηκαν χάρτες υδρολιθολογικής ταξινόμησης (Σχ. 4, Πίν. 2 και χρήσεων γης Σχ. 5, Πίν. 3):

Όνομα Λεκάνης	Έκταση Υδρολογικής λεκάνης (m^2)	Υδροπέρατοι		Μέτρια Υδροπέρατοι		Χαμηλά Υδροπέρατοι		Υδατοστεγείς	
		Έκταση (m^2)	Ποσοστό %	Έκταση (m^2)	Ποσοστό %	Έκταση (m^2)	Ποσοστό %	Έκταση (m^2)	Ποσοστό %
1	2300000	120000	5,22	900000	39,13	480000	20,87	800000	34,78
2	51420000	32670000	63,54	3500000	6,81	2500000	4,86	12750000	24,80
3	22735000	15000000	65,98	2000000	8,80	2000000	8,80	3735000	16,43
4	7140000	2700000	37,82	3640000	50,98	0	0	800000	11,20

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Περατότητα πετρωμάτων υδρολογικών λεκανών (4 κατηγορίες).

Όνομα Λεκάνης	Έκταση Υδρολογικής λεκάνης (m^2)	Αστική Περιοχή		Δασική Περιοχή		Δενδροκαλλιέργειες		Χέρσα Περιοχή	
		Έκταση (m^2)	Ποσοστό %	Έκταση (m^2)	Ποσοστό %	Έκταση (m^2)	Ποσοστό %	Έκταση (m^2)	Ποσοστό %
1	2300000	610000	26,52	970000	42,17	720000	31,30	0	0
2	51420000	870000	1,69	46690000	90,80	1870000	3,64	1990000	3,87
3	22735000	180000	0,79	18105000	79,63	4450000	19,57	0	0
4	7140000	500000	7,00	4100000	57,42	2540000	35,57	0	0

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Κάλυψη (χρήση) γης της επιφάνειας των υδρολογικών λεκανών (4 κατηγορίες).

Τέλος συντάχθηκε χάρτης αριθμού καμπύλης απορροής (CN). Ο προσδιορισμός αυτός αποτελεί παράγωγο του τροποποιημένου χάρτη εδαφικής κάλυψης, (5) και του χάρτη υδρολιθολογικής ταξινόμησης (4). Επικουρικά χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από αεροφωτογραφίες (Α/Φ) και δορυφορικές φωτογραφίες της περιοχής μελέτης (Sojuzkarta, κλίμακας 1:210.000 περίπου λήψεως 1984).

Οι αριθμοί καμπύλης απορροής (CN) που δεχθήκαμε για κάθε συνδυασμό χρήσης/κάλυψης γης και υδρολιθολογικής ταξινόμησης είναι αυτοί που προτείνονται από την μέθοδο της S.C.S. των Η.Π.Α.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΠΙΘΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ 24ΩΡΟΥ (Q)

Στον Πίνακα (4) έχει υπολογισθεί ο μέσος σταθμικός αριθμός καμπύλης απορροής και των τεσσάρων υδρολογικών λεκανών της ευρύτερης περιοχής Αλμυρής.

Όνομα Λεκάνης	Έκταση (m^2)	Ειδικοί Συντελεστές Απορροής (CN)					Συντελεστής Λεκάνης
		30-35	49-62	67-74	75-84	85-95	
1	2300000	92000	966000	575000	0	667000	68
2	51420000	33423000	4627800	10798200	0	2571000	45
3	22735000	14777750	2500850	0	2728200	2728200	48
4	7140000	2213400	4355400	0	0	571200	51

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Ειδικός συντελεστής απορροής των υδρολογικών λεκανών της Αλμυρής.

Στη συνέχεια από τις γνωστές εξισώσεις ή από το διάγραμμα συσχετισμού, όπως προτείνεται στην μέθοδο της S.C.S. υπολογίσθηκε ο αριθμός καμπύλης απορροής υγρής και ξηράς περιόδου.

Έτσι υπολογίζεται και παρουσιάζεται τελικά το αποτελέσμα της μέγιστης πιθανής απορροής εικοσιτετραώρου, τόσο σε κανοινικές όσο και σε υγρές συνθήκες εδάφους, πριν την εκδήλωση του περιστατικού της βροχής, που προκύπτει από το μοντέλο απορροής των υδρολογικών λεκανών της Αλμυρής, με βάση τις μέγιστες βροχοπτώσεις εικοσιτετραώρου που προέκυψαν από τις αναλύσεις βροχοπτώσεων κατά Gumbel.

Όνομα Λεκάνης	Έκταση Λεκάνης (m2)	Ύψος Μέσης Ετήσιας Βροχής (mm)	Ύψος Μέγιστης Βροχής 24ωρου (P) (mm)			Χρόνος Συρροής (min)	Μέσος Ειδικός Συντελεστής Απορροής (CN) %			Ia = 0,2 • S		
			5έτη	10έτη	25έτη		Κανον. Συνθ.	Υγρές Συνθ.	Ξηρές Συνθ.	Κανον. Συνθ.	Υγρές Συνθ.	Ξηρές Συνθ.
1	2300000	440,00	69	83,00	101,00	79,85	68	83	49	23,54	10,05	53,69
2	51420000	445,00	69	83,00	101,00	184,57	45	66	27	61,03	26,06	139,22
3	22735000	442,00	69	83,00	101,00	130,76	48	68	28	55,99	23,91	127,71
4	7140000	438,00	69	83,00	101,00	77,88	51	71	31	48,55	20,73	110,75

P−Ia (με P στα 25 έτη)			Μέγιστη Απορροή 24ωρου (Q) (mm)	Μέγιστη Απορροή 24ωρου (Q) (m^3)	Μέγιστης Απορροή 24ωρου (Q) (mm)	Μέγιστη Απορροή 24ωρου (Q) (m^3)	Μέγιστη Πιθανή Παροχή Αιχμής (Qp) (m^3/sec)	Μέγιστη Πιθανή Παροχή Αιχμής (Qp) (m^3/sec)
Κανον. Συνθ.	Υγρές Συνθ.	Ξηρές Συνθ.	Κανονικές συνθήκες με περίοδο επαναφοράς τα 25 έτη	Κανονικές συνθήκες με περίοδο επανοφοράς τα 25 έτη	Υγρές συνθήκες με περίοδο επαναφοράς τα 25 έτη	Υγρές συνθήκες με περίοδο επαναφοράς τα 25 έτη	Κανονικές συνθήκες με περίοδο επαναφαράς τα 25 έτη	Κανονικές συνθήκες με περίοδο επαναφοράς τα 25 έτη
77,46	90,95	47,31	30,74	70712,96	58,58	134730,92	0,92	1,75
39,97	74,94	- 38,22	4,63	237989,73	27,36	1406948,52	3,09	18,29
45,01	77,09	- 26,71	6,23	141737,00	30,23	687171,07	1,84	8,94
52,45	80,27	- 9,75	9,32	66522,70	35,03	250102,98	0,87	3,25

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Μοντέλο Απορροής Μέγιστης Βροχής 24ώρου και Πλημμυρικής Παροχής Αιχμής.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται πινακοποιημένα στον Πίνακα (5). Από αυτόν τον Πίνακα προκύπτει ότι η μέγιστη πιθανή απορροή 24ώρου (Q) σε κάθε ερευνούμενη λεκάνη είναι:

Όνομα Λεκάνης	Μέγιστη πιθανή Απορροή 24ώρου (Q) σε mm		Μέγιστη πιθανή Απορροή 24ώρου (Q) σε m^3/24ωρο	
	Κανονικές Συνθ.	Υγρές Συνθ.	Κανονικές Συνθ.	Υγρές Συνθ.
1	30,74	58,58	70713	134731
2	4,63	27,36	237990	1406949
3	6,23	30,23	141737	687171
4	9,32	35,03	66523	250103

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΙΧΜΗΣ (Qp).

Για την εκτίμηση της παροχής αιχμής των υδρολογικών λεκανών της Αλμυρής, σύμφωνα με τη μεθοδολογία της S.C.S., είναι απαραίτητος η γνώση της διάρκειας της μοναδιαίας πλεονασματικής βροχής ΔD του μοναδιαίοιυ υδρογραφήματος της λεκάνης, που ορίζεται ίση με 0,133 × Tc (όπου Tc ο χρόνος ολικής συρροής της λεκάνης), καθώς και το ύψος της βροχής στα χρονικά διαστήματα ΔD.

Ο χρόνος συρροής Tc υπολογίσθηκε με βάση τους τύπους του GBiandotti και του Kerby, σύμφωνα με το Π.Δ. 696/74, άρθρο 187. Έτσι ο μέσος χρόνος συρροής Tc και επομένως η διάρκεια της πλεονασματικής βροχής ΔD για τις λεκάνες της Αλμυρής βρέθηκαν να είναι:

Όνομα Λεκάνης	Χρόνος συρροής (Tc) σε min	Διάρκεια πλεονασματικής βροχής (ΔD) σε min
1	79,85	10,62
2	184,57	24,55
3	130,76	17,39
4	77,88	10,36

Για το μετρικό σύστημα η παροχή αιχμής Qp του μοναδιαίου υδρογραφήματος δίνεται από την εξίσωση:

$$Qp = (0,208 \cdot A \cdot Q)/[\Delta D/2) + 0,6 \cdot Tc]$$

όπου ισχύει:

Λεκάνη 1	Λεκάνη 2	Λεκάνη 3	Λεκάνη 4
$A = 2{,}30 km^2$	$A = 51{,}42 km^2$	$A = 22{,}735 km^2$	$A = 7{,}14 km^2$
Κανονικές Συνθήκες	Κανονικές Συνθήκες	Κανονικές Συνθήκες	Κανονικές Συνθήκες
Q = 30,74 mm	Q = 4,63 mm	Q = 6,23 mm	Q = 9,32 mm
Υγρές Συνθήκες	Υγρές Συνθήκες	Υγρές Συνθήκες	Υγρές Συνθήκες
Q = 58,58 mm	Q = 27,36 mm	Q = 30,23 mm	Q = 35,03 mm
ΔD = 0,177 ώρες	ΔD = 0,409 ώρες	ΔD = 0,290 ώρες	ΔD = 0,173 ώρες
Tc = 1,33 ώρες	Tc = 3,076 ώρες	Tc = 2,179 ώρες	Tc = 1,298 ώρες
Κανονικές Συνθήκες	**Κανονικές Συνθήκες**	**Κανονικές Συνθήκες**	**Κανονικές Συνθήκες**
Qp = 0,92 m^3/sec	**Qp = 3,09 m^3/sec**	**Qp = 1,84 m^3/sec**	**Qp = 0,87 m^3/sec**
Υγρές Συνθήκες	**Υγρές Συνθήκες**	**Υγρές Συνθήκες**	**Υγρές Συνθήκες**
Qp = 1,75 m^3/sec	**Qp = 18,29 m^3/sec**	**Qp = 8,94 m^3/sec**	**Qp = 3,25 m^3/sec**

Ας σημειωθεί ότι για τον υπολογισμό της απορροής Q χρησιμοποιήθηκε ως ύψος βροχής P η μέγιστη τιμή της βροχόπτωσης 24ώρου με περίοδο επαναφοράς τα 25 έτη, με βάση την κατανομή Gumbel από την ανάλυση των χρονοσειρών των ημερησίων (24ώρου) μεγίστων τιμών των υψών υετού που αντιστοιχεί σε χρόνο ίσο με το χρόνο συρροής της λεκάνης (Tc). Έγινε δηλαδή η παραδοχή ότι το ύψος του υετού που έπεσε σε χρονικό διάστημα ίσο με την διάρκεια του χρόνου συρροής (Tc), είναι ίσο με $P \times (Tc/24)$, και το Tc εκφράζεται σε ώρες. Οπωσδήποτε η παραδοχή αυτή δίδει τις ακραίες τιμές της μέγιστης πιθανής παροχής αιχμής που μπορεί να εκδηλωθεί στην περιοχή των ερευνούμενων υδρολογικών λεκανών σε ακραίες περιπτώσεις και σπανίως. Παρόλαυτα είναι πιθανές να εμφανισθούν κάποια χρονική στιγμή και τα σχεδιαζόμενα αποχετευτικά και αποστραγγιστικά έργα θα πρέπει να τις προβλέπουν και να τις λαμβάνουν υπόψη.

Τέλος ας σημειωθεί ότι όλες οι αναλύσεις έγιναν τόσο σε κανονικές όσο και σε υγρές συνθήκες εδάφους πριν από την εκδήλωση του περιστατικού της βροχής.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η περιοχή του όρμου Αλμυρής είναι τμήμα της λοφώδους Κορινθίας και περιλαμβάνεται μεταξύ των βορείων κλιτύων της Τραπεζώνας και των Ονείων ορέων, ανατολικά δε, βρέχεται από το Σαρωνικό κόλπο. Δοαρρέεται από δύο κύρια υδρογραφικά συστήματα. Ένα στο νοτιοανατολικό τμήμα της με διεύθυνση περίπου Β-Ν, του ρέματος Ξεριά, 3ης τάξης και ένα κατά πολύ μεγαλύτερο του Αγ. Ιωάννη, 5ης τάξης με διεύθυνση της κοίτης κατά το μεγαλύτερο τμήμα ΒΒΔ-ΝΝΑ η οποία στη συνέχεια κάμπτεται προς ΑΒΑ, ακολουθώντας τις κύριες τεκτονικές γραμμές και εκβάλλουν και τα δό στον όρμο της Αλμυρής.

Η περιοχή έχει έντονο ανάγλυφο και στο εσωτερικό λοφώδες τμήμα τα ρεύματα εκσκάπτουν έντονα τις κοίτες τους κατά βάθος από 1-20 m. Φθάνοντας τα ρέματα προς το πεδινό τμήμα γίνονται ανενεργά και οι περισσότερες κοίτες διαχέονται και αποστραγγίζονται μέσα στις προσχώσεις. Από το χωριό Γαλατάκι σε υψόμετρο 50-30 m περίπου έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος κώνος κορημάτν, ο οποίος επικαλύπτει τα κατώτερα όρια άλλων μικροτέρων κώνων κορημάτων, που είχαν διαμορφωθεί μπροστά στα ρέματα που αποστραγγίζουν τις νότιες κλιτύες των Ονείων ορέων. Στο σημείο αυτό διακρίναμε την ύπαρξη τεσσάρων ζευγών αναβαθμίδων, οι οποίες σε συνδυασμό με την κατά βάθος διάβρωση των ρεμάτων συνηγορούν για την έντονη πρόσφατη ή και σύγχρονη τεκτονική δραστηριότητα της περιοχής και μάλιστα για ανοδικές κινήσεις. Με το αντικείμενο αυτό επιφυλασσόμαστε να ασχοληθούμε σε προσεχή εργασία.

Αλεπάλληλα πλημμυρικά επισόδια της τελευταίας εικοσαετίας μας ώθησαν να διερευνήσουμε τους φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες που προκαλούν τα φαινόμενα αυτά. Για το λόγο αυτό συντάξαμε χάρτες χρήσεων γης, υδρολιθολογικό και κλίσεων και υπολογίσαμε την απορροή 24ώρου και την παροχή αιχμής των ερευνουμένων υδρογραφικών λεκανών με τη μέθοδο S.C.S. Επίσης τη μεγίστη πιθανή απορροή 24ώρου σε ξηρές και υγρές συνθήκες με περίοδο επαναφοράς 5, 10 και 25 χρόνια. Σημειώσαμε τη θέση των αγωγών και γεφυρών που υπάρχουν κυρίως στην Εθνική Οδό και υπολογίσαμε την παροχετευτική τους ικανότητα. Συγκρίναμε τα στοιχεία αυτά και διαπιστώσαμε ότι τα υπάρχοντα έργα είναι ικανοποιητικά και επαρκή για την αποστράγγιση της περιοχής χωρίς προβλήματα. Τα προβλήματα οφείλονται σε ανθρωπογενείς επεμβάσεις, όπως είναι η δημιουργία δρόμων ή κτισμάτων στις κοίτες καθώς και οι καλλιέργειες που εξομαλύνουν τις κοίτες. Τα προβλήματα αυτά θα μπορούσαν να αποφευχθούν αν οι κοίτες που πολλές απ' αυτές είναι υποτυπώδεις διευθετηθούν ώστε να διευκολύνεται η σύνδεση των μικροτέρων κλάδων του ρέματος με την κυρία κοίτη. Το πρόβλημα είναι αρκετά οξύ για τους βόρειους κλάδους κοντά στο χωριό Γαλατάκι που έχουν αποκοπεί κυρίως από την οικιστική δραστηριότητα. Τα νερά σε έντονες βροχοπτώσεις κατακλίζουν την περιοχή, η οποία εξαιτίας του δρόμου (βρίσκεται 4-5 m χαμηλότερα απ' αυτόν) και δημιουργούνται πλημμύρες. Μια άλλη, εξ ίσου προβληματική θέση είναι ανατολικά του Γαλατακίου στο τμήμα ανάμεσα στην Ε.Ο. και στον επαρχιακό δρόμο όπου υπάρχει ένα βύθισμα, ίχνος παλιάς κοίτης. Όπως διαπιστώσαμε από τις αεροφωτογραφίες, η κοίτη του ρέματος το 1945 ήταν λίγο βορειότερα της σημερινής, ενώ το 1960 ακόμη βορειότερα και σήμερα έχει διευθετηθεί στη θέση που πρέπει να βρισκόταν κατά το παρελθόν, όπως φαίνεται από το σχήμα των εκβολών (Σχ. 6).

Εξαιτίας των επικρατούντων ΒΑ ανέμων στην περιοχή τα ιζήματα που καλύπτουν τον αιγιαλό μεταφέρονται νότια. Επιπλέον η Εθνική Οδός εμποδίζει την τροφοδοσία με χαλαρά υλικά από την ξηρά με αποτέλεσμα να μειώνεται το πλάτος του αιγιαλού στο βόρειο τμήμα και να αυξάνει στο νότιο. Η ύπαρξη του μώλου, που λειτουργεί ως τεχνητός βραχίονας εμποδίζει την απομάκρυνση των ιζημάτων και δημιουργεί μια κλιμακωτή ακτογραμμή.

Μια άλλη ανθωπογενής παρέμβαση στην περιοχή με αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον είναι η καταστροφή του υδροβιότοπου στην περιοχή των πηγών Αλμυρής.

Discussion Conclusions

The area of the bay of Almyri is part of hilly Corinthia and is situated between the north slopes of Trapezona and Onia mountains, while, to the east, it is washed by the Gulf of Saronikos. It is run through by two main drainage systems. One, of the stream of Xeria, third class, at the south-eastern part of the area, with a direction N-S approximately; and a second, much bigger one, that of Ag. ioannis, fifth class, with a river bed directed for the most part NNWSSE but further on bending to ENE following the main tectonic lines. Both drainage systems flow into the bay of Almyri.

The area is in high relief, and at the inner hilly part the currents excavate their channels to a depth from 1 to 20m. Reaching the plain, the streams become inactive and most channels disappear draining into the alluvia. From the village of Galataki at an altitude of about 50-30 m. a large talus cone has developed, which covers the lowest ends of other smaller talus cones that had been formed in front of the streams draining the south slopes of Onia mountain. In this area wi detected the existence of four pairs of terraces.

The observation of the existence of the active erosion of the channels in addition to the existence of four pairs of terraces account for the latest or contemporary intense tectonic activity of the area and, in particular, for uplifting. We reserve our intention to deal with this subject of study in a forthcoming paper.

The successive floods of the last two decades prompted us to look into the natural and human factors that cause these phenomena. For this purpose we drew up maps of using of earth, a hydrological one and a map of inclination, and we calculated the 24 hour runoff as well as the peak of the runoff of the drainage basins under investigation with the S.C.S. method. We also calculate the maximum possible 24 hour runoff under dry and wet conditions with a perior of 5, 10 and 25 years. We marked the position of the National Road mainly and estimated their channeling capacity. After comparing these clues, we found out that the existing construction s are satisfactory and sufficient for the draining of the area without any problems. The problems, then, are due to human interventions, such as the construction of roads or buildings on the river beds, as well as the cultivation of land that effaces the river beds. These problems could be avoided if the river beds, many of which are rudimentary, are arranged so that the connection of the smaller branches of the stream with the main river bed is facilitated. The problem is quite acute as to the northern area near Galataki, which is flooded in times of heavy rainfall.

Another equally problematic spot is east of Galataki, in the part between the Natioinal Road and the provincial road, where there is a trace of an old channel. As we discovered from the air photos, the stream mouth changed its position. The movements of the stream mouth are indicated in Figure 6.

Because of the prevailling NE winds in the area the sediments covering the beach are carried to the north. Additionally the National Road obstructs the supply with sediments from the land having as a result a decrease of the width of the beach in the northern part and an increase in the southern part. The existence of the breakwater causes a graded coastline.

Yet another human intervention in the area that affects the natural environment is the destruction of the hydrobiota in the area of the springs of Almyri.

Βιβλιογραφία

Αλεξούλη - Λειβαδίτη, Α., Σαχπάζης, Κ. (1993). Διερεύνηση της ευστάθειας των πρανών της περιοχής Αλμυρής - Κατακαλίου (Ν. Κορίνθου), τρόποι αντιμετώπισης - συγκράτηση αστοχιών. Πρακτ. 3ου Πανελ. Γεωγρ. Συνεδρ. Αθήνα, σελ. 380 - 402.

Anon. (1972). The preparation of maps and plans in terms of geology. Q. Jl. Engng. Geol., 5, 293-281.
Anon. (1972). The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Q. J1. Engng. Geol., 5, 293-281.
Anon. (1977). The description of rock masses for engineering purposes. Report by the Geological Society Engineering Group Working Party Q. J1. Engng. Geol., 10, 355-388.
Anon. (1981). Rock and Soil description for engineering geological mapping. Report by the commision of Engineering Geological Mapping. Bull. Int. Assoc. Engng. Geol. 24.
Bogoimolov, G. (1965). Hydrogeologie et notions de geologie d' ingenieur. Ed. de la Paix, Moscou (trad. Ft. 1965)
Βουζαράς, Α. (1992). Εκτίμηση Απορροής και Παροχών, από το Μέγεθος των Επεισοδίων Βροχής και τη Χρήση Γης, σε Λεκάνες χωρίς Υδρομετρικά Στοιχεία. «ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ» Προγράμματος Επαγγελματικής Κατάρτισης Γεωτεχνικών. ΓΕΩΤ. Ε.Ε. Παρ. Ανατολικής Στερεάς Ελλάδος.
Cheng-lung, C. (1982). Infiltration Formulas by Curve Number Procedure. J. Hydr. Div. ASCE, 108 (7), 823-829.
Chow, V.T. (1964). Handbook of Applied Hydrology, Section 21. Mc Graw-Hill, New York.
Dufaure J.J., Karaudren, B. and Sebrier, M. (1975). Les terrasses de Corinthie chronologie et deformation. C.R. Acad. Sci. Paris, 281-1943-1945.
Gray, D.D., P.G. Katz, S.M. de Monsabert and N.P. Cogo. (1982). Antecedent Moisture Condition Probabilitier, J. Irrig and Drain. Engrg., ASCE, 108(2), 107-114.
Hawkinks, R.H. (1978). Runnoff curve numbers with varying site Moisture. J. Irrig. and Drain. DIv., ASCE, 104 (4), 389-398.
Hawkins, R.H. (1983). Discussion of «Antecedent Moisture Condition Probabilities», by D.D. Gray et J. Irrig. and Drain. Engrg., ASCE 109 (2), 298-299.
Hawkins, R.H., A.T. Hjelmfelt and A.W. Zevenbergen. (1985). Runoff Probability, Storm, depth and curve numbers. J. Irrig. and Drain. Engrg., ASCE, 111 (4), 330-340.
Hjelmfelt, A.T. (1980b). I An empirical investigation of the curve number technique. J. Hydr. Div. ASCE, 106 (9), 1471-1476.
Hjelmfelt, A.T. (1991). Investigation of Curve Number Procedure. J. Hydr. Div. ASCE, 117 (6), 725-737.
Κωτούλας, Δ. (1986). Μαθήματα Γενικής Υδρολογίας και Υδραυλικής Α.Π.Θ. Έκδοση Υπηρ. Δημοσιευμάτων.

Anon. (1972). The preparation of maps and plans in terms of geology. Q. Jl. Engng. Geol., 5, 293-281.
Anon. (1972). The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Q. J1. Engng. Geol., 5, 293-281.
Anon. (1977). The description of rock masses for engineering purposes. Report by the Geological Society Engineering Group Working Party Q. J1. Engng. Geol., 10, 355-388.
Anon. (1981). Rock and Soil description for engineering geological mapping. Report by the commision of Engineering Geological Mapping. Bull. Int. Assoc. Engng. Geol. 24.
Bogoimolov, G. (1965). Hydrogeologie et notions de geologie d' ingenieur. Ed. de la Paix, Moscou (trad. Ft. 1965)
Βουζαράς, Α. (1992). Εκτίμηση Απορροής και Παροχών, από το Μέγεθος των Επεισοδίων Βροχής και τη Χρήση Γης, σε Λεκάνες χωρίς Υδρομετρικά Στοιχεία. «ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ» Προγράμματος Επαγγελματικής Κατάρτισης Γεωτεχνικών. ΓΕΩΤ. Ε.Ε. Παρ. Ανατολικής Στερεάς Ελλάδος.
Cheng-lung, C. (1982). Infiltration Formulas by Curve Number Procedure. J. Hydr. Div. ASCE, 108 (7), 823-829.
Chow, V.T. (1964). Handbook of Applied Hydrology, Section 21. Mc Graw-Hill, New York.
Dufaure J.J., Karaudren, B. and Sebrier, M. (1975). Les terrasses de Corinthie chronologie et deformation. C.R. Acad. Sci. Paris, 281-1943-1945.
Gray, D.D., P.G. Katz, S.M. de Monsabert and N.P. Cogo. (1982). Antecedent Moisture Condition Probabilitier, J. Irrig and Drain. Engrg., ASCE, 108(2), 107-114.
Hawkinks, R.H. (1978). Runnoff curve numbers with varying site Moisture. J. Irrig. and Drain. DIv., ASCE, 104 (4), 389-398.
Hawkins, R.H. (1983). Discussion of «Antecedent Moisture Condition Probabilities», by D.D. Gray et J. Irrig. and Drain. Engrg., ASCE 109 (2), 298-299.
Hawkins, R.H., A.T. Hjelmfelt and A.W. Zevenbergen. (1985). Runoff Probability, Storm, depth and curve numbers. J. Irrig. and Drain. Engrg., ASCE, 111 (4), 330-340.
Hjelmfelt, A.T. (1980b). I An empirical investigation of the curve number technique. J. Hydr. Div. ASCE, 106 (9), 1471-1476.
Hjelmfelt, A.T. (1991). Investigation of Curve Number Procedure. J. Hydr. Div. ASCE, 117 (6), 725-737.
Κωτούλας, Δ. (1986). Μαθήματα Γενικής Υδρολογίας και Υδραυλικής Α.Π.Θ. Έκδοση Υπηρ. Δημοσιευμάτων.

Λειβαδίτης, Γ., Αλεξούλη - Λειβαδίτη, Α. (1983). Γεωμορφολογική μελέτη της Αίγινας. Πρακτ. Ακαδ. Αθηνών, Τομ. 58ος, σ. 520 - 542.

Mariolakos, I. and Schrober, B. Agii Theodori - Korinth. Publ. of Depart. of Geological Paleont. Univ. of Athens, S.A., No 34, p. 17 - 21.

Μπορνόβας, Ι., Λαλεχός, Ν., Φιλιππάκης, Ν., Χριστοδούλου, Γ., Τσαΐλα - Μονόπωλη, Στ. (1971). Γεωλογικός χάρτης, φύλλο Σοφικού, Ι.Γ.Ε.Υ., Αθήνα.

Μπορνόβας, Ι., Λαλεχός, Ν., Φιλιππάκης, Ν., Χριστοδούλου, Γ., Τσαΐλα - Μονόπωλη, Στ. (1972). Γεωλογικός χάρτης, φύλλο Κορίνθου, Ι.Γ.Ε.Υ., Αθήνα.

Σκαγιάς, Σ. (1978). Απογραφή καρστικών πηγών Ελλάδος. Πελοπόννησος - Ζάκυνθος - Κεφαλονιά. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήναι.

Strahler, A.N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. Amer. Geoph. Union trans, 38, p. 913 - 920.

Soil Conservation Service, U.S.D.A. (1972). S.C.S National Engineering Handbook, Section 4. Hydrology, Soil Conservation Service, U.S. Dept. of Agriculture, Washington D.C.

Von Freyberg, B. (1972). Geologie des Isthmus von Korinth. Erlanger Geol. Abh., 95: 1 - 183.

Υδατικού Δυμαμικού και Φυσικών Πόρων Δ/νση. (1987). «Μετεωρολογικοί Βροχομετρικοί Σταθμοί της Χώρας - Μητρώο». Βιβλιοθήκη Υ.Β.Ε.Τ.

Η θεμελίωση της Γεωγραφίας κατά τη Νεοελληνική Επιστημονική Αναγέννηση (1750-1821): Κείμενα - Κριτήρια - Ιδεολογικές Προσεγγίσεις

Γ. Βλαχάκης
Κέντρο Νεοελληνικών Ερευνών, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Βασ. Κωνσταντίνου 48, Αθήνα

Περίληψη

Κατά την προεπαναστατική περίοδο στην Ελλάδα παράλληλα με την ανάπτυξη των άλλων Θετικών επιστημών, λόγω της διαμόρφωσης ενός πρόσφορου κλίματος για την ανάπτυξή τους, διαφάνηκε ανάμεσα στα άλλα και η αναγκαιότητα της απόκτησης γεωγραφικών γνώσεων. Γνώσεων που θα συνέβαλαν στην διαμόρφωση ελληνικής εθνικής συνείδησης καθώς επίσης θα ικανοποιούσαν και την ανάγκη γνωριμίας με τον υπόλοιπο κόσμο. Γνώσεις που θα άνοιγαν νέους ορίζοντες στις ευρύτερες εμπορευματικές συναλλαγές που ήδη είχαν φθάσει σε αρκετά υψηλό σημείο.

Με την εργασία αυτή επιχειρείται η σκιαγράφηση του πνευματικού κλίματος που επικρατούσε, των επιλογών των Ελλήνων λογίων και των αποτελεσμάτων που είχε η εισαγωγή της γεωγραφικής σκέψης στην Ελλάδα.

Abstract

During the prerevolutionary period in Greece in parallel with the development of other Natural and Exact sciences, it was considered necessary to be acquaintance with geographical knowledge. Knowledge which would contribute to the formation of Hellenic national conscience as well as satisfy the need for further understanding of the rest of the world.

Knowledge, which would open new orizons to the merchantship, an activity already adequately developed by the Greeks.

An outline of the prevailing intellectual climate, of the choices of the Greek scholars and of the results that the introduction of the geographical knowledge in Greece had, is attempted with this paper.

Εισαγωγή

Η Γεωγραφία είναι μία επιστήμη που εμπεριέχει το στοιχείο της ιστορικότητας[1]. Σαν επιστήμη όμως αυτόνομη με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και στόχους έχει και τη δική της Ιστορία. Ιστορία που θα καταδείξει την μη γραμμική εξελικτική πορεία της έως τη μορφή που σήμερα είναι αποδεκτή.

Η Γεωγραφία από τον 16ο αιώνα και μετά, γνώρισε σημαντική άνθηση, στις ευρωπαϊκές χώρες καθώς η ανάπτυξή της συνδυάστηκε με ζητούμενα των καιρών. Με άλλα λόγια η γεωγραφία δεν είναι μία ουδέτερη επιστήμη, όπως θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί π.χ. για τα μαθηματικά, συναντώντας φυσικά και στην περίπτωση αυτή ισχυρότατες αντιρρήσεις. Φαίνεται όμως ότι από τις Θετικές επιστήμες κατά την περίοδο που εξετάζουμε η Γεωγραφία είναι εκείνη που δέχτηκε αλληλεπιδράσεις στο μέγιστο βαθμό με κοινωνικές και πολιτικές καταστάσεις. Αυτό γίνεται εμφανές από την αντίληψη για τη γεωγραφική γνώση και τις σχετικές πρακτικές που επικρατούν στην Αγγλία[2] και τη Γαλλία[3] κατά τον 17ο και 18ο αιώνα, όπου διαφαίνεται καθαρά ο ρόλος της Γεωγραφίας στη διαμόρφωση αποικιοκρατικών αντιλήψεων.

Η Γεωγραφία με άλλα λόγια είχε σαν ένα από τους βασικούς στόχους της μέσα από την περιγραφή νέων κόσμων και πολιτισμών να αναδείξει τη μοναδικότητα του Δυτικού ανθρώπου, να δικαιολογήσει τη φιλοδοξία του να κυριαρχήσει στον κόσμο[4]. Παράλληλα ερχόταν ως αρωγός στον εντοπισμό νέων εμπορικών οδών, χερσαίων ή θαλάσσιων, ταξινομούσε την υπάρχουσα γνώση και την έκανε ευρύτερα εύληπτη μέσω σχετικά ενημερωμένων χαρτών, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη των σχέσεων μεταξύ λαών και στην αλληλεπίδραση των πολιτισμών τους.

---

1. *«Η Γεωγραφία και η Ιστορία, όχι μόνον στολίζουσι τον άνθρωπον, αλλά και τον αποκαθιστώσι τω όντι πολίτην, και ωφέλιμον εις την πολιτικήν Κοινωνίαν»*. γράφει ο Ανθιμος Γαζής, στον πρόλογο που προτάσει στην επανέκδοση της Γεωγραφίας του Μελετίου (σελ. ζ').

2. Για μία γενική προσέγγιση του θέματος της ανάπτυξης της Γεωγραφίας στην Αγγλία σημειώνουμε πρόχειρα: Lesley B. Cormack, Good Fences make Good Neighbours: Geography as Self-Definition in Early Modern England, *ISIS*, 82, 314, pp. 639-661.

3. Για την κατάσταση της Γεωγραφίας στη Γαλλία κατά το 18ο αιώνα βλέπε: Anne Godlewska, Traditions, Crisis, and New Paradigms in the Rise of the Modern French Discipline of Geography 1760-1850, Annals of the Association of American Geographers, 79(2), 1989, pp. 192-213 Anne Godlewska, Map, Text and Image. The mentality of enlightenment conquerors: a new look at the Description de l' Egypte, Trans. Inst. *Br. Geogr.* NS 20, 5-28, 1995.

4. ό.π. σημ. 2, σελ. 640: *"The English were increasingly defining themselves and their country as separate from the Continent and the rest of the terraqueous globe... through the study of geography"*.

Οι δύο αυτές διαστάσεις της γεωγραφικής σκέψης δικαιολογούν την αποδοχή της Γεωγραφίας ως επιστημονικού κλάδου.

Στην παρούσα εργασία επικεντρώνουμε την προσοχή μας στη μελέτη της θεμελίωσης και ανάπτυξης της Γεωγραφίας στο χώρο της καθ'ημάς Ανατολής, όπου σε μία περιοχή της ευρωπαϊκής περιφέρειας, ευρισκόμενη υπό τον Οθωμανικό ζυγό για περίπου 350 χρόνια αρχίζει να διαφαίνεται, μετά το 1750, έντονα πια ένα ενδιαφέρον για τις Επιστήμες που πραγματικά εντυπωσιάζει[5].

Στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος «Επιδράσεις της ευρωπαϊκής επιστημονικής σκέψης στον ευρύτερο ελληνικό πνευματικό χώρο, 18ος - 19ος αι.» του ΚΝΕ/ΕΙΕ έχει ήδη πραγματοποιηθεί η επεξεργασία σημαντικού μέρους της έντυπης παραγωγής επιστημονικών βιβλίων.

Εδώ θα παρουσιάσουμε ενδεικτικά στοιχεία από το πλούσιο γεωγραφικό υλικό που κυκλοφόρησε στην Ελλάδα πριν το 1821. Η καταγραφή έχει ήδη γίνει[6].

Προσθήκες - συμπληρώσεις στον τομέα αυτό δευτερευόντως μόνο θα προσφέρουν. Η γενική εικόνα έχει σχηματιστεί. Μένει η μελέτη των εσωτερικών παραμέτρων των γεωγραφικών κειμένων, η επισήμανση των πηγών και ο σχολιασμός τους.

Ας επικαλεστούμε μερικά στατιστικά στοιχεία για τα κείμενα Γεωγραφίας.

Βλέπουμε λοιπόν ότι από 190 περίπου τίτλους επιστημονικών βιβλίων που κυκλοφόρησαν σε έντυπη μορφή πριν το 1821, 37, δηλαδή περίπου το 20% είναι βιβλία ή χάρτες γεωγραφίας.

Δεν επεκτεινόμαστε στην περίπτωση των χειρογράφων, περίπου 700 ανέκδοτα έργα αστρονομίας - γεωγραφίας έχουν μέχρι σήμερα εντοπιστεί, που η μελέτη τους έχει αναμφισβήτητα πολλά να προσθέσει στη γνώση μας για τη γεωγραφική σκέψη εκείνης της περιόδου, αυτά θα μας απασχολήσουν σε μία άλλη περίσταση.

Ας προσεγγίσουμε στη συνέχεια το περιεχόμενο των βιβλίων γεωγραφίας. Στην προσπάθεια αυτή θα βασιστούμε στον παραδοσιακό διαχωρισμό της γεωγραφίας σε επιμέρους κλάδους[7,8].

---

5. Για μιά περιεκτική επισκόπηση των Θετικών Επιστημών βλέπε: Γιάννης Καράς, Οι θετικές επιστήμες στον ελληνικό χώρο (15ος - 19ος αιώνας), Ι. Ζαχαρόπουλος, Αθήνα 1991.

6. Βλ. Γιάννης Καράς, *Οι επιστήμες στην Τουρκοκρατία.Χειρόγραφα και έντυπα.* 3 τομ., Εστία, 1992.

7. Ο Νικηφόρος Θεοτόκης διακρίνει τη Γεωγραφία ως εξής: *«Γεωγραφία έστι Γης περιγραφή Μαθηματική, Φυσική και Πολιτική. ... Ταύταις προστίθωνται και η Ηθική Γεωγραφία, η Εμπορική και η Θεολογική»*.

8. Μία πρώτη διαίρεση της γεωγραφίας σε κλάδους έγινε από τον John Dee, *The mathematical Praeface to the Elements of Euclid* (London, 1570).

Ιστορική γεωγραφία

Ο πρώτος κλάδος της γεωγραφίας που θα εξετάσουμε είναι η Ιστορική Γεωγραφία. Ενα ενδεικτικό βιβλίο αυτής της κατηγορίας, που κυκλοφόρησε κατά την προεπαναστατική περίοδο είναι το βιβλίο του Κωνσταντίνου Κούμα *«Σύνοψις της Παλαιάς Γεωγραφίας»*, Βιέννη 1812.

Αναρωτιέται κανείς ποιό σκεπτικό ακολουθώντας ο Κούμας μεταφράζει από τα Γερμανικά και εκδίδει ένα έργο αυτού τού περιεχομένου. Τη στιγμή μάλιστα, που σαν ένας από τους κυριώτερους εκφραστές του δυτικού πνεύματος την ίδια χρονιά εκδίδει και τη «νευτωνική» σε γενικές γραμμές και πάντως σίγουρα προσαρμοσμένη στα Ευρωπαϊκά πράγματα *«Σύνοψιν Φυσικής»*.

Την απάντηση μας τη δίνει ο ίδιος ο Κούμας. Ένα σχετικό βιβλίο θα βοηθούσε στην καλύτερη κατανόηση των τόπων που περιγράφονται από τους κλασσικούς οι οποίοι *«διδάσκονται εις τα σχολεία μας με μέθοδον καλητέραν παρά πρότερον»*[9]. Φυσικά και άλλοι λόγιοι της εποχής υποστήριξαν ανάλογες απόψεις.

Βρίσκεται δηλαδή το βιβλίο του Κούμα σε μία κατεύθυνση που επιδιώκει παράλληλα με τα φώτα των Ευρωπαίων να δημιουργήσει τις προϋποθέσεις για την ανασύσταση του αρχαίου ελληνικού κόσμου, να ιχνηλατήσει τις συνέχειες, ιστορικές και πολιτιστικές στο πέρασμα των χρόνων.

Άλλωστε είναι ζωντανή η παράδοση και η συμβολή των αρχαίων στη θεμελίωση της γεωγραφικής επιστήμης.

Πηγή του όπως ο ίδιος σημειώνει η διασκευασμένη για χρήση στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Αυστριακής μοναρχίας έκδοση του βιβλίου του Nitsch. Βοηθός του στην προσπάθεια αυτή ο *«Στράβων»* που εξέδωσε ο Κοραής, Παρίσι 1815, και η η *«Συλλογή των πάλαι καθ' επιτομήν γεωγραφησάντων»*, Βιέννη, 1807.

Φαίνεται με τον τρόπο αυτό η φροντίδα του μεταφραστή να αποδώσει σωστά τα αρχαία τοπονύμια, να μην προκαλέσει σύγχιση. Σύγχιση που φοβάται ότι θα δημιουργηθεί από την παράλληλη παράθεση των νεωτέρων ονομάτων που ταυτίζουν τις αρχαίες θέσεις με τοποθεσίες της περιόδου της Τουρκοκρατίας. Και τούτο γιατί:

«Τα νεώτερα της Ελλάδος ονόματα δυσκόλως δυνάμεθα να μάθωμεν από τους Ευρωπαίους, το μέν ότι δεν εμπορούν ούτοι να τα εκφράσωσιν ακριβώς και να τα γράψωσιν απαραλλάκτως, το δε, ότι παρέλαβαν

---

9. Κωνσταντίνος Κούμας, Σύνοψις της Παλαιάς Γεωγραφίας, Βιέννη, 1812, σελ. γ'.

πολλά επταισμένως από τους προ αυτών περιηγητάς και συγγραφείς και τα μεταδίδουσιν ούτως εις τους διαδόχους των»[10].

Η λύση που προκρίνει είναι η συγγραφή της ελληνικής Γεωγραφίας από Έλληνες. Καθένας να γράψει για τον τόπο του με *«όσην δύναται ακρίβειαν»*[11] όπως άλλωστε είχε ήδη τονίσει ο Δανιήλ Φιλιππίδης στη *«Νεωτερική Γεωγραφία»*. Ενα άλλο στοιχείο που πρέπει να συγκρατήσουμε από το βιβλίο του Κούμα είναι η βασική προϋπόθεση για τη σωστή διδασκαλία της Γεωγραφίας, και δεν είναι άλλη από τη χρήση χαρτών.

Φυσική - Πολιτική γεωγραφία

Ένα σημαντικό βιβλίο κυρίως πολιτικής γεωγραφίας της περιόδου της νεοελληνικής επιστημονικής αναγέννησης είναι η *«Γεωγραφία Νεωτερική»* των Δανιήλ Φιλλιπίδη και Γρηγορίου Κωνσταντά, Βιέννη 1791. Είναι και αυτό βιβλίο βασισμένο σε δάνεια κείμενα, «ερανισθείσα από διαφόρους συγγραφείς» μας πληροφορούν στον υπότιτλο ο Δανιήλ Φιλλιπίδης και ο Γρηγόριος Κωνσταντάς.

Η Αικατερινή Κουμαριανού στην εμπεριστατωμένη «Εισαγωγή» που προέταξε στην πρόσφατη επανέκδοση του έργου αυτού (Ερμής, Αθήνα 1988) προσεγγίζει τις πηγές τους. Βασικές πηγές της *Νεωτερικής Γεωγραφίας* υπήρξαν λοιπόν η *Geographie Moderne*, του Nicolle de la Croix, Paris 1748, η *Geographie Ancienne et Geographie Moderne* της *Encyclopedie Methodique* του Panckoucke[12].

Η δεύτερη όπου ο Morvilliers επίμονα αναφέρεται στην επί τόπου αυτοψία για την περιγραφή των τόπων οδήγησε και τους Δημητριείς σε παρόμοια βήματα[13].

Η τύχη του βιβλίου αυτού, με ιδεολογικές προκείμενες δύσκολα αποδεκτές σε μία εποχή με κυρίαρχο χαρακτηριστικό, όπως με λύπη οι ίδιοι οι λόγιοι θα ομολογούσαν την αμάθεια και τη δεισιδαιμονία είναι αμφιλεγόμενη. Όπως και πάλι η Αικ. Κουμαριανού μας πληροφορεί αρκετοί ξένοι περιηγητές αναφέρθηκαν σε αυτό με σχόλια κατά βάση θετικά[14]. Ας ανιχνεύσουμε όμως τώρα το περιεχόμενο του βιβλίου.

---

10. ό.π. σημ. 9, σελ. ε'.
11. ό.π. σημ. 9, σελ. στ'.
12. Δημητριείς, *Γεωγραφία Νεωτερική*, Επιμ. Αικατερίνη Κουμαριανού, Ερμής 1988, σελ. 38*-44*.
13. ό.π. σημ. 12, σελ. 46*.
14. ό.π. σημ. 12, σελ. 12*-28*.

Στο «προοίμιον» οι Δημητριείς αξιολογούν τη γεωγραφία ως επιστήμη: *«Το της Γεωγραφίας χρήσιμον ίνα μη ταναγκαίον είπομεν»*[15], αλλά γιατί; Διότι«ο την Οικουμένην εν αγνοία δι' αμέλειαν και αμάθειαν τυγχάνων το νήπιον εστί της Οικουμένης»[16], αλλά και γιατί η γεωγραφία αποτελεί προαπαιτούμενο για τη σωστή σπουδή της Ιστορίας. Παράλληλα η ευκρινής και πλήρης έννοια που μέσω της γεωγραφίας κανείς προσλαμβάνει για την Οικουμένη τον συνδράμει στην κατανόηση *«της υπερσόφου σοφίας, και υπέρ δύναμιν δυνάμεως, και της υπεραγάθου αγαθότητος»*[17].

Η σύνδεση μιας καθ' ολα πρακτικής, περιγραφικής επιστήμης του υλικού κόσμου με μεταφυσικές ανησυχίες δεν είναι τυχαία. Παράμετρος βασική κατά την Νεοελληνική Αναγέννηση, συμπληρωματική της δυτικής σκέψης, η Θρησκεία, η Ορθόδοξη Ανατολική Εκκλησία κατ' επέκταση και φυσικά απαίτηση των κύκλων της Εκκλησίας η συμβατότητα επιστημονικών υποθέσεων και θρησκευτικών δογμάτων προκειμένου οι πρώτες τελικά να γίνουν αποδεκτές[18].

Αξίζει όμως να σημειωθεί και η σύνδεση γης και σύμπαντος. Αν δεν γνωρίζουμε τη θέση της γης στο Σύμπαν (αντικείμενο της Μαθηματικής Γεωγραφίας) πώς θα σπουδάσουμε τα του πλανήτη μας; Άλλη μια συνειδητή ιδεολογική παρατήρηση των συγγραφέων της Νεωτερικής Γεωγραφίας που σε αυτό το θέμα συνταυτίζονται και με άλλους λόγιους της προεπαναστατικής περιόδου[19].

Και τελικά η σύγκριση: από τη μιά *«η ημετέρα Ελλάς, η πανάθλιος και δύστηχος Ελλάς»* από την άλλη τα *«Ευρωπαϊκά γένη»* στα οποία *«μύρια εισί γεωγραφικά συγγράμματα»*[20].

Οι Δημητριείς δεν υπήρξαν κατ' επάγγελμα Γεωγράφοι, η γεωγραφία τους όμως είναι δομημένη με επαγγελματισμό. Και κυρίως βασίζεται σε στοιχεία που για τις περιοχές του ευρύτερου ελληνισμού συλλέχτηκαν με επαγγελματικό τρόπο. Σημειώνουμε ότι από τις 484 σελίδες του τόμου, οι 144 είναι αφιερωμένες στην Ελλάδα:

---

15. ό.π. σημ. 12, σελ. 7.
16. ό.π. σημ. 12, σελ. 7.
17. ό.π. σημ. 12, σελ.8.
18. Η σχέση Εκκλησίας και επιστήμης εξετάζεται με παράθεση ενδιαφερόντων στοιχείων στο:Μανουήλ Γεδεών, *Η πνευματική κίνησις του Γένους κατά τον ΙΗ'- ΙΘ'* αιώνα, Εκδ. φροντ. Αλκης Αγγέλου - Φίλλιπος Ηλιού, Ερμής, 1976.
19. Σχετικά με τις ιδεολογικές διαστάσεις της συσχέτισης Γης και Σύμπαντος βλ. ενδεικτικά: Παναγιώτης Κονδύλης, Το Ηλιοκεντρικό Σύστημα και η πληθύς των Κόσμων, στο: *Νεοελληνικός Διαφωτισμός, Οι Φιλοσοφικές ιδέες*. Θεμέλιο,1988, σελ.109 - 128.
20. ό.π. σημ.12, σελ.8.

«Περιγράφωντας την Ελλάδα, θέλω την δώση μιά έκταση μεγαλύτερη από εκείνη οπού τήν δίδουν οι ευρωπαίοι, και ακολούθως πολύ μεγαλύτερη από εκείνη οπού οι παλαιοί γεωγράφοι την έδιναν δια τον λόγον όπου οι παλαιοί ωνόμασαν και τη Μακεδονία Ελλάδα, και οι Νεώτεροι και τη Θράκη»[21].

Ο χώρος προσδιορίζεται με ακριβείς συντεταγμένες:

«Η Ελλάδα της Ευρώπης (γιατί αναφέρεται και η Ασιατική Ελλάδα) κείται αναμεταξύ εις τας 36 μοίρας και 1/2 και εις τας 43 του αρκτώου πλάτους και αναμεταξύ εις ταις 37 και εις ταις 46 και 35' λεπτά του μήκους»[22].

Η αγάπη, η νοσταλγία για το κλέος που χάθηκε γίνεται εμφανής στην περιγραφή της Αττικής όπου είναι αρκετά μεγαλύτερη από αυτή άλλων περιοχών της Ελλάδος και γι' αυτό δικαιολογούνται οι συγγραφείς:

«Θέλεις μ' είσαι συγγνωμωνικός αναγνώστα οπού φθάνωντας εις την Αττική και τη μητρόπολι της, εξαπλώθηκα ολίγο, τρόπον τινα παρά το προκείμενό μου. το αξιόλογο του υποκειμένου και η σπάνις οπού έχομεν από βιβλία εις την γλώσσαν μας μ' έκαμαν. Αν ένας (Φραντζέζος οπού είναι ξένος) λοιπόν φθάνωντας εδώ εκτείνεται, εγώ έπρεπε να περάσω σιωπώντας»[23];

Αλλά το εθνικό στοιχείο τονίστηκε ήδη αρκετά. Υπάρχει και μία αντίστοιχη διεθνιστική πινελιά που δεν πρέπει να υποτιμηθεί και σχόλια με ευρύτερο κοινωνικό μήνυμα. Οπως για παράδειγμα η παρατήρηση που γίνεται κατά την περίγραφη της Μολδοβίας (Μολδαβίας):

«Ολοι ενεργούν τα της θρησκείας τους με ελευθερία. Οι ανατολικοί εστάθηκαν πάντοτε ανεξίθρησκοι, το οποίο είναι αρετή οι σοφοί μας όμως Ευρωπαίοι μόλις τώρα άρχισαν μερικοί να βγαίνουν από τη δεισιδαιμονία της μισοθρησκείας»[24].

Ενώ και στην περιγραφή της Νικόπολης σημειώνεται:

«Πολλοί σοφοί Γραικοί... ετραβήχθησαν εις την Ιταλία. Η παρουσία τους εις την Ιταλία έκαμε να ξαναγεννήθη η σπουδή της Ελληνικής γλώσσας και να ανανεωθούν οι επιστήμες στη Δύση»[25].

Ιδιαίτερη είναι και η συμβολή του Άνθιμου Γαζή στην ανάπτυξη της Πολιτικής Γεωγραφίας, καθώς προχώρησε στη σχολιασμένη και εμπλουτισμένη επανέκδοση της «Γεωγραφίας παλαιάς και νέας» του Μελετίου.

---

21. ό.π. σημ.12, σελ. 107.
22. ό.π. σημ.12, σελ. 109.
23. ό.π. σημ.12, σελ.155.
24. ό.π. σημ.12, σελ. 258.
25. ό.π. σημ. 12, σελ. 267.

Η Γεωγραφία του Μελετίου είναι βέβαιο ότι προηγήθηκε της εποχής της. Εισήγαγε μεθοδολογικές προσεγγίσεις άγνωστες στον ελληνικό χώρο αλλά και παρουσίασε σημαντικές γεωγραφικές γνώσεις συνδυάζοντας τη λεπτομέρεια που είναι αναγκαία σε αναφορές για περιοχές μικρής κλίμακας, όπως της πατρίδας μας, με την ευρύτητα και τη συμπυκνωμένη γνώση που απαιτείται όταν κανείς προσεγγίζει το σύνολο του πλανήτη.

Η δεύτερη έκδοση περιέχει σημαντικές προσθήκες του Γαζή, από τις οποίες επιλέγουμε ορισμένες που έχουν άμεση πολιτική διάσταση.

Αναφερόμενος στη Γαλλική επανάσταση ο Γαζής τονίζει:

«Τα μεγάλα βήματα της Επαναστάσεως επροχώρησαν. Ο λαός μη υποφέρων πλέον την των ευγενών τυραννίαν, αποτεινάξας τον ζυγόν έλαβε εις χείρας του την εξουσίαν..., η προκήρυξις των δικαίων του ανθρώπου εφάνη, η Φράνσα την υπερασπίζεται, η αγάπη της ελευθερίας ενεφυτεύθη εις την καρδίαν του έθνους...»[26].

Αντίστοιχη είναι η προσέγγιση του και στο ζήτημα της ανεξαρτησίας της Αμερικής:

«Αυταί αι δυστυχείς αποικίαι βεβαρυμέναι από τον ζυγόν, αφ' ου διά συμφωνειών σφικτών ηνώθησαν, άρπαξαν τα αρματα εις τας χείρας με στερεάν απόφασιν, ή να ελευθερωθώσιν ή να αποθάνωσιν εντίμως και όχι να μένωσι σκλάβοι των Άγγλων[27]».

Ο Γαζής είναι σαφές ότι υποβάλει στους αναγνώστες του το ζήτημα της εθνικοαπελευθερωτικής εξέγερσης αλλά παράλληλα εκφράζει έμμεσα και μία προτίμηση για το πολίτευμα της μελλοντικά ανεξάρτητης Ελλάδας. Η προτίμηση αυτή διαφαίνεται σε αρκετά σημεία του κειμένου του, καθώς μάλιστα ακόμα και τη διοίκηση της Αγγλίας θεωρεί Μικτή δηλ. και Μοναρχική και Δημοκρατική.

Αντίστοιχα αναφέρεται και στον τρόπο διοίκησης ημιαυτόνομων περιοχών της Ελλάδας όπως τα Ζαγοροχώρια:

«η διοικήσις τούτων των χωρίων είναι σχεδόν Δημοκρατική, χαίρουσα πολλά προνόμια,...».

Μαθηματική Γεωγραφία

Θα στρέψουμε για λίγο την προσοχή μας σε ένα άλλο κλάδο της Γεωγραφίας που και αυτός αναπτύχθηκε κατά την προεπαναστατική περίοδο, τη θεωρητική, τη μαθηματική Γεωγραφία. Συνήθως η μαθηματική

---

26. Άνθιμος Γαζής, σελ.171.
27. ό.π. σημ.26, σελ. 114 - 115.

Γεωγραφία αποτελεί την «εισαγωγή» των γενικότερων γεωγραφικών εγχειριδίων καθώς η γνώση της θεωρείται προαπαιτούμενη για τη σωστή μελέτη των θεμάτων που ακολουθούν.

Σημαντικό κείμενο στον τομέα αυτό, η *«Θεωρία της Γεωγραφίας»* του Ιώσηπου Μοισιόδακα, Βιέννη 1781.

Στον πρόλογό του ο Μοισιόδαξ, κάνει μια ενδιαφέρουσα κοινωνιολογικού περιεχομένου διαπίστωση, προκειμένου να πιστοποιήσει ότι *«ουδείς πάντως δύναται να αρνηθή μετά λόγου πως η Γεωγραφία είναι μία των αναγκαιοτάτων επιστημών»*[28].

Ας δανεισθούμε τα λόγια του[29]:

«Η γη ολικώς λαμβανομένη, είναι λογιστέα ως προς τους ανθρώπους μία οίκησις κοινή, αι ζώναι δε και τα κλίματα αυτής τοσαύτα καταγώγια μερικά, εν οποίοις οικούντα αυτά ή αυτά τα φύλα των ανθρώπων, αφίστανται μεν απάλλήλων τοσούτον ή τοσούτον, πάντα όμως περιέχονται εν τη γη ως εν μιά εν τη αυτή οικήσει».

Αλλά ο Μοισιόδαξ, ο οποίος είχε ήδη εκδώσει ένα ριζοσπαστικό για την εποχή του κείμενο, την *«Απολογία»*, Βιέννη 1780 και στην οποία παραπέμπει αρκετές φόρες για διευκρινίσεις στη *«Θεωρία της Γεωγραφίας»* πραγματοποιεί μια σχεδόν αδιόρατη συντηρητική στροφή[30]. Είναι συνειδητή ή απλώς αποτελεί ένα ακόμα παράδειγμα των αντιφάσεων που συναντάμε συχνά σε λόγιους της προεπαναστατικής περιόδου; Μάλλον το δεύτερο.

Αυτή είναι άλλωστε και η περίπτωση του Νικηφόρου Θεοτόκη, ο οποίος θεωρείται ο εισηγητής της νευτωνικής κοσμολογίας στον ελληνικό χώρο. Στην μεν Φυσική (*Στοιχεία Φυσικής*, 1766-67) του φαίνεται να προκρίνει την «υπόθεση» του Κοπέρνικου, στη γραμμένη όμως περίπου την ίδια περίοδο αλλά εκδομένη από τον Γαζή μόλις το 1804 Γεωγραφία του η θεώρηση του κόσμου είναι καθαρά γεωκεντρική αναγκάζοντας τον εκδότη να παρέμβει και σε υποσημείωση να σημειώσει ότι το ηλιακό σύστημα έχει κέντρο τον Ηλιο, *«το οποίον εξηγεί φυσικώτατα όλα τα φαινόμενα»*[31].

Ας επιστρέψουμε στη Γεωγραφία του Μοισιόδακα που είναι παρόλα αυτά κείμενο εξαιρετικά ενημερωμένο. Πολλά στοιχεία παίρνει από τις περιγραφές των δύο ταξιδιών του James Cook, φτάνει μέχρι και το 1774.

---

28. Ιώσηπος Μοισιόδαξ, *Θεωρία της Γεωγραφίας*, Βιέννη 1781, σελ. VI.
29. ό.π. σημ. 12, σελ. VI.
30. Ιώσηπος Μοισιόδαξ, ό.π. σημ. 26, σελ. XV: *«Εν ω εγκρίνω την δόξαν των Νεωτέρων, μήτε επικυρώ, μήτε ακυρώ αυτήν την δόξαν. Πολύ μεν το διάστημα από ημών άχρι τών άστρων, πολλά δε τα προσηστάμενα τη πληροφορία είτε της Γης είτε του Ηλίου».*
31. Άνθιμος Γαζής, *Στοιχεία Γεωγραφίας Νικηφόρου Θεοτόκη*, σελ. 41.

Ενώ γνωρίζοντας το γεγονός ότι έγινε και τρίτο ταξίδι αναρωτιέται *«πόση εχρημάτισεν η τελεσφορία και τούτου του τελευταίου πλού;»* και περιμένει την έκδοση της περιγραφής του[32]. Ακόμα ξέρει πολύ καλά το πρόβλημα του προσδιορισμού του γεωγραφικού μήκους με ακρίβεια και γνωρίσει πως αυτό λύθηκε από τον Harrison το 1765[33]. Ψάχνει να βρει στη Βιέννη, ένα αντίστοιχης ακρίβειας ρολόϊ αλλά δεν τα καταφέρνει. Πάντως ελπίζει ότι κάποτε θα το περιγράψει.

Ο Μοισιόδαξ μας πληροφορεί ακόμα πως οι Ρώσσοι παρά τις περιγραφές των γεωγράφων τους π.χ. Bering, Synd κλπ. πληροφορήθηκαν από τον Cook για τη Βορειοδυτική Αμερική[34].

Ακόμα περιγράφει τα κλίματα, αναφέρεται στη μέτρηση της διαμέτρου της γης σύμφωνα με οκτώ διαφορετικούς επιστήμονες και δίνει ένα αρκετά ενημερωμένο κατάλογο των Ευρωπαίων εξερευνητών στην Ασία και Αφρική τους οποίους τιμά ιδιαίτερα[35]. Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι η «Θεωρία της Γεωγραφίας» είναι ένα έργο με στοιχεία πρωτοτυπίας στη σύνθεση του, ενημερωμένο και γραμμένο με τρόπο που καθιστά εύκολη την αναγνωσή του. Με λίγα λόγια: ένα έργο αρρωγός σε εκείνον που θα ήθελε να αποκτήσει κάποιες γεωγραφικές γνώσεις στα τέλη του 18ου αιώνα. Κλείνουμε την αναφορά μας στο βιβλίο του Μοισιόδακα με μία πληροφορία που ο ίδιος παρέχει για την ποιότητα και τη διακίνηση των γεωγραφικών σφαιρών. Θεωρεί καλύτερες, πιο ενημερωμένες τις αγγλικές, ενώ πιστεύει οτι οι γερμανικές περιέχουν σφάλματα.

Και συμβουλεύει να τις προμηθεύονται *«όσοι μεν κατοικούσιν εν ταις παραλίαις από Ουενετίας, ή άλλων τόπων παραθαλασσίων, όσοι δε εν τη ΒλαχοΜολδαυϊα από Ουϊέννης ή από Λειψίας»*[36].

Ύστερη περίοδος

Ας μεταφερθούμε τώρα στην ύστερη περίοδο της νεοελληνικής επιστημονικής αναγέννησης. Η τελευταία Γεωγραφία που εκδίδεται ήταν αυτή του θεσσαλού δασκάλου των επιστημών Διονυσίου Πύρρου, Βενετία 1818.

Παρά την πρόοδο που έχει συντελεστεί επί μία σχεδόν πεντηκονταετία στα ελληνικά γράμματα οι αιτιάσεις για την έκδοση αυτού του βι-

---

32. Ιώσηπος Μοισιόδαξ, ό.π. σημ.26, σελ. 30.
33. Ιώσηπος Μοισιόδαξ, ό.π. σημ. 26, σελ. 44.
34. Ιώσηπος Μοισιόδαξ, ό.π. σημ. 26, σελ. 36.
35. Ιώσηπος Μοισιόδαξ, ό.π. σημ. 26, σελ. 54.
36. Ιώσηπος Μοισιόδαξ, ό.π. σημ. 26, σελ. XI.

βλίου που τιτλοφορείται *«Γεωγραφία Μεθοδική Απάσης της Οικουμένης»* παραμένουν αμετάλλακτες:

«Η Ελλάς, η οποία κατά το παρόν είναι πολλά ταπεινή, υστερείται ακόμη από πολλά βιβλία, αναγκαία και χρειαζούμενα εις την αναγέννησιν της»[37]. Η δομή του βιβλίου είναι παρόμοια με αυτή ενός σύγχρονου εκπαιδευτικού βιβλίου Γεωγραφίας.

Υπάρχει ένα πρώτο μέρος μαθηματικής Γεωγραφίας με ορισμούς, παραδείγματα και σχετικά προβλήματα. Προβλήματα που όπως τονίζει ο Πύρρος λύνονται με τη βοήθεια της Υδρογείου Σφαίρας και της γεωγραφικής Χάρτας. Μάλιστα και σε αυτό το βιβλίο αλλά και σε άλλα βιβλία του Πύρρου δίνεται η πληροφορία ότι ο ίδιος είχε κατασκευάσει σφαίρες και χάρτες[38] που δυστυχώς όμως δεν διασώθηκαν ή τουλάχιστον η ιστορική έρευνα, δεν έχει εντοπίσει προς το παρόν. Στη συνέχεια περνά στο ειδικό μέρος οπού μελετάει κάθε χώρα, της Ευρώπης, της Ασίας, της Αφρικής και της Αμερικής. και δίνει πληροφορίες για:

α) Πολίτευμα β) Σύνορα γ) Μέγεθος δ) Όρη ε) Ύδατα στ) Κλίμα ζ) Προϊόντα η) Κάτοικοι θ) Ήθη ι) Διάλεκτος ια) Θρησκεία ιβ) Πόλεις ιγ) Αρχαιότητες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το πέμπτο μέρος του βιβλίου επιγραφόμενο: ΓΗ ΑΓΝΩΣΤΟΣ, όπου αναφέρεται στην Αρκτική και την Ανταρκτική[39]. Γενικά είναι ένα βιβλίο που περιέχει σύγχρονες για την εποχή του πληροφορίες και όπου έχει ήδη διαμορφωθεί ένας τύπος που αργότερα θα γενικευτεί και θα αποτελέσει πρότυπο του γεωγραφικού εγχειριδίου μέχρι σήμερα.

Ολοκληρώνοντας την αναφορά μας στα έντυπα κείμενα Γεωγραφίας της προεπαναστατικής περιόδου θα πρέπει να αναφερθούμε και σε μιά σειρά ιδιότυπα έργα.

Σε αυτά ανήκει η τρίτομη Ιστορία της Ελλάδος που μεταφράστηκε στα ελληνικά από τον Δημήτριο Αλεξανδρίδη. Ο ίδιος παρέδωσε στο ελληνικό αναγνωστικό κοινό και δύο έργα χωρογραφίας[40], γραμμένα από Άραβες σύμφωνα με την ισλαμική παράδοση. Είναι το έργο του σπουδαίου Άραβα γεωγράφου Αμπουλφέδα *«Περιγραφή Χορασμίας, Μαουα-*

---

37. Διονυσίου Πύρρου, *Γεωγραφία Μεθοδική απάσης της Οικουμένης*, Βενετία 1818, σελ. στ'.

38. ό.π. σημ. 34, σελ. 10: *«Εγώ όμως εις τον νέον Ποσειδώνα ήτοι εις την νέαν Ελληνικήν θαλάσσιον μου χάρταν...»*.

39. ό.π. σημ. 34, σελ. 293 - 294.

40. Ο Θεοτόκης ορίζει τη Χωρογραφία ως εξής: (σελ. 5) «Χωρογραφία περιήγησις μεν εστι και αυτή, και περίοδος γης, καθά και η Γεωγραφία, πλην ουχί της όλης, αλλά μέρους τινος αυτής, και ως ειπείν χώρας ή χωρών ή χωρίων τινών,»

ραλνάχρης κ.λπ.», χρησιμοποιώντας το αραβικό πρωτότυπο και διορθώνοντας τις εκδόσεις της Οξφόρδης[41]. Επίσης μετέφρασε και το έργο *«Δύο πίνακες γεωγραφικοί ο μεν Νασσίρ Εδδίνου Πέρσου ο δε Ουλούγ Μπέϊ Τατάρου»*[42].

Ενδιαφέρουσα επίσης απόπειρα, που φαίνεται ότι βρήκε ανταπόκριση στην εποχή της, από τις τέσσερεις εκδόσεις που γνώρισε, πράγμα σπάνιο για την προεπαναστατική περίοδο, υπήρξε το *«Λεξικόν Γεωγραφικόν πρόχειρον Ιταλό-Γραικικόν»* του Σπυρίδωνος Βλαντή[43].

Μιά άλλη διάσταση, διαπλεκόμενη και με πολιτικές σκοπιμότητες αναδεικνύεται και από τη χαρτογραφική παραγωγή του γνωστού διαφωτιστή, Ανθιμου Γαζή, στον οποίο ήδη αναφερθήκαμε ως εκδότη γεωγραφικών βιβλίων. Οι καιροί απαιτούν το συνδυασμό της γνώσης της στενής τοπικής περιφέρειας αλλά και του κόσμου θεμελιώνοντας την εθνική μας ταυτότητα και αναδεικνύοντας τον ρόλο του ελληνισμού σε παγκόσμιο επίπεδο.

Έτσι ο Γαζής τυπώνει π.χ. χάρτη για τη Μαγνησία αλλά και για την Ασία[44]. Οι χάρτεςτου ελληνικού χώρου όπως ο χάρτης του Ρήγα[45] δεν έχουν αποκλειστικά εκπαιδευτικό χαρακτήρα. Σημειώνουν με το δικό τους τρόπο, το κέλευσμα για ανεξαρτησία.

Μένοντας για λίγο ακόμα στην προεπαναστατική περίοδο θα επισημάνουμε και τη σχετική εκδοτική παραγωγή του Κυριακού Καπετανάκη. Μας δίνει τη διάσταση της επίδρασης της γερμανικής γεωγραφικής σχολής. Οι προηγούμενες με εξαίρεση τον Κούμα, είχαν στηριχθεί, είχαν αντλήσει τις πληροφορίες και το ύφος τους από τη γαλλική αντίληψη περί γεωγραφίας.

Ο Καπετανάκης μεταφράζει τα έργα του Γερμανού γεωγράφου Christian Adam Gaspar. Η επιλογή του δεν είναι τυχαία:

---

41. Μία από τις εκδόσεις της Οξφόρδης είναι η :Chorasmie et Maualanachrae, hoc est regiorum extra Fluvium Oxum descriptio Maris Alkazum, he Maris Rubri, Opera et studio J. Gravii, 1698. Άλλες εκδόσεις: 1650, 1771.

42. Το πρωτότυπο: Binae tabulae geographicae, una Nassir Eddini Persae, altera Ulug Beigi Tartari, Opera et studii Johannis Gravii num primum publicatae, Arab et Latin, pp. 64, Typis Jacobi Flesher, Londini 1652.

43. Λεξικόν Γεωγραφικόν πρόχειρον Ιταλό-Γραικικόν ... παρά Σπυρίδωνος Βλαντή, Βενετία. 1792, και 1806, 1815, 1819.

44. Πίναξ Γεωγραφικός της Ασίας εκδοθείς υπό Ανθίμου Γαζή, Βιέννη 1802 και Η Μαγνησία υπό Α. Γαζή, Βιέννη,1814.

45. Ρήγας, χάρτα της Ελλάδος... εν σώμα εις 12 τμήματα, νυν πρώτον εκδοθείσα παρά του Ρήγα Βελεστινλή Θετταλού χάριν των Ελλήνων και Φιλελλήνων, Βιέννη 1797. Εχαράχθη παρά του Φρανσουά Μήλλερ.

«ερευνήσας λοιπόν και συγκρίνας προς αλλήλους πολλούς κλασσικούς συγγραφείς της Γεωγραφίας, απέδωκα τελευταίον τα πρωτεία εις το παρόν σχολαστικόν σύγγραμμα του περικλεούς κυρίου Γασπάρεως. Υπολαμβάνω δε την εκλογήν μου ορθήν, επειδή πολλοί πεπαιδευμένοι ομογενείς του αποδίδουσι την υπεροχήν εις αυτόν»[46].

Αλλά και η μετάφραση δεν είναι άκριτη:

«ωμίλησα εκτενέστερον περί της πατρίδος μας», και *«έτι όπου η οδηγία του βιβλίου δεν εσαφήνιζεν ορθώς τους πίνακας, δια τινας συμβάσας μεταβολάς νεωτέρας, εκεί προς σαφήνειαν επρόσθεσα τους αναγκαίους όρους»*[47].

Ο Καπετανάκης μάλιστα σχολιάζει τις εκδοτικές προσπάθειες του Γεωργίου Φατζέα, 1760, του Νικηφόρου Θεοτόκη, 1804, και των Δανιήλ Φιλλιπίδη και Γρηγορίου Κωνσταντά. Σαν σχολικά βιβλία μάλλον τα θεωρεί ακατάλληλα ενώ τη Γεωγραφία του Μελετίου, που γνωρίζει από τη δεύτερη έκδοση της από τον Ανθιμο Γαζή πιστεύει ότι είναι εργο ανωτέρου επιπέδου[48].

Συμπεράσματα

Ορισμένα στοιχεία αυτού του επιλόγου θα μπορούσαν να έχουν τεθεί και σαν πρόλογος. Πρώτο από αυτά η επισήμανση ότι στην παρούσα εργασία ανιχνεύουμε μία μόνο από τις ομάδες κειμένων που μας δίνουν γεωγραφικές πληροφορίες. Τα έντυπα κείμενα με καθαρά γεωγραφικό περιεχόμενο. Πληροφορίες γεωγραφίας σε έντυπα άλλων επιστημονικών κλάδων και σε περιοδικές εκδόσεις θα μας απασχολήσουν σε άλλη ευκαιρία.

Το υλικό είναι έτοιμο. Δεύτερο τα ερωτήματα στα οποία απαντάει η εργασία. Ποιό υπήρξε το επίπεδο της γεωγραφικής σκέψης κατά την προεπαναστατική περίοδο; Που εντοπίζεται η σχετική εκδοτική δραστηριότητα; Ποιά είναι η σχετική θεματολογία; Νομίζουμε ότι σε γενικές γραμμές δώθηκαν απαντήσεις, έστω και πολύ συνοπτικά, επιγραμματικά λόγω του χώρου. Η γεωγραφική σκέψη συμβαδίζει με την ανάπτυξη και των άλλων Θετικών επιστημών. Το επίπεδό της φτάνει σε όρια αποδεκτά για την εποχή, αφού άλλωστε τα περισσότερα βιβλία αποτελούν μεταφράσεις ή συμπηλλήματα από αντίστοιχα ευρωπαϊκα βιβλία, φυσικά εκπαιδευτικού περιεχομένου κατά κύριο λόγο. Ο χώρος των εκδόσεων,

---

46. Καπετανάκης Κυριακός, Σχολαστική Γεωγραφία, Βιέννη 1808, σελ. ια',
47. Καπετανάκης Κυριακός, ό.π. σημ. 43, σελ. ιβ'.
48. Καπετανάκης Κυριακός, ό.π. σημ. 43, σελ. ιη'-ιθ'.

ο παραδοσιακός χώρος έκδοσης του προεπαναστατικού βιβλίου διαγράφεται από τον άξονα Βενετία - Βιέννη και φυσικά συνδέεται άμεσα με το εμπόριο, το ελληνικό εμπόριο που ανθίζει στην Ιταλία και στην Αυστρία πριν το 1821. Οι ανησυχίες, τα ερωτηματικά του εμπορικού κόσμου συμβάλλουν και στην επιλογή των θεμάτων. Η Ασία, ο δρόμος του μεταξιού, η Κίνα, η Αμερική, μέρη μακρινά και απρόσιτα περιγράφονται παράλληλα με τον άμεσο περίγυρο, την Ελλάδα, τον Βαλκανικό κόσμο. Ετσι και η Γεωγραφία συμβάλλει στο να γίνουν ευρύτεροι οι ορίζοντες του Ελληνισμού. Γνωρίζει πολιτεύματα, μαθαίνει για τα ήθη και τα έθιμα άλλων λαών, αντιλαμβάνεται και τη δική του δύναμη, που όταν έρθει η στιγμή θα τον οδηγήσει στην αναγνώριση της ταυτότητας του, η παλαιά γεωγραφία τον συνδέει με τους προγόνους του, η νεώτερη χαράζει το μέλλον.

Ελληνικά ποτάμια με απορροή σε δύο όμορες χώρες

Γ. Δουζίνας
Ευγενίας 2, 15123 Αμαρούσιον

Εισαγωγή

Έχει πρόσφατα λεχθεί ότι στον 21° αιώνα (που απέχει μόνο 4 χρόνια από τώρα) οι Πόλεμοι θα γίνονται για τον Έλεγχο του Νερού!

Η σημασία του νερού για την ζωή και την οικονομία κάθε χώρας, είναι δεδομένη. Το νερό, επίσης, αποτελεί ζωτικό πόρο στρατηγικής σημασίας στο διεθνή χώρο.

Τα τελευταία χρόνια, ο έλεγχος της ροής ποταμιών με δια-συνοριακή διέλευση, έχει δημιουργήσει αιτίες προστριβών και έντασης μεταξύ ομόρων χωρών.

Για παράδειγμα, αναφέρονται οι προστριβές μεταξύ Τουρκίας-Συρίας-Ιράκ, για τον ασφυκτικό έλεγχο, που ασκεί η πρώτη, σε βάρος των δύο άλλων, στην ροή των υδάτων των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη, που έχουν πηγές στο Τουρκικό έδαφος. Διαμάχη επίσης υφίσταται μεταξύ Ισραήλ και Ιορδανίας, στην Παλαιστίνη, για τα νερά του ποταμού Ιορδάνη.

Η χώρα μας είχε διαφορές μέχρι προ τινος, με την Βουλγαρία, δια την όχι επαρκή ποσότητα νερού, που άφηνε να ρέει προς την Ελλάδα, του ποταμού Νέστου. Η διαφορά αυτή τακτοποιήθηκε πρόσφατα, με υπογραφή σχετικής συμφωνίας μεταξύ των δύο χωρών.

Εκτιμάται, ότι, ενδεχομένως, στο μέλλον, να δημιουργηθούν προβλήματα και τριβές με την κυβέρνηση των Σκοπίων, όσον αφορά την επάρκεια ή όχι της ποσότητας του νερού του ποταμού Αξιού που φθάνει στην Ελλάδα.

Η Ελλάδα, παρά τα σχετικά ικανοποιητικά μέσα ύψους βροχής που δέχεται στο έδαφός της σε ετήσια βάση (υψηλότερο του μέσου δείκτου βροχής Βουλγαρίας-Τουρκίας-Κύπρου) (χαμηλότερο του μέσου όρου Αλβανίας και τέως Γιουγκοσλαβίας) υφίσταται έλλειμμα νερού, κυρίως κατά τους θερινούς μήνες, για ύδρευση-άρδευση και ενεργειακές ανάγκες.

Υπάρχουν ως γνωστόν τέσσερα (4) μεγάλα σχετικώς ποτάμια που γεννιώνται σε γειτονικές επικράτειες από Βορράν με απορροή προς Νότον στην Ελληνική επικράτεια, για να εκβάλουν τελικά στο Βόρειο Αιγαίο.

Τα ποτάμια αυτά είναι: Ο Αξιός ποταμός, που πηγάζει Β.Δ. των Σκοπίων και εκβάλλει στο Θερμαϊκό κόλπο.

Οι Στρυμώνας, Νέστος, Άρδας από την γειτονική Βουλγαρία. Μέρος των υδάτων των ποταμών αυτών χρησιμοποιείται και από την Ελλάδα για άρδευση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Νέστος).

Υπάρχουν όμως Ελληνικοί ποταμοί που γεννώνται στην Ελλάδα και τροφοδοτούν με νερό δύο όμορες χώρες! Οι ποταμοί αυτοί είναι εξ (6).

Τέσσερεις (4) ανήκουν στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Ηπείρου και έχουν απορροή προς το έδαφος της ομόρου Αλβανίας και δυό (2) ανήκουν στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας και έχουν απορροή προς το όμορον έδαφος των Σκοπίων (ΠΓΔΜ).

Παρατίθενται στην συνέχεια συνοπτικά γεωγραφικά και υδρολογικά στοιχεία των ποταμών αυτών.

1. Ποταμός ΑΩΟΣ

α) **Πηγές:** Πηγάζει από τις Ν.Δ. πλαγιές του Σμόλικα στην Βόρειο Πίνδο. Μετά διαδρομήν 70 περίπου χιλιομέτρων εισέρχεται εις το Αλβανικόν έδαφος, παρά την μεσογέφυρα και εκβάλλει εις την Αδριατικήν θάλασσα, βορείως του λιμένος του Αυλώνα.

β) **Μήκος:** Το συνολικό μήκος του ποταμού είναι 240 χιλιόμετρα. Εξ αυτών τα 70 ευρίσκονται στην Ελλάδα και περίπου τα 170 στην Αλβανία.

γ) **Εμβαδό λεκάνης απορροής** (εντός Ελλάδος): 928 τετραγωνικά χιλιόμετρα (μη υπολογιζομένης της λεκάνης του ποταμού Σαρανταπόρου).

δ) **Μέση ετησία απορροή** προς Αλβανία (στη θέση Μελισσόπετρας): 1.340 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού.

2. Ποταμός ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΡΟΣ

α) **Πηγές:** Πηγάζει στο Ελληνικό έδαφος από την κορυφή Γράμμου και των Δυτικών κλιτυών αυτού. Εκβάλλει στον Αώο, παρά τα Ελληνο-Αλβανικά σύνορα.

β) **Μήκος:** Έχει 65 χιλιόμετρα περίπου.

γ) **Εμβαδό λεκάνης απορροής:** 865 τετραγωνικά χιλιόμετρα περίπου.

δ) **Μέση ετησία παροχή:** 23 m^3 ανά δευτερόλεπτο (μέτρηση στη θέση Βαρβάρες).

γ) **Εμβαδό λεκάνης απορροής:** 79 τετραγωνικά χιλιόμετρα (επί Ελληνικού εδάφους).
δ) **Μέση ετησία παροχή:** 3 m^3 ανά δευτερόλεπτο.
ε) **Μέση ετησία απορροή:** 100 εκατομμύρια m^3 νερού προς Αλβανία.

Διαπιστώσεις: Οι τέσσερεις (4) Ελληνικοί ποταμοί που απορρέουν προς Αλβανία ήτοι ο ΑΩΟΣ, ο ΣΑΡΑΝΤΑΠΟΡΟΣ, ο ΔΡΙΝΟΣ, και ο ΞΑΝΘΟΣ, απορρέουν προς αυτήν 2450 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού κατά μέσον όρον ετησίως (Πίνακας 1).

1. ΑΩΟΣ	1340 ΕΚΑΤΟΜ. m^3	(Θέση Αγ. Βαρβάρα)
2. ΣΑΡΑΝΤΑΠΟΡΟΣ	725 ΕΚΑΤΟΜ. m^3	(Θέση Μελισσόπετρα)
3. ΔΡΙΝΟΣ	285 ΕΚΑΤΟΜ. m^3	(ΣΥΝΟΡΑ)
4. ΞΑΝΘΟΣ	100 ΕΚΑΤΟΜ. m^3	(ΣΥΝΟΡΑ)
ΣΥΝΟΛΟ	**2.450 ΕΚΑΤΟΜ. m^3**	

ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗ ΠΡΟΣ ΣΚΟΠΙΑ (FYROM)

1. ΦΛΩΡΙΝΙΩΤΙΚΟΣ (ή ΣΑΚΟΛΕΒΑΣ)	100 ΕΚΑΤΟΜ. m^3	(ΣΥΝΟΡΑ)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Ετήσια Απορροή (4) Ελληνικών Ποταμών στην Αλβανία (σε Εκατομμύρια m^3) (Μ.Ο).

Δύο Ελληνικά ποτάμια με απορροή στα ΣΚΟΠΙΑ (FYROM)

Εις το Γεωγραφικό διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας και συγκεκριμένα στον Νομό Φλωρίνης, δύο Ελληνικά ποτάμια απορρέουν προς Βορρά, στο έδαφος της τέως Γιουγκοσλαβικής Δημοκρατίας της «Μακεδονίας» (FYROM). Είναι ο ποταμός Φλωρινιώτικος ή Σακολέβας και ο (μικρός) ποταμός του Κρατερού.

Το υψίπεδο ΦΛΩΡΙΝΑΣ: Στον Νομό Φλώρινας έκτασης 1863 τετραγ. χιλιομέτρων, υπάρχει το ευρύ και εύφορο υψίπεδο (πεδιάδα) της Φλώρινας (μέσο υψόμετρο 684 μέτρα) που αποτελεί τμήμα ενός ευρυτέρου υψιπέδου, του Υψιπέδου Κοζάνης-Πελαγονίας που έχει αφετηρία την Κοζάνη και τερματίζεται Βόρεια του Μοναστηριού.

Το υψίπεδο της Φλώρινας, που περιβάλλεται από Δυτικά, Νότια και Ανατολικά από βουνά, λόγω της κλίσεως του αναγλύφου του είναι ανοικτό από Βορρά, και τα ποτάμια που γεννώνται σ' αυτό, έχουν ανάλογη ροή, με γενική κατεύθυνση προς Βορρά (Σκόπια).

5. Ποταμός ΦΛΩΡΙΝΙΩΤΙΚΟΣ ή ΣΑΚΟΛΕΒΑΣ

Ο ποταμός Φλωρινιώτικος, αποτελεί τον κυρίως ποταμό αλλά και αποδοχέα των υδάτων 5 ή 6 ρευμάτων που χύνονται σ' αυτόν. Τα ρεύματα αυτά συνεχούς ροής πηγάζουν από τα πέριξ του υψιπέδου όρη, Βαρνούς (Περιστέρι), Βέρνον (Βίτσι) και Βόρρας (Καϊμακτσαλάν).

α) **Πηγές:** Ο κυρίως Φλωρινιώτικος πηγάζει από τον αυχένα του Πισοδερίου (Υψομ. 1420 m), κινείται προς Ανατολάς, διέρχεται από την πόλη της Φλωρίνης και εν συνεχεία στρέφεται προς Βορράν (στο ύψος του χωριού Μεσονησίου). Στην διαδρομή του δέχεται τα νερά του Ρέματος Δροσοπηγής-Άνω Υδρούσα.
Στο ύψος του χωρίου Τριπόταμος δέχεται τα νερά δύο ακόμη ποταμών. Του Ξυνού Νερού-Φλάμπουρο και του εκ του Βόρρα (Καϊμακτσαλάν) κατερχομένου Γεροπόταμου και ποταμού της Αχλάδας. Συνεχίζοντας την κίνησή του προς Βορράν, στο ύψος του χωριού Μαρίνα, δέχεται το Ρέμα του Ακρίτα-Άνω Κλεινών, που έχει πηγές τις Ανατολικές πλαγιές του Βέρνου. Είναι από το χωριό Σακουλέβας (παλαιό όνομα της Μαρίνας) που το ποτάμι ονομάζεται και Σακολέβας.
Συνεπώς ο κυρίως ποταμός Φλωρινιώτικος ή Σακολέβας μετά την πόλη της Φλώρινας δέχεται τα νερά 4 ή 3 μικροτέρων ποταμών, που είναι συνεχούς ροής και που προέρχονται από την απορροή των υψηλών ορέων που περιβάλλουν το υψίπεδο της Φλωρίνης.
Ο ποταμός Φλωρινιώτικος κινούμενος προς Βορράν εισέρχεται εις το έδαφος των Σκοπίων (8 km. Δυτικά του χωρίου Νίκη) και μετά διαδρομήν 10 km. συμβάλλει εις τον ποταμόν Εριγώνα (Τσερναρέκα) παρά την κωμόπολη Μπροντ (Brod). Ο ποταμός εις το έδαφος των Σκοπίων παίρνει το όνομα Τρέτσκα.

β) **Μήκος:** Το μήκος του ποταμού Φλωρινιώτικου είναι περίπου 40 km (εις το Ελληνικό τμήμα του), το δε πλάτος του μετά το χωρίον Μαρίνα φθάνει τα 30-40 μέτρα. Είναι συνεχούς ροής ακόμη και κατά τους θερινούς μήνες.

ε) **Μέση ετησία απορροή** προς Αλβανία: 725 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού περίπου.

στ) **Λοιπά στοιχεία:**
Στη θέση Αγ. Βαρβάρα έχει μελετηθεί η κατασκευή φράγματος και ενός εργοστασίου υδροηλεκτρικής ενεργείας ισχύος 35 MW. Μέχρι σήμερον (1996) δεν έχει πραγματοποιηθεί η κατασκευή των έργων.

3. Ποταμός ΔΡΙΝΟΣ

α) **Πηγές:** Πηγάζει από το όρος Κασιδιάρης στην Ήπειρο. Μετά διαδρομήν 40 περίπου χιλιομέτρων εις το Ελληνικόν έδαφος, εισέρχεται στην Αλβανία (κοντά στην Κακαβιά). Σχηματίζει την κοιλάδα του Δρίνου, μήκους 60 χιλιομ. περίπου στη Βόρειο Ήπειρο, όπου ευρίσκονται πολλά ελληνικά χωριά.
Στη συνέχεια ο ποταμός Δρίνος συναντά τον ποταμό Αώο και εκβάλλει σ' αυτόν παρά την κωμόπολη Τεπελένι της Αλβανίας.

β) **Μήκος:** Επί Ελληνικού εδάφους 40 χιλιόμετρα περίπου.

γ) **Εμβαδό λεκάνης απορροής:** 253 τετραγωνικά χιλιόμετρα περίπου (Ελληνικό τμήμα).

δ) **Μέση ετησία παροχή:** 9 m^3 νερού ανά δευτερόλεπτο.

ε) **Μέση ετησία απορροή** προς Αλβανία: 285 εκατομμύρια m^3 νερού ανά έτος.

4. Ποταμός ΞΑΝΘΟΣ ή ΠΟΒΛΑΣ

α) **Πηγές:** Ο βόρειος κλάδος του ποταμού (ο κυριώτερος) πηγάζει από τις Δυτικές πλευρές του όρους Μουργκάνα, διέρχεται πλησίον του χωρίου Τσαμαντά και σε υψόμετρον 600 περίπου μέτρων διέρχεται από στενωπό, ονομαζομένην «Στενωπός του Κόζιακα» και στη συνέχεια ο ποταμός εισέρχεται στο Αλβανικόν έδαφος, όπου παίρνει το όνομα Πάβλας ή Πόβλας.
Ο ποταμός αυτός εκβάλλει στον κόλπο του Βουθρωτού απέναντι από την νήσο Κέρκυρα.
Το όνομα του μικρού αυτού Ηπειρώτικου ποταμού είναι αρχαίο Ελληνικό. Αναφέρεται δε ως ποταμός Ξάνθος και στα «Γεωγραφικά», του Στράβωνα.

β) **Μήκος:** Εχει μήκος επί Ελληνικού εδάφους 15 χιλιόμετρα περίπου.

γ) **Εμβαδό λεκάνης απορροής:** 550 km^2 περίπου.
δ) **Μέση ετησία παροχή:** 3 - 4 m^3/δευτερόλεπτο.
ε) **Μέση ετησία απορροή:** 100 εκατομμύρια περίπου κυβικά μέτρα νερού, προς το έδαφος των Σκοπίων.

6. Ποταμός ΚΡΑΤΕΡΟΥ

α) **Πηγές:** Είναι ένα μικρό ορμητικό ποτάμι, που έχει πηγές στα υψώματα του Αγ. Γερμανού, στο όρος Βαρνούς (Περιστέρι), παρά τα Ελληνο - Σκοπιανά σύνορα.
Το ποτάμι παίρνει το όνομά του από το Ακριτικό χωριό Κρατερό, που βρίσκεται σε υψόμετρο 980 μέτρων. Κατέρχεται κινούμενος παράλληλα προς τα σύνορα και διέρχεται από το συνοριακό χωριό Εθνικό (υψόμετρο 680 μέτρα).
Εκεί το ποτάμι έχει πλάτος 4 - 6 μέτρα. Κινείται ανατολικά, περνάει από το χωριό Αγία Παρασκευή (υψόμετρο 618 m) και από εκεί στρέφεται προς Βορράν και εισέρχεται στο έδαφος των Σκοπίων.
Είναι ένα ορμητικό ρέμμα, που έχει συνεχή ροή, που χρησιμοποιείται για άρδευση.
Η στάθμη του στο ύψος της Αγ. Παρασκευής φθάνει σχεδόν στο μηδέν τους θερινούς μήνες (Ιούλιο, Αύγουστο).
β) **Μήκος:** Έχει μήκος 14 - 16 km στο Ελληνικό έδαφος.
γ) **Εμβαδό λεκάνης απορροής:** 23 τετραγωνικά χιλιόμετρα.
δ) **Μέση ετησία παροχή:** Άγνωστος. Δεν υπάρχουν στοιχεία.
ε) **Μέση απορροή προς Σκόπια:** Άγνωστος. Δεν υπάρχουν στοιχεία.
Στο ορεινό τμήμα του ποταμού Κρατερού πιθανώς να υπάρχει κατάλληλη θέση για την κατασκευή μικρού Υ/Η Σταθμού.

Διαπιστώσεις

Η μέση απορροή του ποταμού Φλωρινιώτικου (κυρίως) και του ποταμού Κρατερού (δευτερευόντως) προς το έδαφος των Σκοπίων υπερβαίνει κατά μέσον όρον τα 100 εκατομμύρια m^3 νερού ετησίως.

Συμπεράσματα

Εις τον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η μέση ετησία απορροή των πέντε (5) εκ των εξ (6) Ελληνικών ποταμών προς Αλβανία και Σκόπια, η οποία υπερβαίνει τα 2500 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού ετησίως.

Το γεγονός αυτό καταλλήλως χρησιμοποιούμενο μπορεί να δώσει στην Ελλάδα πιθανώς πλεονεκτήματα ενεργειακού, οικονομικού, πολιτικού και στρατηγικού περιεχομένου.

Βιβλιογραφία

1. Δουζίνας, Γ. (1992). Στρατιωτική Γεωγραφία, Βάρη.
2. Χάρτης Γ.Υ.Σ. 1:100.000, περιοχές Κτίσματα-Φλώρινα.
3. Χάρτης 1:500.000 ΑΛΒΑΝΙΑ (1985).

Προκαταρκτική διερεύνηση των απόψεων εκπαιδευτικών για τις σχέσεις Γεωγραφίας - Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης

Δ. Καλαϊτζίδης και Κ. Ουζούνης***

** Ιλισίων 4, Τ.Κ. 11528 Αθήνα*

*** Νέα Χιλή, Αλεξανδρούπολη*

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Περίληψη

Σήμερα είναι κοινά παραδεκτό ότι η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την προστασία και υπεράσπιση του περιβάλλοντος είναι αδήριτη ανάγκη. Το γεγονός αυτό έχει επηρεάσει σε κάποιο βαθμό τα εκπαιδευτικά συστήματα σε όλες τις χώρες της ανεπτυγμένης Δύσης. Μετά από αρκετά χρόνια εφαρμογής προγραμμάτων Περιβ. Εκπ/σης, παρατηρείται μια κάμψη στην ποιότητα των προγραμμάτων και στον αριθμό των συμμετεχόντων.

Όμως η Π.Ε. πρέπει να απευθύνεται σε όλους τους ανθρώπους. Η επιλεκτική συμμετοχή σε προγράμματα Π.Ε. μαθητών που ούτως ή άλλως είναι ευαισθητοποιημένοι δε δίνει καμιά προοπτική.

Πρέπει να βρεθεί ο κατάλληλος τρόπος ώστε η νέα αυτή εκπαιδευτική διαδικασία να εμπλέκει όλους τους μαθητές.

Προτείνουμε να εξετασθούν σοβαρά οι στενές σχέσεις Γεωγραφίας και Περιβ. Εκπ/σης, με στόχο να αξιοποιηθεί η πρώτη για την εισαγωγή της δεύτερης στα σχολεία.

Η Γεωγραφική Εκπαίδευση των μαθητών συρρικνώνεται και υποβαθμίζεται χρόνο με το χρόνο και το γεγονός αυτό καθιστά επιτακτική την ανάγκη της ενίσχυσής της και της ανανεώσεώς της, πιθανώς με το συνδυασμό Γεωγραφίας - Π.Ε.

Στην εργασία μας παρουσιάζουμε τις απόψεις των εκπαιδευτικών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης από τους νομούς Έβρου, Ροδόπης και Δράμας, οι οποίοι έχουν διδάξει Γεωγραφία, σχετικά με το μάθημα αυτό και με την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Από τις απαντήσεις προκύπτουν απογοητευτικά στοιχεία για τη Γεωγραφική Εκπαίδευση των μαθητών, ενώ διακρίνεται η δυνατότητα αμοιβαίας ωφέλειας για τη Γεωγραφία και την Π.Ε. με το συνδυασμό τους και την αλληλοσυμπλήρωσή τους.

Στην ίδια εργασία κάνουμε μια περιορισμένης έκτασης σύγκριση των αποτελεσμάτων από τις απαντήσεις σε ερωτηματολόγιο σχετικό με Γεωγραφία του κ. Γ. Ρέντζου (1976 - 1981) και του δικού μας, με βάση παραπλήσιες ερωτήσεις.

Τα αποτελέσματα δε δείχνουν αξιοσημείωτες μεταβολές ή αλλιώς οι όποιες μεταβολές εντοπίζονται αφορούν χειροτέρευση της παρεχόμενης Γεωγραφικής Εκπαίδευσης των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

Τέλος, προτείνονται λύσεις με βάση τα συμπεράσματα που έχουν προκύψει από την εργασία.

Abstract

Preliminary research of secondary education teachers' opinions for the relations between geography and Environmental Education.

The fact that the Environmental Education is nowadays a serious need for all people, has affected in a way the educational systems in the European and American Countries. After fifteen years of implementation, the Environmental Education projects in schools seem to lose in quality and the number of participants.

Environmental Education must meet all the people. That's why we must find the most appropriate way to integrate Env. Education in the Educational System.

We suggest that the examination of the close relation between Geography and Env. Education, could permit the use of the first for the introduction of the second in Secondary Education Schools.

In our paper we present the opinion of teachers in Secondary Education Schools from the Prefectures of Evros, Rodopi and Drama, concerning the relation we have mentioned.

From the answers a pessimistic perspective is derived, concerning the Geographical Education, while at the same time we can be optimistic for the benefit of both if they could complete each other.

Σήμερα είναι πλέον κοινά παραδεκτό ότι η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση ή η Αγωγή για την προστασία και υπεράσπιση του περιβάλλοντος, είναι μια αδήριτη ανάγκη. Το αδιαμφισβήτητο αυτό γεγονός έχει επηρεάσει σε κάποιο βαθμό τα εκπαιδευτικά συστήματα και αναλυτικά προγράμματα σχεδόν σε όλες τις χώρες της ανεπτυγμένης Δύσης.

Η μέχρι σήμερα αποκτημένη εμπειρία δε μπορεί να δώσει ασφαλή συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα αυτής της εκπαίδευσης, κάτι που θα χρειαζόταν την εξ αρχής τοποθέτηση μετρήσιμων στόχων για την εκτίμηση της επίτευξής τους. Σχεδόν σε όλες τις χώρες η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση έχει χαρακτήρα προαιρετικό για όλους όσους παίρνουν μέρος σε αντίστοιχα προγράμματα και δραστηριότητες. Η προαιρετικότητα αυτή ήταν οπωσδήποτε θετική για την έναρξη αυτής της παιδαγωγικής διαδικασίας, αφού μόνο τα δραστήρια, κατατοπισμένα και δυναμικά μέλη των τοπικών κοινωνιών ή των σχολείων συμμετείχαν, μεταφέροντας όλα τα θετικά στοιχεία που πρέπει να διαθέτει μια νέα εκπαιδευτική πρόταση. Η πρωτοτυπία, η φαντασία, η ευαισθησία, η εμβάθυνση, ο δυναμισμός, ο αλτρουισμός, η διάθεση για κοινωνική προσφορά, είναι λίγα μόνο από τα χαρακτηριστικά των ανθρώπων που ως πρωτοπόροι έδωσαν υπόσταση στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Μετά όμως από μια, ή αλλού δυο δεκαετίες πειραματικής - προαιρετικής εφαρμογής της Π.Ε. έχει εμφανιστεί μια κάμψη όχι στον αριθμό των προγραμμάτων που εκτελούνται, όσο στην ποιότητά τους και στον αριθμό των συμμετεχόντων. Η Π.Ε. πρέπει να απευθύνεται σε όλους τους ανθρώπους, από τη νηπιακή μέχρι τη γεροντική ηλικία. Η επιλεκτική συμμετοχή σε προγράμματα (projects) Π.Ε. ανθρώπων που ούτως ή άλλως είναι ευαισθητοποιημένοι και έχουν υιοθετήσει φιλική και υπερασπιστική συμπεριφορά προς το περιβάλλον δε δίνει καμία προοπτική. Και πράγματι μέχρι σήμερα με την προαιρετικότητα της Π.Ε. οι μαθητές που συμμετέχουν είναι ήδη αρκετά ευαισθητοποιημένοι. Υπάρχει όμως η πολύ μεγάλη πλειοψηφία 80 - 95% των μαθητών που για διάφορους λόγους δεν παίρνουν μέρος στα προγράμματα Π.Ε.

Είναι προφανές, ότι υπάρχει επείγουσα ανάγκη να βρεθεί ο κατάλληλος τρόπος ώστε να δεχθούν και οι υπόλοιποι μαθητές την Περιβαλλοντική Αγωγή. Και ναι μεν, αν εισαχθεί το μάθημα Περιβαλλοντικής Αγωγής στα σχολεία, τα αποτελέσματα μπορεί να είναι απογοητευτικά λόγω της αντιμετώπισης αυτής της παιδαγωγικής πρότασης ως κοινού μαθήματος του αναλυτικού προγράμματος, υπάρχει όμως πάντα η ανάγκη για γενίκευση της Π.Ε. Έτσι θα πρέπει να υιοθετηθεί κάποιος τρόπος εφαρμογής της ο οποίος θα απευθύνεται γενικευμένα σε όλους τους μαθητές ενώ ταυτόχρονα θα αποφεύγει την παγίδα της μετατροπής της σε στείρο ακαδημαϊκό μάθημα. Προτείνουμε να εξεταστούν σοβαρά οι στενές σχέσεις Γεωγραφίας - Περιβ. Εκπ/σης, με στόχο να αξιοποιηθεί η πρώτη για την εισαγωγή της δεύτερης στα σχολεία.

Το ερώτημα που τίθεται και γίνεται προσπάθεια να απαντηθεί είναι το εξής: Πως μπορεί να συμβάλει η Σχολική Γεωγραφία στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση ή (και) Αγωγή των μαθητών;

Στα πλαίσια των προσπαθειών για τη διερεύνηση των απόψεων των καθηγητών που διδάσκουν Γεωγραφία στα σχολεία της Δευτεροβάθμιας

Εκπαίδευσης (Γυμνάσια), πραγματοποιήθηκε μια έρευνα με βάση ένα ερωτηματολόγιο που περιλαμβάνει 25 ερωτήσεις. Το ερωτηματολόγιο είναι χωρισμένο σε τρία τμήματα. Το 1ο τμήμα (ερωτήσεις 1 έως 4) αφορά γενικές πληροφορίες για τον εκπαιδευτικό (φύλο, προϋπηρεσία, ειδικότητα, σπουδές). Το δεύτερο τμήμα (ερωτήσεις 5 έως 17) αφορά τις απόψεις των εκπαιδευτικών για το μάθημα της Γεωγραφίας, το οποίο διδασκόταν στην Α', Β' και Γ' Γυμνασίου, ενώ από την τρέχουσα σχολική χρονιά διδάσκεται μόνο στις δυο πρώτες τάξεις Α' και Β'. Το τρίτο τμήμα (ερωτήσεις 17 έως 25) αφορά τις απόψεις των εκπαιδευτικών για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και τη σχέση της με τη Γεωγραφία. Το ερωτηματολόγιο μοιράστηκε τον περασμένο Μάιο (1995) στους καθηγητές που διδάσκουν ή δίδαξαν Γεωγραφία στο Νομό Έβρου και επίσης στους Νομούς Ροδόπης και Δράμας. Από το Νομό Έβρου απάντησαν 35 καθηγητές, από το Νομό Ροδόπης 11 και από το Νομό Δράμας 7. Οι απαντήσεις είναι οι εξής:

1. ΦΥΛΟ	**ΑΡΙΘΜΟΣ**	**ΠΟΣΟΣΤΟ**
Άνδρες	29	54,7%
Γυναίκες	24	45,3%

2. ΠΡΟΫΠΗΡΕΣΙΑ	**ΑΡΙΘΜΟΣ**	**ΠΟΣΟΣΤΟ**
1-5 χρόνια	19	35,8%
6-10 χρόνια	11	20,7%
10-15 χρόνια	7	13,2%
15-20 χρόνια	10	18,8%
Περισσότερα από 20	4	7,5%
Δεν απήντησαν	2	3,8%

Περισσότερο από το 1/3 των καθηγητών έχει προϋπηρεσία 1 έως 5 χρόνια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι διορίζονται για πρώτη φορά πολλοί καθηγητές στους ακριτικούς Νομούς.

3. ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΕΣ	**ΑΡΙΘΜΟΣ**	**ΠΟΣΟΣΤΟ**
Μαθηματικοί	6	11,3%
Φυσικοί κλπ. ΠΕ4	42	79,2%
Γεωλόγοι κ.λπ. ΠΕ4	14	26,4%
Γυμναστές ΠΕ11	2	3,8%
Οικ. Οικονομίας ΠΕ15	3	5,7%
Φυσιογνώστες	7	13,2%

Περιλαμβάνονται και στους Φυσικούς

Οι καθηγητές που διδάσκουν το μάθημα της Γεωγραφίας, ανήκουν στον κλάδο ΠΕ4 που περιλαμβάνει, Φυσικούς, Χημικούς, Βιολόγους, Γεωλόγους και Φυσιογνώστες.

Εκτός από αυτές τις ειδικότητες διδάσκουν όπως βλέπουμε σε μικρότερα ποσοστά, Μαθηματικοί (11,3%), Οικιακής Οικονομίας (5,6%), Γυμναστές (3,7%).

Από το σύνολο των καθηγητών αυτών μόνο το 39,6% δηλ περίπου 40%, έχουν κάποια Γεωγραφική Εκπαίδευση στις βασικές τους σπουδές στο Πανεπιστήμιο (Γεωλόγοι και Φυσιογνώστες). Υπάρχει προφανώς επίπτωση στη Γεωγραφική Εκπαίδευση των μαθητών αφού ούτε καν οι μισοί καθηγητές τους έχουν κάποια επαφή με τη Γεωγραφία πέραν αυτής που διδάχτηκαν και οι ίδιοι ως μαθητές.

4. ΣΠΟΥΔΕΣ

52 με βασικό πτυχίο
1 με DEA στη Φυσική
Δεν υπάρχει κανείς με μετεκπαίδευση (μεταπτυχιακό) στη Γεωγραφία.

5. ΠΟΣΕΣ ΦΟΡΕΣ (ΣΧ. ΧΡΟΝΙΕΣ) ΕΧΕΤΕ ΔΙΔΑΞΕΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ;

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
1 φορά	12	22,6%
2 - 5 φορές	20	37,7%
6 - 10 φορές	10	18,9%
περισσότερες	8	15,1%
δεν απάντησαν	3	5,7%

Το υψηλό ποσοστό αυτών που δίδαξαν Γεωγραφία για πρώτη φορά οφείλεται στο γεγονός ότι στους ακριτικούς Νομούς και κυρίως στο Ν. Έβρου, τοποθετούνται πολλοί πρωτοδιόριστοι καθηγητές.

6. ΕΠΙΛΕΞΑΤΕ ΕΣΕΙΣ ΝΑ ΔΙΔΑΞΕΤΕ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ;

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ναι	27	50,9%
Όχι	24	45,3%
δεν απήντησαν	2	3,8%

Αυτό που έχει εδώ ιδιαίτερη σημασία είναι ότι σχεδόν οι μισοί καθηγητές δεν επιθυμούν να διδάξουν τη Γεωγραφία, αλλά τελικά αναλαμβάνουν τη διδασκαλία για άλλους λόγους. Αυτό έχει προφανώς σοβαρή αρνητική επίπτωση στην Γεωγραφική Εκπαίδευση, συνδυαζόμενο μάλιστα με τις ειδικότητες όσων διδάσκουν όπως σχολιάσαμε στην ερώτηση 3.

7. ΓΙΑΤΙ ΕΠΙΛΕΞΑΤΕ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ;

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Έχω σχετική ειδικότητα	10(7 + 3)	16,4%
Με ενδιαφέρει η Γεωγραφία	15(7 + 3 + 5)	24,6%
Για συμπλήρωση ωραρίου	29(24 + 5)	45,5%
Δεν απάντησαν	7	11,5%
Ειδικότητα και ενδιαφέρον	3	5,7%
Ενδιαφέρον και συμπλήρωση ωραρίου	5	9,4%

Εδώ φαίνεται καθαρά ότι ένα πολύ υψηλό ποσοστό 45,5% (που ανηγμένο στους 53 καθηγητές που απάντησαν είναι 54,7%), των καθηγητών που διδάσκουν Γεωγραφία, το κάνουν αποκλειστικά και μόνο για συμπλήρωση του υποχρεωτικού τους ωραρίου.

Και αυτό το γεγονός έχει σοβαρή αρνητική επίπτωση στη γεωγραφική εκπαίδευση των μαθητών. Αυτοί που ενδιαφέρονται για τη Γεωγραφία είναι επίσης πολύ λίγοι (24,6% ανηγμένο 13,25%).

Όποιος δεν ενδιαφέρεται για κάποιο μάθημα, δε μπορεί να είναι και αποδοτικός δάσκαλος αυτού του μαθήματος.

Ενώ στην ερώτηση 3 σχετικά με τις ειδικότητες ένα ποσοστό γύρω στο 40% δηλώνει σχετική ειδικότητα, στην ερώτηση 7, μόνο ένα 16,4% δηλώνει το ίδιο. Τι συμβαίνει άραγε η άρνηση της σχετικής ειδικότητας; Προχωρώντας περισσότερο, παρατηρούμε τι μόνο 5,7% συνδυάζουν ειδικότητα και ενδιαφέρον ενώ πιο μεγάλο είναι το ενδιαφέρον όσων διδάσκουν Γεωγραφία για συμπλήρωση ωραρίου 9,4%. Εξ' όλων αυτών προκύπτει ότι η Γεωγραφία διδάσκεται από ανθρώπους που θεωρούν τους εαυτούς τους υποχρεωμένους να τη διδάξουν (ποσοστό 58,5% δηλ. 7 + 24) και ως εκ τούτου δείχνουν ελάχιστο ενδιαφέρον (24,6%) για το μάθημα, με όποιες επιπτώσεις έχουν αυτά τα γεγονότα στη γεωγραφική εκπαίδευση των μαθητών.

8. ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΕ

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Τη διδαχθήκατε στο Πανεπιστήμιο	4	7,3%
Την επινοήσατε ο ίδιος/η ίδια	46	83,6%
Τη στηρίξατε στις δικές σας αναμνήσεις ως μαθητή	3	5,5%
Τη διδαχθήκατε σε μετεκπαίδευση	3	3,6%

Στην ερώτηση αυτή αποκαλύπτεται ότι ελάχιστο ποσοστό καθηγητών διδάσκονται μεθοδολογία διδασκαλίας της Γεωγραφίας. Ούτε αυτοί που έκαναν σχετικές σπουδές (Φυσιογνώστες - Γεωλόγοι) δηλώνουν ότι τη μέθοδο διδασκαλίας τη διδάχθηκαν στο Πανεπιστήμιο.

Έτσι είναι πολύ φυσικό να δηλώνουν οι περισσότεροι (83.6%) ότι επινόησαν οι ίδιοι τη μέθοδο διδασκαλίας.

Χωρίς να απορρίπτουμε τον αυτοσχεδιασμό, δε μπορούμε να αφήνουμε τα πάντα σ' αυτόν και στην επινοητικότητα του δασκάλου. Θα πρέπει οι καθηγητικές σχολές να παράγουν επιστήμονες - καθηγητές καταρτισμένους επαρκώς και στη διδακτική μεθοδολογία της Γεωγραφίας.

9. ΒΡΙΣΚΕΤΕ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΤΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟ;

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ναι	14	26,4%
Όχι	17	32%
Σχεδόν	22	41,5%

Εδώ τα ποσοστά φαίνονται περίπου μοιρασμένα. Το 1/4 ή λίγο περισσότερο των καθηγητών που διδάσκουν Γεωγραφία φαίνονται ικανοποιημένοι ενώ το 32% Όχι. Το μεγαλύτερο όμως ποσοστό δείχνει να επιθυμεί βελτιώσεις των σχολικών διδακτικών βιβλίων (41,5 + 32 = 73,5%)

10. ΑΝΑΦΕΡΑΤΕ ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ ΠΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΑΤΕ

- Να προστεθούν στοιχεία Οικολογίας που λείπουν.
- Να υπάρχει εκτενής εισαγωγή σχετικά με τη Γη (Φυσική Γεωγραφία).
- Να υπάρχουν ενότητες με τμήματα ηπείρων.
- Να ενημερωθούν με πρόσφατα στοιχεία (π.χ. πληθυσμοί).
- Ανεπαρκές φωτογραφικό υλικό.
- Υπάρχουν δυσνόητες έννοιες για τους μαθητές της Β' Γυμνασίου που διδάσκονται το μέχρι τώρα βιβλίο της Γ' (π.χ. ισοβαρείς καμπύλες).
- Να μπουν περισσότεροι χάρτες.
- Να ενημερωθούν τα στατιστικά στοιχεία και να προστεθούν ιστορικά.
- Το βιβλίο της Γ' είναι δύσκολο για τη Β' Γυμνασίου.

Εκτός από τις παρατηρήσεις για τις ελλείψεις και αδυναμίες, έχει ιδιαίτερη σημασία η διαπίστωση, πολύ σωστή κατά τη γνώμη μας, ότι το διδακτικό βιβλίο της Γ' Γυμνασίου, που στο έξής θα διδάσκεται στη Β' τάξη, δεν ενδείκνυται για τους μαθητές αυτής της ηλικίας και αυτού του γνωστικού επιπέδου, αφού περιέχει πλήθος στοιχείων που είναι εντελώς άγνωστα στους μαθητές και επίσης δυσνόητες έννοιες.

11. ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΓΝΩΜΗ ΣΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΝΑ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΙΚΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ;

- Απάντησαν 12 καθηγητές από τους 53 δηλαδή 22,6%.
- Οι περισσότεροι θεωρούν ότι πρέπει να υπάρχει δυνατότητα επιλογής από έναν κατάλογο περισσότερων βιβλίων.
- Ένας υποστήριξε ότι είναι αρκετό το ένα σχολικό εγχειρίδιο αρκεί να είναι πλήρες και σε συνδυασμό με εποπτικό υλικό και εργασίες.
- Δύο υποστήριξαν ότι συμφωνούν με το σχολικό εγχειρίδιο, αρκεί στη βιβλιοθήκη του σχολείου να υπάρχουν και άλλα.
- Πρέπει να πούνε στο σημείο αυτό ότι ελάχιστες χώρες αρκούνται πλέον στο ένα και μοναδικό διδακτικό βιβλίο.

12. ΠΟΙΑ ΕΠΟΠΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΕ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ;

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Χάρτες	52	98%
Υδρόγειος σφαίρα	37	69,8%
Φωτογραφίες	28	52,8%
Περιοδικά	21	39,6%
VIDEO	19	35,8%
Έγχρωμες διαφάνειες	12	22,6%
Ταξιδιωτικές εντυπώσ.	11	20,7%
Διαφάνειες	7	13,2%
Εκπ/κή τηλεόραση	3	5,6%
Κομπιούτερ	1	1,9%
Άλλο εποπτ. μέσο(εφημ)	5	9,4%

Όλοι σχεδόν χρησιμοποιούν χάρτες, οι πιο πολλοί υδρόγειο σφαίρα, περισσότεροι από τους μισούς φωτογραφίες και αρκετοί VIDEO, περιοδικά, έγχρωμες διαφάνειες, και ταξιδιωτικές εντυπώσεις. Βέβαια τα σχολεία μας πάσχουν από σοβαρότατες ελλείψεις εποπτικού υλικού και τα περισσότερα τέτοιου είδους υλικά που χρησιμοποιούνται, ανήκουν στους ίδιους τους καθηγητές που τα χρησιμοποιούν. Προκαλεί εντύπωση το γεγονός πως, ενώ οι Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές έχουν εισαχθεί στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση δεν χρησιμοποιούνται οι μεγάλες δυνατότητές τους (CD-ROM) στη Γεωγραφία.

13. ΠΟΙΟ ΤΜΗΜΑ ΤΩΝ ΓΝΩΣΕΩΝ-ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΠΟΥ ΔΙΝΕΤΕ ΣΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΠΡΟΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟ

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
1 (όλες οι γνώσεις)	14	26,4%
1/2	31	58,5%
1/3	3	5,6%
1/4	3	5,6%
3/4	1	1,9%
Δεν απήντησαν	1	1,9%

Περισσότεροι από το 1/4 των καθηγητών στηρίζονται αποκλειστικά και μόνο στο διδακτικό βιβλίο για να κάνουν το μάθημά τους, ενώ οι υπόλοιποι μισοί κατά το ήμισυ.

Άρα το διδακτικό βιβλίο θα πρέπει να είναι επαρκές αφού ούτως ή άλλως χρησιμοποιείται ως κύρια πηγή γνώσεων για τους καθηγητές και πιθανότατα και για τους μαθητές.

14. ΠΙΣΤΕΥΕΤΕ ΟΤΙ Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΟΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ ΣΗΜΕΡΑ ΕΞΥΠΗΡΕΤΕΙ ΤΟΥΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ ΠΟΥ ΤΙΘΕΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ;

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ναι	17	32%
Όχι	31	58,5%
Δεν απήντησαν	5	9,5%

Ένα ποσοστό που πλησιάζει το 60% θεωρεί ότι δεν είναι ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος για τη διδασκαλία της Γεωγραφίας ο σημερινός και φυσικά απαιτούνται αλλαγές. Ίσως αυτό είναι ένα κομβικό σημείο διότι αυτού του τύπου η γεωγραφική εκπαίδευση δε μπορεί να πετύχει τους στόχους που τίθενται και χρειάζεται ο εμπλουτισμός της ή η αλλαγή της ή ο εμβολιασμός της με κάποιο άλλο συναφές αντικείμενο που θα ανανεώσει τη γεωγραφική εκπαίδευση και ως τέτοιο προτείνεται η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση.

15. ΕΙΝΑΙ ΕΠΑΡΚΗΣ Ο ΧΡΟΝΟΣ ΠΟΥ ΑΦΙΕΡΩΝΕΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ;

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ναι	41	77,3%
Όχι	12	22,7%

Οι απόψεις των περισσοτέρων ταυτίζονται όσον αφορά το ερώτημα της επάρκειας του χρόνου. Ωστόσο δεν είναι ασήμαντο το ποσοστό αυτών που εκτιμούν ότι ο χρόνος είνάι ανεπαρκής και χρειάζεται αύξησή του. Σήμερα οι μαθητές διδάσκονται Γεωγραφία ως εξής: Στην Α' τάξη Γυμνασίου 3 ώρες/εβδομάδα το πρώτο εξάμηνο και 2 ώρες κατά το δεύτερο. Στη Β' Γυμνασίου 2 ώρες/εβδομάδα όλο το χρόνο, ενώ καταργήθηκε η διδασκαλία της Γεωγραφίας στη Γ' Γυμνασίου. Παλιότερα διδασκόταν η «Ανθρωπογεωγραφία και Οικονομική ζωή» στη Β' Λυκείου.

16. ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΟ/ΧΡΗΣΙΜΟ ΝΑ ΕΠΕΚΤΑΘΕΙ Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΠΡΩΤΕΣ ΤΑΞΕΙΣ ΤΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ;

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ναι	9	17%
Όχι	23	43,3%
Μόνο στη μία	19	35,8%
Δεν απάντησαν	2	3,8%

Λίγο λιγότεροι από τους μισούς δεν κρίνουν σκόπιμη την επέκταση της διδασκαλίας της γεωγραφίας στο Λύκειο. Είναι βέβαια κάτι αναμενόμενο, αφού το Λύκειο έχει μετατραπεί σε προθάλαμο και προθερμαντήριο των μαθητών για τις εισαγωγικές εξετάσεις των Πανεπιστημίων και η Γεωγραφία δεν ανήκει στα εξεταζόμενα μαθήματα. ΜΟΝΟ ΣΤΗ ΜΙΑ ΤΑΞΗ, προκύπτει ένα ποσοστό περίπου 53% που θεωρεί ότι η Γεωγραφία πρέπει να διδάσκεται στο Λύκειο, έστω και στη μία μόνο τάξη.

17. ΜΕ ΠΟΙΑ ΑΛΛΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΣΥΝΕΡΓΑΣΤΕΙ Η ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ;

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ιστορία	16	30,1%
Γεωλογία	13	24,5%
Περιβ. Εκπ/ση	11	20,7%
Φυσική	10	18,8%
Βιολογία	8	15%
Χημεία	4	7,5%
Δεν απάντησαν	14	26,4%

Αναφέρθηκαν επίσης, Φυτογεωγραφία, Βοτανική, Κοσμογραφία, Οικιακή Οικονομία, Μαθηματικά, ΣΕΠ, Οικονομία, Οικονομική Γεωγραφία, Πληροφορική, Πολιτική Οικονομία, Κείμενα Νεοελληνικής Λογοτεχνίας.

Από τις απαντήσεις προκύπτει ότι ένα σημαντικό ποσοστό 20,7% πιστεύει ότι η Γεωγραφία και η Περιβ. Εκπ/ση μπορούν να συνεργαστούν. Αν μάλιστα δούμε ότι σύμφωνα με τις απαντήσεις στην επόμενη ερώτηση, λίγοι έχουν επιμορφωθεί στην Π.Ε. φαίνεται πως υπάρχει μια δυναμική στον προβληματισμό αυτό.

18. ΕΧΕΤΕ ΕΠΙΜΟΡΦΩΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ;

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ναι	14	26,4%
Όχι	39	73,6%

Αν λάβουμε υπόψη μας ότι η Π.Ε. είναι μια σχετικά νέα εκπαιδευτική διαδικασία, άγνωστη στους περισσότερους καθηγητές, πρέπει να θεωρήσουμε το ποσοστό 26,4% σημαντικότατο. Παρ' όλα αυτά είμαστε βέβαιοι ότι σε επίπεδο επικράτειας αυτό το ποσοστό δεν ξεπερνά το 10%. Είναι αυξημένο στο Έβρο επειδή πραγματοποιήθηκαν πολλά εκπαιδευτικά ενημερωτικά σεμινάρια για τους καθηγητές. Ενδεικτικά το ποσοστό στη Ροδόπη είναι 0% ενώ στη Δράμα 28,5%.

19. ΕΧΕΤΕ ΛΑΒΕΙ ΜΕΡΟΣ ΣΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ Π.Ε.

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ναι	14	26,5%
Όχι	34	64,1%
Δεν απήντησαν	5	9,4%

Από τις απαντήσεις φαίνεται ότι όσοι επιμορφώθηκαν στην Π.Ε. ασχολήθηκαν με σχετικό πρόγραμμα. Αυτό φαίνεται στατιστικά. Όμως στην πραγματικότητα μόνο 9 από τους 14 που επιμορφώθηκαν έκαναν κάποιο πρόγραμμα Π.Ε. (64,2%). Παρ' όλα αυτά το ποσοστό είναι σημαντικό. Υπήρξαν όμως και 5 καθηγητές (9,4%) που δεν επιμορφώθηκαν και πραγματοποίησαν πρόγραμμα Π.Ε.

20. (Για όσους απάντησαν ΝΑΙ στην προηγούμενη) ΑΠΟ ΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΣΑΝ ΔΙΑΠΙΣΤΩΝΕΤΕ ΟΤΙ Η Π.Ε. ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΣΥΜΒΑΛΛΕΙ ΟΥΣΙΑΣΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Πολύ	9	64,3%*
Λίγο	5	35,7%
Καθόλου	∅	∅

*** Επί των ΝΑΙ της προηγούμενης ερώτησης.**

Η απάντηση είναι σαφής. Λίγο ή πολύ, το σύνολο όσων πραγματοποίησαν πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, θεωρούν ότι πράγματι αυτή μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στην αναβάθμιση της Γεωγραφικής Εκπαίδευσης. Άρα, κατά τη γνώμη μας, πρέπει σε επίπεδο Παιδαγωγικού Ινστιτούτου και Πολιτικής Ηγεσίας του ΥΠΕΠΘ να ληφθούν υπόψη τα πορίσματα και να υπάρξουν ανάλογες προσαρμογές.

21. ΠΟΙΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΠΟΥ ΔΙΝΕΤΕ ΣΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΕΧΕΙ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΠΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ-ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
1/2	4	7,5%
1/3	8	15,1%
1/4	9	17%
1/5	13	24,5%
Λιγότερο	11	20,7%
Δεν απάντησαν	8	15,1%

Από τις απαντήσεις προκύπτει πολύ καθαρά ότι ούτε οι μισοί μαθητές πληροφορούνται όλα τα σχετικά με τα προβλήματα (περίπου το 40%). Βεβαίως δε βοηθά ούτε το σχολικό εγχειρίδιο, ούτε το αναλυτικό πρόγραμμα. Σ' αυτό το σημείο πρέπει να σκεφτούμε σοβαρά την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση σε συνδυασμό με τη Γεωγραφική, ώστε να καλυφθεί το μεγάλο αυτό κενό.

22. ΑΝΑΘΕΤΕΤΕ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ;

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ναι	38	71,7%
Όχι	15	28,3%

Φαίνεται ότι είναι συνηθισμένη πρακτική να ανατίθενται εργασίες στους μαθητές στα πλαίσια της Γεωγραφίας. Όμως οι περισσότερες από αυτές είναι αντιγραφές από βιβλία και εγκυκλοπαίδειες και δεν παρακολουθούνται από τον καθηγητή. Επιπλέον, είναι σχεδόν όλες ατομικές εργασίες κάτι το οποίο δεν προσφέρει ιδιαίτερα στην επίτευξη μιας σειράς διδακτικών στόχων. Οι εργασίες θα πρέπει να έχουν άλλο χαρακτήρα, να είναι ομαδικές και σ' αυτό το σημείο πάλι μπορεί να βοηθήσει η Περιβ. Εκπ/ση. Μάλιστα, θα λέγαμε ότι η Περιβ. Εκπ/ση θα υλοποιηθεί ουσιαστικά μέσω αυτών των ομαδικών μαθητικών εργασιών στα πλαίσια του μαθήματος της Γεωγραφίας - Περιβ. Εκπ/σης.

23. ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΓΝΩΜΗ ΣΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΑΘΗΤΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΠΙΚΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΩΣ ΜΕΘΟΔΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ Π.Ε.

Απάντησαν λίγοι (13). Συμφωνούν όλοι ότι οι εργασίες αυτές είναι απαραίτητες και προτείνουν: Ένας, να δίνεται κατάλογος θεμάτων για να επιλέγουν οι μαθητές, άλλος να συνυπολογίζεται η εργασία στο βαθμό, τρίτος να αξιοποιηθούν οι «συνθετικές εργασίες» που θεσπίστηκαν στα πλαίσια της αξιολόγησης των μαθητών.

Αναφέρει συγκεκριμένα ένας συνάδελφος:

«Με τις εργασίες αυτές οι μαθητές έρχονται σε επαφή με το εξωσχολικό περιβάλλον και τους τοπικούς φορείς, γνωρίζουν τα τοπικά προβλήματα και τις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής, μελετούν, ερευνούν, παίρνουν συνεντεύξεις, επεξεργάζονται στοιχεία, προτείνουν λύσεις, δουλεύουν μέσα σε συλλογικά πλαίσια». Και κάποιος άλλος συμπληρώνει: «Απομακρύνονται από την αποστήθιση, αφομοιώνουν τις γνώσεις που παίρνουν, αναπτύσσουν θετική στάση για το περιβάλλον και τη συμμετοχή στη λήψη των αποφάσεων για την αντιμετώπιση προβλημάτων». Προφανώς αυτά που αναφέρουν οι συνάδελφοι είναι διδακτικοί στόχοι της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης και δε μπορούν να επιτευχθούν παρά μόνο με συνδυασμό Γεωγραφίας Π.Ε.

24. ΒΡΙΣΚΕΤΕ ΤΗ ΣΧΕΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Στενή	24	45,2%
Χαλαρή	21	39,6%
Ανύπαρκτη	5	9,4%
Δεν απήντησαν	3	5,6%

Το ποσοστό όσων πιστεύουν ότι υπάρχει πράγματι σχέση Γεωγραφίας - Περιβ. Εκπ/σης είναι συντριπτικό 85%. Αυτό σημαίνει πως ήδη υπάρχει μια ευρέως διαδεδομένη πεποίθηση ότι η Γεωγραφία και η Π.Ε. πρέπει να συνδυαστούν για το καλό αμφότερων και κυρίως για το καλό της Παιδείας και των μαθητών.

25. ΘΕΩΡΕΙΤΕ ΧΡΗΣΙΜΗ ΤΗΝ ΑΛΛΗΛΟΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ναι	36	67,9%
Πιθανόν	16	30,3%
Όχι	1	1,8%

Εδώ τα πράγματα είναι ακόμη πιο σαφή. Το σύνολο σχεδόν των εκπαιδευτικών που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο πιστεύουν ότι είναι χρήσιμη η αλληλοσυμπλήρωση Γεωγραφίας - Π.Ε.

Μετά από αυτά είμαστε κι εμείς πεπεισμένοι ότι μόνο θετικά θα προκύψουν από το συνδυασμό και την αλληλοσυμπλήρωση Γεωγραφίας και Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ κ. Γ. ΡΕΝΤΖΟΥ (1976-1981) ΚΑΙ ΤΑ ΔΙΚΑ ΜΑΣ (1995)

Στο ερωτηματολόγιο που δώσαμε στους συναδέλφους καθηγητές για συμπλήρωση περιλάβαμε ορισμένες ερωτήσεις, παραπλήσιες με αυτές του ερωτηματολογίου του κ. Γ. Ρέντζου (Γεωγραφική Εκπαίδευση, εκδ. Επικαιρότητα, 1984) για να δούμε αν υπήρξαν κάποιες μεταβολές.

Σημειώνουμε πάντως ότι δε μπορεί η σύγκριση αυτή να δώσει απόλυτα αποτελέσματα αφού κάθε ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε υπό διαφορετικές συνθήκες και σε διαφορετικές περιοχές κι έτσι θεωρούμε τα αποτελέσματα ενδεικτικά.

ΕΡΩΤΗΣΗ: ΤΙ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ ΕΧΕΤΕ;

Ειδικότητα	Γ. Ρέντζος		Δ. Καλαϊτζίδης	
	αριθμός	ποσοστό	αριθμός	ποσοστό
Φυσικοί*	11	30,5%	21	39,6%
Φυσιογνώστες	16	4,4%	7	13,2%
Γεωλόγοι	2	5,5%	14	26,4%
Βιολόγοι	–	–	–	–
Φιλόλογοι	2	5,5%	–	–
Μαθηματικοί	5	13,9%	6	11,3%
Γυμναστές	–	–	2	3,7%
Οικιακής Οικονομίας	–	–	3	5,6%

* (Φυσικοί/Χημικοί/Βιολόγοι)

25. ΘΕΩΡΕΙΤΕ ΧΡΗΣΙΜΗ ΤΗΝ ΑΛΛΗΛΟΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ναι	36	67,9%
Πιθανόν	16	30,3%
Όχι	1	1,8%

Εδώ τα πράγματα είναι ακόμη πιο σαφή. Το σύνολο σχεδόν των εκπαιδευτικών που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο πιστεύουν ότι είναι χρήσιμη η αλληλοσυμπλήρωση Γεωγραφίας - Π.Ε.

Μετά από αυτά είμαστε κι εμείς πεπεισμένοι ότι μόνο θετικά θα προκύψουν από το συνδυασμό και την αλληλοσυμπλήρωση Γεωγραφίας και Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ κ. Γ. ΡΕΝΤΖΟΥ (1976-1981) ΚΑΙ ΤΑ ΔΙΚΑ ΜΑΣ (1995)

Στο ερωτηματολόγιο που δώσαμε στους συναδέλφους καθηγητές για συμπλήρωση περιλάβαμε ορισμένες ερωτήσεις, παραπλήσιες με αυτές του ερωτηματολογίου του κ. Γ. Ρέντζου (Γεωγραφική Εκπαίδευση, εκδ. Επικαιρότητα, 1984) για να δούμε αν υπήρξαν κάποιες μεταβολές.

Σημειώνουμε πάντως ότι δε μπορεί η σύγκριση αυτή να δώσει απόλυτα αποτελέσματα αφού κάθε ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε υπό διαφορετικές συνθήκες και σε διαφορετικές περιοχές κι έτσι θεωρούμε τα αποτελέσματα ενδεικτικά.

ΕΡΩΤΗΣΗ: ΤΙ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ ΕΧΕΤΕ;

Ειδικότητα	Γ. Ρέντζος		Δ. Καλαϊτζίδης	
	αριθμός	ποσοστό	αριθμός	ποσοστό
Φυσικοί*	11	30,5%	21	39,6%
Φυσιογνώστες	16	4,4%	7	13,2%
Γεωλόγοι	2	5,5%	14	26,4%
Βιολόγοι	–	–	–	–
Φιλόλογοι	2	5,5%	–	–
Μαθηματικοί	5	13,9%	6	11,3%
Γυμναστές	–	–	2	3,7%
Οικιακής Οικονομίας	–	–	3	5,6%

* (Φυσικοί/Χημικοί/Βιολόγοι)

Παρατηρούμε ότι το μάθημα το διδάσκουν (τότε και τώρα) κυρίως καθηγητές των Φυσικών Επιστημών κλάδου ΠΕ4, δηλαδή Φυσικοί, Χημικοί, Βιολόγοι, Γεωλόγοι, Φυσιογνώστες σε ποσοστό περίπου 80% τότε και τώρα και σε ένα 11,3% τώρα). Αυτό που έχει σημασία είναι ότι ενώ τότε δίδασκαν το μάθημα καθηγητές που είχαν διδαχθεί Γεωγραφία στο Πανεπιστήμιο (Φυσιογνώστες - Γεωλόγοι) σε ποσοστό 50% το ποσοστό αυτό πέφτει τώρα στο 39,6%. Αυτό κατά τη γνώμη μας δείχνει μια υποβάθμιση της γεωγραφικής εκπαίδευσης στο σχολείο.

ΕΡΩΤΗΣΗ: ΠΟΣΑ ΧΡΟΝΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΕΧΕΤΕ;

Χρόνια Υπηρεσίας				
	Γ. Ρέντζος		Δ. Καλαϊτζίδης	
	αριθμός	ποσοστό	αριθμός	ποσοστό
1 - 5 χρόνια	26	63,4 %	19	37,2%
6 - 10 χρόνια	11	26,8 %	11	21,5%
10 + χρόνια	4	9,75%	21	41,2%

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι μειώνεται ο ρυθμός πρόσληψης νέων καθηγητών αφού το ποσοστό των νέων πέφτει από 63,4% στο 35,8% ενώ αντίστροφα αυξάνεται ο αριθμός των μεγαλύτερων από 9,75% σε 39,6%. Αυτό κατά τη γνώμη μας θα έπρεπε να αντανακλάται στην ποιότητα της διδασκαλίας αφού περισσότεροι καθηγητές με πολλά χρόνια υπηρεσίας έχουν μεγαλύτερη διδακτική πείρα.

ΕΡΩΤΗΣΗ: ΠΟΣΕΣ ΦΟΡΕΣ (ΧΡΟΝΙΕΣ) ΕΧΕΤΕ ΔΙΔΑΞΕΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ:

	Γ. Ρέντζος		Δ. Καλαϊτζίδης	
	αριθμός	ποσοστό	αριθμός	ποσοστό
1 - 5 φορές	33	80,5%	31	63,3%
6 - 10 φορές	6	14,6%	10	20,4%
10 + φορές	2	4,9%	8	16,3%
* 1 φορά	-	-	12	24,5%

*** Περιλαμβάνονται και στο «1 - 5 φορές».**

Και από τις απαντήσεις αυτές φαίνεται ότι πράγματι μειώνεται ο ρυθμός διορισμών νέων καθηγητών αφού αυτοί που δίδαξαν μόνο μια φορά (24,6%) είναι πολλοί επειδή στους Νομούς όπου έγινε η δειγματοληψία υπηρετούν πολλοί πρωτοδιοριζόμενοι καθηγητές.

ΕΡΩΤΗΣΗ: ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΣΗ, Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΑΠ' ΟΣΑ ΛΕΤΕ, ΠΕΡΙΠΟΥ:

	Γ. Ρέντζος		Δ. Καλαϊτζίδης	
	αριθμός	ποσοστό	αριθμός	ποσοστό
Το 1/3	9	22 %	3	5,7%
Τα 2/3	21	51,2%	–	–
Τα 3/3	11	26,8%	14	26,4%
Το 1/2	–	–	31	58,5%
Το 1/4	–	–	3	5,7%
Δεν απήντησαν	–	–	1	1,9%

Αυτό που φαίνεται σταθερό είναι ότι λίγο περισσότεροι από το 1/4 όσων διδάσκουν Γεωγραφία στηρίζονται αποκλειστικά και μόνο στο διδακτικό βιβλίο ενώ είναι σημαντικό το ποσοστό (58,5%) αυτών που δηλώνουν ότι οι μισές πληροφορίες λαμβάνονται από αυτό.

ΕΡΩΤΗΣΗ: ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΕ:

	Γ. Ρέντζος		Δ. Καλαϊτζίδης	
	αριθμός	ποσοστό	αριθμός	ποσοστό
Τη διδαχθήκατε στο Πανεπιστήμιο	11	32,3%	4	7,5%
Την επινοήσατε ο ίδιος/η ίδια;	–	–	46	86,8%
Τη στηρίζετε στις μαθητικές σας αναμνήσεις	21	61,8%	3	5,6%
Τη διδαχθήκατε σε μετεκπαίδευση	2	5,9%	2	3,7%

Παρατηρούμε μείωση αυτών που δηλώνουν ότι διδάχθηκαν τη μέθοδο στο Πανεπιστήμιο, διότι μετά τη διάλυση του Φυσιογνωστικού Τμήματος, αυτοί που διδάσκονται Γεωγραφία είναι μόνο οι Γεωλόγοι. Πολύ μεγάλο όμως είναι το ποσοστό όσων δηλώνουν ότι επινόησαν οι ίδιοι τη μέθοδο διδασκαλίας. Αυτό σημαίνει υψηλό ποσοστό αυτομόρφωσης ή υψηλό ποσοστό αυτοσχεδιασμού με ότι μπορεί να συμπαρασύρει;

Συμπεράσματα

1. Διαπιστώνεται μια γενικότερη υποβάθμιση της Γεωγραφικής Εκπαίδευσης στο Γυμνάσιο. Η υποβάθμιση αυτή οφείλεται στη μείωση των καταρτισμένων στη Γεωγραφία καθηγητών, στην έλλειψη ενδιαφέροντος για το μάθημα εκ μέρους των καθηγητών, στο δευτερεύοντα χαρακτήρα που δίνεται στο μάθημα της Γεωγραφίας, στη συσσώρευση της Γεωγραφικής Εκπαίδευσης μόνο στα δύο χρόνια από τα έξι της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, στην ανεπάρκεια των σχολικών βιβλίων, στο ένα και μοναδικό σχολικό βιβλίο, στην αποφυγή χρήσης εποπτικών μέσων διδασκαλίας και στη μείωση των γεωγραφικών μαθημάτων συνολικά στη Β' Εκπαίδευση (π.χ. Ανθρωπογεωγραφία).

2. Από την έρευνα προκύπτει πως οι περισσότεροι καθηγητές θεωρούν ότι η διδασκαλία του μαθήματος της Γεωγραφίας, όπως γίνεται σήμερα, δεν εξυπηρετεί του διδακτικούς στόχους που τίθενται από το Υπουργείο Παιδείας.

3. Μολονότι είναι λίγοι οι επιμορφωμένοι στην Π.Ε. εκπαιδευτικοί, πιστεύουν ότι θα είναι πολύ χρήσιμη η συμβολή της Π.Ε. στην αναβάθμιση της Γεωγραφικής εκπαίδευσης, μέσω ενός συνδυασμού-εμβολιασμού των δύο μαθημάτων. Η μεγάλη πλειοψηφία των καθηγητών θεωρεί ότι υπάρχει σχέση μεταξύ Γεωγραφίας και Π.Ε. και γι' αυτό θα πρέπει να αλληλοσυμπληρωθούν για το καλό αμφοτέρων και βέβαια για το καλό της Παιδείας και των μαθητών.

Βιβλιογραφία (Ενδεικτική)

Ρέντζος, Γ. (1984). «Γεωγραφική Εκπαίδευση» Επικαιρότητα. Αθήνα.
Φλογαΐτη, Ε. «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση». Πανεπιστημιακές εκδόσεις.
Γεωργόπουλος, Α. - Ε. Τσαλίκη. «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση». Gutenberg.
Αγγελίδης, Ζ. «Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση». ART OF TEXT.

«Οδηγίες για τη διδακτέα ύλη και τη διδασκαλία των μαθημάτων στο Γυμνάσιο και το Λύκειο». ΟΕΔΒ ΑΘΗΝΑ.
Σχολικά εγχειρίδια Γεωγραφίας
Ράπτου, Α. «Η Γεωγραφία στο Γυμνάσιο». «Λόγος και πράξη» τ. 52 σ. 81-87.
Οδηγός φυσικών επιστημών στα Δημοτικά και Γυμνάσια» UNESCO. Εκδ. Νέα Σύνορα.
Μακρής, Χ. «Εκπαίδευση σε θέματα οικολογίας στις χώρες της ΕΟΚ. Περ.
«Λόγος και Πράξη» τ. 52 σ. 68-79.

Η πραγματική Ομηρική τοπογραφία της Τροίας

Κ. Κουτρουβέλης
Κλειούς 12, 15561 Χολαργός

Περίληψη

Ο Χέρχερ στο βιβλίο του «Περί της Ομηρικής πεδιάδος της Τροίας» που δημοσιεύθηκε το 1876, τρία χρόνια μετά την ανακάλυψη του Ιλίου στο Χισσαρλίκ, υπό του Ερ. Σλήμαν αναφέρει ότι: «η φυσική κατάσταση του τόπου δεν συμβιβάζεται καθόλου προς την περιγραφή του Ομήρου, η οποία είναι εντελώς φανταστική». Η τοπογραφία όμως ενός τόπου, αποτελεί μια αληθινή πραγματικότητα, μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου την οποίαν περιγράφει ο Όμηρος στους 550 τοπογραφικούς στίχους της Ιλιάδας. Κανένας ερευνητής δεν έλαβε υπ' όψη του, την γεωμορφολογική μεταβολή της τοπογραφίας του τόπου της Τροίας, από τότε μέχρι σήμερα. Αυτή την παράλειψη αποκαθιστά η παρούσα ανακοίνωση.

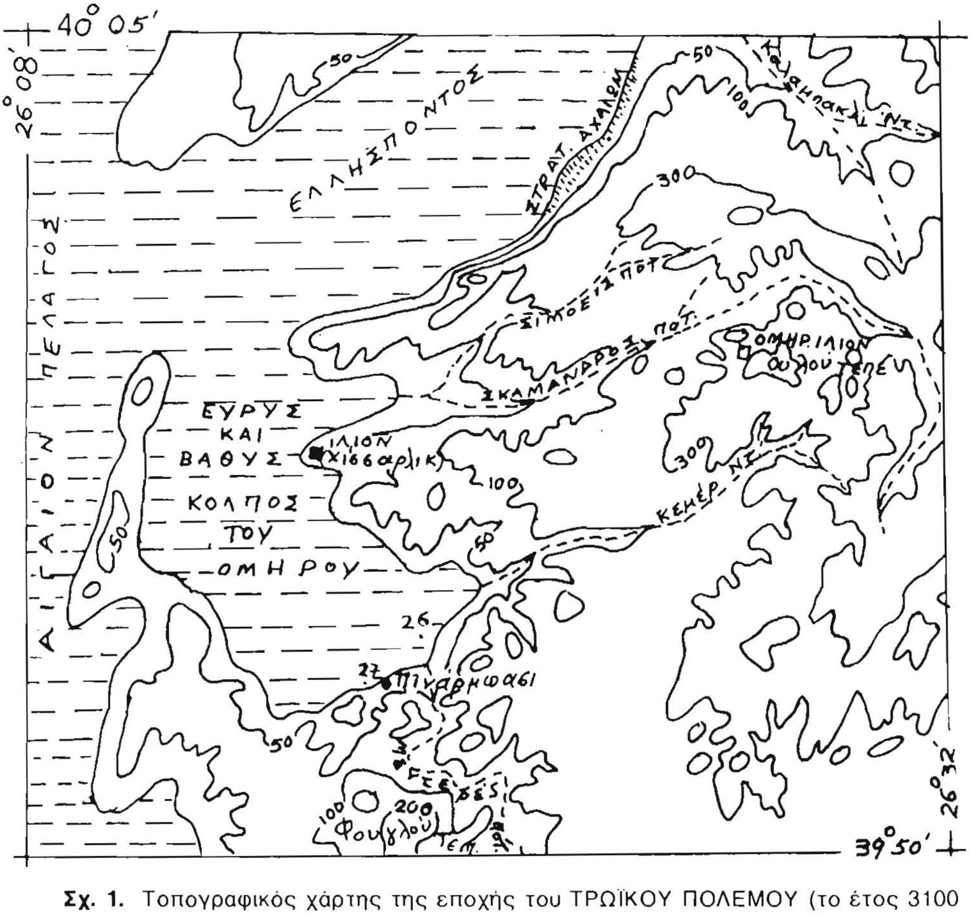
Abstract

This paper offers a solution to a big trap, according to which the Homeric Scamandros river was the name of the Menteres river of today. This was a big mistake because, nobody took under consideration the fact of the change of the morphology of the area. The plain of the Menteres river during the Trojan war, was a wide gulf, as Homer described in Iliad 21, 124-125.

1. Εισαγωγή

Η γεωμορφολογία της επιφανείας του εδάφους, μεταβάλλεται συνεχώς και γίνεται αντιληπτή με την πάροδον των αιώνων και όχι των ετών. Εμφανής και χαρακτηριστική είναι η αλλαγή της μορφολογίας στις εκβολές των ποταμών. Η Άνω Αίγυπτος, όπως λέγει ο Ηρόδοτος από το Κάϊρο και προς βορράν είναι δώρον του ποταμού Νείλου. Οι μισές από τις Εχινάδες νήσους του Ομήρου, ενώθηκαν με την ξηράν της Ακαρνανίας. Παρόμοια προσχωματική μεταβολή της γεωμορφολογίας γίνεται και περί το Ίλιον της Τροίας, επισημαίνει ο Ηρόδοτος και ο Στράβων συμπληρώνει ότι η ακτή της θάλασσας από το Ίλιον του Χισσαρλίκ που ανακάλυψε ο Σλήμαν απείχεν 12 στάδια ή 2.200 περίπου μέτρα. Με δεδομένα το εμβαδόν, το μέσον ύψος και το μέσον βάθος της προσχωσιγενούς εκτάσεως, υπολογίζεται ο όγκος των παραχθεισών προσχώσεων, και η κατ' έτος παραγωγή του-των, εάν υπάρχει κάποιο αντίστοιχο στοιχείο ενός αρχαίου συγγραφέως, όπως αυτό του Στράβωνος. Τα στοιχεία αυτά μας επιτρέπουν τον υπολογισμό της χρονολογίας ενάρξεως της γεωμορφολογικής μεταβολής. Έτσι αποδεικνύεται ότι η Άνω Αίγυπτος άρχισε να δημιουργείται από το έτος 3.934 π.Χ., και ο κάμπος του Μεντερές στην Τροία από το έτος 3.100 π.Χ..

Από την αναγωγή της μορφολογίας του εδάφους στην περιοχή της Τροίας, σύμφωνα προς τα τεχνικά στοιχεία του Στράβωνα, του Ηροδότου, του Ερατοσθένη και του Ομήρου, προέκυψε μία τελείως καινούρια τοπογραφική απεικόνιση του εδάφους, η οποία φαίνεται στο χάρτη του Σχ. 1.



Σχ. 1. Τοπογραφικός χάρτης της εποχής του ΤΡΩΪΚΟΥ ΠΟΛΕΜΟΥ (το έτος 3100 προ Χριστού) (Κλ. 1:250.000).

Η αναλυτική εξέταση του χάρτου τούτου, σε συσχετισμό με το χάρτη του Σχήματος 2, παρουσιάζει και αποδεικνύει τα ακόλουθα:

α. Το «στρατόπεδον των Αχαιών», που κατά τα λεγόμενα όλων των ερευνητών του κόσμου, ευρίσκετο μεταξύ των ακρωτηρίων Ροιτείου και Σιγείου, καίτοι δεν αναφέρονται ονομαστικά από τον Όμηρο, επνίγηκε στην θάλασσα της εισόδου «του Ομηρικού ευρέως κόλπου». (Ιλιάδα Φ124 - 125).

β. Το «πεδίον των μαχών των αντιπάλων στρατών», τοποθετούμενον από όλους σχεδόν τους ερευνητές, μεταξύ του «στρατοπέδου των Αχαιών» και της πόλης του «Ιλίου του Χισσαρλίκ», καταποντίσθηκε και αποτέλεσε τον πυθμένα του «ευρέως κόλπου» του Ομήρου.

γ. Ο «ποταμός Σκάμανδρος ή Ξάνθος» του Ομήρου, ο οποίος επήγαζε κατά τον Όμηρο, από δύο πηγές που ανέβλυζαν, η μία κρύο και η άλλη ζεστό νερό, ταυτίστηκε από όλους σχεδόν τους ερευνητές, με τον σημερινό ποταμό Μεντερές, που πηγάζει από το όρος της Ίδης, όπως και ο ποταμός Σατνιόεντας, για τον οποίον ο Όμηρος στην Ιλιάδα (Ζ34 - 35, Υ91 - 92, Φ85) λέγει ότι «έρρεε πλησίον της υψηλής κι' απόκρυμνης Πηδάσου, που βρισκότανε προς το όρος της Ίδης». Άρα ο σημερινός ποταμός Μεντερές ταυτίζεται απόλυτα με τον Ομηρικόν Σατνιοέντα και δεν έχει καμίαν απολύτως σχέση με το Σκάμανδρο ή Ξάνθο ποταμό. Έτσι χάθηκε και ο Σκάμανδρος ποταμός, από το προσκήνιο του Τρωικού πολέμου.

δ. Η πόλη του Πριάμου – το Ίλιον –, εντοπιζομένη στο αντέρεισμα (και όχι στο λόφο) του Χισσαρλίκ, μετετράπη σε παραλιακή, κτισμένη σε ύψος 38 περίπου μέτρων από τη στάθμη της θάλασσας. Έτσι έχασε όλη την ομηρική διακόσμηση δια της οποίας εχαρακτηρίζετο, πέραν των άλλων:

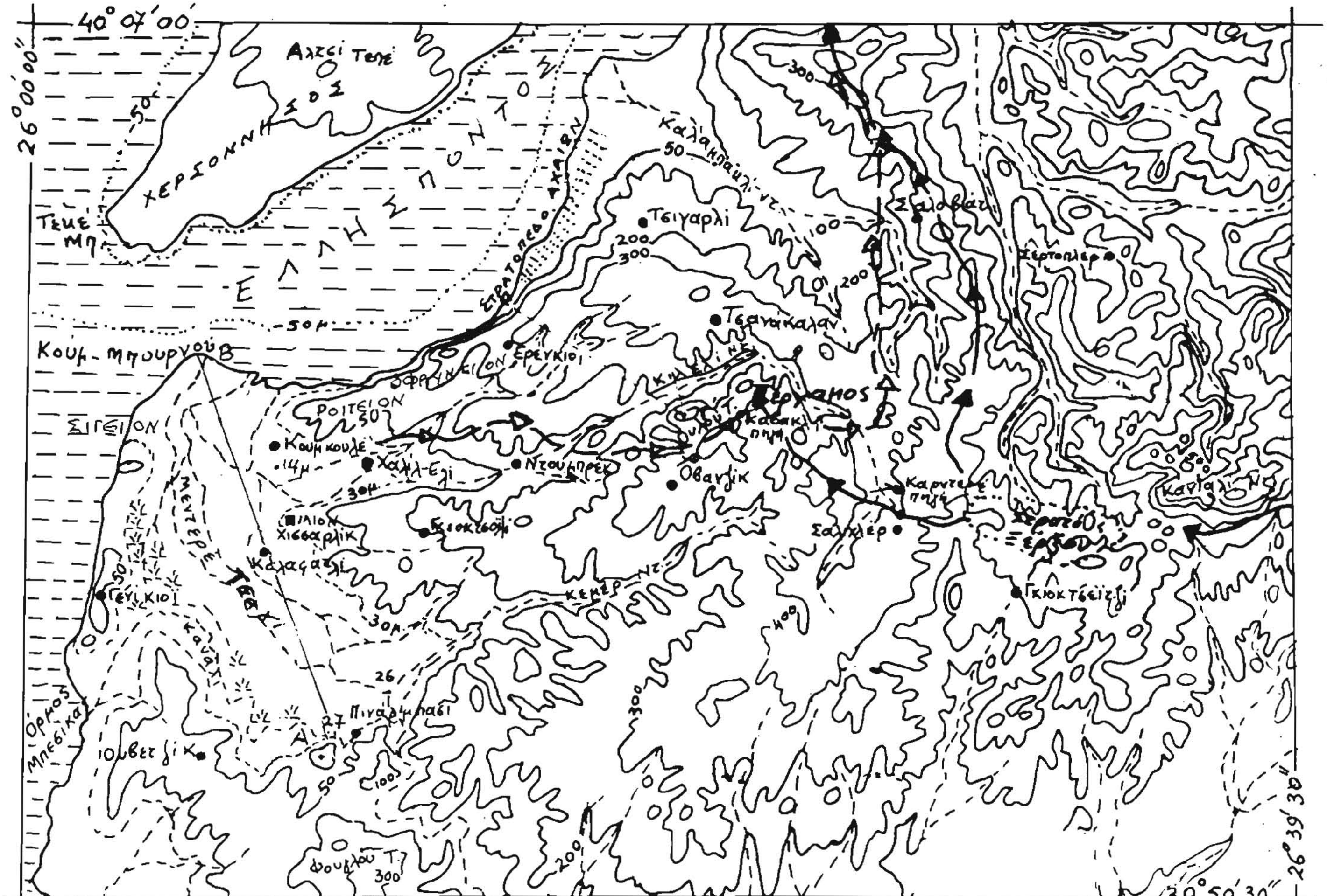
«Απόκρημνη», ως έχουσα κάπου γκρεμούς.

«Ανεμοδαρμένη», ως εκτεθημένη στους ανέμους επί υψώματος, με μεγαλύτερον υψόμετρον εκείνου του Χισσαρλίκ.

«Κοίλη πόλη», ως κτισμένη σε έδαφος με τοπογραφικές κοιλότητες, οι οποίες εσχηματίζοντο από τους αυχένες που υπήρχαν μεταξύ των αντιστοίχων κορυφών λόφων.

«Λοφώδης» ως ανεπτυγμένη εντός ενός χώρου, ο οποίος περιείχε έναν αριθμό κορυφών λόφων. Όπως ήσαν η κορυφή των ναών, που ονομάζετο ο Πέργαμος, ο πύργος τους παρατηρητηρίου του πεδίου των μαχών και η κορυφή των ανακτόρων του Πριάμου και των παιδιών του.

Αποτέλεσμα αυτών ήταν και είναι η διαιώνιση του ανακύψαντος «Ομηρικού ζητήματος», το οποίον κατά πρώτον γεννήθηκε από τους Αλεξανδρινούς Αρίσταρχον, Δίδυμον, Ζηνόδοτον, Κράτημα και άλλους. Αναγεννήθηκε από το 1.744 μ.Χ., και μετά, από τους G. Vico, R. Wood, F. Wolf, F. Velcker, A. Kirchoff, H. Schliemann, uu. Willamowitz κ.α. Είναι καιρός το «όλον Ομηρικόν ζήτημα» να βρει τη λύση του, τουλάχιστον από τοπογραφικής πλευράς, όπως θ' αποδειχθή στη συνέχεια.



Σχ. 2. Χάρτης της Τροίας. Κλ. 1:250.000 ←—— Πορεία Ξέρξου ←—— Πορεία Αλεξάνδρου Στρατόπεδον Περσών

2. Αγνοημένα στοιχεία του Ηροδότου και του Αρριανού

α. Ο Ηρόδοτος στην Πολύμνια και στις παραγράφους 42, 43 και 44, αναφέρεται στη πορεία του Ξέρξου από τις Σάρδεις μέχρι της Αβύσσου στον Ελλήσποντο, όπου πορευόμενος δια των κορυφογραμμών έφθασε στον Ναό της Ιλιάδας Αθηνάς στην Πέργαμο της Τροίας αφού διέβη τον πρώτον ποταμόν τον Σκάμανδρον που σήμερα ονομάζεται ρέμα του Κιλελί, χωρίς να διέλθη από το Αδραμύτειον, την Αντάνδρο, το Ροίτειο, το Οφρύνειον, Ίλιον (Χισσαρλίκ) και την Δάρδανον.

β. Ο Μέγας Αλέξανδρος, όπως γράφει ο Αρριανός στην Ανάβαση (βιβλίο Α κεφ. XI και XII) ανέβηκε στο ναό της Ιλιάδας Αθηνάς, χωρίς να διέλθη εκ του Ιλίου του Χισσαρλίκ, όπου αφιέρωσε την πανοπλίαν του κι επήρε αντί αυτής, μερικά των ιερών όπλων των σωζομένων εκεί από του Τρωικού πολέμου. Τα στοιχεία αυτά αγνοήθηκαν από τους ερευνητές και οδήγησαν την όλη υπόθεση στα σφάλματα που αποκαθίστανται δια της παρούσης.

3. Η τοπογραφική ανάλυση της Τροίας

Η τοπογραφική ανάλυση του χώρου της Τροίας, με βάση τα Ομηρικά τεχνικά στοιχεία, χρειάζεται έναν κοινόν τόπον, αναφερόμενον υπό του Ομήρου, ο οποίος να υπάρχη και σήμερα. Πάνω σ' αυτόν θα γίνη η αναγωγή των στοιχείων του Ομήρου και θα επακολουθήση ο παραλληλισμός και η σύγκριση τούτων προς την σημερινήν τοπογραφικήν μορφολογίαν του χώρου, οπότε θα προκύψη ο κατάλληλος και ο ακριβής εντοπισμός των διαφόρων θέσεων, τοπωνυμίων κ.λπ.

Ο κοινός τόπος δεν είναι σημείον αλλά μια κοινή γραμμή, η οποία αντιστοιχεί στην ακτή του στενού του Ελλησπόντου, για τον οποίον ο Όμηρος (Ιλιάδα Β844-845) λέγει: «τους Θράκες οδηγούσε ο Ακάμας και ο ήρωας Πείρσος, κι' όσους το ορμητικό ρεύμα του Ελλησπόντου περικυκλώνει», προς την πλευρά της σημερινής Χερσονήσου και Θράκης. Και για την πλευρά της Μ. Ασίας ο Όμηρος (Ιλιάδα Ω544-545) συμπληρώνει «και όσον χώρον περικυκλώνει ο απέραντος Ελλήσποντος και η Φρυγία υπεράνω (προς βορράν)».

«Το ορμητικό ρεύμα του Ελλησπόντου» συνεχίζεται και σήμερα και όπως γράφει ο Αντ. Κολιόπουλος στο βιβλίο της Στρατιωτικής Γεωγραφίας του (Εκδ. Ν. Τιμπέρογλου 1939), η ταχύτητα ροής των υδάτων κυμαίνεται από 3 έως και 9 χιλιόμετρα την ώραν. Η από τον καιρό του Ομήρου μέχρι σήμερα συνεχής κίνηση των νερών του Ελλησπόντου, έχει ένα μεγάλο πλεονέκτημα. Δεν άφησε τα καταγόμενα από τις δύο του πλευρές φερτά στερεά υλικά να επικαθήσουν στις ακτές του και να δημιουργήσουν προσχωσιγενείς μεταβολές τούτων. Άρα αμφότερες οι ακτές διατηρούν ακριβώς την μορφολογία που είχαν τότε και αποτελούν ιδεώδη κοινήν γραμμήν αναφοράς και αναγωγής των στοιχείων του Ομήρου τα οποία έχουν σχέση με:

α. Το στρατόπεδον των Αχαιών.
β. Το πεδίον των μαχών των αντιπάλων.
γ. Την αυθεντική πόλη του Ιλίου.

Α. Το στρατόπεδον των Αχαιών

Οι Αχαιοί όταν έφθασαν στην περιοχή της Τροίας και εισήλθαν προς το στενό του Ελλησπόντου, αναζήτησαν χώρον κατάλληλον, όχι μόνον για ν' αράξουν τα 1186 πλοία τους, αλλά και πρόσφορον για το τράβηγμα των πλοίων στη παραλία και την εγκατάστασή τους επ' αυτής. Ο χώρος τον οποίον αναζήτησαν έπρεπε να είχε ανάλογο μήκος και πλάτος. Να ήταν αμμώδης και να είχε μικράν κλίση, για το κατά το δυνατόν εύκολο τράβηγμα των πλοίων επί της στεριάς. Μεταξύ των ακρωτηρίων Σινείου και Ροιτείου, όπως έχει διατυπωθή μέχρι σήμερα, το άραγμα των πλοίων ήταν αδύνατο γιατί απο 'κεί άρχιζε ο «ευρύς κόλπος της θαλάσσης του Ομήρου». Πιο πέρα, μεταξύ του ακρωτηρίου του Ροιτείου και μέχρι της ακτής βορείως του Οφρυνείου, όπως φαίνεται στο Σχ. 1 το άραγμα ήταν αδύνατο, διότι η ακτή της παραλίας ήταν και εξακολουθεί να είναι απόκρημνη. Έτσι ο μόνος χώρος που προσεφέρετο για το άραγμα και την εγκατάσταση των πλοίων στην παραλία, εντοπίζεται στα βορειοανατολικά της αρχαίας πόλεως του Οφρυνείου μέχρι της εκβολής του ρεύματος Καλαμπακλί, όπως δείχνει το Σχ. 2. Την απόδειξη τούτου παρέχει ο Όμηρος, διότι όταν αναφέρεται «στα πλοία των Αχαιών» (Ιλιάδα Ο233, Σ150, Ψ2) τα τοποθετεί στην ακτή του «Ελλησπόντου».

Την εκλογήν της θέσεως αυτής την επιβεβαιώνει και ο Όμηρος (Ιλιάδα Ξ30-32) λέγοντας: «γιατί πολύ μακρυά του πεδίου της μάχης είχαν αποσυρθή τα πλοία στην αμμώδη παραλία της θαλάσσης τα πρώτα τα σύρανε μέχρι τη στεριά και πλησίον των πρυμνών τους, έκτισαν το τείχος». Ο χώρος όμως δεν ήταν επαρκής δια την διάταξη των πλοίων σε μιά σειρά επί της ακτής της παραλίας και γι' αυτό ο Όμηρος (Ιλιάδα Ξ33-36) συμπληρώνει: «επειδή ο αιγιαλός δεν ήταν τόσο ευρύς για να περιλάβη όλα τα πλοία, ο στρατός ήταν στριμωγμένος γι' αυτό τα έσυραν κλιμακωτά, κι' εγέμισαν ολόκληρο το μακρύ άνοιγμα της παραλίας, που όριζαν τ' ακρωτήρια».

Το ότι, τα πλοία είχαν τακτοποιηθή επί της παραλίας σε περισσότερες της μιάς σειράς επαληθεύεται από τον Όμηρο (Ιλιάδα Ξ75-79) όπου λέγει: «όσα πλοία βρίσκονται πρώτα δίπλα στη θάλασσα, τα τραβάμε, κι' όλα τα ρίχνουμε, στη θεϊκή θάλασσα, ... μετά ρίχνουμε και όλα τ' άλλα πλοία». Τούτο συμπληρώνεται και από τους στίχους του Ομήρου (Ιλιάδα Α485-486) όπου λέγει: «τράβηξαν το μαύρο πλοίο πάνω στη στεριά πέρα από την αμμουδιά κι' από κάτω του έβαλαν στηρίγματα». Έτσι αποδεικνύεται ότι το στρατόπεδον των Αχαιών συνεκροτήθη σε μία αμμώδη παραλία σε τρεις σειρές ή και τέσσαρες σειρές, αφού η προς το εσωτερικό της ξηράς ευρίσκετο πέραν της άμμου, επί του χώματος.

Κατά το διάστημα της αποβάσεως και της ανασύρσεως των πλοίων στην ξηρά ένας παρατηρητής των Τρώων παρακολουθούσε την επιχείρηση την οποίαν περιγράφει ο Όμηρος (Ιλιάδα Β791-794) λέγοντας: «ο γυιός του Πριάμου Πολίτης, καθόταν φύλακας έχοντας πίστη στη γρηγοράδα των ποδιών του, στην κορυφή του τύμβου του γέροντα Αισυήτου περιμένοντας, πότε οι Αχαιοί θα βγουν από τα πλοία». Η θέση της κορυφής του τύμβου του γέροντα Αισυήτου, δεν μπορεί να είναι άλλη από την σημειουμένην στο Σχ. 3, διότι αυτή παρείχε αρκετόν πεδίον ορατότητος προς την παραλίαν, η οποία εξαπλούτο προς τα βορειοανατολικά της. Η γρηγοράδα των ποδιών του Πολίτη, σχετίζεται με την απόσταση που τον χώριζε από την πόλη του Ιλίου, στην οποίαν έπρεπε να φθάση το συντομώτερον, για να αναγγείλη τις παρατηρήσεις του.

Με την πάροδον του χρόνου το στρατόπεδον των Αχαιών συνεπληρώθη με την κατασκευή σκηνών για τη διαμονή των βασιλιάδων και των οπλιτών, όπως αναφέρει ο Όμηρος στην Ιλιάδα Α487 και Β778. Εκτός τούτων περί το μέσον του στρατοπέδου κατασκεύασαν την αγοράν των συνελεύσεων, το δικαστήριο και τους βωμούς των Θεών (Ιλιάδα Λ806-808). Τέλος για την ασφάλειαν των πλοίων και του στρατού έκτισαν τείχος, το οποίον ο Όμηρος το περιγράφει στην Ιλιάδα (Η436-441) λέγοντας: «δίπλα σ' αυτόν έκτισαν τείχος με υψηλούς πύργους φύλακα και των πλοίων και των ιδίων. Σ' αυτούς (τους πύργους) κατασκεύασαν πύλες καλοταιριασμένες, ώστε δι' αυτών να περνάη αμαξητός δρόμος. Κι απ' έξω από αυτό έσκαψαν βαθειά τάφρο πολύ πλατιά, και μέσα έμπηξαν πασσάλους».

Αυτή είναι εν συντομία η περιγραφή του στρατοπέδου των Αχαιών από τα στοιχεία του Ομήρου. Υπολείπεται να εξετασθή η σχέση του στρατοπέδου με το πεδίον των μαχών. Κατά πρώτον όπως αναφέρθηκε εχωρίζοντο δια μεγάλης αποστάσεως (Ιλιάδα Ξ30). Κατά δεύτερον λόγον δεν υπήρχε ορατότης παρατηρήσεως εκ του μεν προς το δε, διότι ο Όμηρος (Ιλιάδα Ξ8) επισημαίνει ότι ο Νέστωρ για να δη τι γίνεται στο πεδίο των μαχών «πρέπει ν' ανεβή στο ύψωμα». Κι' αυτό δεν ήταν άλλο από το αντέρεισμα το οποίον βρίσκεται στο ΒΑ του σημερινού χωριού Ερένκιοι ή Ιντεπέ, όπως δείχνει το Σχ. 2. Αυτό επαληθεύεται από τον Όμηρο (Ιλιάδα Ξ27-28) όπου λέγει: «τον Νέστορα συνάντησαν οι θεικοί βασιλιάδες (στο ύψωμα) καθώς ανέβαιναν από τα πλοία». Αλλά εκτός της αναβάσεως εκ των πλοίων προς το πεδίον των μαχών, υπάρχει και η αντίθετος πορεία την οποίαν αναφέρει ο Όμηρος στην Ιλιάδα Ε25-26 και Ζ52-53.

Άρα μεταξύ του στρατοπέδου των Αχαιών και του πεδίου των μαχών παρεμβάλετο η κορυφογραμμή υψομέτρου υψομέτρου 200 έως 300 μέτρων, που ορίζεται από τον λόφο της Καλλικολώνας και το σημερινό χωριό Ερένκιοι, όπως φαίνεται στο Σχ. 3, και επαληθεύεται από τα στοιχεία του Ομήρου που αναφέρθηκαν πιο πάνω, και επιβεβαιώνεται για μία ακόμη φορά από τον Όμηρο (Ιλιάδα Κ160-161 και Λ56) όπου λέγει: «Οι Τρώες, ξέρεις κάθονται στον όχθον του πεδίου (στην οφρύν), και από τα πλοία μικρό διάστημα τους διαχωρίζει», ή «αλλά τους Τρώες έστησε στον όχθον (στην οφρύν) του πεδίου (των μαχών), ο Έκτωρ. Εκ τούτου αποδεικνύεται ότι ενώ «το πεδίον των μαχών» ευρίσκετο «μακράν των πλοίων» (Ιλιάδα Ξ30-32) οι Τρώες αποθώντας τους Αχαιούς είχαν στρατοπεδεύσει στην οφρύν της κορυφογραμμής Ερένκιοι-Καλλικολώνας, ακριβώς άνωθεν των πλοίων.

Ο Όμηρος για να συμπληρώση την εικόνα του στρατοπέδου των Αχαιών περιγράφει και τη διάταξη των πλοίων (Ιλιάδα Θ222-226) λέγοντας: «στάθηκε στου Οδυσσέα το βαθύ και μαύρο πλοίο, που ήταν στη μέση ν' ακουστή και στις δύο διευθύνσεις προς τις σκηνές του Τελαμωνείου Αίαντα και προς του Αχιλλέα, οι οποίοι στις άκρες τα πλοία τους έσυραν με πίστη στην ανδρεία και στη δύναμη των χεριών τους».

Η θέση την οποίαν κατέλαβε ο Αχιλλεύς και τα πλοια του ήταν το αριστερόν άκρον της διατάξεως, προς το ρέμμα του Καλαμπακλί, γιατί ο Όμηρος (Ιλιάδα Ι360-361) λέγει δια στόματος Αχιλλέως: «πολύ πρωί στο ψαροφόρο Ελλήσποντο θα πλέουν τα πλοία μου και μέσα οι άνδρες θα κωπηλατούν», αποδεικνύοντας ότι θα διέπλεε αρκετήν απόστασην μέσα στη θάλασσα του Ελλησπόντου. Οπότε στο δεξιόν της παρατάξεως, προς το χωρίον Ερένκιοι, ευρίσκοντο τα πλοία του Αίαντα.

Β. Το πεδίον των μαχών των αντιπάλων

Όλες οι ομηρικές αναφορές που έχουν σχέση με το χώρο διεξαγωγής των μαχών του Τρωικού πολέμου, αποδίδονται με την λέξη «πεδίον», που μεταφράζεται με τη λέξη «κάμπος». Ένας κάμπος όμως δεν είναι επίπεδος επιφάνεια εδάφους, διότι είναι δυνατόν να διαθέτει και βαθειές γραμμές ρευμάτων. Έτσι το προς το στρατόπεδον των Αχαιών όριον του πεδίου (του χώρου) των μαχών θα έφθανε μέχρι της γραμμής που ορίζει το σημερινό χωριό Ερένκιοι και το ύψωμα της Καλλικολώνας από την οποίαν ήτο ορατός ο χώρος των μαχών. Ο Όμηρος όμως ορίζων τα όρια των μαχών (Ιλιάδα Ζ2-4) λέγει: «πολύ από 'δώ κι' από 'κεί επεξετάθη η μάχη στο πεδίο πετώντας εναντίον αλλήλων τα χάλκινα δόρατα, περίπου στη μέση των ρευμάτων του Σιμοέντα και του Ξάνθου». Η ρεματιά του Σιμόεντα ενώνετο με τη ρεματιά του ορμητικού Σκαμάνδρου όπως λέγει ο Όμηρος στην Ιλιάδα Ε774. Το ρέμα λοιπόν του Σιμόεντα ήταν μικρότερο σε μήκος χωρίς νερό, γιατί τίποτα περί τούτου δεν αναφέρει ο Όμηρος. Η αρχή του όμως έφθανε προς το ύψωμα της Καλλικολώνας, όπως αναφέρει ο Όμηρος στους στίχους Υ52-53 της Ιλιάδας. Κι' αυτό αποδεικνύει ότι ήταν το όριον του πεδίου των μαχών προς το μέρος του στρατοπέδου των Αχαιών, όπως μπορεί να διαπιστωθή από την μελέτη του Σχ. 3.

Ο ποταμός Σκάμανδρος ή Ξάνθος ήταν μεγαλύτερος σε μήκος του Σιμόεντα και διερρέετο από αρκετό νερό, το οποίον προήρχετο κατά τα λεγόμενα του Ομήρου (Ιλιάδα Χ147-148): «από τις καλλίροες βρύσες, όπου οι δύο πηγές του ορμητικού Σκαμάνδρου αναβλύζουν». Το νερό αυτό ενισχυόμενο κι' από άλλες πηγές, όπως λέγει ο Όμηρος (Ιλιάδα Φ124-125): «οδηγείτο μέσα στον ευρύ κόλπο της θάλασσας». Το στοιχείο αυτό συμπληρώνεται από τον Όμηρο στην Ιλιάδα Φ202-203, όπου λέγει: «τον Αστεροπαίον του Πηλεγόνου σκότωσε ο Αχιλλεύς και τον άφησε στην εκβολή του Σκαμάνδρου στην αμμουδιά...». «Κατά την θάλασσα είναι οι Κάρες και οι τοξότες Παίονες, οι Λέλεγες, οι Καύκωνες και οι θεικοί Πελασγοί, προς τη Θύμβρη έτυχε να είναι οι Λύκιοι και οι περήφανοι Μυσοί και οι ιππομάχοι Φρύγες και οι αρματομάχοι Μαίονες» λέγει ο Όμηρος στους στίχους Κ428-431 της Ιλιάδας. Ποία ήταν η θάλασσα αυτή; Προς την ακτή του Ελλησπόντου; Αδύνατον. Η μόνη θάλασσα που απομένει είναι ο «ευρύς κόλπος» του Ομήρου, ο οποίος φθάνει μέχρι των εκβολών του Θύμβριου ποταμού, όπου κάπου εκεί κοντά ευρίσκετο και η Ομηρική Θύμβρη. Οπότε οι ανωτέρω σύμμαχοι των Τρώων είχαν στρατοπεδεύσει στο χώρο που ορίζεται από την ακτή της θάλασσας «του ευρέως κόλπου» του Ομήρου, κάτω από το Ίλιον του Χισσαρλίκ, το οποίον δεν υπήρχε τότε, κι' επεκτείνετο προς τα σημερινά χωριά Γκιοκτσοιλί και Ντουμπρέκ, όπως φαίνεται στο Σχ. 3.

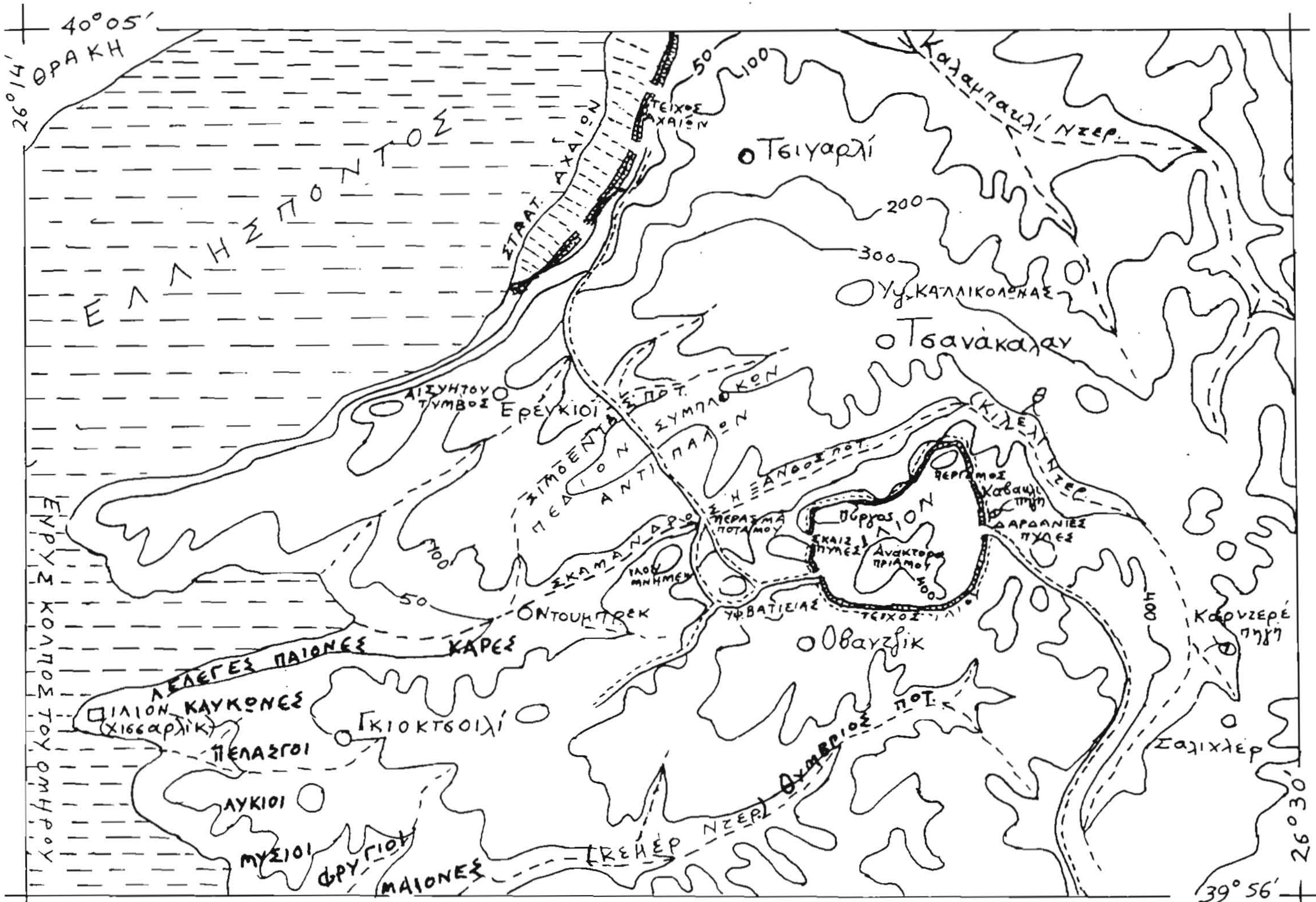
Η ρεματιά του Σκαμάνδρου ποταμού αποτελούσε το, προς τη πόλη του Ιλίου, όριον του πεδίου των μαχών, ήταν δηλαδή ο χώρος των μετόπισθεν των Τρώων. Διότι ο Όμηρος αναφέρει τα ακόλουθα αποδεικτικά στοιχεία:

1) Στην Ιλιάδα Ξ434-435 αποκαλύπτει ότι: «σαν έφθασαν στο πέρασμα του Ορμητικού Ξάνθου, κατέβασαν (τον Έκτορα) στη γη και του 'ριξαν νερό κι' ο Έκτορας άνοιξε τα μάτια... (και συνήλθε από την αφασίαν του τραύματος)».

2) Στην Ιλιάδα Κ415-416 διατυπώνει ότι: «ο Έκτωρ κάνει σχέδια κοντά στο μνημείο του Ίλου, πίσω από την οχλοβοή (των στρατευμάτων)». Το μνημείον του Ίλου ευρίσκετο πέραν του ποταμού Σκαμάνδρου προς την περιοχή της πόλεως, όπως λέγει ο Όμηρος στην Ιλιάδα Ω349.

3) Στην Ιλιάδα Φ1-6 επαληθεύονται τα προηγούμενα αφού: «όταν (οι Τρώες) έφθασαν στο πέρασμα του φαρδιού ποταμού, του ορμητικού Ξάνθου ή Σκαμάνδρου, εκεί αφού τους διαχώρισε (ο Αχιλλεύς) τους μεν στον κάμπο τους κυνηγούσε προς τη πόλη... κι' οι άλλοι μισοί στο ποτάμι το βαθύ κι' ασημοστρόβιλο απωθούντο». Αυτό σημαίνει ότι το κυνηγητό ελάμβανε χώραν πέραν του ποταμού προς την περιοχή της πόλης του Ιλίου. Πολλοί όμως των Τρώων εκρύβοντο, μετά από το «πέρασμα του ποταμού» στις «βαθειές όχθες» τούτου. Κι' αυτό επιβεβαιώνεται από τον Όμηρο (Ιλιάδα Φ9 και 26) όπου αναφέρει ότι η κοίτη του ποταμού είχε «γκρεμούς» και «σκιερές όχθες». Δηλαδή ένα διάστημα της κοίτης είχε απόκρημνες «όχθες». Και επειδή κατά τα λεγόμενα του Ομήρου (Ιλιάδα Θ490, Ξ434, Χ148) ήταν και «ορμητικός» σημαίνει ότι η κοίτη του από τις πηγές προς τη θάλασσα είχε μεγάλη κλίση. Ήταν κατηφορικός. Η διαμόρφωση αυτή της κοίτης του ποταμού διακρίνεται μετά το μνημείο του Ίλου και «το φαρδύ πέρασμα του ποταμού Σκαμάνδρου» προς την ανάντη, δηλαδή προς τις πηγές του ποταμού, όπως φαίνεται στο σχήμα 3. Τα χαρακτηριστικά αυτά, δυστυχώς δεν προσαρμόζονται προς τον σημερινό ποταμό Μεντερές. Οπότε κάθε ταύτιση των δύο ποταμών είναι άστοχος και στερείται Ομηρικών αποδείξεων, αφού ταυτίζεται απολύτως με το Κιλελί ρεύμα, επειδή συγκεντρώνει όλα τα αποδεικτικά στοιχεία του Ομήρου.

Εκ των ανωτέρω προκύπτει ότι ο χώρος του πεδίου των μαχών ορίζετο, κατά τη διεύθυνση του μήκους, από τη συμβολή των ποταμών Σιμόεντα και Σκαμάνδρου μέχρι το ύψωμα της Καλλικολώνας. Κατά τη διεύθυνση του πλάτους από την κοίτη του ποταμού Σιμόεντα μέχρι τη κοίτη του Σκαμάνδρου ποταμού. Υπάρχουν όμως και Ομηρικές αποδείξεις ότι το πεδίον των μαχών επεξετάθη μέχρι και εντός του στρατοπέδου των Αχαιών, όπως και μέχρι των τειχών της πόλεως του Ιλίου, πέραν του Σκαμάνδρου ποταμού. Ο χώρος του πεδίου διεκόπτετο από βαθειές γραμμές ρευμάτων, γιατί από τα λεγόμενα του Ομήρου (Ιλιάδα Λ492-499) προκύπτει ότι κατά τις μάχες δεν υπήρχε άμεση ορατότητα των μαχομένων σε κάποιο διάστημα μεταξύ τους. Απόδειξη τούτων είναι ο χάρτης του Σχ. 3.



Σχ. 3. Χαρτης του ΟΜΗΡΙΚΟΥ ΙΛΙΟΥ ΤΗΣ ΤΡΟΙΑΣ κλ. 1:130 000 του 3100 π.Χ.

Γ. Η αυθεντική πόλη του Ιλίου

Η πόλη του Ιλίου, παρά το γεγονός, ότι ο Όμηρος της δίδει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα «απόκρημνη» (Ιλιάδα Ι419, Ν625, Ο71), «ανεμοδαρμένη» (Ιλιάδα Γ305, Ν724), «Κοίλη πόλη» (Ιλιάδα Ε791, Ν107) και «λοφώδης» (Ιλιάδα Χ411), ταυτίσθηκε με τα ερείπια, που βρέθηκαν από τον Ε. Σλήμαν, στο αντέρεισμα του Χισσαρλίκ, το οποίο ονομάσθηκε «λόφος», χωρίς ν' ανταποκρίνεται, τόσο η θέση, όσο και η γεωμορφολογία της προς τα δεδομένα στοιχεία του Ομήρου. Ο όρος «απόκρημνη» δηλώνει ότι κάπου υπήρχαν «γκρεμοί» ήτοι απότομες καταπτώσεις του εδάφους. Ο όρος «ανεμοδαρμένη» αποδεικνύει ότι βρισκόταν στη κορυφή κάποιου υψώματος, που το κτύπαγαν οι άνεμοι από όλες τις πλευρές. Ο χαρακτηρισμός «κοίλη πόλη» διατυπώνει την έννοιαν ότι η πόλη είχε ιδρυθή εντός εδαφικών κοιλοτήτων, οι οποίες κατέληγαν σε αυχένες. Κάθε αυχήν συνδεόταν με δύο κορυφές λόφων, και το σύνολον τούτων δικαιολογεί το Ομηρικόν γνώρισμα «λοφώδης».

Η πόλη του αυθεντικού Ιλίου βρισκόταν πέραν της κοίτης του Σκαμάνδρου ποταμού (το σημερινό ρεύμα του Κιλελί). Αυτό αποδεικνύεται από τον Όμηρο (Ιλιάδα Ω349-351) όπου λέγει: «εκείνοι (ο Πρίαμος και ο ηνίοχός του Ιδαίος αναχωρήσαντες από την πόλη), αφού προσπέρασαν το μεγάλο μνημείο του Ίλου, σταμάτησαν τα μουλάρια και τ' άλογα για να τα ποτίσουν, στο ποτάμι...». Στον ίδιο χώρο, πέραν του ποταμού, ο Όμηρος (Ιλιάδα Β811-815) περιγράφει την ύπαρξη ενός ακόμη υψηλού λόφου «τον λόφο της Βατίειας, περιβαλλόμενον από δρόμο, όπου χωρίστηκαν οι Τρώες και σύμμαχοί τους, (βαδίζοντας να στρατοπεδεύσουν προς το πεδίον της μάχης οι μεν, και προς την θάλασσαν του "ευρέως κόλπου", οι δε».

Για να πάη κανείς, από το πεδίον των μαχών προς την πόλη, έπρεπε «ν' ανεβή» κάποια ανηφοριά, κατά τα λεγόμενα του Ομήρου (Ιλιάδα Ζ74, Π396, Ρ320, Σ174). Για την αντίθετη πορεία, έπρεπε «να κατεβή», όπως λέγει ο Όμηρος στην Ιλιάδα (Γ252, Ω329 και αλλού). Άρα η αυθεντική πόλη του Ιλίου βρισκότανε σε μία υψηλή τοποθεσία σε σχέση με το επίπεδο του πεδίου των μαχών.

Το γεγονός αποδεικνύεται από τα δεδομένα του Ομήρου (Ιλιάδα Ζ256-257) όπου λέγει, προς τον Έκτορα η μητέρα του: «παιδί μου γιατί άφησες τον άγριο πόλεμο κι' ήλθες στο σπίτι; Σίγουρα, παρά πολύ θα σας πιέζουν οι καταραμένοι Αχαιοί, που πολεμούν γύρω από την πόλη. Και σένα η ψυχή σου σ' έσπρωξε να έλθης εδώ (στα ανάκτορα) κι' από την κορυφή της πόλης να προσευχηθής στον Δία». Η κορυφή αυτής της πόλης, όπως λέγει ο Όμηρος (Ιλιάδα Η345-346) περιελάμβανε: «τ' ανάκτορα του Πριάμου και την αγοράν των συνελεύσεων των Τρώων».

Επίσης (Ιλιάδα Ζ242-250): «τα εξήντα δύο οικήματα των γυιών και των θυγατέρων του Πριάμου». Καθώς (Ιλιάδα Ζ313-317): «και τα ωραία μέγαρα του Έκτορα και του Αλεξάνδρου». Η κορυφή αυτή ευρίσκετο πλησίον των Δαρδανίων πυλών, γιατί όπως λέγει ο Όμηρος (Ιλιάδα Χ412-413): «ο λαός με κόπο κρατούσε τον γέρο (Πρίαμο) που ήθελε να εξέλθη από τις Δαρδάνιες πύλες». Από το ύψωμα αυτό δεν υπήρχε ορατότης προς το πεδίο των μαχών, και γι' αυτό ο Πρίαμος έπρεπε να πάει στον πύργο του παρατηρητηρίου, όπως λέγει ο Όμηρος στους στίχους Γ162-180 της Ιλιάδας. Αυτό αποδεικνύει ότι η κορυφή των ανακτόρων ήταν στο πίσω μέρος των υψωμάτων του παρατηρητηρίου και της Περγάμου.

Η δεύτερη κορυφή του χώρου, όπου ήταν κτισμένη η αυθεντική πόλη του Ιλίου, ήταν η κορυφή των ναών. Ονομάζετο Πέργαμος και περιελάμβανε τον ναό του Απόλλωνος (Ιλιάδα Ε445-446), τον ναό της Αθηνάς (Ιλιάδα Ζ297-298), και τον ναό του Διός. Μία των πλείστων αποδείξεων περί τούτου του Ομήρου (Ιλιάδα Ο697-702) λέγει: «αλλά μόνον η Κασσάνδρα, που είχε ανεβεί μέσα στη Πέργαμο αντελήφθη (είδε) τον πατέρα της (τον Πρίαμο) ιστάμενο στ' αμάξι, κι' αυτόν (τον Έκτορα) στο κάρρο τον είδε κείμενον στο στρώμα». Άρα η κορυφή της Περγάμου, ευρίσκετο προς το πεδίο των μαχών και είχε ευχερή ορατότητα προς τούτο, αφού η Κασσάνδρα είδε τον πατέρα της ερχόμενον από το στρατόπεδον των Αχαιών.

Η τρίτη κορυφή του χώρου, η οποία περιεβάλετο από το υψηλό τείχος όπως και οι δύο προηγούμενες, ήταν ο πύργος του παρατηρητηρίου, ο οποίος αναφέρεται σε πολλά σημεία της Ιλιάδας από τον Όμηρο. Χαρακτηριστική είναι η αφήγηση του Ομήρου (Ιλιάδα Γ153-180) όπου λέγει: «Τέτοιοι άρχοντες απόμαχοι των Τρώων (σαν τον Πρίαμο) εκάθονταν πάνω στον Πύργο, ο οποίος βρισκόταν πάνω ακριβώς από τις Σκαιές πύλες και παρατηρούσαν το πεδίον των μαχών». Άλλωστε από 'κεί είδε ο γέρο Πρίαμος «τον πελώριο Αχιλλέα να καταδιώκη τους Τρώες που έτρεχαν προς το τείχος (Ιλιάδα Φ526-533) και κατέβηκε στις Σκαιές πύλες, όπου διέταξε τους θυρωρούς ν' αφήσουν τις πύλες ανοικτές».

Είναι λοιπόν γεγονός ότι η αυθεντική πόλη του πρώτου Ιλίου ήταν κτισμένη επί ενός υψιπέδου εκ του οποίου υπερείχαν τρεις τουλάχιστον κορυφές. Εκ τούτων οι δύο ευρίσκοντο προς το πεδίον των μαχών και είχαν ορατότητα προς τούτο, ενώ η τρίτη βρισκόταν όπισθεν τούτων, προς τις Δαρδάνιες πύλες.

Η πόλη αυτή περιεβάλλετο από ένα υψηλό τείχος, το οποίον διέθετε τρεις πύλες, όπως αναφέρει ο Όμηρος. Πλην όμως σε κάποιο σημείο (Ιλιάδα Ζ433-434) «κοντά στην αγροσυκιά ήταν ελαττωματικό και μπορούσε να προσβληθή η πόλη». Τούτο θα εδικαιολογείτο σε κάποιο σημείο του εδάφους, όπου δεν μπορούσε να κτισθή, δηλαδή σε κάποιο γκρεμό, πλησίον του πύργου ή της Περγάμου.

Η αναζήτηση ενός τέτοιου εδαφικού χώρου, όπως τον περιγράφει ο Όμηρος, μας οδηγεί στο σημερινό υψίπεδο του Ουλού Τεπέ, το οποίον εκτός των τριών κορυφών ύψους άνω των 400 μέτρων περιλαμβάνει κι' άλλες τρεις έξω των τειχών. Η θέση του από το Ίλιον του Χισσαρλίκ απέχει περί τα 15.500 μέτρα, και γι' αυτό δεν έφθασε σ' αυτό κανείς ερευνητής μέχρι σήμερα.

4. Αρχαιοχρονολόγηση δια της καθ' ύψος γεωμορφολογικής μεταβολής

Μια των μεθόδων υπολογισμού της χρονολογίας ενάρξεως μιάς προσχωματικής γεωμορφολογικής μεταβολής ενός χώρου βασίζεται στη μεταβολή του υψομέτρου ενός συγκεκριμένου σημείου, το οποίον προσδιορίζεται από κάποιον αρχαίον συγγραφέα.

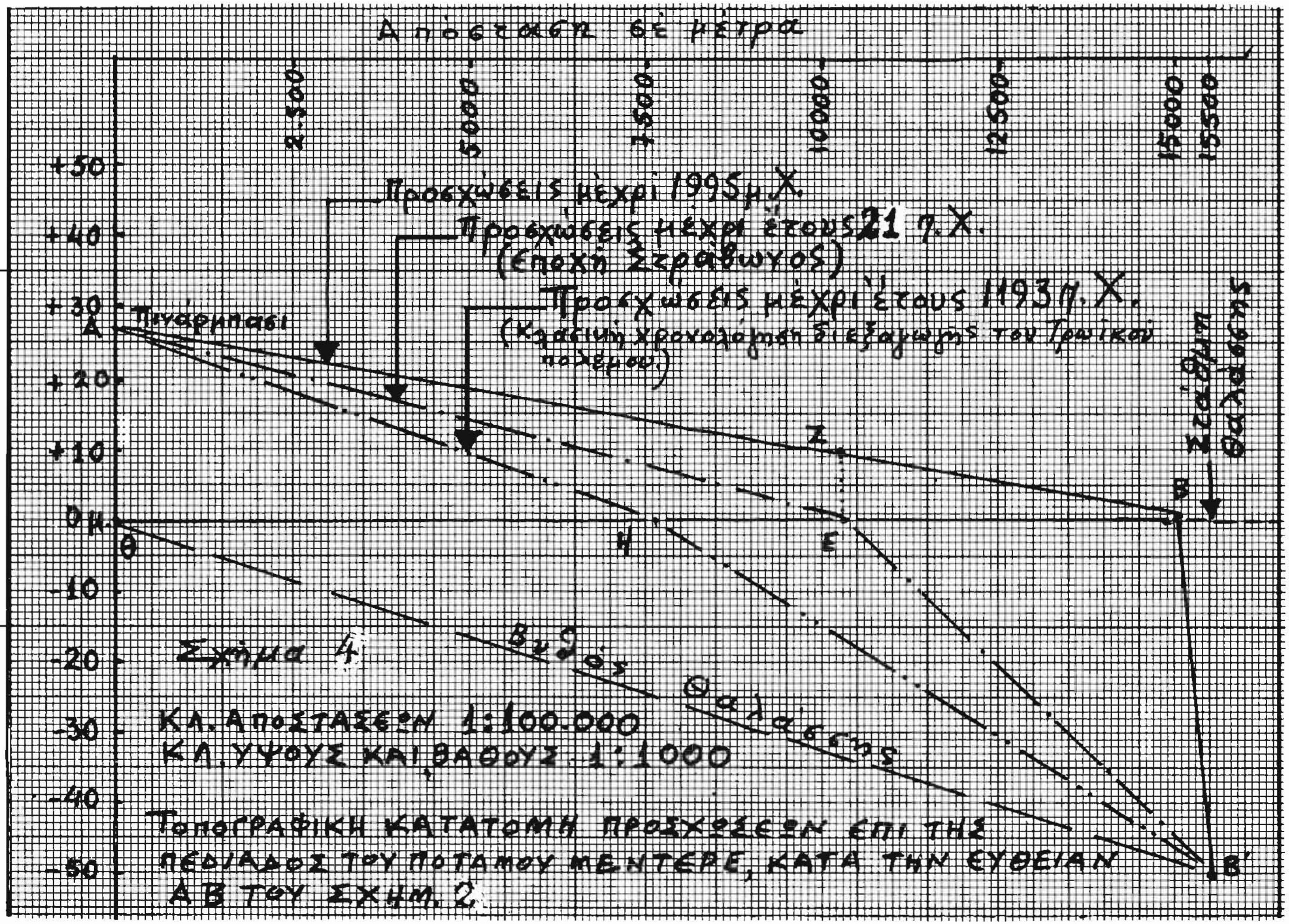
Ο Στράβων έζησε από το 66 π.Χ., μέχρι το 24 μετά Χριστόν και η παραγωγική ηλικία λογίζεται περίπου 45 ετών, ήτοι το έτος 21 πρό Χριστού. Οπότε από τότε μέχρι σήμερα έχουν παρέλθει 2021 χρόνια. Επί της ακτής της θάλασσας, της εποχής του Στράβωνος, η οποία απείχεν 12 στάδια (ή 2.200 περίπου μέτρα), σημείον Ε του Σχ. 4, έχουν επικαθήσει φερτά στερεά υλικά ύψους 10,5 μέτρων. Εκ τούτου έχομεν:

ΕΖ = 10,5:2021 χρόνια = 0,0052 μ./ετησίως

Επί της ακτής του Ομήρου, πλησίον του σημερινού χωριού Πινάρμπασι, η καθ' ύψος συσσώρευση των φερτών στερεών υλικών, είναι 27 μέτρα, ως εμφαίνεται στο σχήμα 4, οπότε:

ΘΑ = 27 μ.:0,0052 μ./ετ. = 5.192 χρόνια
και 1995 μ.Χ. – 5.192 χρ. = – 3.197
ή το 3.197 προ Χριστού

Άρα η έναρξη της προσχωσιγενούς μεταβολής «ευρέως κόλπου» του Ομήρου άρχισε να εξελίσεται από το έτος 3.197 περίπου προ Χριστού. Σημειωτέον ότι δια του ογκομετρικού υπολογισμού, που αναφέρθηκε στην εισαγωγή, προκύπτει ότι το γεγονός άρχισε περί το 3.100 προ Χριστού και η διαφορά των 97 ετών, θεωρουμένη αμελητέα, αποδεικνύει την ορθότητα των συλλογισμών. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται και από αστρονομικούς υπολογισμούς βασισμένους σε αγνοημένα αστρονομικά στοιχεία του Ομήρου, εκ των οποίων προκύπτει ότι ο Τρωικός πόλεμος διεξήχθη από το 3087 - 3078 προ Χριστού.



Σχ. 4. Τοπογραφική κατατομή προσχώσεων επί της πεδιαδος του ποταμού Μεντέρε, κατά την ευθείαν ΑΒ του σχήματος 2. Κλ. Αποστάσεων 1:100.0000 Κλ. Ύψους και Βάθους 1:1000.

5. Συμπεράσματα

Αυτή είναι η αληθινή πραγματικότητα, διότι στηρίζεται στην τεχνική τοπογραφική ανάλυση των περιγραφικών τεχνικών στοιχείων του Ομήρου, τα οποία παραλληλίσθηκαν και συγκρίθηκαν με την σημερινήν γεωμορφολογίαν του εδάφους της όλης περιοχής. Από τον παραλληλισμόν και την σύγκριση προέκυψε ο παράγων της ομοιότητος τούτων. Εκ τούτου προήλθε ο εντοπισμός και η ταύτιση των διαφόρων Ομηρικών θέσεων, οι οποίες επί πέντε χιλιάδες χρόνια αναζητούντο. Η συνέχεια του θέματος ανήκει στους αρχαιολόγους, που ύστερα από μία γεωφυσική έρευνα μπορούν ν' αρχίσουν τις ανασκαφές. Στο θέμα αυτό τον λόγον έχουν οι καθηγητές κ.κ. Μάνφρεντ Κόρφμαν του Πανεπιστημίου της Τύμπιγκεν της Γερμανίας και Μπράιαν Ρόουζ του Πανεπιστημίου του Σινσινάτι, οι οποίοι συνεχίζουν τις ανασκαφές του Σλήμαν στην Τροία από το 1988. Τους εύχομαι καλήν επιτυχίαν και αν δεν πεισθούν στα προηγούμενα ή και σ' αυτά που περιλαμβάνονται στην αναλυτική μου μελέτη «Το Ομηρικόν Ίλιον της Τροίας» (Εκδ. Τεύχος 134 του Δελτίου της ΓΥΣ) τίθεμαι στη διάθεσή τους, για κάθε κυκλοφορία ή ερμηνεία των απόψεών μου.

Οι σχέσεις Τουρκίας - Συρίας - Ιράκ: Ένα υδρογεωπολιτικό παίγνιο

Ι. Μάζης
Τμήμα Ξένων Γλωσσών, Μετάφρασης και Διερμηνείας
Ιόνιο Πανεπιστήμιο, 491 00 Κέρκυρα

(Εισήγηση για το *4ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο/12 - 13 - 14 Οκτωβρίου 1995,* Αθήνα της **Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας**, Βουκουρεστίου 11, 10671, Αθήνα, τηλ. 36.31.112).

1. Σχέσεις Τουρκίας - Συρίας

Οι σχέσεις μεταξύ των δύο χωρών είναι ιστορικά, θα λέγαμε, τεταμένες. Η Τουρκία, έχοντας πλήρη συνείδηση της χρησιμότητας του νερού ως ρητορικού όπλου αλλά και ισχυρού διαπραγματευτικού μέσου έχει διατυπώσει urbi et orbi τις αντιρρήσεις της προς πάσης φύσεως παραχωρήσεις στο θέμα αυτό.

1.1. Το Ζήτημα του Χατάι - Αλεξανδρέτας και τα νερά του Ορόντη

Οι δύο κύριες πηγές τριβών μεταξύ Δαμασκού και Αγκύρας συνίστανται αφενός μεν στο ζήτημα της από τη Συρία παρεχόμενης υποστήριξης προς τις αντιπολιτευτικές ομάδες του τουρκικού καθεστώτος και σε μικρότερο βαθμό από τις διατυπωθείσες διεκδικήσεις από τη Δαμασκό σε ό,τι αφορά την κυριότητα των εδαφών του Χατάϊ (Σαντζάκιον της Αλεξανδρέτας). *Η εν λόγω περιοχή παρουσιάζει ιδιαίτερο στρατηγικό ενδιαφέρον λόγω των υδατίνων αποθεμάτων της που προέρχονται από τα όρη του Ταύρου.* Το 1939, τις παραμονές δηλ. του πολέμου, το Σαντζάκι, όπου διαβιούσε πολυάριθμη τουρκική μειονότητα, εκχωρήθηκε παρανόμως[1] από τη Γαλλία

1. Η εκτίμηση περί «παρανομίας» δεν ανήκει στον γράφοντα, αλλά στο Γάλλο Καθηγητή της Γεωπολιτικής Yves Locaste, Διευθυντή του Paris - VIII του πανεπιστημίου της Σορβόννης και συντάκτη του *Dictionnaire de la Géopolitique,* Flammarion, Paris, 1993, σελ. 1443, λήμμα: *La question du Sandjak d' Alexandrette.*

στην Τουρκία[1] με σκοπό να εξασφαλίσει το Παρίσι την αποδοχή της Άγκυρας στην εγκατάσταση αεροπορικών βάσεων που θα χρησίμευαν για μια πιθανή επίθεση εναντίον των πετρελαιοπηγών του Μπακού, σε περίπτωση συρράξεως της Δύσεως με τη Σοβιετική Ένωση.

Η κίνηση αυτή του Quai d' Orsai προκάλεσε την αγανάκτηση των Σύρων διανοουμένων και μέχρι σήμερα η Δαμασκός διεκδικεί το Σαντζάκι ως αδιάσπαστο τμήμα του συριακού εδάφους. Η υπόθεση του Χατάϊ αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα των συροτουρκικών αντιπαραθέσεων από το 1916 (Sykes-Pikot) μέχρι τις μέρες μας και παραμένει «θερμή» μέχρι σήμερα[2]. Η υπόθεση του Χατάι, όμως, επηρεάζει καίρια το ζήτημα της διευθέτησης των υδάτων του Ορόντη ο οποίος δεν θεωρείται από τη Συρία «διεθνής ποταμός» εφόσον ευρίσκεται κατά το μεγαλύτερο μέρος του στο συριακό έδαφος, αλλά και καταλήγει στην διεκδικούμενη από τη Δαμασκό περιοχή του Χατάι-Αλεξανδρέτας.

Η κατάσταση οξύνεται μεταξύ των δύο χωρών διότι η Συρία εννοεί να κατασκευάσει φράγμα επί του ποταμού Άφριν και ένα δεύτερο στην τοποθεσία Κρεμίς (κοντά στη πόλη Χάμα) επί του Ορόντη. Προβλέπεται

---

1. Στις 3 Οκτωβρίου του 1918, ο Εμίρης Φεϋζάλ, γυιός του Σέριφ Χουσεΐν, κατακτά τη Δαμασκό. Έχοντας πολεμήσει τον οθωμανικό στρατό ετοιμάζεται να ιδρύσει ανεξάρτητο αραβικό κράτος συμφώνως με τη δοθείσα προς αυτό υπόσχεση από το Λονδίνο. Δυστυχώς, όμως, γι' αυτόν, ο γαλλικός στρατός θέτει τέλος στις φιλοδοξίες του στις 24 Ιουλίου 1920, (βάσει της ήδη συναφθείσης με τους Βρετανούς -μυστικής τότε- Συμφωνίας Σάικς-Πικό του 1916) και τον εκδιώκει από τη Δαμασκό. Τότε τίθεται εν ισχύ η γαλλική Εντολή επί της Συρίας. Εκτός από το Λίβανο, η περιοχή χωρίζεται σε τέσσερα κρατίδια (της Δαμασκού, του Χαλεπίου, το αλλαουίτικό και το δρουζικό Ντζεμπέλ) τα οποία θα επανενωθούν το Δεκέμβριο του 1936.

2. Με την ευκαιρία της 46ης επετείου της προσαρτήσεως του Χατάι στην Τουρκία, ο τότε Υπουργός των Εξωτερικών της Τουρκίας Χαλέφογλου δήλωσε *«Το Χατάι ανήκει στην Τουρκία και θα παραμείνει σ' αυτήν. Ό,τι και αν κάνουν, όσο και αν κατασκευάζουν χάρτες που δείχνουν ότι ανήκει στα εδάφη άλλων, δεν πρόκειται να αλλάξει απολύτως τίποτα».* Ακόμη, πρέπει να σημειωθεί ότι τον Οκτώβριο του 1989, οι συριακές ένοπλες δυνάμεις κατέριψαν αεροσκάφος της τουρκικής τοπογραφικής υπηρεσίας το οποίο ίπτατο εντός του εναερίου χώρου του Χατάι και το Δεκέμβριο του 1989, ο σύρος Υπουργός Τύπου και Πληροφοριών εδήλωσε σε συνέντευξη τύπου στη Λευκωσία ότι «η Συρία ουδέποτε θα αναγνωρίσει την τουρκική επικυριαρχία στο Χατάι». Σχετική απόφαση της Σ. Αραβίας (Ιούνιος του 1985) να μη χορηγεί βίζα στους γεννηθέντες στην περιοχή του Χατάι, αποδεικνύει ότι μία από τις σημαντικότερες οικονομικές και πολιτικές δυνάμεις του μουσουλμανικού κόσμου, μάλλον συμπλέει με τη συριακή τακτική στο θέμα αυτό. Ως εκ τούτου, το ζήτημα φαίνεται να περνά στο επίπεδο «αραβοτουρκικής» καί όχι μόνο συρο-τουρκικής διαμάχης. Το γεγονός αυτό εξαγρίωσε τις τουρκικές αρχές, που μέσω του τύπου τους, εξαπέλυσαν σχετικές απειλές εναντίον της Σ. Αραβίας. Είναι επίσης απαραίτητο να τονισθεί ότι μέγα μέρος της κυρίαρχης αλλαουϊτικής ομάδας στα πλαίσια του μπααθικού καθεστώτος της Δαμασκού, έλκει την καταγωγή από το Σαντζάκι της Αλεξανδρέτας.

με αυτές τις κατασκευές να αντληθούν περί τα 130 εκατ. κυβ. μ. του Άφριν για άρδευση επί του συριακού εδάφους[1].

Τα εναπομένοντα 270 εκατ. κυβ. μ. θα εισέρχονται στην Τουρκία. Η ποσότητα όμως αυτή θεωρείται απαράδεκτα μικρή από τις τουρκικές αρχές διότι δεν είναι δυνατόν να καλύψει τις ανάγκες του πληθυσμού της Αλεξανδρέτας και της περιοχής της, που γνωρίζει έντονη πληθυσμιακή αύξηση. Από την άλλη πλευρά, οποιαδήποτε διευθέτηση μεταξύ Αγκύρας και Δαμασκού θα σήμαινε, κατά τις εκτιμήσεις της Συρίας, μια de jure αποδοχή της τουρκικής επικυριαρχίας στο Χατάι. Η Δαμασκός προσθέτει επίσης ότι οποιαδήποτε διμερής ρύθμιση στο καθεστώς των υδάτων του Ορόντη θα απαιτούσε από πλευράς της μια προκαταρκτική συμφωνία για τον Ευφράτη η οποία θα τον ανεγνώριζε ως «διεθνή ποταμό» για όλα τα παρόχθια κράτη.

1.2. Το Κουρδικό ζήτημα ως αντίβαρο στη διμερή γεωπολιτική των υδάτων[2]

Η Τουρκία από την πλευρά της κατηγορεί τη Συρία ότι υποστηρίζει τους Κούρδους του PKK[3], τους αρμένιους του ASALA (Αρμενικός Μυστικός Στρατός για την Απελευθέρωση της Αρμενίας), όπως και το αριστερό αντάρτικο πόλεων του Dev-Sol, ιδιαίτερα μετά την έναρξη της δεκαετίας του '80. Κυρίως το PKK έχοντας ως ορμητήριο τα εδάφη των βορείων συνόρων της Συρίας με την Τουρκία, επεδόθη σε πολυάριθμες επιθέσεις εναντίον στόχων στα τουρκικά εδάφη μεταξύ των ετών 1980 και 1985. Καμμία διπλωματική προσέγγιση της καταστάσεως ή υπογραφή αμοιβαίων συμφωνιών εκδόσεως δεν κατάφερε να μειώσει σημαντικά τη σφοδρότητα και τη συχνότητα αυτών των επιθέσεων. Η επίσκεψη του σύρου πρωθυπουργού Άμπντ αλ-Ραούφ αλ-Κάσεμ στην Τουρκία το Μάρτιο του 1986 επανενεργοποίησε τις διαπραγματεύσεις μεταξύ των

---

1. Υπενθυμίζουμε ότι η παροχή του Ορόντη στα συροτουρκικά σύνορα καταλήγει να είναι 170 εκατ. κυβ. μ. Τότε δέχεται τα νερά του ποταμού Αφρίν (230 εκατ. κυβ. μ.) που πηγάζει στην Τουρκία αλλά διασχίζει ένα τμήμα του συριακού εδάφους πριν εισέλθει στην, διεκδικούμενη από τη Συρία, περιοχή του Χατάι και καταλήξει στη Μεσόγειο θάλασσα.

2. Για περισσότερα στοιχεία που αφορούν διεθνείς καταγγελίες εναντίον της Τουρκίας σε ό,τι αφορά στους χειρισμούς της για το κουρδικό ζήτημα βλ. Ι.Θ. Μάζης, *Γεωγραφία του Ισλαμιστικού κινήματος στη Μέση Ανατολή*, Ελληνικές Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Αθήνα, 1992, σ.σ.: 222-227.

3. Η Άγκυρα έχει κάθε λόγο να ενοχλείται από την παρουσία του κουρδικού στοιχείου στην Ν/Α Ανατολία διότι το στοιχείο αυτό **αντιπροσωπεύει το 82% του πληθυσμού της περιοχής αυτής**. Περιοχής όπου βρίσκονται **οι πηγές του Ευφράτη** αλλά και διέρχονται **δύο μεγάλοι πετρελαιαγωγοί** που εκκινούν από το Β. Ιράκ (επίσης κουρδική περιοχή) και καταλήγουν στον κόλπο της Αλεξανδρέτας (περιοχή διεκδικούμενη από τη Συρία).

δύο χωρών. Έτσι κατά τα έτη 1986-1987 μεταξύ άλλων θεμάτων που συζητούντο από τις δύο πλευρές εθίγησαν και οι φόβοι της Συρίας σε ό,τι αφορούσε μια πιθανή απίσχναση των υδάτων του Ευφράτη που ανήκαν στη δικαιοδοσία της, λόγω του GAP[1].

Εν πάση περιπτώσει, οι προκύψασες διμερείς συμφωνίες δεν οδήγησαν και σε ανάλογη μείωση των δραστηριοτήτων του PKK. Ένα πρωτόκολλο για θέματα ασφαλείας που υπεγράφη το 1987, ως συνέχεια μιας συμφωνίας οικονομικής συνεργασίας η οποία περιείχε και ρήτρες σχετικές με τα νερά του Ευφράτη, δεν απέφερε επίσης σημαντικούς καρπούς και είναι μάλλον δύσκολο να διακρίνουμε ποιος ευθύνεται για το ατυχές αποτέλεσμα.

Η συριακή επιφυλακτικότητα και δυσπιστία απέναντι στην Τουρκία στο ειδικό αυτό θέμα πρέπει να αναζητηθεί ακόμη και στο ότι η Δαμασκός δεν πρόκειται να λησμονήσει εύκολα την αιματηρότατη αντικαθεστωτική εξέγερση στη συριακή πόλη Χάμα (2/02/1976) που προκλήθηκε από τους Αδελφούς Μουσουλμάνους της Συρίας και κατεστάλη με λουτρό αίματος από το συριακό στρατό[2]. Οι ειδικές υπηρεσίες της Δαμασκού είναι πεπεισμένες ότι ο οπλισμός των επαναστατών προήλθε από την Τουρκία.

Το βέβαιο όμως είναι ότι το γενικό επιτελείο του PKK εγκατέλειψε την παραμεθόριο περιοχή των συροτουρκικών συνόρων και μεταφέρθηκε στην κοιλάδα Μπεκάα του Λιβάνου, η οποία τελεί υπό τον έλεγχο των συριακών δυνάμεων.

Η Συρία σταμάτησε εκεί τις υποχωρήσεις και αρνήθηκε, κατ' εφαρμογή του δικαίου περί πολιτικών προσφύγων, να εκδώσει τον Κούρδο αρ-

---

1. Ακόμη, η Συρία αντιλαμβάνεται ότι οποιαδήποτε προσπάθειά της να υποκαταστήσει την υδροηλεκτρική ενέργεια που της παρέχει το φράγμα Άσαντ στον Ευφράτη, με ατμοκίνητες ή πετρελαιοκίνητες γεννήτριες, είναι καταδικασμένη σε αποτυχία από το γεγονός και μόνο της διαφοράς κόστους: το υδροηλεκτρικό KW κοστίζει 4 πιάστρα αντί των 60-90 πιάστρων/KW, του παραγομένου αντιστοίχως από γεννήτριες ατμού ή πετρελαίου. Επίσης, οι συριακές διαμαρτυρίες έχουν ως αντικείμενο και τη μείωση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενεργείας από το συριακό φράγμα Αλ Τάουρα, το οποίο είναι κατασκευασμένο χαμηλότερα στην κοιλάδα του Ευφράτη. Σύμφωνα όμως με δυτικούς παρατηρητές, δεν ευθύνεται μόνο η μείωση της παροχής του Ευφράτη, λόγω του GAP· σημαντική ευθύνη πρέπει να βαρύνει τον ελαττωματικό σχεδιασμό της εγκατάστασης του φράγματος που πραγματοποιήθηκε από σοβιετικούς τεχνικούς. Μία συμβατική εγκατάσταση, όπως αυτή του Αλ Τάουρα, καταναλώνει κατά τη διαδικασία της ψύξης, περίπου 9 κυβ. μέτ. νερού/sec για την παραγωγή 250 MW ηλεκτρικής ενεργείας.

2. Οι οπαδοί των Αδελφών Μουσουλμάνων κατέλαβαν αστυνομικά τμήματα, τα γραφεία του Μπάαθ, τη φυλακή και την έδρα του κυβερνήτη της Χάμα, μοιράζοντας ταυτοχρόνως όπλα στους κατοίκους της πόλεως. Οι 27η και 47η μεραρχίες του συριακού στρατού κατέστειλαν την επανάσταση στις 25/02/1976, με άγνωστο τον ακριβή αριθμό των νεκρών που, πάντως, εκτιμάται μεταξύ 10-25.000. (Βλ. Ι.Θ. Μάζης, *Γεωγραφία του ισλαμιστικού κινήματος στη Μέση Ανατολή*, Ε.Π.Ε, Αθήνα 1992, σ. 230).

χηγό του κινήματος (τον Άπο) στην Τουρκία, θεωρώντας τον πολιτικό πρόσφυγα[1]. Η στάση αυτή της Συρίας θα πρέπει πιθανόν να εξηγηθεί από το ότι η Τουρκία θεωρεί ότι οι ποσότητες νερού που εκχωρούνται βάσει του πρωτοκόλλου του 1987 στη Συρία είναι «οριστικές» και όχι minimum[2] και απορρίπτει τα αιτήματα της Δαμασκού και της Βαγδάτης για αύξηση της ποσότητος των ποσοστώσεων κατά 700 κυβ. μ./sec, δηλ. συνολικά 1200 κυβ. μ./sec αντιλέγοντας ότι οι δύο χώρες πρέπει να προβούν σε πλέον λελογισμένη χρήση της ήδη παραχωρηθείσης ποσότητος νερού. Η Τουρκία λησμονά ότι η παροχή των 500 κυβ. μ./sec προς τη Συρία δεν μπορεί να της πιστωθεί ως παραχώρηση προς τη Δαμασκό, εφόσον αποτελούσε συμβατική υποχρέωση της Άγκυρας την οποία και της επέβαλε το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο ώστε να πληρούνται οι απαιτούμενοι από αυτό όροι δανειοδοτήσεως του Σχεδίου GAP στη Ν/Α Τουρκία[3].

1.2.1. Το σύγχρονο διπλωματικό πλαίσιο των Τουρκο-συριακών επαφών για τη διευθεύτηση του Κουρδικού ζητήματος στα πλαίσια του υδρογεωπολιτικού σχεδιασμού της Άγκυρας

Σε όλους αυτούς του λόγους ίσως θα πρέπει να αναζητηθεί το γεγονός ότι, από το 1980 μέχρι σήμερα, οι επιθέσεις του PKK δεν σταμάτησαν από καμμία βάση της Οργανώσεως, σε όποια εδάφη και αν ήταν εγκατεστημένη[4].

---

1. Φυσικά, η τύχη του Άπο εάν εξεδίδετο στην Άγκυρα διεφαίνετο μάλλον επισφαλής, δεδομένης της επιδειχθείσης ακηδίας του τουρκικής κυβερνήσεως έως και έναντι των κουρδικής καταγωγής βουλευτών, στελεχών του Δημοκρατικού Κόμματος και μελών της τουρκικής Εθνοσυνελεύσεως, τα οποία βασανίζονται μέχρι σήμερα στις τουρκικές φυλακές, παρά τη διεθνή και ευρωπαϊκή κατακραυγή.

2. Βλ. αυτόθι, §2.3. *Το νερό στις σχέσεις της Τουρκίας με τη Συρία και το Ιράκ.*

3. Η Τουρκία, από την άλλη πλευρά, δεν φαίνεται διαθέσιμη να αντιληφθεί τη σοβαρότητα των διεθνών καταγγελιών από κράτη και διεθνείς οργανώσεις ανθρωπίνων δικαιωμάτων, τις οποίες καθημερινώς δέχεται για τη «στρατιωτική τελική λύση» που προσπαθεί να δώσει στο κουρδικό ζήτημα. Δε φαίνεται να προσδίδει ιδιαίτερη σημασία στις εκφρασθείσες ανησυχίες της Ενώσεως των Τούρκων Βιομηχάνων, η οποία καταγγέλει και αυτή με τη σειρά της τη μέθοδο των εθνικών διωγμών και εκκαθαρίσεων του κουρδικού στοιχείου ως ιδιαίτερα βλαπτική για την αξιοπιστία της χώρας στους ξένους επενδυτές και καλεί την κυβέρνηση της κ. Τσιλέρ να αποδώσει τις υπεσχημένες γλωσσικές, πολιτισμικές και εκπαιδευτικές ελευθερίες στο κουρδικό στοιχείο της Τουρκίας. Από την άλλη πλευρά, το Φράγμα Ατατούρκ αντιμετωπίζει από το κουρδικό στοιχείο της περιοχής ως «λαθραία υπεξαίρεση του υδάτινου πλούτου του λαού του Κουρδιστάν» και απειλείται από σαμποτάζ από πλευράς των *πεσμεργκάς* (κούρδων πολεμιστών).

4. Ο τότε πρόεδρος Οζάλ είχε απειλήσει επανειλημμένως ότι θα βομβαρδίσει τις βάσεις του PKK στην Μπεκάα, κατηγορώντας τη Συρία ότι αυτή υποκινεί και εξοπλίζει την οργάνωση. Το παράδειγμα του Οζάλ στις καταγγελίες αυτού του είδους ακολούθησε και ο νυν πρόεδρος της Τουρκίας κ. Σ. Ντεμιρέλ (κατά το διάστημα όμως της πρωθυπουργίας

Την 1η Αυγούστου του 1992, κατά την επίσκεψη του Τούρκου ΥΠΕΚΞ κ. Τσετίν στη Δαμασκό, ο τουρκικός τύπος[1] ανεφέρθη σε ψευδή πληροφόρηση του τούρκου αξιωματούχου από τους σύρους Υπουργούς Εσωτερικών και Εξωτερικών κ.κ. Χάρμπαχ και Ελ Σαράα[2].

Η επίσκεψη αυτή του κ. Τσετίν στη Δαμασκό (3/08/1992) είχε σκοπό να διασκεδάσει τις ανησυχίες του συριακού καθεστώτος, ανησυχίες που δημιούργησαν οι δηλώσεις Ντεμιρέλ (Ιούλιος 1992, κατά τα εγκαίνια του GAP) για το ότι *«τα ύδατα του Ευφράτη είναι αποκλειστικώς τουρκικά»*. Από την άλλη πλευρά, το καθεστώς της Δαμασκού, αλλά και αυτό της Βαγδάτης, γνωρίζοντας ότι η Άγκυρα ήθελε να παρατείνει τις οποιεσδήποτε συνομιλίες σχετικά με την κατανομή των υδάτων του Ευφράτη, μέχρι την ολοκλήρωση του GAP και έχοντας υπόψη του ότι η πιθανή υπογραφή μιας διμερούς σχετικής συμφωνίας μέχρι τότε θα ήταν αντίθετη με τα τουρκικά συμφέροντα[3] είχαν κάθε λόγο να πιέζουν την Άγκυρα να δεσμευθεί πριν το κρίσιμο έτος 1996. Έτσι, ο σύρος ΥΠΕΞ πρότεινε στον επισκέπτη τούρκο ομόλογό του, τη δημιουργία μιας τρι-

---

του υπό τον κ. Οζάλ), απαιτώντας αδιάκοπα την εκδίωξη των επιτελείων του PKK και του Dev-Sol από τα εδάφη της Μπεκάα και απειλώντας και αυτός με βομβαρδισμό των εδαφών αυτών. Βέβαια, κατά την επίσκεψή του στη Δαμασκό στις 17 Απριλίου του 1992, ο τούρκος Υπουργός των Εσωτερικών έλαβε τη ρητή διαβεβαίωση από τον σύρο Πρόεδρο Άσαντ ότι το PKK παρεκλήθη από την κυβέρνηση της Δαμασκού να εγκαταλείψει τη Μπεκάα και τα στρατόπεδα εκπαιδεύσεως των μαχητών στην περιοχή έκλεισαν. Με την υπογραφή ενός συμφώνου αμοιβαίας ασφάλειας μεταξύ των δύο χωρών που έλαβε χώρα κατά την επίσκεψη αυτή, ένα στρατόπεδο του Dev-Sol στη Μπεκάα, διέκοψε επίσης τη λειτουργία του. Στα πλαίσια «τηρήσεως» του ανωτέρω συμφώνου η Δαμασκός, και ως ένδειξη καλής θελήσεως προς την Άγκυρα, παρέδωσε στην τουρκική M.I.T. πληροφορίες που οδήγησαν τις τουρκικές αρχές ασφαλείας στην εξάρθρωση ενός δικτύου της Dev Sol στην Κωνσταντινούπολη τον Ιανουάριο του 1993. Μάλλον πρόκειται για παραχώρηση χωρίς ιδιαίτερο κόστος της Συρίας προς την Άγκυρα, εφόσον η κουρδική πτυχή (P.K.K.) δεν θίγεται. Τα γεγονότα που αναφέρω παρακάτω μας πείθουν για τη δυσκαμψία που χαρακτηρίζει τη Συρία να θίξει το κουρδικό στοιχείο ως αντίβαρο προς την τουρκική αδιαλλαξία στο ζήτημα της ισοκατανομής των νερών του Ευφράτη.

1. Βλ. εφημερίδα «Μιλιέτ», 4/08/1992.

2. Όπως δημοσιεύεται σε πρωτοσέλιδο άρθρο της *«Μιλιέτ»* (4/08/92), ενώ ο κ. Ελ Σαράα ανέφερε στον κ. Τσετίν ότι το P.K.K. εκδιώχθηκε τελείως από τα συριακά εδάφη, και το ίδιο ισχυρίσθηκε και ο κ. Μωχάμετ Χάρμπαχ συμπληρώνοντας ότι το P.K.K. εκδιώχθηκε τελείως και από την κοιλάδα Μπεκάα, πιεζόμενος από τον Τούρκο ΥΠΕΞ, ο κ. Ελ Σαράα, παρεδέχθη τελικώς ότι το P.K.K. δεν έχει εκδιωχθεί εντελώς από τα εδάφη της Συρίας. Την αναφορά αυτή όμως του Σύρου ΥΠΕΞ, διέψευσε αμέσως λαμβάνοντας το λόγο –συμφώνως πάντα με τη «Μιλιέτ»– ο ίδιος ο κ. Χάρμπαχ ο οποίος επέμεινε ότι *«δεν υπάρχει πλέον στρατόπεδο του P.K.K. στα εδάφη της Συρίας και ότι, συμφώνως με τα στοιχεία που αυτός διαθέτει, ο Αμπαλλά Οτσαλάν (Άπο) δεν βρίσκεται πια στη Συρία»*.

3. Δεδομένου ότι η αρδευομένη έκταση των τουρκικών εδαφών θα αυξάνετο σημαντικά και λαμβανομένου υπόψη ότι το στοιχείο της επιφανείας των αρδευομένων εδαφών θα αποτελούσε σοβαρότατο κριτήριο για την κατανομή των υδάτων του Ευφράτη μεταξύ των παραχθίων κρατών.

μελούς επιτροπής Συρίας, Ιράκ και Τουρκίας η οποία θα απετελείτο από αξιωματούχους των Υπουργείων Αρδεύσεως και Εξωτερικών των τριών χωρών. Η επιτροπή θα συνεδρίαζε στη Δαμασκό από 15-19 Σεπτεμβρίου 1992.

Τελικώς, οι εργασίες έλαβαν χώρα στην Άγκυρα στις 16-18 Σεπτεμβρίου του 1992, όπου ο σύρος Υπουργός των Εξωτερικών κ. Μωχάμεντ Χαρμπάχ συμφώνησε εκτός των άλλων, με τον τούρκο ομόλογό του κ. Ισμέτ Σεζγκίν στη δημιουργία μιας σειράς διμερών επιτροπών ασφαλείας των συνόρων με σκοπό τη διασφάλιση της καλής τηρήσεως του πρωτοκόλλου της 17ης Απριλίου. Μετά από συνομιλίες που είχε με τον τότε Πρωθυπουργό κ. Σ. Ντεμιρέλ, ο σύρος Υπουργός δήλωσε ότι οι δραστηριότητες του PKK θεωρούνται εκτός νόμου στο συριακό έδαφος.

Ως αποτέλεσμα αυτής της διπλωματικής κινητικότητος, το Μάρτιο του 1992, οι δύο χώρες υπέγραψαν συμφωνία εναερίου επιτηρήσεως της συνοριακής τους ζώνης.

Η επακολουθήσασα επίσκεψη του (τότε) τούρκου Πρωθυπουργού κ. Ντεμιρέλ, στη Δαμασκό, (Ιανουάριος 1993) κατέστησε σαφές το ότι η Άγκυρα δεν έχει πραγματική πρόθεση να οπισθοχωρήσει, έστω και κατ' ελάχιστον, στο θέμα των υδάτων του Ευφράτη.

Σε ό,τι αφορά τώρα στο θέμα των υδάτων, το εκδοθέν κοινό ανακοινωθέν έκανε λόγο για την *«αποδοχή των δύο πλευρών να καταλήξουν σε οριστική συμφωνία η οποία θα συμπληρώνει και θα συνεχίζει το συροτουρκικό πρωτόκολλο του 1987, προ του τέλους του 1993»*. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η τουρκική πολιτική χρονοτριβής εξήλθε νικηφόρα και σε αυτήν την περίπτωση.

Είναι χαρακτηριστικό το ότι όταν ο τούρκος Πρωθυπουργός ρωτήθηκε από δημοσιογράφους, κατά τη διάρκεια αυτής της επισκέψεώς του στη Δαμασκό, εάν πιστεύει ότι ο Άπο βρίσκεται ακόμη στη Συρία απήντησε λακωνικά «ουδέν σχόλιον». Η χιουμοριστική (;) άλλωστε, παρατήρηση του κ. Ντεμιρέλ ότι *«αν η Συρία επιθυμεί διαμοιρασμό των υδάτων, δεν υπάρχει λόγος να μην αποδεχθεί και διαμοιρασμό των πετρελαίων της με τους γείτονές της»*, αποδεικνύει και την αμφίβολη διάθεση της Τουρκίας να υλοποιήσει τις υποσχέσεις της.

Είναι γεγονός ότι κατά την περίοδο που επακολούθησε αμέσως μετά την επίσκεψη Ντεμιρέλ, είχε σημειωθεί σημαντική μείωση της κινητικότητος και των βαθμών ελευθερίας των πυρήνων του Ρ.Κ.Κ. στη Συρία και εγκατεστάθη ένας δίαυλος επικοινωνίας μεταξύ των μυστικών υπηρεσιών των δύο χωρών με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών στο θέμα αυτό. Η κατάσταση όμως αυτή δεν διήρκεσε πολύ και μετά το πέρας της μονομερούς καταπαύσεως του πυρός από πλευράς Κούρδων, περί τα τέλη Μαΐου του '93, επανελήφθησαν οι επιχειρήσεις των Πεσμεργκάς στη Ν/Α Τουρκία οι οποίες, όπως κατήγγειλε τότε η Άγκυρα, έτυχαν των σχετικών διευκολύνσεων από συριακής πλευράς. Η Συρία φυσικά, για να διασκεδάσει τους τουρκικούς φόβους και να αποδείξει την μη συμμετοχή της στις κινήσεις αυτές του Ρ.Κ.Κ., πρότεινε στην Τουρκία τη δημιουργία κοινών συνοριακών περιπόλων προκειμένου να διαπιστωθεί η ανακρίβεια των τουρκικών καταγγελιών. Το κλίμα αυτό συνεχίζει, ώσπου η Συρία αφενός μεν α) τον Αύγουστο του 1993 αποφασίζει να «παγώσει» τις συζητήσεις των επιτροπών εμπειρογνωμόνων με αιτιολογικό ότι η Άγκυρα δεν ετήρησε τις υποσχέσεις της (που εδώθησαν κατά την ανωτέρω επίσκεψη Ντεμιρέλ στη Δαμασκό) για υπογραφή συμφωνίας διανομής των υδάτων μεταξύ των δύο χωρών, μέχρι τέλος του έτους, και αφετέρου β) αφήνει να εννοηθεί ότι δεν θα ήταν σε θέση να τηρήσει και αυτή με ζήλο τα επισήμως, δια στόματος Άσαντ, υπεσχημένα προς την Τουρκία περί αποφυγής του καθεστώτος της Δαμασκού να ανεχθεί στο έδαφός της, δραστηριότητες στρεφόμενες εναντίον της Άγκυρας (Κούρδοι του Ρ.Κ.Κ.)[1].

Είναι όμως γνωστό, ότι και πάλι ο κ. Ντεμιρέλ, είχε θέσει ως όρο –στο πλαίσιο των συνομιλιών αυτών– την αποδοχή από πλευράς Συρίας για την οριοθέτηση κοινών τουρκοσυριακών συνόρων. Κάτι τέτοιο είναι όμως αδύνατον να συμβεί, τουλάχιστον όσο ευρίσκεται εν ζωή ο αλαλουΐτης Άσαντ και οι ομόθρησκοί του στην ηγετική καθεστωτική ομάδα της Δαμασκού, οι οποίοι ανήκουν στο ίδιο θρησκευτικό δόγμα με μεγάλο αριθμό αράβων κατοίκων του, διεκδικούμενου από τη Συρία, Χατάι. Αλλά, όπως ήδη προαναφέραμε, μια παρόμοια συριακή αποδοχή θα ενσωμάτωνε την περιοχή αυτή, και de jure, στην Τουρκία, πράγμα που δεν θα γινόταν για κανένα λόγο αποδεκτό από τη Δαμασκό.

Ένα μήνα μετά, δηλαδή το Σεπτέμβριο του ιδίου έτους (1993), το τουρκικό ΥΠΕΞ αποφασίζει να εισηγηθεί στην τουρκική κυβέρνηση τη σύναψη του 20ετούς συμφωνίας με τη Συρία σε ό,τι αφορά την παροχή νερού προς τη χώρα αυτή. Η συμφωνία αυτή, σύμφωνα με τον τότε ΥΠΕΞ κ. Τσετίν, θα αποτελούσε το διαπραγματευτικό αντίβαρο προς τη Συρία για την εκδίωξη από τα εδάφη της του Άπο και την απαγόρευση των του Ρ.Κ.Κ. Η ποσότητα, όμως, των υδάτων του Ευφράτη που διετίθετο να διαπραγματευθεί η Άγκυρα με τη Δαμασκό, δεν ήταν αποδεκτή πλέον από την τελευταία διότι περιορίζετο στα γνωστά μας 500 κυβ. μ./sec. Ήταν λοιπόν φυσικό η κίνηση να πέσει στο κενό εφόσον η Συρία απαιτεί πλέον 1200 κυβ. μ./sec.

1. Άλλωστε, η Συρία έχει κάθε λόγο να φοβάται ανάλογες επεμβάσεις της Τουρκίας στο έδαφός της (βλ. εξοπλισμό των Αδελφών Μουσουλμάνων της Συρίας από την Άγκυρα) αλλά και σε εδάφη γειτονικών χωρών, όπως του Ιράν (βλ. και εξοπλισμό των ιρανών Μουτζαχεντίν από την Άγκυρα).

Στην εν γένει σύγχυση και δυσπιστία που επικρατεί στις τουρκο-συριακές σχέσεις συμβάλλει και η νοοτροπία της Άγκυρας που εννοεί να θέτει από θέσεως ισχύος το ζήτημα της κατανομής των υδάτων και να ομιλεί περί αυτού ως ιδιοκτήτης και νόμιμος κάτοχος των υδατίνων αποθεμάτων. Ως παράδειγμα της νοοτροπίας αυτής, που συνεχίζει το «δόγμα Ντεμιρέλ» σε ότι αφορά τα νερά του Ευφράτη, έχουμε τη δήλωση της κ. Τ. Τσιλέρ (Νοέμβριος 1993): *«Η Τουρκία δεν θέλει να χρησιμοποιήσει τίποτα εναντίον κανενός. Όμως το δικαίωμα και η δυνατότητα αυτή ανήκουν στην Τουρκία. Διότι σε όλα τα μέρη του κόσμου απ' όπου αναβλύζει το νερό,* ***το δικαίωμα χρήσης του ανήκει στη χώρα εκείνη****. Η Τουρκία δεν θα παραιτηθεί από το δικαίωμα χρήσης του νερού, όμως θέλουμε να δώσουμε και στους φίλους μας. Όσο διαρκούν οι καλές σχέσεις με τους γείτονές μας, θα τους δίνουμε*[1]».

Η απάντηση δεν άργησε να έλθει από πλευράς Δαμασκού. Σε συνάντηση μεταξύ των τριών Υπουργών Εξωτερικών Τουρκίας, Συρίας και Ιράν που έλαβε χώρα στις 5/02/1993, ο σύρος ΥΠΕΞ απαντώντας σε ερώτηση δημοσιογράφων για το εάν η χώρα του υποστηρίζει ή όχι το Ρ.Κ.Κ., συσχέτισε τον αγώνα του Ρ.Κ.Κ. με τον αγώνα του παλαιστινιακού λαού στα κατεχόμενα από το Ισραήλ εδάφη. Ήταν φυσικό να προκληθεί λοιπόν, ένταση κατά τη συνάντηση αυτή, λόγω της απαντήσεως αυτής του Ελ Σαράα, ο οποίος έσπευσε να συμπληρώσει: *«η Συρία δεν διευκολύνει κατ' ουδένα τρόπο την τρομοκρατία και το Ρ.Κ.Κ. και σέβεται την εδαφική ακεραιότητα της Τουρκίας»*.

Εδήλωσε όμως ο ίδιος, ότι κατά τις επαφές του με τον κ. Τσετίν και την κ. Τσιλέρ, εξέφρασε τη δυσαρέσκεια της κυβερνήσεώς του σε ό,τι αφορά το ζήτημα της διανομής του νερού του Ευφράτη και υπενθύμισε στην τουρκική πλευρά ότι είχε δεσμευθεί για την υπογραφή συνθήκης μέχρι το τέλος του ήδη παρελθόντος έτους με θέμα το διακανονισμό της κατανομής των νερών του ανωτέρω ποταμού μεταξύ των δύο χωρών. Η απάντηση, όμως, που διέρρευσε από αρμοδίους κύκλους του τουρκικού ΥΠΕΞ, ότι δηλ. *«δεν τίθεται θέμα υπογραφής συμφωνίας σχετικά με το νερό»*, επέτεινε τη δυσαρέσκεια της συριακής πλευράς και τη σύγχυση στις τουρκοσυριακές σχέσεις[2].

Δεν θα έπρεπε όμως να μας διαφύγει το γεγονός ότι από πλευράς Δαμασκού, υπάρχει ένα ακόμη μέσο άσκησης πιέσεων προς την Άγκυρα

---

1. Βλ. πρωτοσέλιδο εφημερίδας *«Τζουμχουριέτ»* της 15ης/11/1993. Η Πρωθυπουργός της Τουρκίας απαντά σε ερώτηση σχετικά με το εάν η Τουρκία θα χρησιμοποιήσει το νερό, ως όπλο, έναντι της Συρίας. Πρόκειται για δημοσίευση της συνεντεύξεως της κ. Τσιλέρ που εδόθη στο μαγκαζίνο *«Πανόραμα»* του τουρκικού ιδιωτικού καναλιού «Κανάλ 6», στις 14/11/1993.
2. Βλ. εφημερίδες *«Χουριέτ»* και *«Σαμπάχ»* της 6ης/02/1994.

ως αντίβαρο της τουρκικής υδρογεωπολιτικής. Πρόκειται για την παρουσία σημαντικής αρμενικής παροικίας στο συριακό έδαφος που αποτελεί γέφυρα καλών σχέσεων της Δαμασκού με το Γιερεβάν. Η συριακή κυβέρνηση προτρέπει να ενισχύει τα μέλη της αρμενικής κοινότητος να μετοικήσουν στην ανεξάρτητη πλέον Αρμενία, όπου αυτοί κατατάσσονται στις ένοπλες δυνάμεις. Επίσης ενισχύει την Αρμενία με οπλισμό πράγμα που ερεθίζει την Άγκυρα η οποία με τη σειρά της κατηγορεί τη Δαμασκό ότι «καλύπτει και ενισχύει δραστηριότητες του Μυστικού Αρμενικού Στρατού (ASALA)».

Οι οικονομικές σχέσεις μεταξύ των δύο χωρών είναι σχετικά περιορισμένες αλλά παρά τις πολιτικές τους τριβές, το διαμετακομιστικό εμπόριο και οι ανταλλαγές προϊόντων (ζώα τουρκικής προελεύσεως έναντι συριακών δημητριακών) γνωρίζουν άνθηση.

1. Σχέσεις Τουρκίας - Ιράκ

Οι δύο χώρες βρίσκουν πολύ συχνά πεδίο συνεννοήσεως στον τομέα που αφορά τις κουρδικές αυτονομιστικές διεκδικήσεις. Παρατηρούμε μια σιωπηλή έως εξώφθαλμη στρατιωτική συνεργασία μεταξύ των δύο χωρών που εντοπίζεται ανάγλυφα μετά το χουντικό πραξικόπημα του στρατηγού Εβρέν στην Τουρκία, το 1980.

2.1. Το Κουρδικό ζήτημα ως αντίβαρο στη διμερή γεωπολιτική των υδάτων[1]

Οι τουρκικές επιθέσεις εναντίον των Κούρδων του Β. Ιράκ συνέπεσαν πολλές φορές με τις στρατιωτικές επιθέσεις της Βαγδάτης εναντίον των ιρακινών κουρδικών οργανώσεων όπως η Πατριωτική Ένωση του Κουρδιστάν (U.P.K - P.U.K.) και το Δημοκρατικό Κόμμα του Κουρδιστάν (P.D.K. - D.P.K.)[2]. Είναι γνωστή η συνθήκη που η Τουρκία και το

---

1. Για περισσότερα στοιχεία σχετικά με διεθνείς καταγγελίες εναντίον της Τουρκίας σε ό,τι αφορά στους χειρισμούς της για το κουρδικό ζήτημα βλ.: Ι.Θ. Μάζης, *Γεωγραφία του Ισλαμιστικού κινήματος στη Μέση Ανατολή*, Ελληνικές Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Αθήνα, 1992, σ.σ.: 222 - 227.

2. Μερικά στοιχεία για το κουρδικό στοιχείο στην περιοχή μεταξύ Ιράν, Ιράκ, Τουρκία και Συρία θα είναι χρήσιμα για τον αναγνώστη. Το κουρδικό στοιχείο πληθυσμιακά κατανέμεται ως εξής: στην Τουρκία 12 εκ. επί συνόλου τουρκικού πληθυσμού 58 εκ., στο Ιράν 6 εκ. επί συνόλου 56 εκ., στο Ιράκ 3,5 - 4 εκ. επί συνόλου 18 εκ. και στη Συρία 800.000 - 1 εκ. επί συνόλου 13 εκ. Περίπου 300.000 κούρδοι ζουν στις περιοχές του Καυκάσου και της Κ. Ασίας, αρκετές δεκάδες χιλιάδες ζουν στη Βηρυτό και η συνολική κουρδική διασπορά στην Ευρώπη ανέρχεται σε 600.000 άτομα. [Βλ. Ε. Picard (sous sa direction), *La question Kurde*, Ed. Complexe, Paris, 1991, p. 9]. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι «17

Ιράκ προσυπέγραψαν τον Οκτώβριο του 1984 επί του «δικαιώματος της αμέσου[1] καταδιώξεως». Δεδομένου, όμως, του γεγονότος ότι το Ιράκ εκείνη την περίοδο βρισκόταν σε πόλεμο με το Ιράν, το οποίο κινούσε μέρος των νημάτων της κουρδικής εξέγερσης, οι διώξεις των Κούρδων από τα τουρκικά στρατιωτικά αποσπάσματα διενεργούντο με κάθε άνεση στα εδάφη του Β. Ιράκ και με τις ευλογίες της Βαγδάτης, όπως και η πρόσφατη επανάληψή του, του Μαρτίου-Απριλίου '95.

Η δυσαρέσκεια όμως της Βαγδάτης, η οποία ακολούθησε τον αποκλεισμό της από το συρο-τουρκικό οικονομικό πρωτόκολλο του 1987[2] και ιδιαίτερα η μη πρόσκλησή της στις συρο-τουρκικές συζητήσεις για την κατανομή των υδάτων του Ευφράτη, την οδήγησαν σε μια εφεκτική –θα έλεγα ελαστικά– στάση στο ζήτημα της συνεργασίας της με την Τουρκία με σκοπό την εξόντωση των κουρδικών πληθυσμών και την συντριβή της κουρδικής εξεγέρσεως. Έτσι, ήδη από το 1988, το Ρ.Κ.Κ. αρχίζει να αποκτά περισσότερη άνεση στις επιχειρήσεις του εναντίον του τουρκικού στρατού με βάση εξορμήσεως τα εδάφη του Β. Ιράκ.

Μετά το πέρας του Περσο-ιρακινού πολέμου και τη συντριβή της κουρδικής εξεγέρσεως στο Β. Ιράκ με ωμότητες και ομαδικές σφαγές μεταξύ των οποίων και η διαβόητη σφαγή της Χαλαμπίγια (το Μάρτιο του 1988) με χημικά όπλα που χρησιμοποίησε εναντίον των κουρδικών πληθυσμών το καθεστώς της Βαγδάτης, περίπου 60.000 Κούρδοι[3] πέρα-

---

τουρκικές επαρχίες επί συνόλου 73, διεκδικούνται από το κουρδικό στοιχείο. Ο πληθυσμός τους ανήρχετο το 1980 σε 35,9% αστικό και 64,1% αγροτικό, ενώ το 1985 σε 41% αστικό και 59% αγροτικό» (ibid. σ. 44, πηγή: M. Sönmez, *Dogu Anadolunum Hikâyesi*, Ankara, Arkadas Yayinlari, s.d.).

1. «droit de suite à chaud». Π.χ. Στις 18 Ιουλίου 1991, οι κούρδοι «πεσμεργκάς» (= πολεμιστές που παν μπροστά απ' το θάνατο) κατέλαβαν εκ νέου τη Σουλεϊμανίγια στο Ιράκ και τον Οκτώβριο του 1991 εξετέλεσαν περίπου εξήντα ιρακινούς στρατιωτικούς που συνέλαβαν σ' αυτήν την πόλη σε αντίποινα των βομβαρδισμών της Ιρακινής αεροπορίας. Τον Αύγουστο όμως, του 1991, η τουρκική αεροπορία, συμφώνως προς το «δικαίωμα αμέσου διώξεως» έκανε χρήση του ιρακινού εναερίου χώρου και βομβάρδισε ανηλεώς τους κουρδικούς πληθυσμούς της γειτονικής ιρακινής επαρχίας του Εμπρίλ, με σκοπό την «εκδίωξη των μελών του ΡΚΚ» στην περιοχή. Η επιχείρηση αυτή της τουρκικής αεροπορίας, έγινε δεκτή με απόλυτη ικανοποίηση από τη Βαγδάτη.

2. Βλ.: *«Πρωτόκολλο επί θεμάτων οικονομικής συνεργασίας μεταξύ της Δημοκρατίας της Τουρκίας και της Αραβικής Δημοκρατίας της Συρίας»*. Τα άρθρα 6-10 αναφέρονται στις σχετικές συμφωνίες για τα ύδατα. Πηγή: *T.C. Resmî Gazete*, 10 Aralik 1987, Kodu 101287.

3. Picard, E. (1990): «Les relations entre la Turquie et ses voisins arabes: les contraintes idéologiques à celles de la géostrategie». Exposé présenté au colloque de Strasbourg sur la Turquie, novembre 1990 *in Magreb-Machreq*, No 138, Oct.-Dec. 1992, p. 58.

σαν στα τουρκικά εδάφη[1]. Ο ιρακινός στρατός δεν έδειξε τη διάθεση να τους ακολουθήσει και τα πράγματα τον δικαίωσαν εφόσον η κυβέρνηση της Άγκυρας έκανε παν το δυνατόν για να εξυπηρετήσει τη Βαγδάτη, όταν αυτή θα ήταν σε θέση να «αξιοποιήσει» την «προσφορά» της, δηλαδή μετά τη λήξη του πολέμου που ήταν, έστω και με πολλές απώλειες, νικηφόρος για το Ιράκ.

Έτσι, η κουρδική γενοκτονία, από το Ιράκ αυτή τη φορά και υπό το ευτυχές βλέμμα της Άγκυρας, συνεχίστηκε αμέσως μετά τη λήξη της περσοϊρακινής συρράξεως. Ο Σαντάμ Χουσεΐν βομβάρδισε ανηλεώς τις συνοριακές ζώνες μεταξύ Β. Ιράκ και Ιράν διαγράφοντας από το χάρτη 5.000 κουρδικά χωριά.

Η Τουρκία όμως δεν περιορίζεται στην πολιτική των στρατιωτικών διώξεων εναντίον των Κούρδων των Ν/Α εδαφών της. Φροντίζει να φανεί επίσης αρεστή στους Κούρδους του βορείου Ιράκ, κάνοντας μνεία δια χειλέων του εκπροσώπου του τουρκικού ΥΠΕΞ κ. Φερχάτ Αταμάν[2] των συνταγματικών τους δικαιωμάτων (συμφώνως προς το ιρακινό σύνταγμα) για αυτονομία, με σκοπό τη διαίρεση του ενιαίου δυνητικά κουρδικού μετώπου μεταξύ των ένθεν και ένθεν των τουρκο-ιρακινών συνόρων κουρδικών πληθυσμών. Το τουρκικό αυτό στρατήγημα μάλλον εστέφθη από επιτυχία, εάν εξετάσουμε τη στάση των Μπαρζανί-Ταλαμπανί στην πρόσφατη γενοκτόνο επίθεση που εξαπέλυσε η Τουρκία εναντίον του κουρδικού λαού του Β. Ιράκ.

Δεν στοχεύει όμως μόνο εκεί η Άγκυρα. Το διπλωματικό της παιχνίδι είναι αληθώς αξιοθαύμαστο, αν και σχετικά απλοϊκό, όπως και ευανά-

---

1. Είναι σκόπιμο όμως να παρακολουθήσουμε την τύχη των ανθρώπων αυτών στα τουρκικά εδάφη, ώστε να έχουμε και μια εικόνα της συμπεριφοράς της Τουρκίας έναντι των δυστυχισμένων αυτών ανθρώπων που ζήτησαν σ' αυτήν καταφύγιο, όπως και την αντίληψη του καθεστώτος της σε ό,τι αφορά στα ανθρώπινα δικαιώματα. Μεταφέρω σε δική μου μετάφραση από το Χρονικό της Διεθνούς Αμνηστίας, Αύγουστος 1990: «Περισσότεροι από 100.000 Κούρδοι κατέφυγαν στο Ιράν και στην Τουρκία όπου στοιβάχτηκαν σε στρατόπεδα προσφύγων. Η Άγκυρα η οποία δεν είχε καμμία διάθεση να προσφέρει διαρκές άσυλο στους ανθρώπους αυτούς [...] απείλησε να τους επαναπατρίσει δια της βίας. Για να τους αναγκάσει δε να επιστρέψουν στο Ιράκ, η τουρκική κυβέρνηση περιόρισε τις ποσότητες τροφής και νερού, μείωσε την ιατρική περίθαλψη, επέβαλε υποχρεωτικό περιορισμό στο ωράριο φωτισμού των εγκαταστάσεών τους και μείωσε τις μετακινήσεις τους». *(La chronique d' Amnesty*, no 45, août 1990 in Chapour Haghighat, *Histoire de la crise du Golfe*, Ed. Complexes, Paris, 1992, p. 103).

2. Λίγες ημέρες πριν την προγραμματισμένη διήμερη επίσκεψη του ιρακινού Υφυπουργού των Εξωτερικών Δρος Ριάντ αλ-Καϊσί, στην Άγκυρα στα μέσα Ιανουαρίου 1994, ο κ. Αταμάν εδήλωσε ότι: «*Το ιρακινό σύνταγμα περιλαμβάνει άρθρα που δίνουν το δικαίωμα στους Κούρδους του Β. Ιράκ να αποκτήσουν αυτονομία*» και ότι «*το Ιράκ έχει, όντως, παραχωρήσει αυτονομία στους κουρδικούς του πληθυσμούς το 1975*». Είναι εμφανές ότι λησμονεί την, μετά τρία χρόνια, σφαγή δια χημικών αερίων των Κούρδων της Χαλαμπίγια από το καθεστώς της Βαγδάτης.

γνωστο. Αφενός μεν σκοπεύει να ασκήσει πιέσεις στην ούτως ή άλλως ευρισκομένη σε διεθνή απομόνωση κυβέρνηση του Ιράκ, ώστε η Βαγδάτη να αποδεχθεί να παραχωρήσει στην Άγκυρα το ήμισυ τουλάχιστον του πετρελαίου, του περιεχομένου στον σφραγισθέντα κατά την ιρακο-κουβεϊτιανή κρίση, αγωγό πετρελαίου Κιρκούκ - Γιουμουρταλίκ, αφετέρου δε ωθεί τους Τουρκομάνους του Β. Ιράκ σε δηλώσεις δήθεν διεκδικήσεως αυτονομίας, ομοίως προς τους Κούρδους της περιοχής με το αιτιολογικό της ίσης μεταχείρισης των μειονοτήτων του Β. Ιράκ και κατά τρίτον αποσκοπεί πάντα στα πετρελαϊκά κοιτάσματα της Μοσούλης και του Κιρκούκ[1].

Οι κινήσεις αυτές γίνονται σε συνεργασία του ηγέτου των Τουρκομάνων του Β. Ιράκ, κ. Μουτζαφέρ Αρσλάν με το τουρκικό ΥΠΕΞ[2] και έχουν ως στόχο την ανατροπή των υπεσχημένων της Άγκυρας προς τους Κούρδους του Β. Ιράκ, με τη δικαιολογία έναντι των κούρδων ηγετών ότι οι κινήσεις αυτές των Τουρκομάνων δημιουργούν φόβους στην διεθνή κοινότητα για αλυσιδωτές αντιδράσεις αυτονομήσεων που θα μπορούσαν να συμπεριλάβουν και τους σιίτες του Ν. Ιράκ και να οδηγήσουν αφενός μεν στη διάλυση του Ιράκ, αφετέρου δε στην ισχυροποίηση του καθεστώτος της Τεχεράνης στην περιοχή, πράγμα που επίσης δημιουργεί φόβους και δυσφορία στη διεθνή κοινότητα. Φόβους, που υποτίθεται ότι εξαναγκάζουν την Άγκυρα να προβαίνει στην υλοποίηση των υποσχέσεών της προς την ιρακο-κουρδική πλευρά.

---

1. Βλ. σχετική δήλωση του Τούρκου Προέδρου κ. Σ. Ντεμιρέλ, ο οποίος στις 2 Μαΐου 1995, δήλωσε ότι *«τα σύνορα είναι η γραμμή του πετρελαίου: Η Τουρκία αρχίζει εκεί όπου τελειώνει το πετρέλαιο. Τα χάραξαν γεωλόγοι και δεν αποτελούν μέρος του Εθνικού Συμφώνου...»*. Ο Ντεμιρέλ ισχυρίσθηκε επίσης πως η ιρακινή επαρχία της Μοσούλης *«δεν αφέθηκε στο Ιράκ με τη Συνθήκη της Λωζάνης»* και πως *«η Μοσούλη ανήκει ακόμη στην Τουρκία»*!! (Ελευθεροτυπία, 3/05/95, άρθρο με τίτλο: *Νέα σύνορα με Ιράκ ζητεί ο Ντεμιρέλ*).

2. Ο ίδιος, ο κ. Αρσλάν, αναφέρει στην Turkish Daily News της 5/01/1994: *«Οι αξιωματούχοι του τουρκικού ΥΠΕΞ, **με τους οποίους βρισκόμαστε σε συνεχή επαφή**, τονίζουν ότι φροντίζουν τα δικαιώματα των Τουρκομάνων»*. Μεταξύ άλλων ο κ. Αρσλάν δήλωσε ότι *«Μια αυτόνομη περιοχή για τους Κούρδους του Β. Ιράκ δεν είναι αποδεκτή»* και ότι *«εάν ένα τέτοιο δικαίωμα εδίδετο στους Κούρδους, θα έπρεπε να δοθεί και στους Τουρκομάνους. Αν μια ομοσπονδία επρόκειτο να ιδρυθεί για τους Κούρδους γιατί να μην συμβεί το ίδιο και για τους Τουρκομάνους»*. Από την άλλη όμως πλευρά άφησε να διαφανεί πόσο ο ίδιος πιστεύει σε αυτά που δήθεν «διεκδικεί» λέγοντας: *,Το αυτόνομο σύστημα έχει εφαρμοστεί και πριν στο Ιράν και δεν λειτούργησε, γιατί τώρα πρέπει να ξαναδοκιμασθεί;»*. Συνέχισε δε ο κ. Αρσλάν τονίζοντας, όπως είπε, στους αρμοδίους του τουρκικού ΥΠΕΞ, λίγες μέρες πριν την πραγματοποίηση της τριμερούς συνόδου Τουρκίας - Ιράν και Συρίας, ότι *«ο στόχος του κόμματός του είναι να εξασφαλίσει τα ίδια οφέλη για τους Τουρκομάνους με αυτά που πιθανόν να εξασφαλίσουν οι Κούρδοι»*.

Χαρακτηρίζω τα ανωτέρω λεχθέντα με λίγες λέξεις: διπλωματικώς ασυνάρτητα, χωρίς καμμία συνέχεια και λογική, γεγονός που καθιστά ευανάγνωστες τις προθέσεις του λέγοντος.

Συμπέρασμα: τα μηνύματα που αποστέλλει η Τουρκία προς τους δρώντες της περιοχής είναι τα εξής: α) Οι Κούρδοι θα πρέπει να επαφίενται στις καλές προθέσεις της Άγκυρας, οι οποίες θα ενεργοποιηθούν σε «ευθετότερο» χρόνο και να μην υποθάλπουν τις «τρομοκρατικές» δραστηριότητες των ομοεθνών τους στα εδάφη της Ν/Α Τουρκίας[1]. β) Προς το Ιράκ, το μήνυμα ότι αυτή κρατά στα χέρια της τα νήματα δύο εθνικών κοινωνικών σχηματισμών στα εδάφη του και, ως εκ τούτου, η Βαγδάτη έχει κάθε συμφέρον να αφουγκράζεται τις επιθυμίες της. Και αυτό διότι μια δυσαρεστημένη Άγκυρα θα μπορούσε να στραφεί στην ικανοποίηση των αυτονομιστικών αιτημάτων των «φίλων» της εις βάρος φυσικά των ιρακινών συμφερόντων. γ) Το γεγονός ότι οι δηλώσεις Αρσλάν και Αταμάν «προηγήθηκαν» της επισκέψεως του ιρακινού Υφ ΥΠΕΞ, και το περιεχόμενο των διμερών συνομιλιών του με την τουρκική κυβέρνηση, δηλ. η εκκένωση του τουρκο-ιρακινού πετρελαίου από τον αγωγό Κιρκούκ-Γιουμουρταλίκ, μας κάνουν να αντιληφθούμε το λόγο που οδηγεί την Άγκυρα στην «κινητικότητα» αυτή. Η Τουρκία ισχυρίζεται ότι το πετρέλαιο παραμένει στον αγωγό από το 1990, όταν σφραγίσθηκε κατ' επιταγήν του ΟΗΕ, λόγω των εχθροπραξιών.

Δεν είναι όμως τα πράγματα έτσι όπως θέλει η Τουρκία να τα παρουσιάσει διότι πριν από κάθε στρατηγική της ενέργεια θα πρέπει να απαντήσει στα εξής ερωτήματα: α) Γνωρίζει η Άγκυρα ότι δεν είναι σε θέση να κερδίσει την εμπιστοσύνη των Κούρδων του Β. Ιράκ και ότι μόνον την αναγκαστική ανοχή τους εξασφαλίζει, λόγω των διωγμών και των σφαγών που υφίστανται και αυτοί από τα στρατεύματα του Σαντάμ Χουσσεΐν; β) Γνωρίζει ακόμη η Άγκυρα, ότι θα είναι μεγάλη η οργή της Δύσεως και σκληρότατη η απάντησή της σε εκείνον τον μαθητευόμενο μάγο ο οποίος θα απελευθερώσει το σιιτικό «τζίνι» της ιρανικής ισλαμικής επαναστάσεως από το λυχνάρι του; γ) Γνωρίζει η Άγκυρα ότι κάθε απίσχναση των δυνάμεων του Ιράκ, πολλώ μάλλον δε η διάλυσή του, ενισχύει όχι μόνον την Τεχεράνη και το ισλαμιστικό κίνημα το οποίο ήδη κατατρώγει τα σπλάχνα της τουρκικής κοινωνίας και πολιτικού συστήματος, αλλά ενισχύει και ενδυναμώνει τον έταιρο ισχυρό της αντίπαλο στην περιοχή, τη Συρία του Άσαντ; δ) Γνωρίζει η Άγκυρα πώς εκτιμά το Τελ Αβίβ μια τέτοια προοπτική εμμέσου ενισχύσεως της Δα-

1. Δε φαίνεται όμως να έχουν πεισθεί για τούτο οι Κούρδοι του Ιράκ, εάν λάβουμε υπόψη τη δήλωση του Νετσιρβάν Μπαρζανί, ηγέτη του Κουρδικού Δημοκρατικού Κόμματος, ο οποίος με την ευκαιρία της αναχώρησής του με αντιπροσωπεία των Κούρδων του Ιράκ για την Άγκυρα 3/05/1995, εδήλωσε ότι *«θα είναι πολύ δύσκολο οι Κούρδοι να συνεργασθούν με τους Τούρκους, οι οποίοι εξόργισαν τους ντόπιους με την εισβολή, λεηλατώντας και βομβαρδίζοντας αδιακρίτως».* Πρόσθεσε επίσης ότι: *«όλοι αντιλαμβάνονται πως οι αντάρτες δεν πολεμώνται έτσι».*

μασκού, τη στιγμή που η κυβέρνησή του βρίσκεται σε φάση διαπραγματεύσεων με τη Δαμασκό για τα υψίπεδα του Γκολάν; ε) Γνωρίζει η Άγκυρα ότι με αυτές τις μεθοδεύσεις, για πολλοστή φορά, αντιστρατεύεται τα συμφέροντα του μοναδικού σταθερού και φερέγγυου στρατηγικού συμμάχου της Δύσεως στην περιοχή της Γονίμου Ημισελήνου, δηλ. του Ισραήλ:

2.2. Το ζήτημα των ιρακινών πετρελαϊκών αγωγών ως σημείο εξάρτησης της Βαγδάτης από την Άγκυρα

Σε ό,τι αφορά τις τουρκο-ιρακινές σχέσεις παρατηρείται μια άνθηση από τις αρχές της δεκαετίας του '80, παρά το αμοιβαίο κλίμα δυσπιστίας και τους εξ αμφοτέρων των πλευρών διατυπωθέντες φόβους περί υπερβολικής αλληλεξαρτήσεως.

Από τα ιρακινά pipe-lines μέσω Τουρκίας μεταφέρονται περί το 1,5 Μβ/ημέρα[1] ιρακινού πετρελαίου, ποσότητα που αντιπροσωπεύει τα τρία τέταρτα της πετραλαϊκής παραγωγής της Βαγδάτης που προορίζεται για εξαγωγή, ιδιαίτερα μετά τη διακοπή της λειτουργίας του συρο-ιρακινού αγωγού Βαγδάτης-Μπανιάς (Συρία) το 1982[2].

Βέβαια, η κατάσταση για το Ιράκ μετά το 1984 άρχισε να βελτιώνεται σε ό,τι αφορούσε τη διέλευση του προς εξαγωγή πετρελαίου του μέσω τουρκικών εδαφών με την αύξηση της παροχής του πετρελαιαγωγού Κιρκούκ-Ντορτυόλ που επέτρεψε στο Ιράκ να αυξήσει τις εξαγωγές του κατά 1 Μβ/ημέρα.

Ακόμη, το 1987, ένας νέος παράλληλος πετρελαιαγωγός μεταξύ Κιρκούκ και Γιουμουρταλίκ (Τουρκία), επέτρεψε στο Ιράκ να εξάγει –αθροιστικά– από βορρά την ανωτέρω ποσότητα των 1,5 Μβ/ημέρα. Πρέπει να επισημανθεί ότι οι αγωγοί αυτοί όπως και τα σημαντικά κοιτάσματα πετρελαίου της Μοσούλης, του Κιρκούκ και του Ντιγιαρμπεκίρ βρίσκονται σε εδάφη που κατοικούνται κατ' εξοχήν από κουρδικούς πληθυσμούς αλλά και που ουδέποτε η Άγκυρα έπαψε να θεωρεί ως στρατηγικούς στόχους της.

Η Τουρκία αφενός μεν εισήγαγε το 60% των αναγκών της σε πετρέλαιο από το Ιράκ και μάλιστα ένα μέρος του υπό καθεστώς ειδικών προ-

---

1. 1 Μβ/ημέρα = 1.000.000 βαρέλια/ημέρα.

2. Προς το τέλος του περσοϊρακινού πολέμου το επίπεδο των ιρακινών πετρελαϊκών εξαγωγών από κάθε δυνατή οδό, έφθασε τα 2 Μβ/ημέρα. Μέχρι σήμερα το Ιράκ δεν έχει καταφέρει να επανέλθει στο επίπεδο των εξαγωγών πετρελαίου που είχε διαμορφώσει πριν την έναρξη των εχθροπραξιών.

νομιακών τιμών, αλλά και εισέπραττε σημαντικά τέλη διελεύσεως για το υπόλοιπο. Επίσης πρέπει να επισημάνουμε τις πολλές Joint-ventures οι οποίες έχουν συναφθεί μεταξύ των δύο χωρών όπως η διασύνδεση μεταξύ δικτύων ηλεκτροδοτήσεως ή η κατασκευή μιας διεθνούς σιδηροδρομικής συνδέσεως προς την κουρδική περιοδή της συνοριακής πόλεως του Ζάχο (Β/Δ Ιράκ)[1] που γειτνιάζει και με τον ιρακινο-τουρκικό πετρελαιαγωγό Κιρκούκ-Αλεξανδρέτας. Η περιοχή αυτή άλλωστε, βρίσκεται ουσιαστικά σήμερα υπό τον έλεγχο των αμερικανικών και των υπολοίπων συμμαχικών δυνάμεων που έλαβαν μέρος στην τελευταία ιρακοκουβεϊτιανή σύρραξη, λόγω της εξαγγελθείσας στις 3 Απριλίου 1991 από τον τ. αμερικανό πρόεδρο Μπους «ζώνης απαγορεύσεως πτήσεων και επεμβάσεων ιρακινών δυνάμεων» βορειότερα του 36ου παραλλήλου, ο οποίος διέρχεται 50 χλμ. νότια της Μοσούλης[2].

Ο όγκος των διμερών εμπορικών συναλλαγών μεταξύ των δύο πλευρών αυξήθηκε σημαντικά κατά την περίοδο του περσοϊρακινού πολέμου, αλλά μετά το πέρας του, το Ιράκ παρουσίαζε έναντι της Άγκυρας ένα χρέος $USA 2 δις[3]. Η Τουρκία λοιπόν δικαίως επιδεικνύει ιδιαίτερη σπουδή για την επαναλειτουργία των ιρακινών πετρελαιαγωγών που καταλήγουν στο λιμάνι της Αλεξανδρέτας οι οποίοι διέκοψαν τη λειτουργία τους τον Αύγουστο του 1990, αμέσως μετά την εισβολή του Ιράκ στο Κουβέϊτ. Φαίνεται, όμως, ότι ασκεί μάλλον πολιτική εκβιασμού στην ιρακινή κυβέρνηση προσπαθώντας να επιτύχει το μεγαλύτερο δυνατό όφελος από την υπό διεθνές εμπάργκο Βαγδάτη, διότι όταν ο ιρακινός Υπουργός των Εξωτερικών κ. Ταρέκ Αζίζ επισκέφθηκε την Άγκυρα τον Ιούνιο του 1991[4], με σκοπό τη διεξαγωγή συνομιλιών για την επαναλειτουργία αυτών των αγωγών, αντιμετώπισε τις υπερβολικές απαιτήσεις της τουρκικής πλευράς σε ό,τι αφορούσε τα δικαιώματα διελεύσεως και τις δαπάνες εκμεταλλεύσεως[5].

---

1. Στην περιοχή αυτή, έστω και με καθυστερημένες ενέργειες των αμερικανικών, αγγλικών, γαλλικών, καναδικών και ολλανδικών δυνάμεων, δημιουργήθηκε μια «ζώνη ασφαλείας» που επέβαλε στη Βαγδάτη την απόσυρση των δυνάμεών της ώστε να επιτρέψει στους κουρδικούς πληθυσμούς οι οποίοι είχαν διαφύγει προς τα εδάφη του Ιράν και της Τουρκίας να επιστρέψουν στις εστίες τους στις περιοχές του Β/Δ Ιράκ.

2. Άρα δεν πρέπει να ανησυχούμε εμείς στη Δύση, για τα πετρέλαια της περιοχής της Μοσούλης. Είναι σε καλά χέρια!

3. N. Beschorner, *Le rôle de l' eau dans la politique régionale de la Turquie*, ***Magreb-Machrek***, p. 58.

4. Ο πόλεμος του Κόλπου τελείωσε επίσημα στις 3 Απριλίου 1991 μετά την Απόφαση 687 του Σ.Α. του ΟΗΕ που εξαναγκάζει το Ιράκ σε καταστροφή των μη συμβατικών όπλων και των βαλλιστικών πυραύλων του.

5. Βλ. *Middle East Economic Survey*, 7/10/1991.

2.3. Το νερό στις σχέσεις της Τουρκίας με τη Συρία και το Ιράκ

Είναι γεγονός ότι όλες οι προσπάθειες που έγιναν μεταξύ των τριών κρατών για τη χρήση των νερών του Ευφράτη και του Τίγρη αλλά και του Ορόντη (σε συρο-τουρκικό επίπεδο), δεν απέδωσαν κανένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα που να ικανοποιεί όλες τις πλευρές.

Δεν υπάρχει, κατ' αρχάς καμία τριμερής συμφωνία που να καλύπτει το ζήτημα της κατανομής και εκμεταλλεύσεως των υδάτων της λεκάνης του Τίγρη και του Ευφράτη. Η Συνθήκη της Λωζάνης του 1923 περιείχε μια ρήτρα η οποία επέβαλε στην Τουρκία να συμβουλεύεται το Ιράκ πριν προβεί σε οποιοδήποτε υδραυλικό έργο.

Η Συνθήκη του Χαλεπίου του 1930[1], περιείχε μια σύντομη αναφορά στα δικαιώματα της Συρίας επί των υδάτων του Τίγρη, ενώ το Σύμφωνο φιλίας και καλής γειτονίας μεταξύ Άγκυρας και Βαγδάτης που υπεγράφη στην Άγκυρα το 1946 έθετε και πάλι την ίδια ρήτρα περί υποχρεώσεως της Τουρκίας να ζητήσει τη συμβουλή της Βαγδάτης πριν προβεί σε οποιοδήποτε υδραυλικό έργο στον Ευφράτη ή στον Τίγρη[2].

Τα έτη 1974-75, όταν η Τουρκία και η Συρία δεσμεύθηκαν αμοιβαία σε μεγαλεπίβολα προγράμματα κατασκευής φραγμάτων, σοβαρές τριβές εκδηλώθηκαν μεταξύ των τριών κρατών εν όψει της εξευρέσεως δίκαιου καθεστώτος εκμεταλλεύσεως των υδάτων του Ευφράτη. Η κατασκευή του φράγματος Κεμπάν από την Τουρκία προκάλεσε την ανησυχία και τις επίσημες καταγγελίες της Συρίας, διότι η Βαγδάτη ανησυχούσε κυρίως για την ανάδειξη της Τουρκίας σε κράτος που είχε τη δυνατότητα να ελέγξει τον ποταμό κατά τα ανάντη.

Προτού η Τουρκία αρχίσει να κατασκευάζει φράγματα στον Ευφράτη, η μέση ετήσια ροή του ποταμού στα τουρκο-συριακά σύνορα ήταν 30 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα περίπου. Λαμβανομένου όμως υπόψη ότι το GAP αναμένεται να προκαλέσει την αφαίρεση μέχρι 14 δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων νερού από τον ποταμό ετησίως και προστιθεμένων των απωλειών λόγω εξάτμισης, η συνολική μείωση αναμένεται να φθάσει στο ύψος των 17 δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων ετησίως. Έτσι, στη Συρία θα μείνουν μόνο 13 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα[3]. Την κατ' αυτόν

---

1. Οι συνθήκες όμως αυτές δεν απεδείχθησαν ικανές όταν «δοκιμάσθηκαν» στην πράξη από την τουρκική διοίκηση. Ουδεμία εξ αυτών έγινε σεβαστή, ως είθισται άλλωστε, από την Άγκυρα.
2. Βλ.: S.A., *The Jordan River Dispute,* Martinus, Nijhoff, 1968, p. 59.
3. Οι επιπτώσεις, κυρίως οι μακροπρόθεσμες, είναι δραματικές. Κατά πρώτο λόγο, η περιορισμένη υδάτινη ροή θα είχε σοβαρότατη επίπτωση στο συριακό υδροηλεκτρικό σταθμό του φράγματος Αλ-Τάουρα στην περιοχή Τάμπκα (1975), ανατολικά του Χαλεπίου. Η ροή των υδάτων του Ευφράτη στη Συρία είχε μειωθεί ήδη συνεπεία της πλήρωσης των

τον τρόπο δημιουργούμενη ένταση αυξάνει το ότι η Συρία έχει φιλόδοξα σχέδια για την επέκταση των αρδευομένων γαιών. Τη δεκαετία του '70 είχαν τεθεί επί τάπητος έργα για την εγγειοβελτίωση τουλάχιστον 640.000 εκταρίων γης στην κοιλάδα του Ευφράτη. Παρόλα αυτά, η πρόοδος ήταν αργή και καλλιεργήθηκαν ή πρόκειται να καλλιεργηθούν στο εγγύς μέλλον μόνον 61.000 εκτάρια γης. Οι ανάγκες σε νερό των νέων περιοχών αυτών είναι ελάχιστες και μπορούν επί του παρόντος να καλυφθούν από τα 12 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα των ταμιευτήρων της λίμνης Άσσαντ ή από την ποτάμια ροή. Μακροπρόθεσμα πάντως, η μείωση των ποσοτήτων ύδατος του ποταμού Ευφράτη που εισέρχονται στη χώρα θα περιορίσει σε μεγάλο βαθμό τη συριακή γεωργία.

Τους συριακούς φόβους ενισχύουν και επιστημονικές εκτιμήσεις: τον Ιούλιο του 1987, σε μία διάσκεψη με αντικείμενο τη συριακή οικονομία η οποία διοργανώθηκε στη Σχολή Ανατολικών και Αφρικανικών Σπουδών του Πανεπιστημίου του Λονδίνου, ο Δρ. J.A. Allan, επίκουρος καθηγητής Γεωγραφίας στο Πανεπιστήμιο αυτό, ανέφερε ότι τα σχέδια της Τουρκίας *«μπορούν να έχουν μόνον σοβαρή περιοριστική επίπτωση στην (μακροπρόθεσμη) ικανότητα της Συρίας να αναπτύσσει αρδευόμενες γαίες, για να μην γίνει αναφορά στην επίδραση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο φράγμα της λίμνης Άσσαντ»*[1].

Ο Ευφράτης έχει καταστεί καυτό θέμα των τουρκοσυριακών σχέσεων[2]. Είναι σαφές ότι το οποιοδήποτε αντικειμενικά ευεργετικό μέτρο ληφθεί στο ζήτημα της διευθέτησης της ροής των ανωτέρω ποταμών, θα διυλισθεί πρωτίστως από τα πολιτικά φίλτρα των ενδιαφερομένων κυβερνήσεων και θα απορριφθεί ή θα γίνει αποδεκτό, με γεωπολιτικά και όχι τεχνοκρατικά κριτήρια. Η αντίληψη αυτή των δύο αραβικών χωρών, ας μη γελοιόμαστε, τροφοδοτήθηκε και από την επιδειχθείσα τάση της Τουρκίας σε ό,τι αφορούσε στο σεβασμό των συμφωνιών της Λωζάνης και Χαλεπίου, αλλά και του «Συμφώνου φιλίας και καλής γειτονίας» με τις δύο εξεταζόμενες χώρες. Για το λόγο αυτό άλλωστε, η μονόπλευρη απόφαση της Τουρκίας για την υλοποίηση του προγράμματος

ταμιευτήρων πίσω από τα πρώτα τουρκικά φράγματα. Τα τελευταία χρόνια, και σε διάφορες περιπτώσεις, τα χαμηλά επίπεδα ύδατος στους ταμιευτήρες πίσω από το φράγμα περιόρισαν την έξοδο του υδροηλεκτρικού εργοστασίου, θέμα ιδιαίτερης σημασίας, αν ληφθεί υπόψη ότι η Συρία υποφέρει από σοβαρή έλλειψη ενέργειας.

1. Βλ.: «The Middle East», Wrangle over the Euphrates, Oct. 1987.

2. Το Δεκέμβριο του 1986, η τουρκική αστυνομία ισχυρίστηκε ότι είχε ανακαλύψει μία τρομοκρατική επιχείριση, υποστηριζόμενη από τη Συρία, για την ανατίναξη του φράγματος Ατατούρκ. Τον ίδιο μήνα, ο Ερντουχάν Μπαγιντίρ, γενικός διευθυντής του έργου Ατατούρκ, επιβεβαίωσε ότι οι τρομοκρατικές επιθέσεις ήταν πιθανές. *«Αυτός είναι και ο λόγος που διατηρούμε τόσο μεγάλες στρατιωτικές δυνάμεις στο χώρο και στη γύρω περιοχή»*, ανέφερε.

GAP, εξελήφθη ως επιθετική και απρεπής ενέργεια από τους δύο άραβες γείτονές της. Άλλωστε, έκανε αισθητή στη διεθνή κοινότητα, για ακόμη μια φορά, την απουσία των καταλλήλων συμβουλευτικών μηχανισμών που θα μπορούσαν να ρυθμίζουν αυτού του είδους τις πρωτοβουλίες. Παρόλα αυτά δεν διεκόπησαν οι διμερείς συνομιλίες που αφορούσαν τα ζητήματα των υδατίνων πόρων. Το 1982 η Τουρκία και το Ιράκ συνέστησαν μια μικτή τεχνική επιτροπή στην οποία προσετέθη και η Συρία ένα χρόνο μετά (1983). Η επιτροπή λειτούργησε κανονικά μέχρι τον Ιούνιο του 1990 για γενικές συζητήσεις και ανταλλαγή πληροφοριών[1]. Η 16η συνεδρίασή της η οποία έπρεπε να λάβει χώρα στις 4 Αυγούστου του 1990, δεν πραγματοποιήθηκε λόγω της εκρήξεως του πολέμου του Κόλπου, μετά την εισβολή του Ιράκ στο Κουβέϊτ και η διακοπή των εργασιών της συνεχίσθηκε μέχρι το Σεπτέμβριο του 1992.

Στις 3 Αυγούστου 1992, κατά τη διάρκεια επισκέψεως στη Δαμασκό του τούρκου Υπουργού των Εξωτερικών κ. Χικμέτ Τσετίν, η Άγκυρα δεσμεύθηκε να τηρήσει τις ποσοστώσεις που καθορίσθηκαν το 1987 υπό τον όρο και η Συρία να σεβασθεί το αμοιβαίο σύμφωνο ασφαλείας του Απριλίου του 1992. Η συνεδρίαση όμως που έλαβε χώρα ένα μήνα μετά, στην Άγκυρα, κατέληξε σε αδιέξοδο υπό τις καταγγελίες της Συρίας εναντίον της Τουρκίας η οποία κατηγορείτο από τη Δαμασκό ότι αρκείτο σε κάθε λύση που προϋπέθετε «ισότιμη κατανομή» των υδάτων.

Το πρωτόκολλο οικονομικής συνεργασίας που υπεγράφη μεταξύ Συρίας και Τουρκίας τον Ιούλιο του 1987 μεταξύ άλλων είχε προβλέψει και την προμήθεια μιας mimimum εγγυημένης ποσότητας νερού του Ευφράτη σε αντάλλαγμα της συνεργασίας της Δαμασκού στα θέματα διασυνοριακής ασφάλειας. Το άρθρο 6 του κειμένου ορίζει[2]: *«Την περίοδο κατά την οποία θα πληρούται η τεχνητή υδατοδεξαμενή του φράγματος Ατατούρκ και μέχρι την τελική κατανομή των υδάτων του Ευφράτη μεταξύ των τριών παροχθίων κρατών, η τουρκική πλευρά δεσμεύεται να επιτρέπει μια μέση ετησία ροή της τάξεως των 500 κυβ. μ./sec προς τα συρο-τουρκικά σύνορα και στην περίπτωση όπου η μέση παροχή δεν θα έφθανε τα 500 κυβ. μ./sec, η τουρκική Πλευρά δεσμεύεται να αντισταθμίσει τη διαφορά τον επόμενο μήνα»*. Η υπογραφή του ανωτέρω πρωτοκόλλου, προκάλεσε τις διαμαρτυρίες του αντιπροέδρου της ιρακινής κυβερνήσεως Ταχά Γιασίν Ραμαντά, ο οποίος κατά την επίσκεψή του στην Άγκυρα εξέφρασε τη δυσαρέσκειά του, στον τότε πρόεδρο Οζάλ, για το γεγονός του αποκλει-

---

1. Βλ.: «Σχέδιο εκμεταλλεύσεως των Υδάτων Τίγρη και Ευφράτη» που προωθούσε η τουρκική πλευρά στον κύκλο αυτών των συνομιλιών.
2. Βλ.: «Πρωτόκολλο ζητημάτων σχετικών με την οικονομική συνεργασία μεταξύ της Τουρκίας και της Αραβικής Δημοκρατίας της Συρίας» *Τουρκική Εφημερίδα της Κυβερνήσεως*, 1987.

σμού του Ιράκ από τις διαπραγματεύσεις αυτές που αφορούσαν στα ζητήματα του νερού του Ευφράτη. Ο τούρκος Πρόεδρος τον καθησύχασε λέγοντας ότι πρόκειται απλώς για μια προσωρινή διμερή συμφωνία μεταξύ Άγκυρας και Βαγδάτης και ότι «μια πραγματική συνθήκη»[1], μια τριμερής συμφωνία θα υπεγράφετο «κάποτε» μεταξύ των παροχθίων κρατών.

Φαίνεται ότι η αόριστη υπόσχεση του τούρκου τότε προέδρου δεν καθησύχασε καθόλου τη Βαγδάτη, ούτε φυσικά και τη Δαμασκό, διότι όταν, τον Ιανουάριο του 1990, η Τουρκία άρχισε τα έργα εκτροπής του Ευφράτη με σκοπό την πλήρωση των τεχνητών υδατοταμιευτήρων Κεμπάν, Καρακάγια και Ατατούρκ, ξέσπασε ένας σκληρός πόλεμος ανακοινώσεων στον οποίον συμμετείχε και η Δαμασκός. Η απόφαση της Τουρκίας να κατακρατήσει τα νερά του Ευφράτη, από τις 13 Ιανουαρίου μέχρι τις 12 Φεβρουαρίου του 1990, διετάραξε σοβαρά το πολιτικό κλίμα στην περιοχή και τα δύο παρόχθια κατά τα κατάντη αραβικά κράτη εδήλωναν οξύτατα την αντίθεσή τους στην τουρκική τακτική να μην παραχωρεί ουδεμία εγγύηση σε ό,τι αφορούσε τις ποσότητες τις οποίες θα τους παραχωρούσε η Τουρκία ως αντιστάθμισμα της κατακρατήσεως αυτής. Όπως είχαν αναφέρει η Δαμασκός και η Βαγδάτη, κατά την τριμερή συνάντηση του Νοεμβρίου 1989, δύο εβδομάδες –και όχι τέσσερεις– ήταν απολύτως επαρκείς για την ολοκλήρωση της πληρώσεως της τεχνητής υδατοδεξαμενής του φράγματος Ατατούρκ. Ζήτησαν επίσης την υπογραφή μίας τριμερούς συμφωνίας στο ζήτημα των ποσοστώσεων. Το Ιράκ δήλωσε ότι η αναγγελθείσα από την Τουρκία μείωση θα έπληττε το αρδευτικό του πρόγραμμα (1,3 εκατ. ha) και θα το υποχρέωνε να θέσει εκτός λειτουργίας υδροηλεκτρικούς σταθμούς που προμήθευαν το 40% των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια της χώρας του[2]. Η Τουρκία υποστήριζε ότι η Συρία εδέχετο τουλάχιστον 120 κυβ. μ./sec από τους παραποτάμους που βρίσκονταν στα καντάντη του φράγματος Ατατούρκ και επιπλέον 750 κυβ. μ./sec, συμπληρωματικά[3], μεταξύ 23 Νοεμβρίου 1989 και 13 Ιανουαρίου 1990».

---

1. Μεταφέρω επακριβώς τη φράση στο *Magreb-Machreq, No 138, Oct.-Dec. 1992, «Le rôle de l' eau dans la politique régionale de la Turqie»*, Natascha Beschorner, p. 60.

2. Ibid. p. 60.

3. Ο Υπουργός Άμυνας της κυβερνήσεως Τσιλέρ κ. Μεχμέτ Γκιολχάν (Mehmet Gölhan) αναφέρει χαρακτηριστικά: *«Από τις 23 Νοεμβρίου 1989, μέχρι τις 13 Ιανουαρίου 1990, όταν το νερό είχε αρχίσει να συγκεντρώνεται, η ροή παροχής στη Συρία ήταν, κατά μέσο όρο 780 κυβ. μ./sec. Ακόμα και στη διάρκεια της περιόδου που το φράγμα Ατατούρκ ήταν κλειστό, οι παραπόταμοι του Ευφράτη εξακολουθούσαν να ρέουν στη Συρία. Από τις 23 Νοεμβρίου 1989 έως τις 13 Ιανουαρίου 1990, η ποσότητα του νερού που κατέληξε στη Συρία ανήλθε σε 3,75 δις κυβ. μ., δηλ. σε 531 κυβ. μ./sec κατά μέσο όρο. Έτσι ακόμα και στη διάρκεια των εργασιών στο φράγμα Ατατούρκ, η Τουρκία ανταποκρίθηκε στο αίτημα της Συρίας να παρέχονται κατά μέσο όρο 500 κυβ. μ./sec νερού.* (Συνέδριο με θέμα «Νερό: Συντελεστής Συνεργασίας και Ανάπτυξης στη Μ. Ανατολή» που έγινε στην Άγκυρα, στις 5 Οκτωβρίου 1993).

Εξ άλλου, ισχυρίζετο η Άγκυρα, η όλη επιχείρηση θα ελάμβανε χώρα μεταξύ Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου, περίοδο κατά την οποία το επίπεδο ζητήσεως σε νερό ήταν τοο πλέον χαμηλό και στη Συρία και στο Ιράκ. Παρά, όμως, τους τουρκικούς ισχυρισμούς, η Συρία προσέφυγε στην Αραβική Ένωση ζητώντας «ισότιμη κατανομή» των υδάτων και μείωση του χρόνου πληρώσεως της τεχνητής υδατοδεξαμενής του φράγματος Ατατούρκ. Οι σύροι μηχανικοί εδήλωναν ότι η στάθμη του Ευφράτη μειώθηκε κατά τρία μέτρα, τον Ιανουάριο του 1990, μεταξύ των συρο-τουρκικών συνόρων και της υδατοδεξαμενής Άσαντ, γεγονός που προκάλεσε ζημιές στη χειμερινή εσοδεία και διακοπές νερού στο Χαλέπι. Ακόμη κατηγορούσαν την Τουρκία ότι δεν παρείχε αρκετές τεχνικές λεπτομέρειες για τα υδραυλικά της προγράμματα. Η Αραβική Ένωση με ανακοινωθέν της στις 18/01/1990, κατέστησε σαφές ότι θεωρεί πως: *«η κατακράτηση των υδάτων του Ευφράτη βλάπτει τα καλώς νοούμενα συμφέροντα της Συρίας και του Ιράκ, χωρών που έχουν απαράγραπτους ιστορικούς δεσμούς με τα ύδατα του ποταμού, σύμφωνα και με τις διατάξεις του διεθνούς δικαίου»*. Επίσης *«εξέφρασε την ελπίδα ότι η τουρκική κυβέρνηση θα επανεκτιμήσει τη χρονική διάρκεια της κατακρατήσεως αυτής και ότι θα επιτευχθεί συμφωνία μεταξύ της Τουρκίας και των Αράβων γειτόνων της, η οποία θα βασίζεται στους κανόνες του διεθνούς δικαίου»*[1].

Είναι ευανάγνωστη η προσπάθεια της Συρίας για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διεθνοποίηση του ζητήματος της κατανομής των υδάτων του Ευφράτη ώστε, με την υποστήριξή του από τον αραβικό κόσμο, να επιτύχει τη ρύθμισή του μέσω ΟΗΕ.

Οι απόψεις, τώρα, της Τουρκίας, σε ό,τι αφορά τη διευθέτηση των προβλημάτων που αναφύονται στις σχέσεις της με τους άραβες γείτονές της, συνοψίζονται σε δύο θεμελιώδεις αντιλήψεις: α) το νερό είναι και θα παραμείνει στενά συνδεδεμένο με την εθνική της ασφάλεια και τις ισορροπίες ισχύος στην περιοχή, παρά με οποιεσδήποτε αναπτυξιακές και οικονομικές απαιτήσεις του γεωγραφικού συστήματος της Μ. Ανατολής και β) δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή από την Άγκυρα καμμία

---

1. Το ίδιο ανακοινωθέν υπογράμμιζε ότι: *«η απόφαση του ελήφθη από την τουρκική κυβέρνηση και που ετέθη εν ισχύι από την 13η του μηνός Ιανουαρίου [...] απαιτούσε διαβουλεύσεις και υπογραφή συμφωνίας μεταξύ των χωρών που αποτελούν από κοινού χρήστες των υδάτων του ποταμού και ότι το γεγονός της υπάρξεως των πηγών του ποταμού στο τουρκικό έδαφος δεν δικαιολογεί την μονομερή εφαρμογή του ανωτέρω μέτρου»*. Το κείμενο πρόσθετε επίσης ότι: *«η Αραβική Ένωση η οποία διαρκώς επιδιώκει την ενδυνάμωση των αραβοτουρκικών σχέσεων και ενδιαφέρεται για τη συνεχή ανάπτυξή τους, ελπίζει ότι η τουρκική κυβέρνηση θα φροντίσει να μειώσει τη διάρκεια κατακρατήσεως των υδάτων και να επανεκτιμήσει την ποσότητα των υδάτων που θα ρέουν κατά την περίοδο της υδατοταμίευσης»*.

άλλη ρύθμιση παρά αυτή της διμερούς φύσεως, διότι διεθνείς ρυθμίσεις δεν έχουν νομικό έρεισμα εφόσον δεν υφίσταται παγιωμένο σύστημα διεθνών κανόνων που να διέπουν τα θέματα των «διεθνών ποταμών». Ξεκινώντας από αυτά τα τουρκικά θέσφατα, η Άγκυρα υποστηρίζει ότι το Ιράκ, αντί να διαμαρτύρεται για την ποσότητα νερού που λαμβάνει από τον Ευφράτη, αναφερόμενο σε αφηρημένα «δικαιώματα επί των υδάτων», θα μπορούσε να κάνει καλύτερη αξιοποίηση των υδάτων του Τίγρη. Σύμφωνα με το Τουρκικό σκεπτικό, τα νερά της λεκάνης των δύο μεγάλων ποταμών είναι αρκετά για ολόκληρη την περιοχή εάν η χρήση τους από πλευρά των ομόρων παροχθίων κρατών είναι «λελογισμένη». Κατά την κοινή λογική όμως, ο όρος «λελογισμένη» πρέπει να ορισθεί από κοινά όργανα των ενδιαφερομένων κρατών και όχι μονομερώς από την Τουρκία.

Assessing land management in transfrontier areas

F. Papadimitriou
School of Geography, University of Oxford
Oxford OX13TB, United Kingdom

Περίληψη

Κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δίνει όλο και περισσότερη σημασία στην διασυνοριακή περιφερειακή ανάπτυξη στις χώρες μέλη της. Η εκτίμηση των πρακτικών διαχείρισης γης σε μια διασυνοριακή περιοχή παρουσιάζει μεθοδολογικές δυσκολίες, κυρίως ως προς το ότι πρέπει να ληφθούν υπόψη διαφορετικοί τύποι χρήσεων γης, που αντικατοπτρίζουν διαφορετικές κοινωνικοοικονομικές και πολιτικές συνθήκες. Σε αυτή τη μελέτη θεωρείται ότι οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφορετικών τύπων χρήσεως γης είναι σημαντικές για την εκτίμηση τόσο των δυνατοτήτων για ορθολογική διαχείρηση γης, όσο και για των φυσικών και ανθρωπογενών κινδύνων που απειλούν το τοπίο.

Abstract

Transfrontier regional development has received much attention and funding by the Commission of the European Communities over the last years. Assessing land management in a transfrontier area, however, presents new methodological difficulties to the assessor, in that he has to take into consideration varying (even diverging) types of land utilization and land management, reflecting different socioeconomic and political conditions. In this paper, the interactions between various land utilization types are considered to be important in the understanding of the opportunities for land use management, as well as for the assessment of the threats to the landscape. Most of the opinions expressed herein are derived from the author's own work experience in Southern European countries.

Introduction

The problem addressed to by this study is that of assessing land management in transfrontier areas in view of creating a regional or rural development project for two countries. Some occasions, where the problem is encountered in Europe are the cases of Spain - Portugal, Spain - France, Italy - Slovenia, Italy - France, Germany - France - Switzerland, Hungary - Slovakia.

There is virtually no literature concerning issues of transfrontier land management. Although river management and water management practices are often internationalised to a remarkable degree, the land management in transfrontier areas is not so much advanced, partially because land forms part of a country's territory more than waters do.

General difficulties in transfrontier land management

These are well known and they comprise difficulties arising from different mentalities, different language, different culture, different political systems, different technologies.

Apart from these, several local or unexpected transfrontier oddities may occur, thus further complicating the overall assessment.

Examples of some such oddities are the following:

1. New frontiers within old frontiers:

14.200 km of new frontiers in Europe since 1990, that is an increase by 54% in the continent's total frontier lines.

2. Transfrontier fears:

The river Minia, between Douro and Minho (in Portugal) was considered to be the limit of the Kingdom of the Dead. Hence, Titus - Livius wrote that the Roman soldiers, being afraid of this, refused to cross from Galicia (Spain) to Portugal.

3. Unexpected political significances of frontiers:

Many say that the most ancient institution of the European Communities was the «Central Commission for the Navigation of the Rhine», that was created right after the First World War. Not many people could ever suspect then that this institution would become the preamble of the European Communities.

4. Transfrontier ironies:

The edges of Mississippi river have been defined as the administrative border between the states of Mississippi and the states of Arkansas and

Louisiana. The ever-changing river meanders have put hundrends of square kilometers under administrative fuzziness.

Difficulties in transfrontier land management

Special difficulties related to transfrontier land management are often encountered, such as the following:

1. Different land utilization types
(e.g. Spain: "dehesa" and "montado", Portugal: "montado" and "baldio")
2. Different perceptions of and attitudes towards using the geographical space
(e.g. Austria: high fragmentation of rural holdings, Czech Republic: socialist collectivist large geometrically arranged parcels)
3. Different regional and local priorities in the use of land
(e.g. the "Nagymaros dams" Hungary: priority to environment, Slovakia: priority to energy).
4. Shifting commercial activities
(e.g. Swiss companies close to the frontier install their agencies beyond the frontier in Germany to take advantage of cheeper labour).

Example solutions and successes with respect to land management

The management of land resources in Europe becomes ever wealthier in examples of solutions and successes with respect to bi- or tri- lateral land management. Some examples are the following:

1. France - Italy
Cooperation protocol "Cooperation transfrontaliere de proximite» 22-4-91 between the communes of Ventimillia and Menton, also comprising an annex for common land planning.
2. France - Spain
Environment, tourism, agriculture, forestry, rural development, improvement of herds, coordination of pastoral land uses, cooperation in joint exploitation of forests along the transfrontier area.
3. Spain - Portugal
Effective cooperations in agriculture and rural development, water resources management and resulting hydroelectricity, development of surface water potential.
4. Italy - Slovenia

Environmental protection and joint environmental management.

5. France - Germany - Switzerland

Coordination of land uses, so as to achieve environment-friendly land management.

Conclusions

There are certain extra difficulties in the process of assessing land management in transfrontier areas, but there are also examples of novel solutions to old problems. Certain problems can be overcome by expert consultations (such as those related to agronomic aspects and to misnomers), while other problems (shifting or bilateral commercial and financial cooperations or competitions) can be a real obstacle and need to be treated with much attention.

Recent orientations of environmental education, aims and practices: The shape of the things to come

F. Papadimitriou

School of Geography, University of Oxford, Oxford OX 1-3TB, United Kingdom

Περίληψη

Οι σκοποί και οι προτεραιότητες της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης μεταβάλλονται σταδιακά εντός της δεκαετίας του 1990, καθώς νέα θέματα εισάγονται στο διδακτικό ρεπερτόριο, νέοι τρόποι σκέψης, ενώ ανοίγονται ενδιαφέροντες ορίζοντες για την γεωγραφία. Οι ερευνητικές δραστηριότητες στην περιβαλλοντική εκπαίδευση σε συνδυασμό με τις νέες διαστασεις, που προσέλαβαν ορισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα υποχρεώνουν σε μια σχεδόν ριζική επανεκτίμηση του περιεχομένου και της δομής των πρακτικών της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Η μελέτη αυτή προσπαθεί να καθορίσει τις νέες τάσεις που επικρατούν στην περιβαλλοντική εκπαίδευση για το κοντινό μέλλον.

Abstract

The aims and priorities of environmental education have gradually changed over the last decade: new items in the environmental education agenda, new approaches to the old problems, new ways of thinking, new attitudes in the making, new roles for geography. Ever since the Tbilsi Conference, the International Environmental Education Programme has constantly been organising itself on new grounds. But, the research activities in environmental education, in conjunction with the new dimensions that certain environmental problems have assumed, force the existing environmental education aims and practices to a radical re-appraisal of content and structure. This paper defines the new global trends in environmental education, while making some forecasts for the future of environmental education.

Introduction

Environmental education in cooperation with international agencies has been fruitful in a number of cases, such as those of Finland (created a national strategy for both formal and informal environmental education), Kenya (pilot programme for teaching environmental education at schools), Morocco (incorporation of environmental education in the University curricula), China (environmental education in the biotopes), India (environmental education in problematic urban areas with the use of multimedia), Argentina (environmental education in rural schools with organised tutorials). Yet, in most countries of the world and in most cases, environmental education has not brought the desired results, contrary to the educators' initial expectations. Consequently, a question raises as for the future of environmental education in view of a) the failures so far and b) the shifting global, international and national requirements.

Environmental education: from failure to success

Before the current trends are defined, it is important to see some of the most usual causes of failure of environmental education so far. Such causes have been: a) the fact that environmental education is underestimated and it is not considered to be a "course", b) environmental education is often tought by untrained trainers, c) most governments do not provide adequate funding for environmental education activities and environmental education is not a priority per se (although environmental protection is), d) environmental education does often encompass a very wide spectrum of evironmental problems, so as to become too broad for any specific requirements, e) the implementation practices are often far too simplistic.

Yet, there is an increasing forcing induced by international economic, environmental and other agreements. International conventions for environmental protection require increased awareness for their implementation, international trade agreements force for certain specific ways of environmental management and these, in turn, induce specific requirements for environmental education.

Also, the international priority for development is forcing for an updated attitude towards environmental management. Finally, shortcomings in the budgets of all major international and national organisations often reflect their increasing inability to meet the ever increasing high costs of environmental protection. It is precisely this situation, that forces for further preference for spending on environmental education (hence, prevention of environmental damage) rather than on environmental restoration.

These facts allow to understand some of the forthcoming evolutions in environmental education.

Some future perspectives

On the basis of the current condition of environmental education, it is possible to delineate the trends of future developments in environmental education.

1. Environmental problems will be better incorporated within the environmental education practices.
2. Political attitudes towards environmental problems will be changing and more responsibility will be required.
3. Appropriate training of trainers will be essential.
4. Environmental education will become scientifically, economically, administratively more integrated.
5. An equilibrium between theory and practice will be easier to attain by the future training programmes in environmental education.
6. An emphasis in problem solving is apparent and it is expected that more and more the environmental education will focus on problem solving rather than on training in environmental management and/or conservation.
7. This will eventually enhance the creativity and the subjective aspects of environmental problem solving, which, in turn, will result in increased sense of responsibility.
8. The increase in the number of environmental training centres and information centres is also a forseeable tendency for the near future.
9. The role of technology will be very important in determining the attractivenes as well as the applicability of the enviromental education courses.

Conclusions

The aims of environmental education have been characterised by a marked emphasis on environmental conservation and protection. These will certainly persist in the near future, although a new umbrella - notion has been introduced recently, this being the impact of the principle of sustainable development. The financial requirements to sustain the environment up to a certain level of development increase and this has become a widely accepted fact. Hence, well organised environmental education should take into account not only the requirements for restoration of an already badly damaged environment, but also two other facts: the fact that the prevailing need of the humankind is still the need for economic development and the fact that environmental education can be a cost - beneficial activity compared with environmental restoration.

Sustainable development and the European Union: A critical assessment of the E.U. Resolution on sustainability

F. Papadimitriou
School of Geography, University of Oxford
Oxford OX13TB, United Kingdom

Περίληψη

Η αειφόρος ανάπτυξη προωθείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ειδικά μέσω του «Πέμπτου προγράμματος», το οποίο προβλέπει σημαντικές αλλαγές σε διάφορους τομείς της περιβαλλοντικής διαχείρισης βάσει του Ψηφίσματος του Φεβρουαρίου 1993. Έτσι, για παράδειγμα, ο ρόλος του αγρότη αλλάζει καθώς και ο ρόλος της υπερβόσκησης, η εγκατάλειψη γαίων και εντατικοποίηση των καλλιεργειών συνιστούν μερικούς από τους σημαντικούς τομείς παρέμβασης της Ε.Ε. υπό το νέο πρίσμα της αειφορίας.

Όμως, παρά την κάλυψη όλων σχεδόν των σημαντικότερων τομέων προβλημάτων του περιβάλλοντος στις χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει αρκετές ελλείψεις, οι οποίες και παρουσιάζονται μέσα στα πλαίσια αυτής της μελέτης.

Abstract

Sustainable development is promoted by the Commission of the European Communities, particularly with the «fifth programme». Whether we consider them sustainable or not, substantial changes are envisaged from within the Resolution of February 1993. Thus, for instance, the role of the farmer changes, as well as the role of Common Agricultural Policy (C.A.P.). Land degradation, soil erosion and the negative effects of overgrazing, land abandonment and intensification of agriculture constitute major issues of concern in the Resolution. In view of these changes, various courses of action are scheduled for the year 2000, among which certain changes in both the way and the area of lands used. Despite the Resolution's wealth in approaches to a broad spectrum of almost every major problem of the European environment, it seems to suffer from cer-

tain deficiencies in its view of sustainable development of the E.U. territory. After a brief presentation of the Resolution, its deficiencies are depicted from within it.

Introduction

The disturbed relationships between humans and the environment have forced the international political and scientific community to adopt a more considerable attitude towards the environment. Thus, only a few months after the United Nations' seminal «Agenda 21», that was manifested at the U.N. Conference on Environment and Development (U.N.C.E.D.) in 1992 at Rio de Janeiro, the European Union (E.U.) came with a resolution about sustainability in February 1993. This resolution reflects the priorities and the major issues of concern about the environment that should draw the attention of policy makers in the near future.

A critical assessment

a) The positive aspects of the resolution can be summarised as follows:

1. It is recognised that the cooperation of all economic sectors is vital for the implementation of the principle of sustainability and the sense of shared responsibility is central in this cooperation.
2. An integrative approach to environmental management is highlighted.
3. The cooperation with third and developing countries is considered important.
4. Sustainable land use planning is a priority for the E.U. territory.
5. The need for research in indicators showing the trends of change in environmental magnitudes is recognised.

Apart from these, there are some new approaches to environmental management, that are indeed positive, such as:

1. The farmer should be the guardian of the countryside rather than the one who exploits it.
2. A bottom-top approach in environmental management is vital, in congruence with the top-bottom approaches already established in the flows of information and directives.
3. New forest management policies should consider afforestation not only in forest or shrublands, but also in agricultural lands.
4. Environmental education should be enhanced, as much as the formulation of environmental consciousness.

5. International cooperation should be enhanced to strengthen the implementation of sustainability.

b) Some of the negative aspects of the resolution seem to be the following:

1. There is no spatial scaling of sustainability with respect to:
   mitigation
   policy formulation
2. There is no temporal scaling of sustainability with respect to:
   mitigation
   policy formulation
3. There is no definition of indicators of sustainability in relation to:
   trends
   future evolution
   interactions between processes
4. There are no definitions of thresholds and boundary values in:
   the spatiotemporal extend of processes
   respect to the magnitudes of processes
5. There is no flexibility in spatial interactions between:
   the levels of policy formulation
   the levels of observation
6. There is no evidence of interdisciplinary approach in:
   the interpretation of sustainability
   the implementation of sustainability
7. There is no discussion of the role of economic growth in:
   desired scenarios of (or policies for) environmental management
   desired scenarios of (or policies for) development.

Conclusion

The E.U. resolution on sustainable development is rich in new ideas (that are partially forced by international economic necessities) as well as in positive aspects with respect to environmental management in the 21st century. Given that the E.U. is endowed with the power of creating law for the implementation of its policies (in contrast to other international organisations such as the U.N.), the importance of this document is increased not only now, but also in the years to come. Yet, it is hoped that any future amendments and reviews of this resolution will eventually succeed in overcoming any outstanding difficulties regarding the implementation of the principle of sustainability in the E.U. territory.

References

C.E.C. 1993. Towards Sustainability: A European Community programme of policy and action in relation to the environment and sustainable development. Official Journal of the European Communities C-138/5, pages 1-98.

Χωροταξική ανάλυση του ιστορικού οικισμού των Καρυών και εξέλιξη του ανάγλυφου

Γ. Σιδηρόπουλος
Υρκανίας 1 - 11142 Αθήνα

Περίληψη

Αντικείμενο της μελέτης είναι η χωροταξική αποτύπωση και ανάλυση της πρωτεύουσας του Αγ. Όρους Καρυές.

Η σημασία της καταγραφής είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος εφ' όσον οικισμός και περιοχή είναι σε συνεχή ύπαρξη πέραν της χιλιετίας.

Η ανάλυση στρέφεται στην εύρεση της αρμόζουσας μεθοδολογίας, που μέσα από τις επιταγές του μοναστικού καθεστώτος, θα επιτρέψει τη συνολική καταγραφή ανθρωπιστικών και χωρικών δεδομένων που διέπουν την αθωνική πρωτεύουσα.

Resume

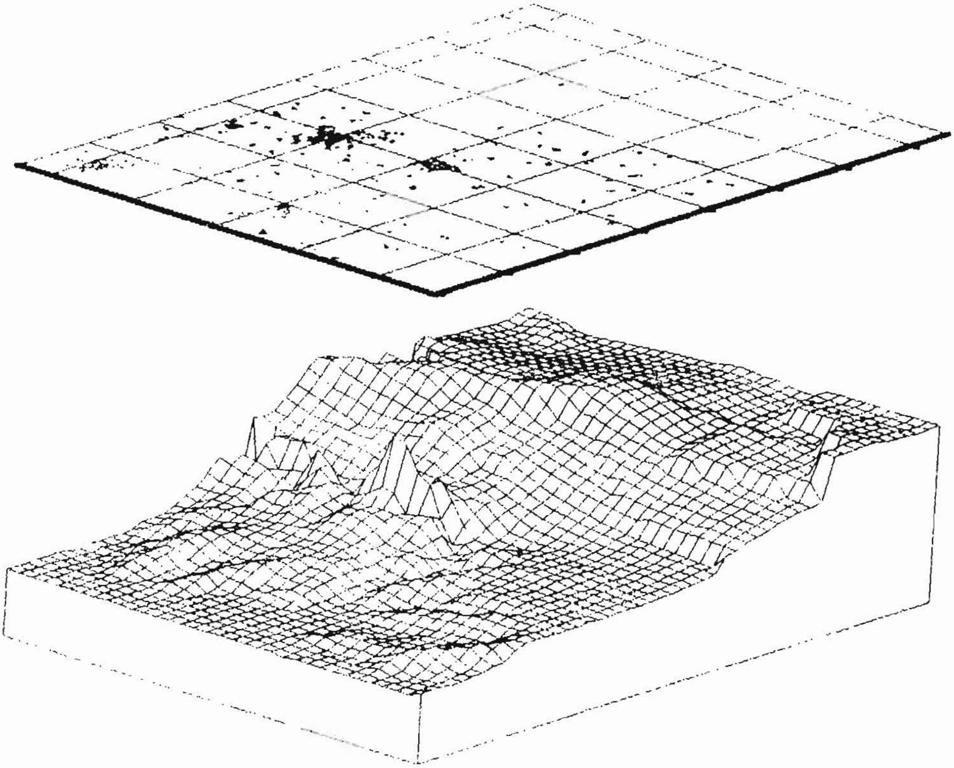
L' objet de cette etude est le releve et l' analyse au niveau d' amenagement spatial, de la capital du Mont Athos.

La signification de cette aproche est de tres grand interet, puisque tant la ville autant que la region est en vie d' ici et plus de mille ans.

L' analyse a comme objet pricipal de trouver la methodologie adaptee qui a travers des obligations de la vie monastique, permetra un premier releve global de donnes humains et spatiaux de la capital athonite.

Εισαγωγή

Οι Καρυές είναι η πρωτεύουσα της χερσονήσου του Αγίου Όρους. Η πολίχνη είναι ενεγερμένη στο Β.Α. πρανές της οροσειράς που καταλήγει νότια στο όρος Άθως. Τα κελιά των Καρυών βρίσκονται στο ψηλότερο σημείο της αμφιθεατρικής κοιλάδας με θέα τη Θάσο, Σαμοθράκη και τη Λήμνο.



Χάρτης 1. Τοπογραφία αναγλύφου, δόμηση.

Η βλάστηση είναι πυκνή και οργιώδης. Λεπτοκαρυές, ελαιόδεντρα, αμπέλια, κηπευτικά και οπωροφόρα που δίνουν τη σκυτάλη, όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο, στα γύρω δάση ελάτων, καστανιών και δρυών.

Η δημογραφία της αθωνικής πρωτεύουσας

Η αρχαιότερη άμεση αριθμητική πληθυσμιακή ένδειξη (Σμυρνάκης 1988, 703) μιλά για 500 - 600 λαϊκούς διαμένοντες στις Καρυές υποθέτουμε τη στιγμή της συγγραφής του βιβλίου το 1901.

Οι παλαιότερες ενδείξεις έχουν έμμεσες υποδείξεις για τον αριθμό των μοναχών στην Λαύρα των Καρυών. Ο Ι. Κομνηνός μας αναφέρει τις εντυπώσεις του για τις Καρυές μετά την επίσκεψή του το 1698 στο Αγ. Όρος ότι *«...Εκεί τριγύρω είναι καθίσματα και μετόχια από όλα τα μοναστήρια με κελιά και εκκλησίας προς ανάπαυσιν των εις την σύναξιν* *ερχομένων μακρόθεν αγίων γερόντων...»* (Ι. Κομνηνός, 1984). Βέβαια κάτι τέτοιο δεν δίνει ακριβώς την εικόνα μίας πολυπληθούς συσπείρωσης αλλά μπορεί να συναχθεί από άλλο χωρίο όπου αναφέρει ότι «εκεί είναι και η των μοναχών αγορά και διάφορα των τεχνιτών εργαστήρια τριγύρωθεν...» που μαρτυρά για μια σημαντική αν μη τι άλλο άθροιση ανθρώπων.

Σήμερα οι πηγές που αφορούν το ανθρώπινο δυναμικό σε σταθερή βάση αρχίζουν να υφίστανται ουσιαστικά μετά τη δημιουργία του σύγχρονου ελληνικού κράτους. Όπως μπορούμε να δούμε στον παρακάτω πίνακα είναι χαρακτηριστική η πτώση του αριθμού των διαμενόντων μετά το 1990. Οι κάτοικοι των Καρυών είναι λαϊκοί και μοναχοί.

1940	1951	1961	1971	1981	1991
712	453	429	301	235	216

πηγή: ΕΣΥΕ

Η εμπορική δραστηριότητα ανά το χρόνο

Η δυσκολία γρήγορης πρόσβασης κατά τους βυζαντινούς χρόνους, σε μεγάλες αστικές συναθροίσεις π.χ. Θεσσαλονίκη, για την αγορά απαραίτητων αγαθών αλλά και τη διάθεση των αγιορείτικων παραδοσιακών και μη προϊόντων, είχε όπως είναι φυσικό την ανάθεση αυτού του ρόλου στην πιο εγγύς ανθρώπινη συσπείρωση με χαρακτηριστικά κέντρου. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η οικονομική δραστηριότητα στις Καρυές ήταν δευτερογενής ανέκαθεν.

Αυτό το ρόλο για την οικονομία του Αγ. Όρους έπαιζε πάντα η αγορά των Καρυών. Η δε σταθερότητα που ενέπνεε η *ανεξαρτησία της αγιορείτικης κοινωνίας* εν μέσω διαφόρων κοινωνικών πολιτικών και εθνικών αλλαγών της περιοχής, στο ρου της ιστορίας, συχνά την έκανε να ξεπερνά το ρόλο εξυπηρέτησης την οικείας αγοράς καθιστώντας την σημαντικό εμπορικό κέντρο της Β. Ελλάδος και των Βαλκανίων.

Μαρτυρίες έχουμε ότι η αυξημένη οικονομική δραστηριότητα των Καρυών είναι γεγονός επί βυζαντινών χρόνων, αναφορά του Β' Τυπικού του Κωνσταντίνου Θ' του Μονομάχου τόπου αναφέρεται ότι «...μετατροπή τους σε σχεδόν εμπορικό κέντρο...» (Χατζηφώτης, 1985, 9), εξ αιτίας των πολλών αγοραπωλησιών που λάμβαναν χώρα εκεί και επί τουρκοκρατίας.

Η σημαντικότερη εποχή σε επίπεδο εμπορικής διακίνησης στις Καρυές είναι κατά τον 19ο αιώνα, απόρροια μεταρρυθμίσεων στην οθωμανική επικράτεια, που επηρεάζει και τις Καρυές σε τέτοιο βαθμό που το 1881 ο Πατριάρχης Ιωακείμ Γ', ζητά την λήψη αποφάσεων για την επαναφορά της αγιορείτικης πρωτεύουσας στον μοναστικό της χαρακτήρα πράγμα που κάνει την Ι. Κοινότητα να ζητά τη διάλυση πλέον των εκατό εμπορικών μικρομονάδων!!!

Με την έναρξη ήδη του αιώνα που διανύουμε έπαψαν να ισχύουν τα πιο πάνω και οι Καρυές εξυπηρετούν τις ανάγκες των κατοίκων της και των επισκεπτών της.

Στη σημερινή δραστηριότητα της πολίχνης εντάσσεται από τη μία η κλασσική εργοχειριακή μοναστική δραστηριότητα (αγιογραφικοί οίκοι, ενασχολούμενοι με την μικροτεχνία, την μουσική, το εμπόριο, χρυσοχοεία, αρωματοποιεία, την κηπουρική) ενώ από την άλλη υφίστανται δραστηριότητες που είναι απαραίτητες για την εξυπηρέτηση της σημαντικότερης ίσως συνάθροισης λαϊκών και μοναχών στο όρος όπως τα δύο εστιατόρια, ο φούρνος, 3 παντοπωλεία, βιβλιοπωλείο, και μερικά κομβολογάδικα.

Οι Καρυές ως διοικητικό κέντρο

Οι Καρυές ανέκαθεν παρουσιάζονται σαν η διοικητική έδρα της αθωνικής μοναστικής κοινότητας. Από την πρώτη φορά που συναντάται στις πηγές (Παπαχρυσάνθου, 1992, 299) ύπαρξη μιας κεντρικής διοίκησης, η γεωγραφική της θεση είναι στις Καρυές.

Το όνομά της είναι Κοινόν, Μέση, Πρωτείον, Λαύρα των Καρεών, κάθισμα των Καρεών, Σκήτη των Καρεών. Ο όρος Πρωτάτο που προέρχεται από το Πρωτείον καταλήγει κατά τα μέσα του 14ου αιώνα να είναι ο επικρατέστερος (Παπαχρυσάνθου, 1992, 309).

Στη διάρκεια των αιώνων βλέπουμε να εκδηλώνεται η θέληση των αγιορειτών να καταστήσουν τις Καρυές αυτοτελή μοναστική κοινότητα η διοικητική της όμως υπόσταση υπερίσχυσε πάντοτε.

Γενεσιουργός αιτία των Καρυών υπήρξε η διαχείριση κοινών υποθέσεων που αφορούσαν αυτόνομους μοναχούς και μικρές ασκητικές κοινότητες της πρώτης περιόδου στο Όρος. Με το βαθμιαίο μετασχηματισμό των ομάδων σε Μονές υπήρξε βούληση κατά την Παπαχρυσάνθου να ακολουθήσουν και οι ομάδες των Καρυών κάτι ανάλογο.

Τα μόνα χαρακτηριστικά που μπορούν να προσδώσουν μια έννοια της οντότητας στην Σκήτη ή Λαύρα των Καρυών είναι η διαχείριση μιας σειράς ιδιοκτησιών γύρω από τη μεγάλη Μέση. Και αυτή όμως παύει να υφίσταται ουσιαστικά όταν το 1661 λόγω χρεών τα κελιά πωλούνται σε διάφορες Μονές που έγιναν κατ' αρχήν νομείς των κτηρίων και βαθμιαία και κάτοχοι του χώρου (Χρήστου, 1987, 333).

Μορφολογική θεώρηση της πολεοδομίας των Καρυών

Οι Καρυές παρουσιάζουν όψη μικρης πόλης. Ο Σμυρνάκης παραλληλίζει το ύφος της πόλης με αυτό των «...άνευ ρυμοτομίας οθωμανικών πόλεων διασχιζόμεναι υπο τινων άρρυθμων στενωπών οδών» (Σμυρνάκης, 1988, 701), άποψη που μάλλον ενθαρρύνεται από το ότι έχουμε ελάχιστα τυπολογικά στοιχεια που να μας πληροφορούν για τον κλασσικό βυζαντινό οικισμό. Άποψή μας είναι ότι οι Καρυές για το μικρό μέγεθός τους (~400 κάτοικοι) παρουσιάζουν **σαφέστατο πολεοδομικό σχηματισμό** (ακτινοκεντρικό) με **κεντρικό πυρήνα** όπου διακτινώνονται με μικρότερο συντελεστή πυκνότητας, όσο απομακρυνόμαστε, μεγάλος αριθμός οικοδομημάτων (Χάρτης 2), ενώ παράλληλα έχουμε σαφείς **κυρίους άξονες** και οδικές **περιφερειακές συνδέσεις** (Χάρτης 3).

Ο ιστός της πόλης διαμορφώνεται από τα οικοδομικά τετράγωνα που σχηματίζονται από το δίκτυο δρομων που *τηρεί κατά κανόνα τις επιταγές του ιδιοκτησιακού καθεστώτος.*

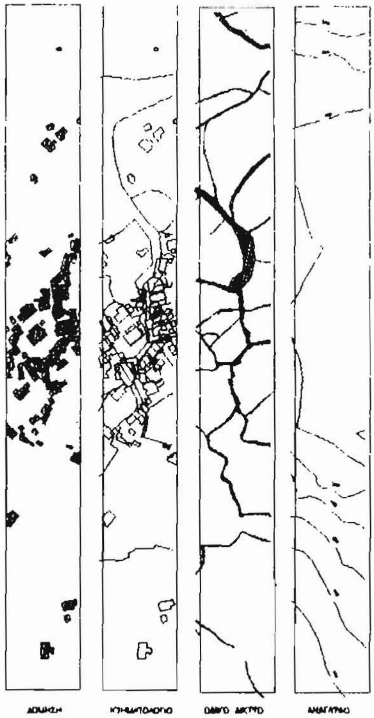
Η οικοδομική πυκνότητα ειναι μεγάλη στο εξωτερικό μέρος των οικοδομικών τετραγώνων με έμφαση στην πλευρά που αυτά γειτνιάζουν με τους κεντρικούς δρόμους. Ο πολεοδομικός αυτός ιστός παραμένει σχεδόν ο ίδιος επί αιώνες εφ' όσον το ιδιοκτησιακό καθεστώς αλλάζει πολύ δύσκολα.

Στην ευρύτερη περιοχή έχουμε την εικόνα ενός σε μεγάλη έκταση διάσπαρτου ορεινού χωριού (ογδόντα δύο κελιά) που διακόπτεται από τους όγκους δύο σημαντικών κτιρίων Κουτλουμουσίου και τη σκήτη του Αγ. Ανδρέα.

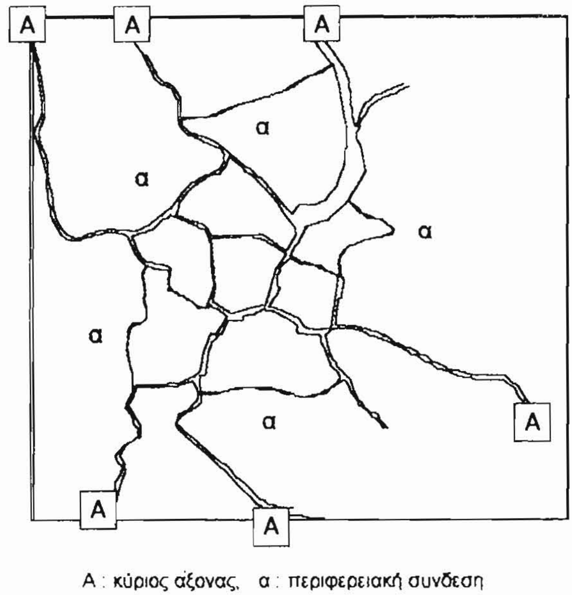
Γενικότερα πάντως, η εικόνα κατάληψης της γης, παρουσιάζει την ακόλουθη διάταξη:

Α ζώνη. Σαφής σχηματισμένος πυρήνας με κέντρο το Ναό του Πρωτάτου περιστοιχιζόμενό από την πλατεία. Περιλαμβάνει τα μείζονος ενδιαφέροντος κτίρια (Κτίριο Επιστασίας, Ι.Ν. Πρωτάτου), Ο πυρήνας αυτός έγινε απόλυτα εμφανής μετά την κατεδάφιση κατά το μεσοπόλεμο των κτιρίων που βρίσκονταν στο κεντρικό αυτό οικοδομικό τετράγωνο της πολίχνης.

Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει στην ακτινα της τα οικοδομήματα μικρής χωρικής κατάληψης με εμφανή εμπορικό χαρακτήρα και μικρό ποσοστό κελιών (εμπορικά μαγαζιά, υπηρεσίες, καλύβες, εργαστήρια)



Χάρτης 2. Συγκριτικά μορφολογικά στοιχεία της πόλης.



Χάρτης 3. Δομή οδικού δικτύου στο κέντρο των Καρυών. Α: κύριος άξονας, α: περιφερειακή σύνδεση.

Β ζώνη. Είναι η ευρύτερη περιοχή Καρυών, όπου συναντώνται μεγάλες αγροτικές ιδιοκτησίες (αντιπροσωπεία και κελιά). Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει την σκήτη του Αγίου Ανδρέου και την Ι.Μ. Κουτλουμουσίου.

Η **αρχιτεκτονική** των Καρυών μπορεί πολύ γενικά να διαχωριστεί σε δύο ομάδες: η αρχιτεκτονική των σημαντικών κτηρίων, και αυτή των «ανώνυμων» κελιών.

Στην πρώτη κατηγορία θα παραθέσουμε τον **Ναό του Πρωτάτου** (Ο αρχαιότερος σωζόμενος ναός σε σχήμα βασιλικής. Ο πρώτος το 961 και το 1282 - 1328 επί Ανδρονίκου με τοιχογραφίες ο σημερινός, τη **σκήτη του Αγ. Ανδρέου** (Σεράι), την **Ι.Μ. Κουτλουμουσίου** και διάφορα **σημαντικά κελιά και κατασκευές** (τα μεγαλύτερης σπουδαιότητας κτίσματα του περασμένου αιώνα που δέχονται τις επιδράσεις των κρατούντων εκείνη την εποχή χωρών, ρωσικών αυστρουγγαρικών κ.λπ.).

Στη δεύτερη κατηγορία θα περιλάβουμε όλα τα κελιά της περιοχής Καρυών όπου με δυσκολία μπορούμε να διακρίνουμε την αρχιτεκτονική των παλαιών κτισμάτων (Φουντάς, 1989, 76). Οι φυσικές περιπέτειες (πυρκαγιές, σεισμοί κ.ά.) και επιδρομές από πειρατές ή ο αριθμός των ενοίκων κάθε συνοδείας, και οι διαφορετικές εργασιακές ανάγκες ανά εποχή, είχαν σαν αποτέλεσμα ώστε η σημερινή μορφή των κελιών να είναι αποτέλεσμα προσθηκών, μετασκευών ή και εκ βάθρου ανοικοδόμησης.

Τα σημερινά καρυώτικα κελιά γενικά είναι μέλη της κλασσικής ελληνικής αρχιτεκτονικής με λαϊκές μάλλον καταβολές αρχιτεκτονικής και ιδιαιτέρως της παραδοσιακής της Χαλκιδικής.

Γενικά χαρακτηριστικά του καθεστώτος ιδιοκτησίας

Την πλειοψηφία γης που περιλαμβάνεται στα όρια των Καρυών κατέχουν οι Μονές. Ένα ελάχιστο μέρος ανήκει στην Ι. Κοινότητα του Αγίου Όρους. Η μετατόπιση των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων της Σκήτης των Καρυών από την ίδια προς τα μοναστήρια είναι γεγονός που συντελέστηκε από νωρίς ήδη. Η μόνη σημαντική αλλαγή που συναντάται, σπανίως και αυτή, είναι ο κερματισμός των κτημάτων με σκοπό την παραχώρησή τους, χωρίς σε καμία περίπτωση την αλλαγή κυριότητας.

Η ιδιοκτησία στις Καρυές έχει τη μορφή *τεμαχίου της συνοδευόμενου απαραίτητα από κτίσμα*. Οι ειδικές περιπτώσεις που συναντώνται είτε με τη μορφή τεμαχίου γης χωρίς κτίσμα, είτε κτίσματος χωρίς τεμάχιο γης, είναι εξαίρεση και είναι οι ακόλουθες.

Η περίπτωση **Κοινών οικημάτων**, διότι κατά την διάρκεια των αιώνων πουλήθηκαν για διάφορους λόγους, όπως είδαμε, τα κτήματα στις Μονές.

Και η περίπτωση μοναδιάιων τεμαχίων γης των **«τσιφλικιών»** που όμως είναι ιδιοκτησίες απαραίτητα κάποιου κτίσματος ευρισκόμενου σε διαφορετική θέση εντός των ορίων του της περιοχής των Καρυών.

Οι ιδιοκτησίες έχουν τον ακόλουθο χαρακτήρα:

Αντιπροσωπείο. Κελί που έχει σαν σκοπό τη διαμονή της αντιπροσωπείας της κάθε Μονής στην πρωτεύουσα του Αγ. Όρους για την εξάσκηση των διοικητικών καθηκόντων της.

Κελί. Σπίτι με εκκλησία και αγρό.

Κοινό οίκημα. Είναι οι ιδιοκτησίες που έχουν απομείνει στην κατοχή της Ι. Κοινότητας (εκκλησία του πρωτάτου, διοίκηση, πύργος, κοιμητήρι, αρχονταρίκι, κιόσκι, λιθόστρωτο δίκτυο της πόλης, δρόμος Δάφνης-Καρυών, Καρυών-Ιβήρων).

Τσιφλίκι είναι αγροτεμάχιο καλλιεργούμενο ή μη που ανήκει σε κάποιο κελί εντός ως συνήθως της πολίχνης.

Αποσαφήνιση των ορίων της περιοχής

«...Γύρω από το χωριό ήταν κήποι με τα οπωροφόρα και τα αμπέλια που ήταν περιφραγμένα και ύστερα απ' αυτά οι αρώσιμοι αγροί που ήταν απερίφρακτοι...» (Ράνσιμαν, 1969, 234). Έτσι ο Ράνσιμαν παραθέτει μια περιγραφή που αφορά τα μικρά αστικά κέντρα στο Βυζάντιο.

Το ίδιο συμβαίνει και στις Καρυές έχουμε εμφανή όρια στο κέντρο και μικρές ιδιοκτησίες απερίφρακτες και τεράστιες όσο απομακρυνόμαστε.

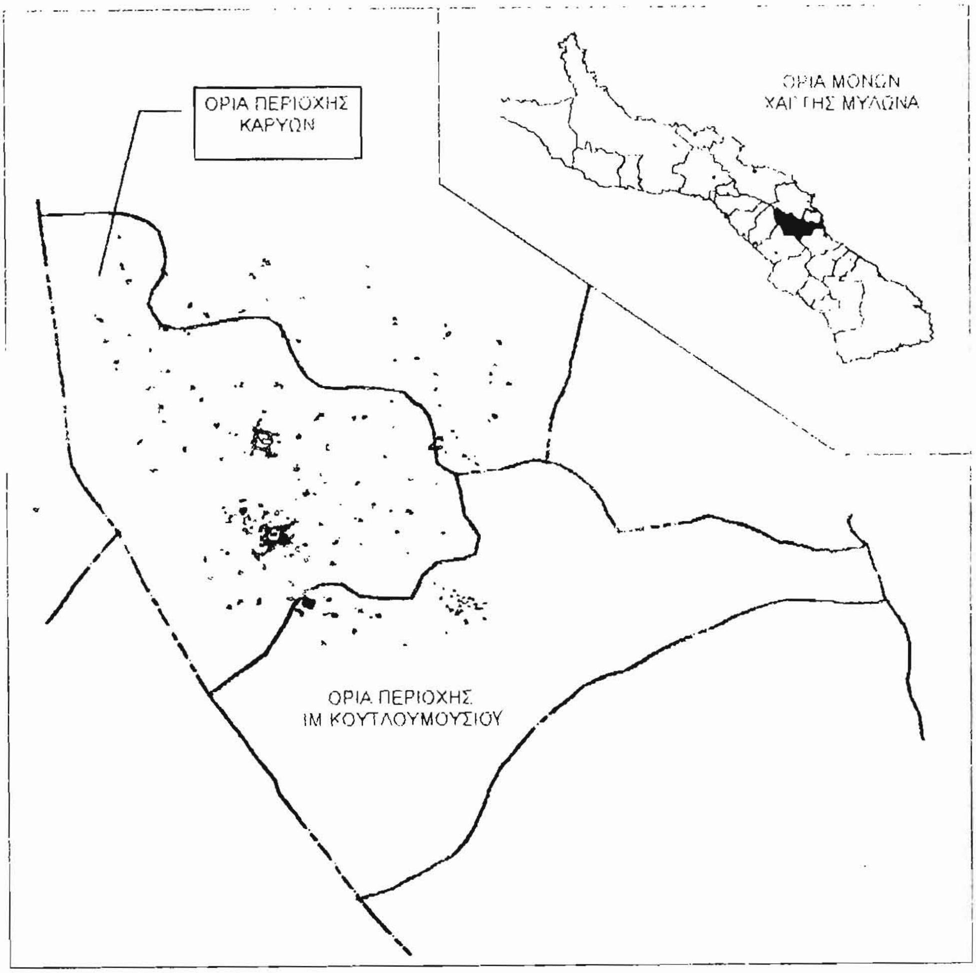
Ως σήμερα τα όρια των Καρυών είναι καταγραμμένα στις νομικές πράξεις των αρχείων των εμπλεκομένων Μονών. Η εφαρμογή του ιδιοκτησιακού καθεστώτος που απορρέει από αυτές, τηρείται με τη βοήθεια της ανέκαθεν ισχυρής συλλογικής προφορικής συνείδησης των διαμενόντων στη χερσόνησο.

Ο Μυλωνάς υλοποιεί πρώτος χάρτη ορίων των ιδιοκτησιών των Μονών για το σύνολο του Αγ. Όρους, όπου παρουσιάζει την Ι.Μ. Κουτλουμουσίου να συμπεριλαμβάνει στη δικιά της περιοχή και αυτή των Καρυών. Η παρούσα όμως μελέτη καταδεικνύει ότι περισσότερο του μισού από αυτό που θεωρείται από το Μυλωνά ως περιοχή Κουτλουμουσίου, ανήκει στις Καρυές. Οι οποίες διαθέτουν συγκεκριμένη περιοχή με σαφή όρια (Παντοκράτωρος, Παντελεήμονος, Ξηροποτάμου, Κουτλουμουσίου) και έκταση μίας μέσης αγιορείτικης Μονής (Χάρτης 4).

Ιστορικά έχουμε σαφείς ενδείξεις για τα πιο πάνω. Το 1508 καταγράφεται λεπτομερώς η διαδρομή της λιτανείας της εικόνας του Άξιον Εστί (Ιουστίνος Σιμωνοπετρίτης, 1982) που γίνεται στα όρια της Σκήτης των Καρέων κι έτσι έχουμε εμμέσως πλην σαφώς, περιγραφή των ορίων.

Η υλοποίηση επί χάρτου της διαδρομής της λιτανείας της εικόνας του Άξιον Εστί, μας δίνει ίσως, το πρώτο χαρτογραφημένο στοιχείο των γεωγραφικών ορίων του μοναστικού οικισμού μορφώματος των Καρυών. (Χάρτης 5).

Στη διάρκεια της παρούσας μελέτης επιχειρήθηκε η σύνταξη σκαριφήματος, του ιδιοκτησιακού καθεστώτος με τη βοήθεια αεροφωτογραφιών, χαρτών (ΓΥΣ, ΥΠΕΧΩΔΕ) και επιτόπιας έρευνας. (Χάρτης 6). Το οποιοδήποτε αποτέλεσμα θα ήταν αδύνατο λόγω της ιδιομορφίας του χώρου, χωρίς την άκρως απαραίτητη μαρτυρία των διαμενόντων στην πολίχνη. Η σύνταξη του εν λόγω σκαριφήματος είναι ιδιαίτερα ακριβής στην α ζώνη του οικισμού, ενώ δυσχερής ως αδύνατη υπήρξε η παραγωγή του για την ευρύτερη περιοχή όπου τα όρια είναι φυσικά (ρέματα, μονοπάτια και άρα λιγότερο σαφή, σε αντίθεση με το κέντρο της πολίχνης όπου η δόμηση σχεδόν υποδηλεί και την ιδιοκτησία. Η μελέτη βρίσκεται σε εξέλιξη.

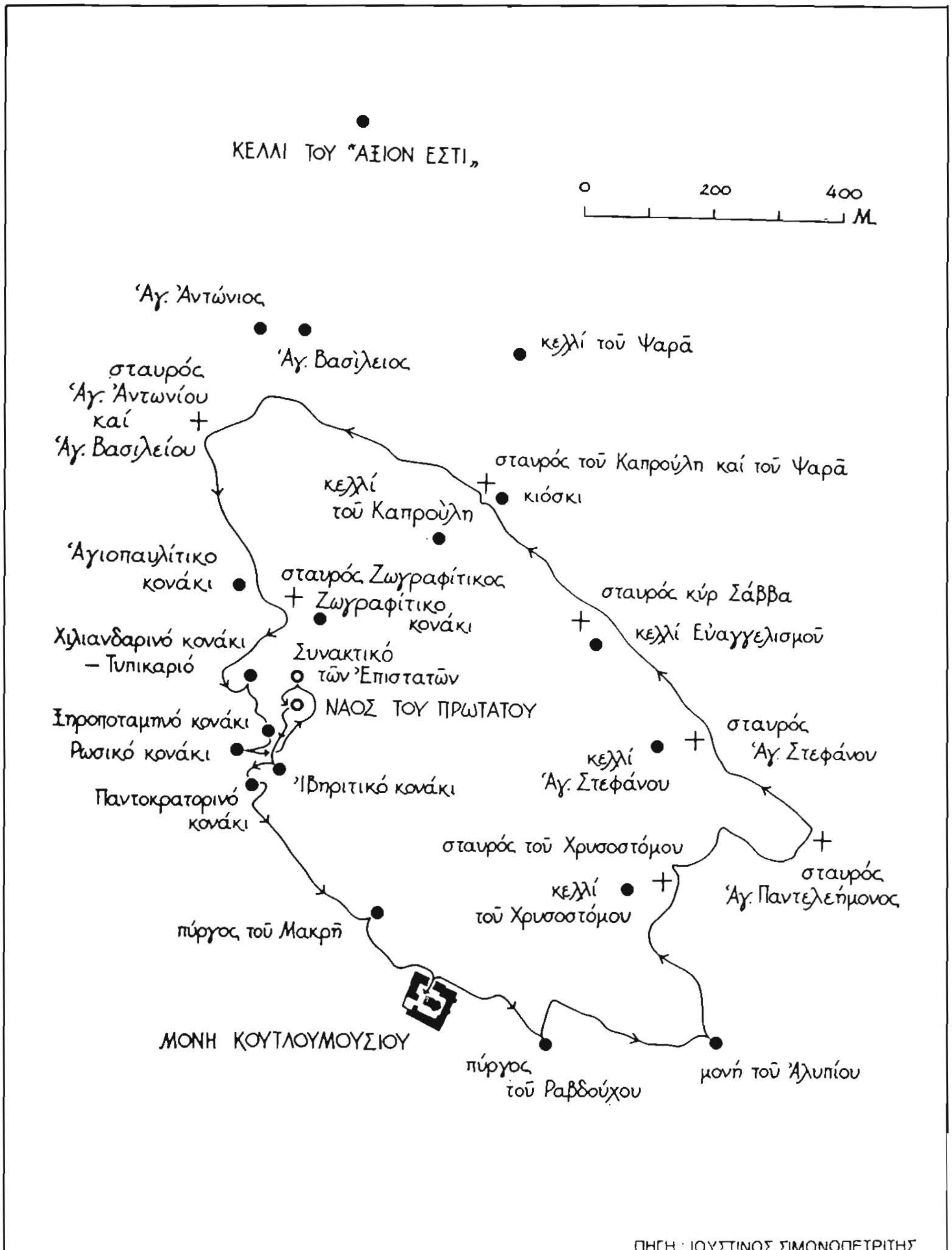


Χάρτης 4.

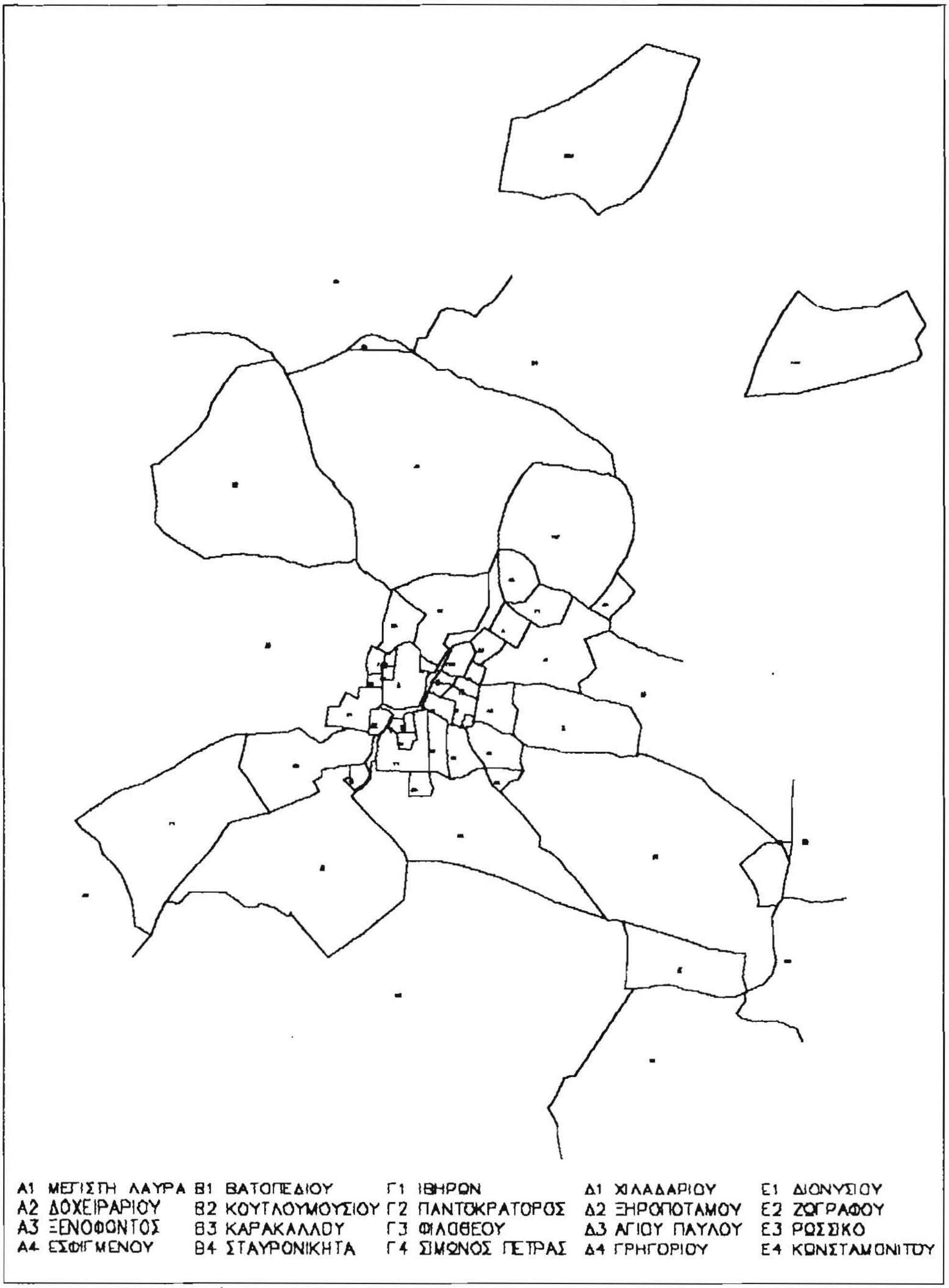
Συμπερασματικά

Οι πόλεις δεν είναι μόνο αυτό που φαίνονται. Υπάρχουν κοινωνικές και θεσμικές επιταγές, που διαμορφώνουν νομικά πλαίσια, τα οποία με τη σειρά τους δίνουν σ' αυτές την εξωτερική τους μορφή.

Οι Καρυές είναι ένα ζωντανό πολεοδομικό μόρφωμα που έρχεται από τα βάθη της ιστορίας. Ο χαρακτήρας διαφόρων στοιχείων, όπως για παράδειγμα η αρχιτεκτονική είναι κάτι που έχει διαφοροποιηθεί από τη φυσική και μη φθορά του χρόνου. Αυτό που όντως με σιγουριά μπορούμε



Χάρτης 5. Η διαδρομή της λιτανείας της εικόνας του «Άξιον εστι» στη σκήτη των Καρυών.



Χάρτης 6. Κτηματολογικό σκαρίφημα περιοχή Καρυών.

να αποκωδικοποιήσουμε σε εξαιρετικά μεγάλο ποσοστό είναι το ιδιοκτησιακό καθεστώς, και οι κανόνες που το διέπουν και το κατέστησαν πολύ περισσότερο ανθεκτικό στο χρόνο.

Η πλειονότητα των αλλαγών, είναι καταχωρημένες στο αρχειακό υλικό των Μονών και άρα προσφερόμενες για πλήρη μελέτη του φαινομένου.

Η συστηματική μελέτη των αρχείων ανά τους αιώνες, μπορεί να δώσει με ακρίβεια την εξέλιξη του καθεστώτος ιδιοκτησίας, της αθωνικής πρωτεύουσας ακόμα μπορεί να συμβάλει στην ανάλυση των δομών της βυζαντινής πόλης και τέλος να δώσει ερμηνείες για τη μετεξέλιξη και προσαρμοστικότητα αυτού του πανάρχαιου πολεοδομικού και χωροταξικού μοντέλου στα σύγχρονα κοινωνικά δεδομένα.

Βιβλιογραφία

Σμυρνάκης, Γ. (1988). Το Άγιον Όρος, Πανσέληνος, (ανατύπωση από την έκδοση του 1903). Άγ. Όρος.

Κομνηνός, Ι. (1984). Προσκηνητάριον του Αγ. Όρους του Άθωνος, Πανσέληνος, (ανατύπωση από την α' έκδοση του 1701), Άγ. Όρος.

Χατζηφώτης, Ι. (1985). Τα εργαστήρια και η αγορά των Καρυών Αγίου Όρους στον 19ο αιώνα, Πανσέληνος, Άγ. Όρος.

Παπαχρυσάνθου, Δ. (1992). Ο αθωνικός Μοναχισμός, αρχές και οργάνωση, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα.

Παπαχρυσάνθου, Δ. (1992). Ο αθωνικός Μοναχισμός, αρχές και οργάνωση, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα.

Χρήστου, Π. (1987). Το Άγιον Όρος, Εποπτεία, Αθήνα.

Σμυρνάκης, Γ. (1988). Το Άγιον Όρος, Πανσέληνος, Αγ. Όρος.

Μπούρας, Χ. Κατοικίες και Οικισμοί στην Βυζαντινή Ελλάδα, εκδ. Αρχιτεκτονικών Θεμάτων «Οικισμοί στην Ελλάδα».

Φουντάς, Π. (1989). Η Αρχιτεκτονική των αγιορείτικων κελιών, Ελληνική παραδοσιακή αρχιτεκτονική - Άγιον Όρος Μέλισσα.

Ράνσιμαν, (1969). Βυζαντινός Πολιτισμός, Γαλαξίας.

Μυλωνάς, Π. (1968). Μελέτη αξιοποιήσεως των πολιτιστικών και οικιστικών στοιχείων της χερσονήσου του Άθω, Αθήνα.

Ιουστίνος Σιμωνοπετρίτης, (1982). Άξιον Εστί, Πανσέληνος, Άγ. Όρος.

Αναφορά στη συλλογή Archive d' Athos.

Η Μορφολογία του εδάφους ως βασικός παράγων της απομόνωσης και της υπανάπτυξης της Ηπείρου - συμβολή στην επίλυση του προβλήματος

Σ. Φασούλας

Γιάννη Σταθά 6 - 10672 Αθήνα

Περίληψη

Η Ήπειρος, στην οποία διαβιεί το 3,3% του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδος και το 3% του ενεργού της πληθυσμού, παράγει μόνο το 2,67% του ΑΕΠ. Είναι η φτωχότερη περιοχή της Ελλάδος και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μετά τα νησιά του Βόρειου Αιγαίου.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται στην Ηπειρο μια συνεχής μείωση των απασχολουμένων στον πρωτογενή τομέα της παραγωγής, χωρίς αντίστοιχη αύξηση των απασχολουμένων στον δευτερογενή τομέα, όπου άλλωστε ελλείπουν αξιόλογες μονάδες μεταποίησης. Αντίθετα αυξάνει η απασχόληση στον τριτογενή τομέα τις 10ετίες δε του 60' και 70', παρατηρήθηκε και ένα μεγάλο ρεύμα εσωτερικής και εξωτερικής μετανάστευσης. Οι ιδιωτικές επενδύσεις που έγιναν στην Ηπειρο, μεταξύ 1980 και 1990, αντιστοιχούν στο 3,1% των συνολικών επενδύσεων της χώρας.

Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται κυρίως στην απομόνωση της Ηπείρου, απότοκης της μορφολογίας του εδάφους και της έλλειψης της απαραίτητης υποδομής των μεταφορών, ιδιαίτερα λόγω παντελούς έλλειψης σιδηροδρομικού δικτύου σ' αυτήν, αλλά και στην ανυπαρξία εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων μεταλλευμάτων και γενικά πρώτων υλών και ορυκτών πηγών ενέργειας, σε συνδυασμό και με την περιορισμένη αγορά.

Γιά να αναστραφεί αυτή η πορεία, θα πρέπει αφ' ενός μεν να επεκταθεί και στην Ήπειρο ο αγωγός φυσικού αερίου, ώστε να υπάρχει φθηνή και εύκολη ενέργεια, αφ' ετέρου δε να κατασκευασθεί η κατάλληλη υποδομή μεταφορών. Η υποδομή αυτή θα πρέπει να είναι κατάλληλη τόσο για την άρση της απομόνωσης, που οφείλεται στην μορφολογία του εδάφους, όσο και για την ανάδειξη της Ηπείρου σε δυτική πύλη της Ελλάδος και γέφυρα μεταξύ της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Μ. Ανατολής και Μαύρης Θάλασσας.

Η κατασκευή της γέφυρας Ρίου - Αντιρίου θα συμβάλλει στην άρση της απομόνωσης, που οφείλεται στην μορφολογία του εδάφους, όχι

όμως και στην δημιουργία προϋποθέσεων για μαζική και φθηνή μεταφορά, η οποία είναι βασική προϋπόθεση της ανάπτυξης και τα οποία μόνο ο σιδηρόδρομος μπορεί να εξασφαλίσει.

Προς ανατολάς όμως, η κατασκευή της Εγνατίας οδού, ούτε αυτό δεν θα επιτύχει, αφού θα διέρχεται από την Πίνδο και σε υψόμετρο 1.100 μ. περίπου. Η προς ανατολάς δίοδος όμως, είναι βασική προϋπόθεση για την δημιουργία του άξονα Ιταλιας-Ηγουμενίτσας-Βόλου-Συρίας και Θεσ/νίκης-Μαύρης Θάλασσας, που στην Ήπειρο θα δημιουργήσει προϋποθέσεις ανάπτυξης και τον γεωπολιτικό ρόλο της χώρας θα αναβαθμίσει. Χρειάζεται λοιπόν να κατασκευασθεί η σιδηροδρομική σύνδεση της Ηγουμενίτσας με την Καλαμπάκα και να πραγματοποιηθεί η σύνδεση της Ηγουμενίτσας με την Ιταλία με πορθμείο στο οποίο θα εισέρχονται οι σιδηροδρομικοί συρμοί και θα μεταφέρονται στην Ιταλία.

Δυστυχώς στην υπό κατασκευή γέφυρα Ρίου-Αντιρίου δεν προβλέπεται διάδρομος για σιδηροδρομική γραμμή, προς ανατολάς δέ δόθηκε ήδη προτεραιότητα στην αυτοκινητόδρομο «Εγνατία». Έτσι υφίσταται ο κίνδυνος να κατασκευάσουν πρώτοι οι βόρειοι γείτονες μας την σιδηροδρομική «Εγνατία» (Δυρράχιο-Σκόπια-Βάρνα, Κωνσταντινούπολη), η οποία θα απορροφήσει μεγάλο μέρος από την προσδοκόμενη κίνηση της Εγνατίας οδού, λόγω της τάσεως ανάπτυξης και προτίμησης των σιδηροδρομικών μεταφορών που παρατηρείται διεθνώς. Επί πλέον, λόγω της πολυδιάσπασης της Γιουγκοσλαβίας, θα δυσκολευθούν οι εξαγωγές μας, αφού θα συνεχίσουν να στηρίζονται στην οδική μεταφορά, η οποία γίνεται κάθε μέρα όλο και πιο δύσκολη και πιο δαπανηρή, αφού ο μοναδικός σιδηροδρομικός άξονας, που ενώνει την Ελλάδα με τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, διέρχεται από την πρώην Γιουγκοσλαβία, η οποία και μετά την άρση της εμπόλεμης κατάστασης θα είναι διασπασμένη σε 5 κράτη.

Abstract

Epirus is inhabited by 3,3% of the whole Greek population and 3% of the country's active population. Nevertheless, it produces only 2,67% of the Gross National Product. A continuous decrease in the number of those employed in the primary production sector has been in progress, over the last few years, without any respective increase in the employment in the secondary sector. On the contrary, a remarkable increase is visible in the tertiary production sector. In addition, a great part of the active, population emigrated to other parts of Greece,k or abroad, in the 60's and 70's.

Private investment in Epirus, between 1980 and 1990, has not surpassed 3,1% of the total private investment in Greece, while its greater part was invested in the tertiary sector. Thus Epirus cannot catch up with Greece's living standard, which is developing faster.

The underdevelopment of the area is mainly due to its isolation from the rest of the country, because Epirus is surrounded by high mountains and the sea, obstructing communications, as well as to the lack of a proper communication infrastructure, especially because it is not linked by rail to the other areas of the country. But it is also the result of the lack of mineral raw materials and energy, as well as broad plains and worthwhile market.

This situation will change only by supplying the area of Epirus with natural gas and constructing the necessary communication infrastructure, in order to allow the area to communicate easily with the rest of the country and enable it to play the role of a bridge, between West Europe and the Middle-East/Black Sea. It should be noted that the local road network is not inferior to that of the whole country. So, the problem is communicating with the other parts of Greece.

With these interventions, Epirus will become more attractive to investment, especially now when its role as a transit area, between West Europe and the Middle-East/Black Sea, has been upgraded.

The construction of the new huge bridge, between Rio and Antirio, will facilitate communications with South and South-East Greece, but the new «Egnatia» motorway will not resolve the communication problems to the East and North-East, as this road will pass through the mountain range of Pindos, at a height of 1.100 m. Only a railway line can provide a solution to the problem, as a train operates regardless of weather conditions and terrain. And without a suitable connection to the port of Volos and the East, linking West Europe with the Middle East/Black Sea, through Greece, will remain problematic and difficult.

But even to the South, only a railway line can afford the mass transportation required by a developed economy. This is the reason why, development without rail network, is impossible. Further more, transportation through ex Yugoslavia, by which alone Greece is connected by rail to West Europe, will be problematic, since it has been divided in five states. Therefore, if Greece keeps relying for its international communications mainly on road transportations, it will be faced with several problems in the future. And the road axis to Middle-East/Black Sea through Epirus will make no sense, if Greece's Northern neighbours materialise their intension to build a railway line from Buress to the Black Sea and Instanbul.

So, the priority given to the contruction of the «Egnatia» motorway, at the expense of a rail connection to Thessaly, as well as not providing for a rail corridor on the bridge scheduled between Rio and Antirio, will prove to be a great error.

Εισαγωγή

Η Ήπειρος, στην οποία διαβιεί το 3,3% του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδος, δηλαδή 339.210 άτομα, σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ του 1991, και το 3% του ενεργού πληθυσμού της, παράγει μόλις το 2,67% του Α.Ε.Π. Είναι δε η φτωχότερη περιοχή της χώρας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μετά τα νησιά του Βόρειου Αιγαίου και η οικονομία της παρουσιάζει σοβαρά διαρθρωτικά προβλήματα.

Παρ' όλο που τις 10ετίες του 70' και του 80' παρουσίασε σχετικά υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, δεν κατάφερε να βελτιώσει τη συμμετοχή της στο κατά κεφαλή εθνικό εισόδημα, το οποίο παραμένει κατά 25,7% κάτω του μέσου εθνικού (1991).

Στον πρωτογενή τομέα της παραγωγής, τα κύρια χαρακτηριστικά της περιφέρειας είναι ο μικρός κλήρος και το χαμηλό κατά κεφαλή εισόδημα των απασχολουμένων σ' αυτόν (88,5% του μέσου εθνικού). Στη μεταποίηση εξ' άλλου, απασχολείται μικρό μόνο ποσοστό του πληθυσμού, αφού δεν λειτουργούν αξιόλογες μονάδες μεταποίησης, όσες δε λειτουργούν είναι, στο μεγαλύτερο ποσοστό τους, συγκεντρωμένες στον νομό Ιωαννίνων. Ο τομέας της μεταποίησης συμβάλλει μόνο κατά 9,85% στο συνολικό ακαθάριστο προϊόν της περιφέρειας και κατά 11,13% στη συνολική απασχόληση.

Αποτέλεσμα όλων των ως άνω είναι η συνεχής μείωση των απασχολουμένων στον πρωτογενή τομέα της παραγωγής, που έτσι, από 58,8% του ενεργού πληθυσμού το 1971, μειώθηκαν στο 41,3% το 1981, χωρίς αντίστοιχη αύξηση των απασχολουμένων στον τομέα της μεταποίησης. Αντίθετα, παρατηρείται μια θεαματική αύξηση των απασχολουμένων στον τριτογενή τομέα της παραγωγής, που από 26.020 άτομα το 1971, αυξήθηκαν σε 42.513 το 1981. Δηλαδή, από 28,4% του ενεργού πληθυσμού το 1971, αυξήθηκαν 36,1% το 1981, ενώ ένα άλλο μεγάλο μέρος του ενεργού πληθυσμού της Ηπείρου, τις 10ετίες του 60' και του 70', μετανάστευσε στο εξωτερικό ή σε άλλα διαμερίσματα της χώρας.

Από τις επενδύσεις που έγιναν στην Ήπειρο, από την έναρξη ισχύος του αναπτυξιακού νόμου 1262/80 και μέχρι το 1990, το 46,4% επενδύθηκε σε ξενοδοχεία και εστιατόρια και το 8,7% σε ιατρικές και υγειονομικές υπηρεσίες. Βλέπουμε δηλαδή μια προτίμηση και των επενδυτών προς τον τομέα των υπηρεσιών. Εξ' άλλου, αν λάβουμε υπ' όψη ότι, την ίδια περίοδο, από τις συνολικές ιδιωτικές επενδύσεις που έγιναν στην Ελλάδα, μόνο το 3,1% προτίμησε την Ήπειρο, καταλαβαίνουμε για τι ύψους επενδύσεις πρόκειται και γιατί η Ήπειρος δεν αυξάνει την συμμετοχή της στο κατά κεφαλήν εθνικό εισόδημα.

Ας δούμε όμως ποιές είναι οι αιτίες αυτής της καθυστέρησης.

Η απομόνωση της Ηπείρου

Τα δύο βασικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν την Ήπειρο είναι, αφ' ενός μεν το έντονο ορεινό ανάγλυφο του εδάφους της, αφ' ετέρου δε η δεσπόζουσα οροσειρά της Πίνδου, μέρος της οποίας της ανήκει. Προς ανατολάς οριοθετείται από την κορυφογραμμή της Πίνδου, με αποτέλεσμα να καθίσταται δυσχερής η επικοινωνία της με την Θεσσαλία και την Μακεδονία, προς δυσμάς με το Ιόνιο πέλαγος και προς νότον με τον Αλμβρακικό κόλπο και μια στενή πεδινή λωρίδα, που την διαχωρίζει από την Αιτωλοακαρνανία, έχοντας σαν φυσικό εμπόδιο, για την επικοινωνία της με την Πελοπόννησο, τον Κορινθιακό κόλπο. Αν σ' αυτά προστεθεί και το ότι η επικοινωνία της Ηπείρου με την υπόλοιπη χώρα στηρίζεται αποκλειστικά στην οδική μεταφορά, αφού δεν συνδέεται με το Ελληνικό σιδηροδρομικό δίκτυο, θα μπορούσαμε να πούμε ότι, οι δυνατότητες επικοινωνίας της με τα άλλα διαμερίσματα, προσομοιάζουν περισσότερο με τις δυνατότητες ενός νησιού, παρά ενός χερσαίου διαμερίσματος, γι' αυτό και με την παραμικρή κακοκαιρία αποκόπτεται από τον υπόλοιπο κόσμο, όπως ένα νησί. Αλλά και το οδικό δίκτυο που την συνδέει με την υπόλοιπη χώρα, δεν μπορεί να εξυπηρετήσει πραγματικά την υφιστάμενη κίνηση, επιδεινώνοντας έτσι το πρόβλημα.

Η Βορειοιανατολική Ελλάδα συγκεκριμένα, συνδέεται με την Ήπειρο με τις Εθνικές οδούς Ε-90 (Ιωάννινα-Κοζάνη) και Ε-92 (Ιωάννινα-Τρίκαλα μέσω Κατάρας), που διασχίζουν την Πίνδο. Η Νότια εξ' άλλου και η Νοτιανατολική Ελλάδα, συνδέονται μόνο με την Εθνική οδό Ε-951 (Ιωαννίνων-Αντιρίου-Ρίου), η οποία διακόπτεται από τον Κορινθιακό κόλπο, με αποτέλεσμα να καθίσταται αναγκαία η χρήση πορθμείου, για την επικοινωνία μεταξύ Ρίου-Αντιρίου. Και οι τρεις όμως εθνικές οδοί, έχουν περιορισμένη μεταφορική ικανότητα, ακόμα και με ομαλές καιρικές συνθήκες, λόγω των φτωχών γεωμετρικών στοιχείων και των πολύ μικρών σταθερών, επιτρέπουν δε μικρές μόνο ωριαίες ταχύτητες. Ιδιαίτερα οι δύο πρώτες, είναι απαγορευτικές σχεδόν για βαριά φορτία και μαζική μεταφορά.

Η μορφολογία λοιπόν του εδάφους, σε συνδυασμό με την έλλειψη της απαιτούμενης υποδομής στον τομέα των μεταφορών και ιδιαίτερα η έλλειψη σιδηροδρομικής σύνδεσης, αποτελούν ένα σοβαρό εμπόδιο και αποτρεπτικό παράγοντα για την ανάπτυξη της Ηπείρου. Αυτό καθίσταται εμφανές και από το ύψος των εμπορευματικών μεταφορών που διακινούνται μέσω του λιμανιού της Ηγουμενίτσας.

Πριν δημιουργηθούν τα προβλήματα στις μεταφορές προς βοράν, από την διάλυση της Γιουγκοσλαβίας και την έναρξη εμφυλίου πολέμου σ' αυτήν, από τα βόρεια σύνορα της χώρας διέρχονταν το 61% περίπου των εμπορευματικών μεταφορών από και προς το εξωτερικό. Αντίθετα, το λιμάνι της Ηγουμενίτσας χρησιμοποιούνταν μόνο για το 2% των εξαγωγών και για λιγότερο από το 2% των εισαγωγών της χώρας, παρ' όλ που το 45% περίπου των εμπορευματικών μεταφορών προς το εξωτερικό, είχε σαν αφετηρία την Βόρεια Ελλάδα και το 8% την Θεσσαλία, περιοχές γειτνιάζουσες με την Ήπειρο, η δε επιλογή σαν διόδου των βορείων συνόρων της χώρας για τις εξαγωγές προς ή τις εισαγωγές από ορισμένες χώρες της Δυτικής και Κεντρικής Ευρώπης, είχε σαν αποτέλεσμα την επιβάρυνση του χρόνου της μεταφοράς κατά 24 ώρες. Αξίζει να σημειωθεί ότι, η απόσταση Ηγουμενίτσας Τεργέστης, καλύπτεται από τα συμβατικά πλοία σε 36 ώρες, ενώ από τα σύγχρονης τεχνολογίας σε 15-18 ώρες, δηλαδή σε αρκετά σύντομο χρόνο και οπωσδήποτε συντομότερο του χρόνου που απαιτείται μέσω της Γιουγκοσλαβίας οδικώς. Επί πλέον τα πλοία αυτά θα είναι Ελληνικά, αφού και σήμερα ακόμα, η Ελληνική σημαία κυριαρχεί στις μεταφορές μεταξύ Ελλάδος - Ιταλίας.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι, το υπόλοιπο Εθνικό οδικό δίκτυο της Ηπείρου, δε υστερεί βασικά, σε ποιότητα και πυκνότητα, του υπόλοιπου δικτύου της χώρας. Έτσι, η πυκνότητα του είναι 0,06 χλμ ανά τ.χ., έναντι 0.08 για το σύνολο της χώρας. Εξ' άλλου, το 88% αυτού του δικτύου είναι ασφαλτοστρωμένο, έναντι 97% του συνολικού δικτύου της χώρας, το δε 10% του υπό κατασκευή. Επομένως, το πρόβλημα της Ηπείρου είναι η ανυπαρξία κατάλληλης υποδομής για την επικοινωνία της με την υπόλοιπη χώρα και ιδιαίτερα με τις ζωτικές γι' αυτήν περιοχές και όχι η έλλειψη δικτύου για την εσωτερική ή την τροφοδοτική των μεγάλων αξόνων μετακίνηση.

Η δύσκολη προσπέλαση του γεωγραφικού διαμερίσματος της Ηπείρου, δεν εμποδίζει μόνο την ανάπτυξη των λιμανιών της και του διαμετακομιστικού εμπορίου, αλλά και τις επενδύσεις στον δευτερογενή τομέα της παραγωγής, αφού το μεγαλύτερο μέρος των προϊόντων μιας μεταποιητικής μονάδας, θα πρέπει να μεταφερθεί σε αγορές εκτός του διαμερίσματος, γρήγορα και φθηνά.

Παρ' όλα αυτά, θα ήταν λάθος να καταλήξουμε ότι, η δύσκολη και δαπανηρή προσπέλαση, αποτελεί την μοναδική αιτία καθυστέρησης της Ηπείρου.

Λοιπές αιτίες υπανάπτυξης

Η περιφέρεια της Ηπείρου έχει έκταση 9,203,2 τ.χλ/τρα, που αντιστοιχούν στο 7% της συνολικής επιφανείας της Ελλάδος, από τα οποία όμως μόνο ένα ποσοστό 14,1% είναι καλλιεργήσιμες πεδινές εκτάσεις, όταν στην γειτονική Θεσσαλία το αντίστοιχο ποσοστό είναι 24,6% και σε Εθνικό επίπεδο 29,9%. Έτσι είναι φυσικό να μην έχει πολλές δυνατότητες ανάπτυξης ο πρωτογενής τομέας της παραγωγής και το ποσοστό του πληθυσμού που θα απασχολείται σ' αυτόν, είναι φυσικό να μειώνεται, όσο θα αυξάνεται ο εκσυγχρονισμός και η εκμηχάνιση της γεωργίας και η εγκατάλειψη των οριακών καλλιεργειών. Όσον αφορά εξ' άλλου την κτηνοτροφία, λειτουργεί κυρίως με την παραδοσιακή νομαδική μορφή εκμετάλλευσης, με περιορισμένες δυνατότητες ανάπτυξης και απασχόλησης. Μόνο η εκμετάλλευση του πλούσιου ιχθυότοπου του Αμβρακικού κόλπου, μπορεί να δικαιολογήσει μιά αξιόλογη επένδυση στον πρωτογενή τομέα της παραγωγής.

Η Ήπειρος εξ' άλλου, είναι φτωχή και σε εκμεταλλεύσιμες ορυκτές πρώτες ύλες και μεταλλεύματα, που θα συνέβαλλαν, αν συνέτρεχαν και άλλες συνθήκες, στην δημιουργία βαρειάς βιομηχανίας. Επί πλέον, μη διαθέτουσα καμιά ορυκτή πηγή ενέργειας, είναι πλήρως εξαρτημένη από το εισαγόμενο πετρέλαιο. Το εγκύτερο όμως σ' αυτήν διϋλιστήριο απέχει 300 χιλιόμετρα περίπου, αυξάνοντας σημαντικά το κόστος μεταφοράς. Υφίσταται δε και ο κίνδυνος διακοπής της τροφοδοσίας, λόγω καιρικών συνθηκών, πράγμα όχι σπάνιο, όπως προαναφέρθηκε.

Με βάση τα προαναφερθέντα, θα μπορούσαμε να προσδιορίσουμε ως αιτίες της καθυστέρησης της Ηπείρου, πέραν της δύσκολης προσπέλασης, που καθιστά δυσχερή την μεταφορά εμπορευμάτων, πρώτων υλών και προσώπων, την έλλειψη μεταλλευμάτων και γενικά ορυκτών πρώτων υλών και πηγών φθηνής ενέργειας. Επίσης την περιορισμένη αγορά, που είναι αποτέλεσμα των μικρών σχετικά αστικών κέντρων του διαμερίσματος, σε συνδυασμό με το χαμηλό εισόδημα των κατοίκων.

Είναι φυσικό λοιπόν, υπό τις παρούσες συνθήκες, να μην είναι ελκυστική για τους επενδυτές η περιφέρεια της Ηπείρου, γι' αυτό και οι ενδεικνυόμενες επεμβάσεις θα πρέπει να στοχεύουν στην δημιουργία υποδομής, η οποία θα εξισορροπήσει τα προεκτεθέντα αρνητικά στοιχεία-αντικίνητρα.

Προτάσεις επίλυσης του προβλήματος

Οι επεμβάσεις που ενδείκνυνται για την επίτευξη αυτού του στόχου, είναι η παροχή φθηνής ενέργειας και η κατασκευή της απαραίτητης υποδομής για την εύκολη, γρήγορη και απρόσκοπτη μεταφορά εμπορευμάτων και προσώπων η οποία, αφ' ενός μεν θα μειώσει το κόστος μεταφοράς αφ' ετέρου δε, εκμεταλλευόμενη τις γεωπολιτικές συνθήκες που διαμορφώθηκαν τα τελευταία χρόνια, θα εντάξει την Ήπειρο σ' ένα μεγάλο διευρωπαϊκό άξονα βορρά-νότου και δύσης-ανατολής, με πορθμείο από Ιταλία, δημιουργώντας θέσεις εργασίας και καθιστώντας ελκυστικές τις επενδύσεις του δευτερογενή τομέα, αφού μ' αυτόν τον τρόπο θα διευκολύνονταν η μεταφορά της παραγωγής στα μεγάλα καταναλωτικά κέντρα, εντός και εκτός Ελλάδος. Άλλωστε η Ηγουμενίτσα αποτελεί την πιο κεντροβαρή θέση για Δυτική πύλη της Ελλάδος.

Σημειωτέον ότι, η έκθεση της Επιτροπής Μεταφορών και Τουρισμού του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, σχετικά με την ανάπτυξη των θαλασσίων μεταφορών και των θαλασσίων λιμένων της Αδριατικής θάλασσας και του Ιονίου Πελάγους, γνωστή ως «έκθεση De Piccoli», δίνει ευρύτερη διάσταση στον διάδρομο Αδριατικής-Ιονίου, για το σύνολο των Κοινοτικών μεταφορών, με προέλευση ή προορισμό την Μέση Ανατολή και την Μαύρη Θάλασσα. Που σημαίνει ότι η Ηπειρος καλείται να διαδραματίσει έναν βασικό ρόλο στις διεθνείς μεταφορές, εφ' όσον βέβαια γίνουν τα κατάλληλα έργα υποδομής.

Η Ήπειρος, μπορεί να αποκτήσει φθηνή ενέργεια, αν επεκταθεί και σ' αυτήν ο αγωγός φυσικού αερίου. Το κόστος κατασκευής του θα πρέπει να αντιμετωπισθεί με την διπλή προοπτική, της περιφερειακής ανάπτυξης και της μελλοντικής επέκτασης του προς Αλβανία, που θα φέρει μεγάλο όφελος στην Εθνική Οικονομία μακροπρόθεσμα, αλλά και θα αναβαθμίσει τον γεωπολιτικό ρόλο της Ελλάδος. Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα αντί αγωγού, να μεταφέρεται το αέριο σε υγρή κατάσταση, σε κάποιο λιμένα και να προωθείται από εκεί με αγωγό στις βιομηχανικές ζώνες.

Το φυσικό αέριο είναι ένα μείγμα ελαφρών υδρογονανθράκων, με κύριο συστατικό το μεθάνιο, τα δε γνωστά αποθέματα του, επαρκούν για 60 χρόνια. Σήμερα, η ύπαρξη εγκατάστασης παροχής φυσικού αερίου, στην υποδομή ενός βιομηχανικού πάρκου, είναι εξ ίσου αυτονόητη με την εγκατάσταση νερού και ρεύματος.

Μερικοί από τους λόγους που προτιμάται το φυσικό αέριο για βιομηχανική χρήση είναι, η αναγκαιότητα περιορισμού της σπατάλης ηλεκτρικής ενέργειας, της οποίας ο συντελεστής απόδοσης είναι απαράδεκτα χαμηλός, το ότι η ροή του αερίου είναι ευκολώτερη, και οι κίνδυνοι ατυχήματος μειωμένοι, το ότι οι ρύποι που ελκύει είναι εμφανώς λιγότεροι, και τέλος το ότι το κόστος του είναι μικρότερο από τις άλλες μορφές ενέργειας. Δυστυχώς μέχρι σήμερα δεν έγινε καμία αντιμετώπιση ή μελέτη αυτής της προοπτικής.

Στην επίλυση του προβλήματος της προσπέλασης εξ' άλλου, προς τα νότια μεν θα συμβάλλει ουσιαστικά η κατασκευή της γέφυρας Ρίου - Αντίριου, προς τα ανατολικά όμως, η κατασκευή της σήραγγας παράκαμψης της Κατάρας ή ακόμη και του αυτοκινητόδρομου «Εγνατία», ελάχιστα θα συμβάλλουν στην επίλυση του προβλήματος, αφού και ο αυτοκινητόδρομος αυτός θα διασχίζει την Πίνδο και μάλιστα σε υψόμετρο 1.100 μ. περίπου, με όλα τα γνωστά προβλήματα από το χιόνι, τον παγετό και τις μεγάλες κλίσεις, που δυσκολεύουν την εμπορευματική μεταφορά, ιδιαίτερα του χειμώνα, όπως απεδείχθη και με τον νέο αυτοκινητόδρομο Κορίνθου - Τρίπολης. Έτσι η μόνη λύση για την επικοινωνία προς ανατολάς, είναι η κατασκευή σιδηροδρομικής γραμμής. Και βέβαια μια εύκολη δίοδος προς ανατολάς είναι απαραίτητη προυπόθεση, για την ανάδειξη της Ηπείρου και της Ελάδας γενικώτερα, σε γέφυρα μεταξύ Δ. Ευρώπης - Μέσης Ανατολής και Δυτ. Ευρώπης - Μαύρης θάλασσας, με πορθμεία όπου θα εισέρχονται οι συρμοί, για να μεταφερθούν από την Ιταλία στην Ηγουμενίτσα και από τον Βόλο στην Συρία, όπως συμβαίνει και σε άλλες ανάλογες περιπτώσεις (π.χ. μεταξύ Γερμανίας - Σκανδιναυΐας, Δανίας - Σουηδίας κ.λπ.).

Το πρόβλημα όμως της απομόνωσης της Ηπείρου έχει και μια άλλη διάσταση. Δηλαδή η απομόνωση κρίνεται και από τον όγκο και την ποσότητα των εμπορευμάτων και τον αριθμό των επιβατών που είναι δυνατόν να μεταφερθούν προς μια κατεύθυνση, μέσα σ' ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, με την υπάρχουσα συγκοινωνιακή υποδομή. Από αυτή την πλευρά μόνο ο σιδηρόδρομος μπορεί να επιλύσει το πρόβλημα, ακόμη και προς τον νότο, διότι μόνο αυτός από όλα τα χερσαία μέσα μεταφοράς, έχει απεριόριστη μεταφορική ικανότητα και μάλιστα με μικρό κόστος ανά μονάδα εμπορεύματος και ανά επιβάτη. Αρα, χωρίς σιδηροδρομική σύνδεση, τουλάχιστον προς μια κατεύθυνση, προς ανατολάς ή προς νότο, η Ήπειρος δεν μπορεί να επιλύσει πραγματικά το πρόβλημα της συγκοινωνιακής της απομόνωσης και να δημιουργήσει προυποθέσεις ανάπτυξής της αλλά ούτε και η Ελλάδα το πρόβλημα της επικοινωνίας της με την Δυτική και Κεντρική Ευρώπη. Πέραν του ότι η οδική μεταφορά δε θα δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας στην περιοχή. Υπάρχει όμως και ένας άλλος λόγος που καθιστά απαραίτητη την σύνδεση της Ηγουμενίτσας με το Ελληνικό σιδηροδρομικό δίκτυο και ιδιαίτερα με αυτό της Θεσσαλίας. Σ' όλες της Ευρωπαϊκές χώρες, ακόμα και στις γειτονικές μας της Βαλκανικής χερσονήσου, ο σιδηρόδρομος όχι μόνο δεν έπαψε να είναι το βασικό μέσο χερσαίας μεταφοράς, αλλά τα τελευταία 20 χρόνια, παρατηρείται παντού μια νέα εντυπωσιακή ανάπτυξη, αναγέννηση και επέκταση των σιδηροδρομικών δικτύων με πρωταγωνιστές τη Γαλλία και τη Γερμανία. Όλες σχεδόν οι χώρες, επενδύουν τεράστια ποσά για την επέκταση και τον εκσυγχρονισμό του σιδηροδρομικού τους δικτύου, γνωρίζοντας ότι, οι επενδύσεις αυτές, όσο μεγάλες και αν είναι, είναι ανταποδοτικές για την Εθνική τους Οικονομία, το δε μεταφορικό έργο του σιδηρόδρομου δεν είναι δυνατόν να το φέρει εις πέρας το αυτοκίνητο. Περιοχές χωρίς σιδηροδρομική σύνδεση, σήμερα είναι καταδικασμένες σε μαρασμό και υπανάπτυξη. Ο σιδηρόδρομος θεωρείται το μεταφορικό μέσο του μέλλοντος. Ο λόγος της στροφής προς τον σιδηρόδρομο, οφείλεται στο ότι ο τελευταίος έχει ορισμένα πλεονεκτήματα που τον καθιστούν ασυναγώνιστο, σε ορισμένα τουλάχιστον είδη μεταφορών, μερικά από τα οποία είναι, το μικρό κόστος μεταφοράς, η απεριόριστη δυνατότητα μαζικών μεταφορών, εμπορευμάτων και προσώπων, ο μικρός χώρος που καταλαμβάνει, η μη ρύπανση, οι μεγάλες ανέσεις που παρέχει και η μεγάλη ασφάλεια, αφού έχει τον μικρότερο δείκτη ατυχημάτων. Σε σχέση με το αυτοκίνητο και για ίδιο έργο, του αναλογεί ένας νεκρός έναντι 1.300 νεκρών στην οδική μεταφορά. Έτσι, ένα μεγάλο μέρος των εμπορευματικών μεταφορών και το σύνολο σχεδόν των μαζικών χερσαίων επιβατικών μεταφορών, γίνεται σήμερα, σ' όλη την Ευρώπη, με τον σιδηρόδρομο, τα δε 20 προσεχή χρόνια, προβλέπεται να αυξηθεί θεαματικά το έργο του. Ιδιαίτερα στον τομέα των σιδηροδρομικών εμπορευματικών μεταφορών, είμαστε θεατές μιας εντυπωσιακής τεχνολογικής επανάστασης, η οποία καθιστά τον σιδηρόδρομο όλο και πιο ευέλικτο, αυξάνοντας τα πλεονεκτήματα και ελαχιστοποιώντας τα μειονεκτήματα της σιδηροδρομικής εμπορευματικής μεταφοράς, γεγονός που θα αποτρέπει όλο και πιο πολλές επιχειρήσεις, από το να προτιμούν την οδική μεταφορά στο μέλλον, ιδιαίτερα για μακρινές και μαζικές μεταφορές. Τυχόν λοιπόν στήριξη των μεταφορών μας μόνο στην οδική μεταφορά, όπως περίπου γίνεται μέχρι σήμερα, καθώς και η μη σύνδεση της Ηπείρου με τον Βόλο με σιδηρόδρομο, θα οδηγήσει σταδιακά στον εκφυλισμό και στην υποβάθμιση του άξονα Ιταλίας - Ηγουμενίτσας - Βόλου - Μέσης Ανατολής, αν τελικά στηριχθεί μόνο στις οδικές μεταφορές, διότι σιγά σιγά, θα προτιμηθούν λύσεις που θα προσφέρουν σιδηροδρομική μεταφορά, αφού το αντίθετο θα απαιτεί μεταφορτώσεις ή επιλογή της λύσης της οδικής μεταφοράς. Ήδη πολλοί και μέσα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, προσπαθούν να βρουν κάποιο πρόσχημα, ώστε να στερήσουν την Ελλάδα, και επομένως και την Ηπειρο, από τον ρόλο της γέφυρας προς την Μέση Ανατολή (π.χ. λύση μέσω Δυραχίου - Βουλγαρίας - Τουρκίας κ.λπ.).

Ας δούμε όμως τι έχει γίνει μέχρι σήμερα για την άρση της απομόνωσης της Ηπείρου.

Τι έγινε μέχρι σήμερα

Η γέφυρα Ρίου-Αντιρίου βαίνει προς υλοποίηση, μετά τη πρόσφατη επιλογή αναδόχου χωρίς όμως πρόβλεψη σιδηροδρομικής γραμμής επ' αυτής, και χωρίς προοπτική σύντομης αναβάθμισης του δυτικού κάθετου οδικού άξονα της χώρας. Η σήραγγα Μετσόβου έχει ολοκληρωθεί, πλην όμως δεν έχουν κατασκευασθεί οι οδικές προσβάσεις, γι' αυτό και δεν χρησιμοποιείται. Για την επικοινωνία με την ανατολική Ελλάδα, δόθηκε προτεραιότητα στον αυτοκινητόδρομο «Εγνατία», ο οποίος άρχισε να δημοπρατείται κατά τμήματα, με προοπτική να περατωθεί ο ένας κλάδος του εώς το 2000.

Όσον αφορά τον σιδηρόδρομο, το Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (συντονιστής ο Καθηγητής κ. Σπ. Λιούκας) και το Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο (συντονιστής ο Καθηγητής κ. Κ. Αμπακούμκιν), μετά από εντολή του Ο.Σ.Ε, προέβησαν σε μια έρευνα σκοπιμότητος σιδηροδρομικής σύνδεσης της Ηγουμενίτσας, η οποία ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο 1992. Η μελέτη αυτή προτείνει τέσσερις λύσεις. Μια μέσω Αντιρίου-Άρτας, μία μέσω Φαναρίου (καρδίτσας) Άρτας μία μέσω Καλαμπάκας – Ιωαννίνων και μια τέλος μέσω Κουλούρας-Κοζάνης-Κόνιτσας, προκρίνοντας σαν πλέον συμφέρουσα την λύση μέσω Καλαμπάκας-Ιωαννίνων. Η αποδοτικότητα της σύνδεσης σε εμπορικό αλλά και εθνικό οκονομικό επίπεδο, λαμβάνει ως δεδομένη την λειτουργία, ανταγωνιστικά προς τον σιδηρόδρομο, του αυτοκινητόδρομου Εγνατία, και παρουσιάζεται σε δύο σενάρια. Το πρώτο προβλέπει εμπόδια στην διέλευση έσω Γιουγκοσλαβίας, χωρίς όμως σύνδεση σιδηροδρομική της Ελλάδας με την Αλβανία μέσω Φλώρινας και το δεύτερο τα αντίστροφα. Τα συμπεράσματα είναι ότι ακόμη και στην χειρότερη περίπτωση, η οικονομική απόδοση είναι θετική, τουλάχιστον ελαφρώς άνω του επιπέδου του πραγματικού κόστους κεφαλαίου (3%). Η εμπορική όμως απόδοση, αν αφεθεί ο Ο.Σ.Ε να καλύψει εξ' ολοκλήρου το κόστος κατασκευής, είναι ελαφρώς αρνητική. Όμως κανένα μεταφορικό μέσο δεν χρηματοδοτεί, εξ' ολοκλήρου τουλάχιστον, την υποδομή της μεταφοράς, γι' αυτό και σωστά παρατηρείται ότι δεν θα πρέπει να επιβαρυνθεί ο Ο.Σ.Ε με την κατασκευή της γραμμής. παρατηρεί όμως επίσης η μελέτη ότι, οι αποδόσεις αυτές θα πρέπει να ερμηνευθούν ως κατώτερα όρια, διότι υπάρχουν πρόσθετα οφέλη που είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν και τα οποία, αν προσμετρηθούν, αλλάζουν την όλη εικόνα. Και εννοεί το μεγάλο όφελος από την περιφερειακή ανάπτυξη, τα οφέλη για την Εθνική Άμυνα και την Εθνική Οικονομία, από την μείωση της οδικής μεταφοράς, την αναβάθμιση της χώρας σε σταυροδρόμι σιδηροδρομικών μεταφορών και γέφυρας μεταξύ Ευρωπαϊκής

Ένωσης και Μ. Ανατολής, τις θετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον κ.λπ. Ο Ο.Σ.Ε ανέθεσε ήδη την σύνταξη της οριστικής μελέτης κατασκευής της γραμμής μέσω Καλαμπάκας προς Ηγουμενίτσα με Κοινοτική χρηματοδότηση, χωρίς όμως καμία πρόβλεψη για χρηματοδότηση της κατασκευής του έργου, αφού δεν συμπεριελήφθη στα έργα που χρηματοδοτούνται από το Β' πακέτο Ντελόρ, στο οποίο όμως περιελήφθη η Εγνατία.

Συμπεράσματα

Η προτεραιότητα που δόθηκε στην κατασκευή του αυτοκινητόδρομου Εγνατία, ο οποίος σημειωτέον έχει αρνητικούς δείκτες απόδοσης, δεν ήταν η καλύτερη επιλογή. Ήδη τα πρώτα σύννεφα φάνηκαν στον ορίζοντα, με την απόφαση των βορείων και ανατολικών γειτόνων μας, να προωθήσουν την σιδηροδρομική σύνδεση Δυρραχίου-Βάρνας-Κων/λης και της απόφασης της Ελβετίας να απαγορεύσει, σταδιακά μέχρι το 2004, την διέλευση των διεθνών οδικών μεταφορών από το έδαφός της, επιτρέποντας μόνο την σιδηροδρομική μεταφορά των φορτηγών. Πράγμα που σημαίνει σοβαρά προβλήματα στις οδικές μεταφορές, αλλά και στις εξαγωγές μας, αν συνεχίσουμε να στηριζόμαστε κυρίως στην οδική μεταφορά και με δεδομένα τα προβλήματα από την πολυδιάσπαση της Γιουγκοσλαβίας, από όπου μόνο επικοινωνούμε σιδηροδρομικά προς τα έξω, αφού την Ελβετία θα μιμηθούν ασφαλώς και άλλες χώρες. Πέραν αυτού, για τους λόγους που προανέφερα, αν κατασκευασθεί η σιδηροδρομική Εγνατία παράλληλα προς τα βόρεια σύνορα της χώρας μας, από τους γείτονές μας, κινδυνεύει να απορροφήσει σταδιακά ένα μεγάλο μέρος των διεθνών μεταφορών από την Εγνατία οδό, πριν καν αυτή ολοκληρωθεί, στερώντας την Ελλάδα από τα προσδοκώμενα αποτελέσματα από την κατασκευή της.

Όσον αφορά δε την Ήπειρο, αν δεν συνδεθεί σιδηροδρομικά με την Θεσσαλία και με σιδηροδρομικό πορθμείο με την Ιταλία, θα συνεχίσει να μειώνει την ποσοστιαία συμμετοχή της στην κατανομή του εθνικού εισοδήματος, έστω και αν τα διάφορα μεγέθη θα αυξάνονται σε απόλυτους αριθμούς. Και είναι κρίμα, διότι οι πολιτικές αλλαγές των τελευταίων ετών, αναβάθμισαν απρόσμενα τον γεωπολιτικό της ρολο, δημιουργώντας περιθώριο ανάπτυξης για πρώτη ίσως φορά στην ιστορία της. Και όμως ακόμη μια ευκαιρία, για την Ήπειρο αλλά και για την Ελλάδα, κινδυνεύει να πάει χαμένη.

Βιβλιογραφία

Γρηγόριος Κολιός, Χημικός Μηχανικός «Η αναγκαιότητα του φυσικού αερίου στη βιομηχανική ανάπτυξη της Ηπείρου» Τόμος Ανακοινώσεων του Ε' Παγκοσμίου Πανηπειρωτικού Συνεδρίου.

Ηλία Κονοφάγου-Δ/ρος Χημικού Μηχανικού Δ/ντή έρευνας Δ.Ε.Π./ Ε.Κ.Υ Α.Ε. «Δυνατότητες έρευνας και εκμετάλλευσης κοιτασμάτων φυσικού αερίου και πετρελαίου στήν Ήπειρο» Τόμος Ανακοινώσεων του ΕΔ Παγκοσμίου Πανηπειρωτικού Συνεδρίου.

Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών-Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο Έρευνα Σκοπιμότητας σιδηροδρομικής Σύνδεσης Ηγουμενίτσας Αθήνα Ιούνιος 1992 (Συνοπτική έκθεση) Έκδοση Ο.Σ.Ε.

Σωρήτης Θεοφάνης-Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ-MSC Υποπλοίαρχος «Θαλάσσια προσέγγιση και ανάπτυξη των λιμένων της Ηπείρου» Τόμος Ανακοινώσεων του Ε' Παγκοσμίου Πανηπειρωτικού Συνεδρίου.

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. «Σχέδιο ψηφίσματος σχετικά με την ανάπτυξη των θαλασσίων μεταφορών και των θαλασσίων λιμένων της Αδριατικής Θάλασσας και του Ιονίου πελάγους. Σεπτέμβριος 1992.

Δρ. Κων/νου Χαρίση-Καθηγητή Τ.Ε.Ι Πειραιώς Δ/ντή Δ/νσης απογραφών ΕΣΥΕ Προκοπίου Γκογιάννου-Μαθηματικού-Περιφερειολόγου «Οικονομικά Κοινωνικά και Δημογραφικά χαρακτηριστικά της περιφερείας της Ηπείρου» Τόμος Ανακοινώσεων του Ε' Παγκοσμίου Πανηπειρωτικού Συνεδρίου.

Σπύρου Ζήκου-Λέκτορα Παν/μίου Μακεδονίας Γιάννη Τσεκούρα-Καθηγητή Παν/ου Μακεδονίας. «Η περιφέρεια της Ηπείρου στα πλαίσια της Ελληνικής Οικονομίας-Προβλήματα, δυνατότητες και προοπτικές ανάπτυξης» Τόμος Ανακοινώσεων του Ε' Παγκοσμίου Πανηπειρωτικού Συνεδρίου.

Βασίλη Προφυλλίδη-Καθηγητή Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου «Οι σιδηροδρομικές μεταφορές -Οι Ελληνικοί σιδηρόδρομοι».

Κων/νου Κοχειλά Δ/ντή Ο.Σ.Ε «Οι Ελληνικοί σιδηρόδρομοι και η συμμετοχή τους στις εσωτερικές και διεθνείς μεταφορές «Έκδοση Ο.Σ.Ε

Γεωργίου Μπασιά-Πολ. Μηχανικού-Δ/ντού Συγκ. Έργων 7ης ΠΥΔΕ «Τα μεγάλα συγκοινωνιακά έργα στην Ήπειρο ως βασική συνιστώσα στην ανάπτυξή της» Τόμος Ανακοινώσεων του Ε' Παγκοσμίου Πανηπειρωτικού Συνεδρίου.

Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας «Ελλάδα 2010-Στρατηγικό σχέδιο ανάπτυξης της συγκοινωνιακής υποδομής».

Τα τοπωνύμια περιοχών, πόλεων και γεωγραφικών στοιχείων ως αδιάσειστη απόδειξη της Ελληνικότητάς τους

Κ. Χατζηγιαννάκης
Τ.Θ. 8475 - Τ.Κ. 10010 - ΑΘΗΝΑ

Περίληψη

Οι ονομασίες γεωγραφικών στοιχείων και τόπων, περιοχών ή πόλεων των ελληνικών χωρών από την αρχαιότητα έως σήμερα αποκαλύπτονται, μέσα από την γλωσσολογική (ετυμολογική, σημασιολογική ή εννοιολογική) αλλά και ιστορική τους ανάλυση αμιγώς ελληνογενείς που ανατρέχουν και σε διαλέκτους της αρχαίας ελληνικής γλώσσας, με στοιχεία αρχαϊκά, μυκηναϊκα, προδωρικά. Το γεγονός ότι απαντώνται παρεμφερή τοπωνύμια σε διαφορετικές περιοχές αποδεικνύει το ενιαίο του ελληνικού χώρου και την κοινή καταγωγή των κατοίκων του, ενώ, μέσω των τοπωνυμίων, που ζωντανά υπάρχουν από την αρχαία εποχή σε περιοχές των οποίων σήμερα σκοπίμως αμφισβητείται η ελληνικότητα, ανασκευάζονται τα σαθρά επιχειρήματα των αμφισβητιών.

Abstract

The names of geographical elements and places, regions or cities in greek lands, from antiquity till now, reveal themselves, by means of their linguistic (etymological, semasiological or gnostic) as well as historical analysis, as of full greek origin, reminding someone of the dialects of the ancient Greek language Archaic, Mycenaean or Pro-Doric elements. The fact that similar place names are met in various regions proves the homeogenity of the Greek territory and the common origin of its inhabitants, while, through place names, which exist vivid from the ancient times till our age in regions, the greek nature of which is intentionally thrown doubt upon, the false arguments of doubters are given the right answer.

Εισαγωγή

Η ανάλυση –ετυμολογική, εθνολογική, ιστορική, γλωσσολογική– των τοπωνυμίων των ελληνικών περιοχών, πόλεων και εν γένει γεωγραφικών στοιχείων: ορέων, ποταμών, λιμνών, λιμένων και λοιπών φυσικών ή μη τόπων ανάπτυξης της ανθρώπινης δραστηριότητας, αποκαλύπτει την σχέση της διαμόρφωσης ή φύσης τους, της ιδιομορφίας τους από άποψη εκεί ενδημούσας ή αναπτυσσόμενης ειδικής πανίδας ή χλωρίδας ή της ιστορικής συγκυρίας με την εγκατάσταση και την ζωή των ανθρώπων που κατοίκησαν ή έδρασαν στις περιοχές αυτές. Συγχρόνως αναδύεται ανάγλυφη η γλωσσική ακρίβεια και περιγραφικότητα της ελληνικής γλώσσας στην ονοματοθεσία και τον χαρακτηρισμό των συγκεκριμένων φυσικών αντικειμένων ή στοιχείων καθώς και στα ιστορικά ή φυσικά στοιχεία που περιέχουν ή δηλούν οι ονομασίες αυτές. Το σπουδαιότερο που μπορεί να προκύψει ως συμπέρασμα από την εν λόγω προσέγγιση, στην σφαιρική/ολιστική της θεώρηση, συναρτήσει των διατιθεμένων ιστορικών ή συγκριτικών στοιχείων και την μελέτη της εξάπλωσης, συγκεκριμένης ονοματοθεσίας, σε διαφορετικές περιοχές της χώρας (σήμερα νησιωτικές ή και όχι), είναι η ενιαία μορφή και συγκρότηση του ελληνικού γεωγραφικού (γεωδαιτικού) χώρου στην γενικότερη έννοιά του και όχι στα περιορισμένα γεωγραφικά του όρια, πόσο μάλλον τα γνωστά σημερινά.

Η παρούσα μελέτη εκτείνεται σε χαρακτηριστικά παραδείγματα που υποβοηθούν στο να κατανοήσει κανείς, πώς η διαλεκτική ή μορφολογική, ή σημασιολογική και εννοιολογική γλωσσική ανάλυση συγκεκριμένων ονομασιών, ανταποκρίνεται πλήρως, ειδικώς και συγκεκριμένα στην ζωγραφική και λεπτομερή και σε πλήρη αντιστοιχία με την εικόνα ή τα συναισθήματα εντύπωση όπως την γεννούσε το τοπίο, στους πρώτους Έλληνες κατοίκους του. Και το σημαντικότερο, πώς η πολλαπλή χρήση της ίδιας ονομασίας σε απομεμακρυσμένες περιοχές της ελληνικής χώρας, με διαφορές στην ομιλούμενη διάλεκτο ή σε διαφορετικά ελληνικά φύλλα, αποδεικνύει την αμιγή ελληνικότητα των όρων που πολλοί θέλησαν να υπονοήσουν ως μη ελληνική ή να αμφισβητήσουν την ελληνικότητα των προελληνικών αρχαιοτάτων ονομασιών. Προσεκτικότερη και σε βάθος ανάλυση των όρων αναιρεί αφ' εαυτών τέτοιου είδους προσπάθειες ή επιδιώξεις, de facto και με βάση την επιστημονική μεθοδολογία και πρακτική.

Ανάλυση

Επιλέγονται στη συνέχεια σειρά τοπωνυμίων και γεωγραφικών ονομασιών του Ελληνικού χώρου και γίνεται ετυμολογική και σημασιολογική ανάλυσή τους με αναφορά την διαχρονική εννοιολογική εξέλιξη των λέξεων από τις οποίες κατάγονται ή προέρχονται οι αντίστοιχοι όροι καθώς και με γενικότερη συνδυαστική σύγκριση με παλαιότερους και νεώτερους αρχαιοελληνικούς τύπους ως και λεκτικές μορφές, με βάση τα ελληνικά πρότυπα, νεωτέρων ευρωπαϊκών κυρίως γλωσσών.

Σάμος: σάμεα = άκρα, σημεία // σάμος = ψήλωμα, ύψος παρά την ακτήν // Σαμικόν = *φρούριον* και κωμόπολη της Ήλιδος επί του Ανίγρου ποταμού, με τον περίφημον ναόν του Σαμίου ή Σαμικού Ποσειδώνα // Σαμία = πόλη της Σάμου // Σαμία = πόλη της Ήλιδος επί του *γηλόφου* (σάμου), η μετέπειτα ονομασθείσα Σαμικόν. // Σάμη = νήσος του Ιονίου Πελάγους, πλησίον της Ιθάκης, ίσως η Κεφαλληνία. // Σάμινθος = πόλη της Πελοποννήσου (Θουκιδίδης). // Σαμοθράκη (Σάμος Θρακίη) = νήσος του Αιγαίου Πελάγους στα παράλια της Θράκης. // Σάμος = νησίς του Ικαρίου, απέναντι της Μυκάλης της Ιωνίας. // Σαμνίτες = Έθνος της Μεσαίας Ιταλίας, κάτοικοι της *Σαμνίτιδος* χώρας προς την Αδριατική θάλασσα. // Σαμνόστατα = Πόλη της Συρίας στον Ευφράτη ποταμό, πρωτεύουσα της Κομμογηνής. // Το Σαμικόν της Πελοποννήσου ήταν πόλη οχυρωμένη *πάνω σε λόφο*. Η Μυκηναϊκή πόλη Σάμος και το Ιερόν του Σαμίου Ποσειδώνα, ευρίσκονται σε *ύψωμα* στην Σάμη της Κεφαλληνίας. Η πόλη Σαμία και το φρούριο στην Ήλιδα και την Σαμοθράκη ευρίσκονται σε *υψώματα* (το όρος Φεγγάρι της Σαμοθράκης έχει ύψος 1.800 μέτρα). Η ίδια η νήσος Σάμος είναι *ορεινή*, με κυρίαρχο το βουνό Κέρκη.

Σκόπελος: Τόπος κατάλληλος για να παρατηρεί κάποιος κάτι απ' αυτόν, όθεν: υψηλός βράχος ή κορυφή, απόκρημνον μέρος προς την θάλασσαν - ακρωτήριον - ακρόπολις - σκοπιά - σκοπευτήριον - τόπος υψηλός, εφ' ου τίς ιστάμενος παρατηρεί ή κατασκοπεύει, ή δίδει σημεία. // Σκοπός = φρουρός - ο φυλάττων, ο προσέχων, ο παρατηρών τα γινόμενα, ο φύλαξ, ο προστάτης, ο επόπτης, ο κατάσκοπος, ο πρόσκοπος, ο κατοπτήρ, πύργος εφ'ώ αγρυπνούν φύλακες - σκοπιαί αι ορεάδες - ακρώρεια, υψηλός τόπος (Ησύχιος) - καραούλι - σκέπτομαι - σκοπεύω - σκοπέω -// σκοπιάζω = βλέπω γύρω μου, παρατηρώ, θεώμαι αφ' υψηλού, περιβλέπω από σκοπιά, εξετάζω // σκοπός = ανακείμενον της ενέργειας, τέλος, \ σημάδι // λατινικό = specio // σκωτικό spae = προλέγω // γερμ. spähen = κατασκοπεύειν, κατοπτεύειν // σκόπελος = βράχος, *τεμάχιον* βράχου απολήγον εις οξύ πέτρωμα, *κεκομμένον* καθέτως. // ρήματα *[κόπτω]* ==> σκέπαρνος {σχίζω} // [καρπός] (σκ ==> κ) // Λατ. capulare = scindere // κόπανον = αξίνη, πέλεκυς - κοπανάω // κοπεύς = σμίλη, σκάπτω // αλβ. kep = πελεκώ λίθους // skep = γωνία, ράμφος - σκαπανεύς // κάπων = εκτομίας αλέκτωρ, καπόνι // λατ. scapulae = ωμοπλάτη // γερμ. Hammel = ευνουχισθείς κριός // σκαπάνη // γερμ. Hammer = σφύρα, σφυρί // γερμ. schaben = ξέειν, ξύνειν - σκήπτρον - σκαφίς - σκάφη.

Σκύρος: σκύρον, το και Σκύρος, η = λατύπη = η Σκύρος // σκυρόω = στρώνω με πέτρες // σκιρρόω, σκίρρον // σκυρώδεις = σκιρρώδης = λιθώδης // σκυρωτός = λιθόστρωτος // Αθηνά η Σκιράς // Σκίρος = πόλη της Λακωνίας // σκιραίνω = σκιρρόω, σκληρύνω // σκίρος = σκιρρός = σώμα ζηρόν // σκληρόν, πελεκούδι μαρμάρου, σκληρά και λευκή / γυψώδης / ακαλλιέργητος γη // κορμός ζηρού δένδρου // κούτσουρον // σκιρρία/σκίρρος, σκλήρυνση / σκληρότης // σκίρρος = γύψος // σκιρρός = χέρσος, ξηρός, σκληρός // Σκειρωνίδες Πέτραι = οι μεταξύ Κορίνθου και Μεγάρων βράχοι = η Κακιά Σκάλα // σκειρός = σκειρός // σκείρος = άλσος και δρυμός // σκληρός = ξηρός, κατάξηρος, τραχύς, άκαμπτος, αλύγιστος // ολλανδ. haal = ξηρός // (s)qel = αποξηραίνειν // σκειρώσασθαι = σκληρούσθαι // σκιρρός διαφ. γραφή αντί του σκληρός // Σκιράδιο = ακρωτήριον της Αττικής έναντι της Σαλαμίνος // *σκίρον*, το = σκληρός φλοιός του τυρού, αι ακαθαρσίαι του τυρού, ουλή, πληγή επουλωμένη// Σκίρον = το δυσώνυμον μέρος της πόλεως // σκίρος/σκίρρος = σκληρόν επικάλυμμα, οίδημα σκληρυνθέν, σκλήρωμα // λατ. scirrhus // επίστρωμα ακαθαρσίας - δάσος - δρυμός - ρίζα ή πρέμνον // σκληρία = σκίρωμα, σκλήρωμα

Σπάρτη: Πόλις της Λακωνικής // σπαρτός = εσπαρμένος, φυόμενος εκ σπόρου, διεσπαρμένος, καλλιεργημένος // σπαρτός = θάμνος, σπάρτον // σπάρτη = σπάρτον, σπάρτη = σπάρτον, σχοινίον εκ σπάρτου // σπαρτή γη = γόνιμος γη = σποράδην/κωμηδόν οικουμένη // σπαρτή = κοίλη // Σπαρτοί = εκ των Θηβαίων, οι εσπαρμένοι, οι αξούντες ότι εφύτρωσαν εκ των οδόντων του δράκοντος, ούς ο Κάδμος έσπειρεν. // σπάρτον = σχοινίον, καλώδιον, γούμενα, παλαμάρι // σπείρα = σχοινίον, σύστρεμμα // ή σπείρω [ρίζα √ΣΠΑΡ ή ΣΠΕΡ = διασκορπίζω, σκορπίζω, διασπείρω // σπέρμα = γονή, τέκνα // σπόρος = γέννημα, καρπός, εσοδεία // σπορά = γενεά, έκγονοι, απόγονοι // σποράδης = διεσκορπισμένως, σκορπιστά, εδώ και 'κεί.

Σύρος: νήσος των Κυκλάδων // [σύρω = επί ποταμού, ρέω επί των κυμάτων της θαλάσσης και επί ποταμού, πλησιάζω] // εξ'υπαρχής παρουσιάζων βουνολόφους και πεδινά τμήματα ευβότας, οινοπληθής // σύρμα = σωρός, στρωμνή // συρμός = ορμητική κίνηση των κυμάτων, συρτή πορεία του όφεως, κίνηση σαρώνουσα ή σύρουσα, σωρός κινουμένης άμμου εκ της ακτής // σύρτις = αμμώδες τέναγος θαλάσσης // σαίρω = σαρώνω // Σύρα = Σισύρα [τίτυρις] = δέρμα γιδιού ακούρευτον, φόρεμα από προβειά, γούνα, κοζόκα, μηψωτή, σισύρνα // σίσυρνος = επίδεσμος, φάσκιωμα πληγής // Σίσυρος = Σισύρα // τύτυρος = μεγάλος τράγος, Σάτυρος, νέος ποιμήν, γιδοβοσκός.

Κύθηρα: νήσος της Λακωνικής θαλάσης // κυθηγενής = κρυφείως γεννηθείς // κυθή = κρυφίως [κύθε = γ' εν. πρ. αορίστου β' του κεύθω] // κεύθω = [συγχρ. του κύω] = κρύπτω, περιέχω, θάπτω, χώνω // κευθμών = κρυφός τόπος, άδυτον ναού, κρύφτα, κρυψώνα, τρύπα, φωλεά θηρίου, υπόγειον, σπήλαιον, χάσμα, βάραθρον, καταβόθρα, άδης // = κευθμός = κεύθμα // Κυθείρη, Κυθέρεια, η Κυθέρη Αφροδίτη (Ουρανία) // Κύθηρος = Δήμος της Αττικής // κύω [γύω] = χωρώ, περιέχω, κυοφορώ // κύτος = κοίλωμα, κοιλότης, το εντός // λατ. cutis = δέρμα // κύτρα (Ιων.) αντί χύ-τρα // κύτταρος = κοίλωμα, θόλος, τρύπα, σποροθήκη // κύστις = φού-σκα, πουγγί // κύσθος = κοίλωμα, αιδοίον, πρωκτός, χύστρον // χέω = χωνεύω, στρώνω, σκορπίζω, χύνω, στρώνομαι // κύρις = δύναμις // κύος = έμβρυον // κύαθος = ποτήριον, σικύα = βεντούζα // κοίλος = βαθύς, κενός // κύαρ = κοιλότης, οπή, έμβρυον // (λατ.) caverna = κοίλωμα, άντρον // αρμ. sor = σπήλαιον // κοιλία // (λατ.) cavus = κοίλος, κενός // κόοι (Ησύχιος) = τα κοιλώματα // κύμα = φούσκωμα της θάλασσας, εξόγ-κωμα, καρπός της γής - βλάστημα των φυτών // (λατ.) cumulus = σωρός // κυρτός = θολωτός, // (λατ.) curvus = κυρτός // (s)qer = στρέφειν // κο-ρωνός = καμπύλος, κυρτός // (λατ.) corona = στέφανος, στεφάνη.

Κύθνος: Κύτισος = είδος θαμνώδους τριφύλλου - κύθνιος τυρός // κυθνώδης = εξώλης.

Σίφνος: σίφων = θαλάσσιος ανεμοστρόβιλος // σιφνεύς = ασπάλαξ, τυφλοπόντικας: ανορύσσων/ανασκάπτων υπογείως διόδους, στοάς // σί-φων = αναροφητικός σωλήν, κεκαμμένος σωλήν, ασκός οίνου // σιφνός = κενός = σιφλός // (λατ.) tibia = σύριγξ, αυλός // σιφλός = κοίλος, κε-νός, κούφιος // σιπαλός = ανάπηρος, ακρωτηριασμένος, μύωψ, χωλός, πηρός, σακάτης, πειναλέος, άπληστος, πλεονέκτης, χαλεπός, ακάθαρ-τος, άμορφος, κολοβός // σίφλος = έλλειψη, ελάττωμα, όνειδος // = τυ-φών = μανιώδης ανεμοστρόβιλος, ορμών από την γη, μετά δίνης κο-νιορτού, θύελλα, κλύδων // (Γερμ.) dampfen = καπνίζω // τύφος = καπνός, αχλύς, ατμός.

Ίος: Ιωνική // Ιάομαι - ιατρεύομαι, θεραπεύομαι // Ιωνία = η χώρα των Ιώνων // ιάω = θεραπεύω, ιατρεύω / ιωνικός = εκτεθηλυμμένος // Ιωνίς/Ιωνιάς // Ίων = η φυλή των Ιώνων = *Ιάων* = Ιάνων // Ιάς = Ιωνική // ίον = ιωνικόν άνθος // ιάσιμος - ίασις - ιάς διάλεκτος - ιαστί // ιάτειρα = θεραπευτική // ιατήρ = ιατρός = ιατής = ιάτωρ // ιατήριον = θεραπεία // ιατικός = ιαματικός // ίαμα = ιάτρευμα // Ιάς γή = Ιωνία // ιάσμω = αμύ-νομαι.

Λακωνική - Λακωνία: εκ του λάκκος // (λατ. = lacus) // lacuna = κοίλω-μα, κοίλη πεδιάδα μεταξύ Ταϋγέτου και Πάρνωνος // λάκκος = κοίλωμα γης, οπή, λάκκος, φρέαρ, δεξαμενή, λίμνη, ένθα διετηρούντο πτυνά υδρόβια. // (λατ.) lacus = λίμνη // αρχ. ιρλ. loch = λίμνη, τεχνητή λίμνη // αγγλοσαξωνικό: lagu = λίμνη, ποταμός, ύδωρ // αρχ. σλαβικό: loky, γεν. lokóve = τέλμα, λάκκος, δεξαμενή.

Λέσβος: η εκ του πελάγους αναδυομένη πέτρα // λίσφος/λίσπος = λείος, εστιλβωμένος, στωμύλος, // λισσός = λείος, ομαλός // λιτός =

λείος, απλούς, απέριττος, λιτός // λις/λιτός = λείο (μαλακό) ύφασμα, λεπτόν λινόν ύφασμα χρησιμοποιούμενον ως σινδών. // λάμαξ = γυμνός κοχλίας, γυμνοσάλιαγκας, σαλίγκαρος (λατ. = limax) // μον. γερμ.: slim = βλέννα, φλέγμα, πηλός, βόρβορος // Λιθουαν.: sliekas = σκώληξ // λίγδος = το ιγδίον, γουδί // λίγδα = η ακόνη // λίγδην = ακροθιγώς, ξυστά, επιπολαίως // (αρχ. ιρλ.: sliachtad = λείανση) // (αρχ.σκανδ.-ισλ.: slikr = λείος) // (αρχ. γερμ.: slihhan = νεογερμ.: sleichen = έρπειν, παρεισδύειν, ολισθαίνειν // (ρωσ.) slizkij = ολισθηρός // θέμα *sleig ==> *slei__

Κίμωλος: εκ των βράχων/συρμάτων του κιμωλίτη ή κιμωλίας γης [κιμωλία].

Μήλος: στρογγύλη εκ του: μήλον ή από το μήλον = πρόβατον. // μηλέα = μηλιά, μουσμουλιά, εξ'ού νήσος Μήλος // (αρχ. ιρλ.: mil ή αρχ. σκανδ.: mala = αγελάς // αρμ.: mal = πρόβατο, κριός // γερμ.: smal = μικρός, ολίγος, // λατ.: malus = κακός σλάβ.: maló μικρός, ολίγος.

Αμοργός: εκ του αμέλ(ρ)γω = αρμέγω // αμέργω = δρέπω, σύρων, κόπτω // αμοργός = ο εκθλίβων, συνθλίβων, αποστραγγίζων, εκμυζών // (λατ.) δάνειον = amurca // αμόργη = μούργα // αμόργνυμι = αποσπογγίζω, εκθλίβω // (λατ.) mergae = θεριστικό δίκρανο // αμολγώ / αμέλγω // αμολγεύς, αμελκτήρ = αγγείον προς άμελξιν, καρδάρα // (λατ.) mulgeo = αμέλγω, αμολγώ.

Μυκήναι - Μυκάλησσος - Μύκονος - Μυκάλη: εκ του μυκώμαι = μουγγρίζω - μυκηθμός - μύκησις // μύκος // μυκτήρ = ρις, μύτη, ρώθων (υπονοούν τους βόας) // [μύζω] = μυζώ, βυζαίνω // μύξα = βλέννα.

Κέρκυρα - Κόρκυρα - Κορυφή: Κορυφώ = ακρόπολη // γόργυρα = ειρκτή, υπογείως ρέον ύδωρ // ρίζα καρ, καρός = κεφαλή // κάρηνα = κεφαλαί, κορυφή όρους, *ακρόπολη*, άκρον // καράβος = θαλάσσιος καρκίνος, είδος κανθάρου // καρίς = γαρίδα // καρκίνος = κάβουρας // κάρυον = καρύδι // κορυφή = *το ανώτατον μέρος, το ύψιστον σημείον, η άκρα* // κόρυς = κράνος, περικεφαλαία // κόρυμβος = το ανώτατον σημείον, η κορυφή // κορύπτω = κουτουλάω, χτυπώ με τα κέρατα // κοίρανος = ο αρχηγός // κέρας = (λατ.) cornu // κράσπεδον = άκρα, παρυφή, πρόποδες, υπώρειαι // (λατ.) cerebrum = εγκέφαλος = γερμ. Hirn // (γερμ.) Heer = στρατός // (μακεδ.) Κόρραγος = αρχηγός του στρατού.

Σαλαμίς: (σάλος / σάλα, αλς) (+ αμίς ίδε αμάρα) // σάλος = αναταραχή της θαλάσσης - ανοιχτή θάλασσα - πέλαγος - κλυδωνισμός - ανήσυχη κίνηση φουσκοθαλασσιά - τρικυμία // τύλος = εξόγκωμα, κάλος // (λατ.) salum = ο εν αναταραχή πλούς, κλυδωνισμός του πλοίου. // (μακεδ.) δαλάγχαν = θάλασσαν // σαλάσσω = σείω, τινάσσω.

Λευκάς: εκ του λευκού ασβεστολίθου // λευκός = άσπρος, λευκός, στιλπνός, φωτεινός, λαμπρός, καθαρός, σαφής, ευκρινής, διαυγής // (λατ.) luceo = φέγγω, φωτίζω, λάμπω // (αρχ.γερμ.) loh = γυμνός, λάκκα, τόπος περιβαλλόμενος υπό δάσους, ξέφωτο // (αρχ. ιρλ.) loche = αστραπή // (αρχ. σκανδ. ισλ.) logi = φλόξ // λεύσσω = θεώμαι // λύσσα = μανία, οργή, μανιώδης κίνηση // λύχνος = λυχνάρι // (λατ.) luna = σελήνη // (γερμ.) Leune = ψυχική διάθεση.

Κύπρος: εκ του κύπρις η λαυσονία ή λευκή // Lausonia alba που αφθονεί στη νήσο. // (Ελλ.) Κύπειρος, κύπαιρος, κύπερος // (λατ.) Cyperus.

Λοκρός - Λοκρίς: λοκρός = φαλακρός // λοκρός = [λάξ, λάκος] πλήρης φαράγγων, σπηλαίων // λάξ, λακίς/λακίδος = σχίσμα // (λατ.) lancino = σπαράσσω, κατασχίζω // (αλβ.) lakur = γυμνός.

Μολοσσοί: Κάτοικοι της Μολοσσίας, επαρχίας της Ηπείρου // είδος μεγάλου, αγρίου και λυκοειδούς κυνός, τον οποίον μετεχειρίζοντο οι ποιμένες.

Μυρμιδόνες: Παλαιοί κάτοικοι της Αιγίνης, των οποίων μερίς μετώκησεν εις την εν Θεσσαλία Φθιώτιν μετά του Πηλέως. Εκ των μυρμήγκων μεταμορφωθέντων εις ανθρώπους (μυθώδη ονομασία). // μελουρίς = κολοβή λόγχη, μόλις ουρών.

Όσσα: φωνή, λόγος, θέαση, μαντεία // ορώ = βλέπω, θεώμαι // όσσε = οι δύο οφθαλμοί // (ιταλ.) occhi // (λατ.) oculus // (σλαβ.) oko - okno = παράθυρο // όσσομαι = βλέπω // voco = καλώ // vox = φωνή // (ελλ.) έπος // ερώ (μέλλων του λέγω).

Δαναός - Δάρδανος: Δαναός = υιός του Νείλου // Δάρδανος = ποταμός της Αιολίδος επί των εκβολών του Ροδίου επί του Ελλησπόντου // Δαρδανία = πόλη αρχαία της Τρωάδος παρά τον Δάρδανον // Ιάρδανος = βασιλεύς της Λυδίας - ποταμός της Ήλιδος // Απιδανός = ποταμός της Θεσσαλίας, χυνόμενος στον Πηνειό παρά την Λάρισσα. // Ηριδανός = ο Πάδος, ο Ροδανός, ο Ρήνος // Δάρνα = πόλη της Μηδίας// Δάριδνα = πόλη της Παφλαγονίας // Τάναις = Δον // Δάναστρις = Dnjestr, Δνείστρις // Δάναπρις = Dnjpr, Δνείπερος // Δούναβις = Δούναβης // Tanew = (Πολωνία).

Ακαρνανία: (α, κείρω): απεναντίας των Κουρήτων εφημίζοντο για την ανδρείαν και φρόνησίν των, πολεμώντες σχεδόν πάντοτε προς τους γείτονας αυτών Αιτωλούς, άχρις ότου υπετάγησαν αμφότεροι εις τους Ρωμαίους // Κουρήτες (κείρω) = αρχαίοι κάτοικοι του μεσημβρινού μέρους της Αιτωλίας (Κουρήτιδες), ίσως Λέλεγες, εκβληθέντες υπό του Αιτωλού, πιθανώς διότι εκουρεύοντο, απ'εναντίας των Ακαρνάνων.

Αίμος: Αίμονες // Αιμωνία = μερίς της Θεσσαλίας // Αιμωνίαι = πόλη της Αρκαδίας // Αίμος = βουνό της *Θράκης*, χωρίζον αυτήν από δυσμών προς ανατολάς από της Μοισίας (Μπαλκάν) // Αίμος = υιός του Βορέα, βασιλεύς της Θράκης, μετεμορφώθη υπό του Διός μετά της γυναικός αυτού Ροδόπης εις τα ομώνυμα όρη, διότι έλεγον εαυτούς τέκνα του θεού τούτου. // αιμός ή αίμος = κάθε σουβλερόν πράγμα, καθώς άκανθα, λόγχη, βελόνη, ιδιαίτερα δε *δάσος*, αγκαθότοπος, το όνομα του όρους *Αίμου*, θάμνος, περιοχή με θάμνους // αιμός = ο δρυμός // αιμασιά = πυκνοί και άγριοι θάμνοι χρησιμοποιούμενοι προς περίφραξιν, τοίχος εκ λίθων // αιμός = λό(γ)χμη, δρυμός // saepes = φράκτης, φράγμα, περίβολος.

Ήπειρος: η Στερεά εν σχέσει προς τας νήσους // Επαρχία της Ελλάδος, χωριζομένη της Μακεδονίας και Θεσσαλίας δια του όρους Πίνδου και έχουσα προς δυσμάς το Ιόνιον Πέλαγος και προς μεσημβρίαν τον Αμβρακικό Κόλπο, το εθν. *Ηπειρώτης*.

Αχαΐα - Αχελώος - Αχέλης - Ίναχος - Αχέρων - Αχερουσία - Άραχθος: Ίναχος = Βασιλεύς των Σικυωνέων // Αχαιοί = Aquitani = οι ποτάμιοι λαοί // ρίζα: *aqua / αχ* // Αχάρδεος - Αχιλλεύς = άχος ιάλλειν // άχος Ιλιεύς // άχος λαού // α και χιλός = *αχλύς* // αχλύς = η θόλωση της ατμόσφαιρας, ομίχλη, καταχνιά, θόλωση των οφθαλμών // αχνός = ατμός, αφρός, άφθα // Αχέρων = άχεα ρέων (άχα - άχεα = νερό/νερά).

Συμπεράσματα

Από την προηγηθείσα ανάλυση των τοπωνυμίων και τις ονομασίες γεωγραφικών στοιχείων στις ελληνικές χώρες, επιβεβαιώνεται ότι σχετίζονται αυτά άμεσα με ιδιότητες των περιοχών ή των επί μέρους στοιχείων, που εκφράζουν την φυσική τους σημασία, την μορφολογική υφή και τα γεωδαιτικά χαρακτηριστικά (υποχθόνια, χθόνια, υπερχθόνια).

Η πλαστικότητα και η δημιουργικότητα της Ελληνικής γλώσσας παρουσιάζεται ανάγλυφη στις ονομασίες, επειδή επεκτείνει τους φυσικούς όρους, σε χρηστικά αντικείμενα ή δημιουργήματα, αλλά και αφηρημένα ιστορικά, πολιτιστικά, επιστημονικά δρώμενα, που επίσης αντιπροσωπεύονται στις ονομασίες και τα τοπωνύμια. Ως ασφαλέστερη ερμηνεία αποδεικνύεται η βασιζόμενη στις φυσικές περιγραφές, που σχετίζεται με την γεωγραφική π.χ. υφή της περιοχής, όπου απαντάται το «όνομα», την πανίδα, την χλωρίδα, τις συνήθειες των ανθρώπων που κατοικούν εκεί.

Χαρακτηριστικά είναι τα ονόματα των ποταμών που παράγονται από «υδατικές» ρίζες: Δούναβις - Τάναις - Δον - Δνείστερος - Δνείπερος (ρίζα danu ==> ίδε δρόσος, το ελληνικόν Δαναός), Αχαιοί - Αχελώος - Αχέρων (ρίζα αχ : αχα - λατ. aqua = νερό) ή Σαλαμίς (σάλος - σάλασσα/θάλασσα + αλς = θάλασσα + αλάτι), ή οι διαφορετικές ετυμολογικές καταγωγές της ακρόπολης, που σημαίνει παρατηρητήριο και καραούλι, συγχρόνως με την αρχική έννοιά της ως υψηλός τόπος, ακρώρεια, κατοπτήρ, σκοπιά, ακρωτήριο, ίδε τις προεκτάσεις των εννοιών-ονομασιών: Σκόπελος, Λέσβος, Κόρκυρα/Κέρκυρα, Αίμος = (δρυμός, δάσος, λόχμη), ή Λακωνία: (λάκκος = κοίλωμα), Κύθηρα: (άδυτον, καταβόθρα), Σύρα: (ορμητική κίνηση των κυμάτων: συρμός), ή η Σίφνος: (τυφών, κλύδων) μαρτυρούν τις ονομασίες φυσικών φαινομένων που συμβαίνουν στην περιοχή ή την φυσική τους διαμόρφωση (υπόγειες δίοδοι, στοές, απότομες κατηφοριές ή κομμένοι βράχοι προς την θάλασσα). Οι ονομασίες άλλωστε, ως υποδηλούν εκείνες της Μυκόνου, της Μήλου ή της Αμοργού μπορεί να προέρχονται από ειδικά είδη της πανίδος ή των χαρακτηριστικών της (μυκώμαι - μήλο - αμέργω αντιστοίχως). Έτσι η Ελληνική γλώσσα, μέσα από τις ονομασίες και τα τοπωνύμια, που βυθίζονται στον χρόνο και φθάνουν μέχρι την προϊστορία, τους μύθους και την παράδοση και που μένουν από τους Πρωτοέλληνες, ως πολύτιμη κληρονομιά, αψευδώς δείχνουν την ελληνικότητα των λαών που κατοίκησαν τις ελληνικές χώρες, είτε έχουμε ιστορικές ή απτές αποδείξεις γι' αυτές είτε όχι.

Η ανάλυση ακριβώς των τοπωνυμίων διακηρύσσει την αναμφισβήτητη ελληνικότητα και αποτελεί επαρκή και ασφαλή μαρτυρία, ότι δεν στέκουν οι εχθρικές θεωρίες προς την διαπίστωση, ότι η μητέρα γλώσσα, η πρωτογλώσσα του κόσμου είναι η Ελληνική και όχι η πλαστή, κίβδηλη και κάλπικη, φτιαχτή ινδοευρωπαϊκή. Η Ελληνική, με την ζωντάνια και τον πλούτο της, την πολυσημία και ευρύτητά της, αναδύεται από την ιστορία της, τα γραπτά κείμενά της, τις πόλεις και τις χώρες της, που όσο κι' αν απέχουν, όσο διαφορετικοί ελληνικοί λαοί κι αν τις κατοίκησαν, αποδεικνύονται κοντινές, ομοιογενείς, ομοεθνείς και ομόγλωσσες με τα ζωντανά τους τοπωνύμια και ονόματα, κοινές περιγραφές της φύσης, των δραστηριοτήτων των ανθρώπων, των ιστορικών συγκυριών.

Βιβλιογραφία

Hoffmann, J.B. (1989). Ετυμολογικό Λεξικό της Αρχαίας Ελληνικής, εν Αθήναις.

Σκαρλάτου, Βυζαντίου. (1975) Λεξικό της Ελληνικής γλώσσης, Αθήνα.

Henry, G. Liddel-Robert Scott. Μέγα Λεξικόν της Ελληνικής Γλώσσης, Ιωάννης Σιδέρης, Αθήναι.

Γιαννακόπουλος, Ε. Παναγ. Λεξικό της Αρχαίας Ελληνικής Γλώσσας, Εκδόσεις Πελεκάνος, Θεσσαλονίκη.

Βυζαντίου, Σ. Λεξικόν Νέο Αρχαίο Ελληνικόν, Γεωγραφικόν, Βιβλιοπωλείον των Βιβλιοφίλων, Σπανός, Αθήνα.

Εγκυκλοπαίδειες ΠΥΡΣΟΥ, ΗΛΙΟΥ.

Ιστορία του Ελληνικού Έθνους, Τόμος Προϊστορία, Εκδοτική Αθηνών, Αθήνα.

Μέγα Λεξικόν της Ελληνικής Γλώσσης, Δημητράκου, Αθήνα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Σελίδα

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ