

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ



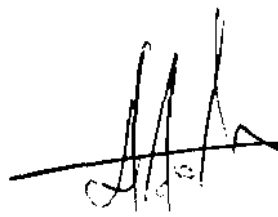
3^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

Αθήνα 1, 2, 3 Απριλίου 1993

ΤΟΜΟΣ Β'

II. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ
III. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

ΑΘΗΝΑ 1994



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΝ ΜΗ ΚΕΡΔΟΣΚΟΠΙΚΟΝ ΣΩΜ.
ΕΤΟΣ ΨΑΡΣ 1901 - ΑΡ. ΠΡ. 3096/73 - ΕΔΡΑ. ΑΘΗΝΑΙ 106 71
ΒΟΥΚΟΥΡΕΣΤΙΟΥ 11 - ΤΗΛ 36.31.112
ΜΕΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
ΜΕΛΟΣ ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ



Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α
ΤΟΥ
3ου ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ
(1 - 2 - 3 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1993)
ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ
(Δημοσίευμα 26ον)

ΤΟΜΟΣ Β'

II. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ
III. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

ΑΘΗΝΑ 1994

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΑΝΩ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΙΝΑΧΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ, ΑΡΓΟΛΙΔΑ

ΓΑΚΗ-ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Κ., ΜΑΡΟΥΚΙΑΝ Χ., ΖΑΜΑΝΗ Α.*

*Τομέας Γεωγραφίας - Κλιματολογίας,

Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιόπολις, 157 84 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Ιναχος ποταμός πηγάζει από το όρος Αρτεμίσιο και διασχίζοντας το Αργολικό Πεδίο, εκβάλλει στον Αργολικό κόλπο. Στην εργασία αυτή μελετάται η παλαιογεωγραφική εξέλιξη του άνω και παλαιότερου τμήματος της λεκάνης απορροής του Ιναχου ποταμού κατά το Τεταρτογενές. Το άνω αυτό τμήμα χωρίζεται μορφολογικά σε τρεις υποενότητες: στη λεκάνη των Λυρκείων, στη λεκάνη του Καπαρελλίου και στο ορεινό τμήμα.

Στη λεκάνη των Λυρκείων χαρακτηριστική είναι η απουσία αναβαθμίδων και κατά βάθος διάβρωσης στην κύρια κοίτη του Ιναχου λόγω ελέγχου από το υπάρχον τοπικό βασικό επίπεδο των ασβεστολίθων της ζώνης Ωλονού - Πίνδου στη θέση Αγίος Νικόλαος, Στέρνας. Συνέπεια αυτών είναι οι παρατηρηθείσες μετατοπίσεις της κοίτης του Ιναχου, οφειλόμενες στις πλημμύρες στην περιοχή αυτή. Χαρακτηριστική είναι η ύπαρξη τριών καλά ανεπτυγμένων κώνων του Ανώτερου Πλειστοκαίνου στις υπώρειες του Μπαχριαμίου.

Στη λεκάνη του Καπαρελλίου παρατηρούνται παλαιοκοίτες και δύο αναβαθμίδες ύψους 10-12 και 2 μέτρων, αντίστοιχα.

Καθοριστικό ρόλο στην παλαιογεωγραφική εξέλιξη του Ιναχου στην περιοχή αυτή διεδραμάτισε ο παραπόταμος αυτού Καρυώτικος με τις παλιές ποταμοχειμάρειες αποθέσεις του σε μορφή ριπιδίου εξελιχθέν κατά το Μέσο Πλειστόκαινο. Το ριπίδιο αυτό εμπόδισε την ομαλή εξέλιξη του Ιναχου και τον υποχρέωσε να εγκλωβιστεί κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο μέσα στους ασβεστόλιθους της ζώνης Τριπόλεως, στη θέση Στενό. Κατ' αντιστοιχία, και ο Καρυώτικος εγκλωβίστηκε μέσα στους ασβεστόλιθους, δημιουργώντας παράγγι βάθους περίπου 45 μέτρων. Ακολούθησε δε και σ' αυτόν ο σχηματισμός των δύο αναβαθμίδων 10 μέτρων και 2 μέτρων.

Στο ορεινό τμήμα επικρατεί η έντονη κατά βάθος διάβρωση, οι μεγάλες κλίσεις κλιτύων και το αδρομερές μεταφερόμενο υλικό.

ABSTRACT

Inachos river issues from Mount Artemisio and flowing through the Argive plain,

empties into the Gulf of Argos. This study examines the palaeogeographic evolution of the upper and older section of the drainage basin of Inachos river during the Quaternary period. The upper section may be divided into three subsections; the Lyrkia basin, the Kaparelli basin and the mountainous basin.

In the basin of Lyrkia, the absence of alluvial terraces and downcutting in the main channel are worth mentioning as they are controlled by the local base level of limestones of the Olonos - Pindos geotectonic zone at Aghios Nikolaos (Sternes). Consequently, the observed shifts of the main channel of Inachos river are attributed to the floods of this area. The presence of three well-developed alluvial cones of Upper Pleistocene age at the foot of Mount Bachriami are also noticeable.

In the basin of Kaparelli, a palaeochannel and two terraces at 10-12 m and 2 m, respectively, are observed. The river Karyotikos, a tributary of Inachos, has played a significant role in the palaeogeographic evolution of Inachos, with its old torrential deposits in the form of a fan, shaped during the Middle Pleistocene. This fan has hindered the development of Inachos and forced it to incise in the limestones of the Tripolis geotectonic zone at Steno during the Upper Pleistocene. At the same time, Karyotikos incises the limestones forming a 45-meter deep gorge. There followed the formation of two terraces having heights of 10 meters and 2 meters, respectively.

In the mountainous part, we have a rugged topography, steep slopes and coarse grained sediments.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

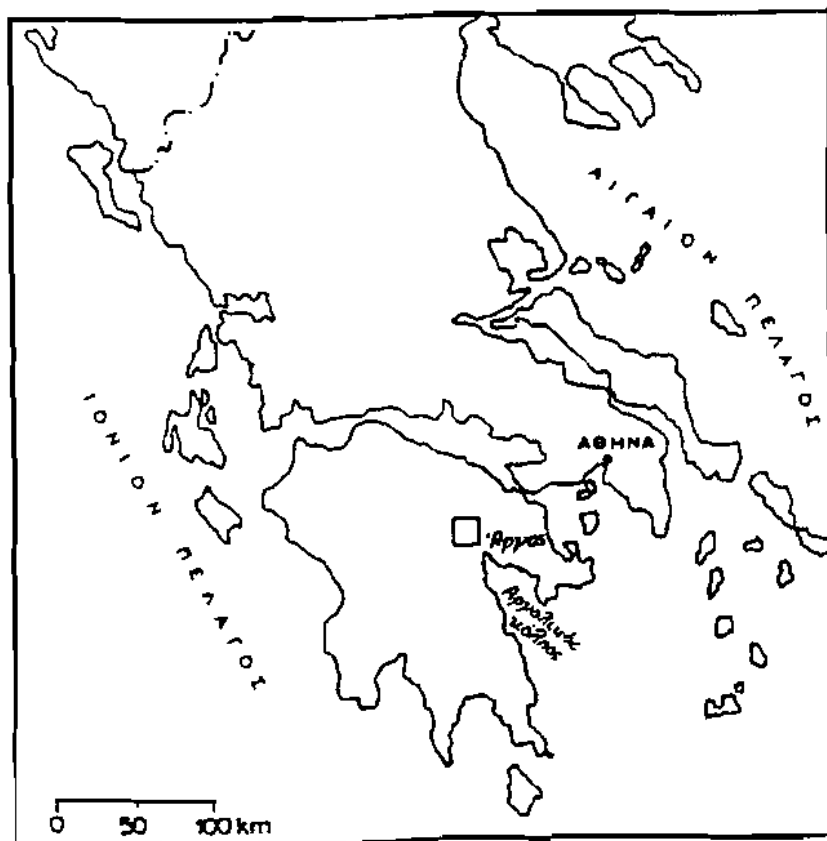
Η μελέτη των υδρογραφικών δικτύων μας δίδει πληροφορίες για την παλαιογεωγραφική εξέλιξη μιας περιοχής και πολλές φορές αντικατοπτρίζει τις γεωτεκτονικές συνθήκες που επικρατούν σ' αυτήν.

Μια τέτοια περίπτωση αποτελεί το δίκτυο του Ιναχου ποταμού, ο οποίος παροχετεύει τα νερά των δυτικών περιθωρίων του Αργολικού πεδίου εκβάλλοντας στον Αργολικό κόλπο (Σχ. 1).

Στην παρούσα εργασία μελετάται το άνω τμήμα του Ιναχου ποταμού, έκτασης 80 Km², ευρισκομένου ανάντη της περιοχής όπου ο Ιναχος εισέρχεται στις Πλειοπλειστοκαινικές απαθέσεις, πλησίον του χωρίου Στέρνας (Σχ. 2).

Στο άνω τμήμα του Ιναχου παρατηρούνται ορισμένα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά τα οποία μας βοηθούν στην κατανόηση της εξέλιξης της περιοχής. Προς τούτο χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες κλίμακας 1:33.000 και έγιναν λεπτομερείς υπαίθριες παρατηρήσεις των γεωμορφών, με αποτέλεσμα τη γεωμορφολογική χαρτογράφηση της περιοχής σε κλίμακα 1:10.000.

Στη συγκεκριμένη περιοχή από γεωμορφολογική άποψη έχουν εργασθεί οι J.J. Dufaure (1976), και Κ. Γάκη - Παπαναστασίου (1991).



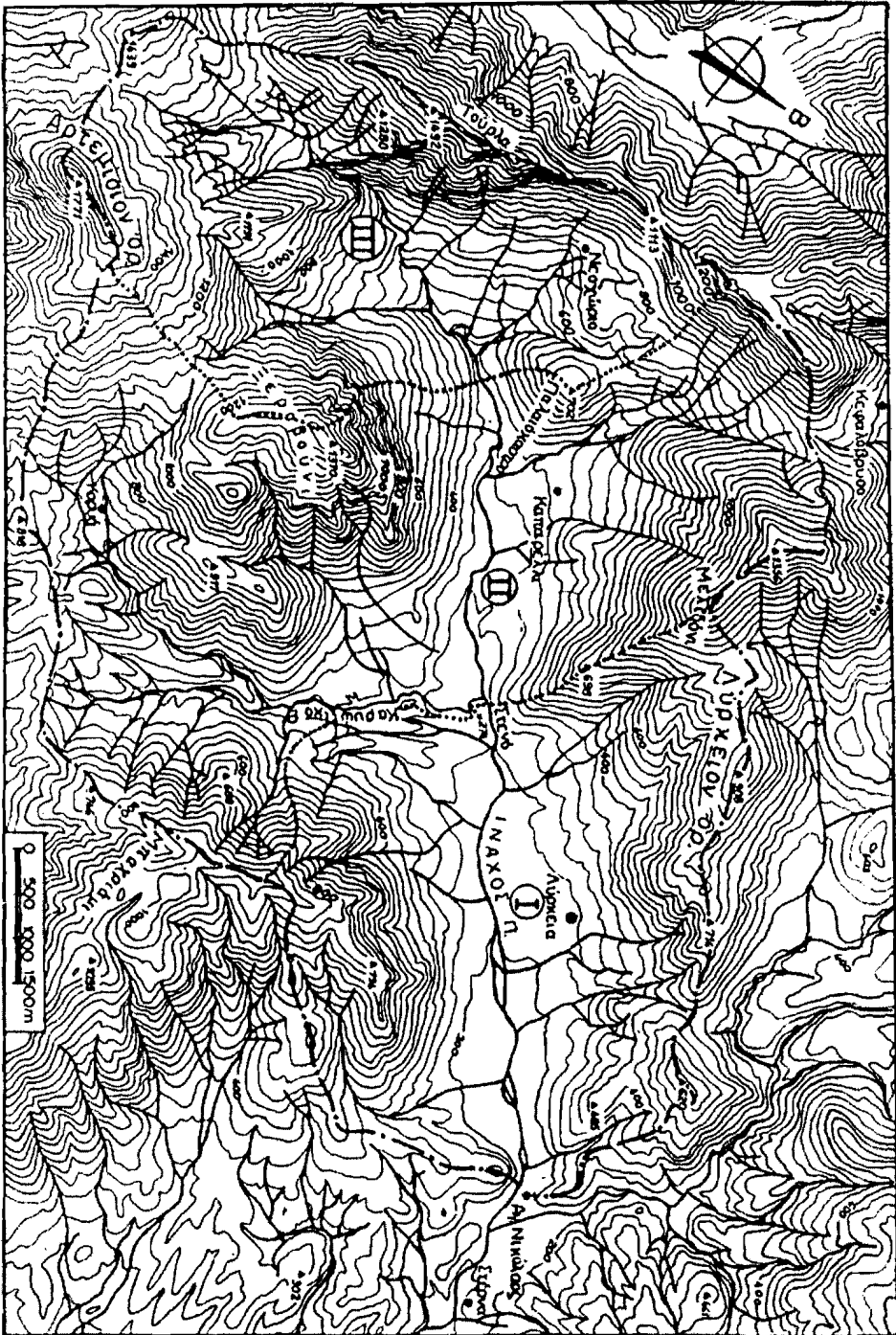
Σχ. 1. Χάρτης του Ελληνικού χώρου όπου παρουσιάζεται η μελετηθείσα περιοχή.

ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Στην περιοχή μελέτης απαντώνται δύο γεωτεκτονικές ζώνες, της Γαβρόβου - Τριπόλεως και Ωλονού - Πίνδου (Γεωλογικό φύλλο Αργος, J. Dercourt, 1960, 1964; D. Richter et. al., 1973; Η. Μαριολάκος, 1976), (Σχ. 3).

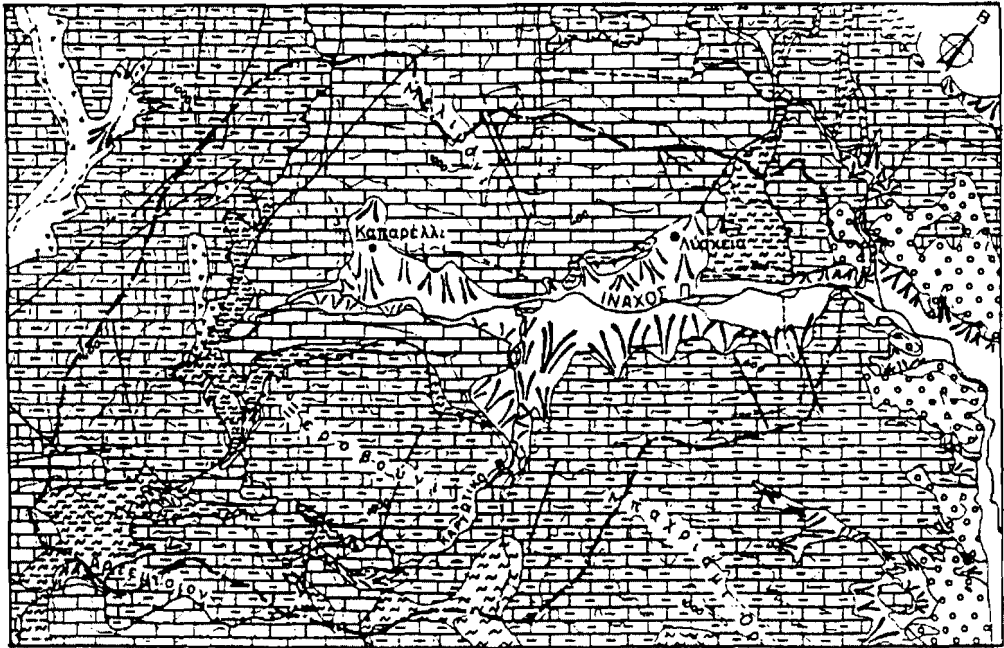
Η ουτόχθονη ζώνη Γαβρόβου - Τριπόλεως αντιπροσωπεύεται από παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους, δολομίτες και δολαμιτικούς ασβεστολίθους του Κρητιδικού έως μέσου Ηωκαίνου απαντώνται δε στο όρος Μελιδόνι και στους πρόποδες του Ξεροβουνίου. Ο φλύσχος του μέσου Ηωκαίνου - Ολιγόκαινου αποτελείται από ψαμμίτες και ψαμμιτομάργες πρασινότεφρου χρώματος με ενστρώσεις κροκαλοπαγών και ασβεστολίθων. Συναντάται στις περιοχές Αρτεμισίου, Ξεροβουνίου και Λυρκειών.

Επ' αυτής επωημένη είναι η ζώνη Ωλονού - Πίνδου, η οποία παρουσιάζεται πολυπτυχωμένη με μικρο και μακροπτυχές και αντιπροσωπεύεται κύρια από ασβεστολί-



Σχ. 2. Τοπογραφικός χάρτης της μελετηθείσας περιοχής.

θους του Κρητιδικού κυρίως πλακώδεις έως λεπτοστρωματώδεις με ενστρώσεις παχυστρωματωδών μικροκρυσταλλικών ασβεστολίθων και ποικιλόχρων μαργών. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί έχουν τη μεγαλύτερη επιφανειακή εξάπλωση σ' όλη την υπό μελέτη περιοχή, εκτός του Βορείου τμήματος αυτής, δίνοντας τους ορεινούς όγκους



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

	Αλλουβιακές αποθέσεις		Επωδημένη οροιά: Ζώνη Ωλονού-Πίνδου		Αυτόχθονη Σειρά: Ζώνη Τριτάλειας
	Αλλουβιακά ριπίδια κτ κώνοι		Μαιστρίχιος - Ηωκαινικός φλύσχης		Μέσο Ηωκαινικός - Ολιγοκαινικός φλύσχης
	Πλευρικά κορημάτα		Ανωτε Ιουρασιαικοί - Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι		Κρητιδικοί Μέσο Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι
	Πλειοπλειστοκαινικές μάργες, φαμίτες κτ κροκαλοπαγή		Ρήγμα ορατό, πιθανό		Επώδηση

0 1 2 km

Σχ. 3. Γεωλογικός χάρτης της μελετηθείσας περιοχής.

Μπαχριαμίου, Ξεροβουνίου, Αρτεμισίου.

Ο φλύσχης της ίδιας ζώνης Μαιστριχίου ηλικίας έως Ηωκαίνου αποτελείται από ψαμμίτες, μάργες και ασβεστιτικούς σχιστολίθους. Συναντάται στην περιοχή Καρυάς στο όρος Μπαχριάμι.

Τα μεταλλικά ιζήματα αντιπροσωπεύονται από μια μικρή εμφάνιση από ψαμμιτομάργες και κροκαλοπαγή του Πλειοπλειστοκαίνου παρατηρούμενα βόρεια της θέσης Άγιος Νικόλαος στην έξοδο του Ιναχού από την μελετούμενη περιοχή προς το

Αργολικό πεδίο.

Τέλος, οι αλλουβιακές αποθέσεις απαντώνται κατά μήκος της κεντρικής κοιλάδας του Ιναχου ποταμού σε μορφή πλευρικών κορημάτων, κώνων, ριπιδίων, αναβαθμίδων και προσχωσιγενούς πεδιάδας.

Κατά την μεταλπηκή περίοδο ο ρηγματογόνος τεκτονισμός εκδηλώνεται με την εμφάνιση νέων ρηγμάτων, καθώς και την επαναδραστηριοποίηση παλαιών ρηξιγενών επιφανειών. Σ' αυτή τη φάση διαμορφώνεται η τάφρος του Αργολικού πεδίου και στην προέκτασή της ο Αργολικός κόλπος.

Ειδικότερα στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται ρήγματα διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ, όπως του Μπαχριαμίου, του οποίου η προέκταση προς τα ΝΑ οριοθετεί τα δυτικά περιθώρια του Αργολικού πεδίου.

Μια δεύτερη σειρά ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ έχει επηρεάσει την περιοχή και πιθανόν την εξέλιξη της κεντρικής κοίτης του Ιναχου ποταμού.

ΚΛΙΜΑ

Σημειώνεται ότι στην παρούσα εργασία ενδιαφέρει κυρίως το μέγεθος των βροχοπτώσεων οι οποίες έχουν άμεση σχέση με την κατάσταση του υδρογραφικού δικτύου.

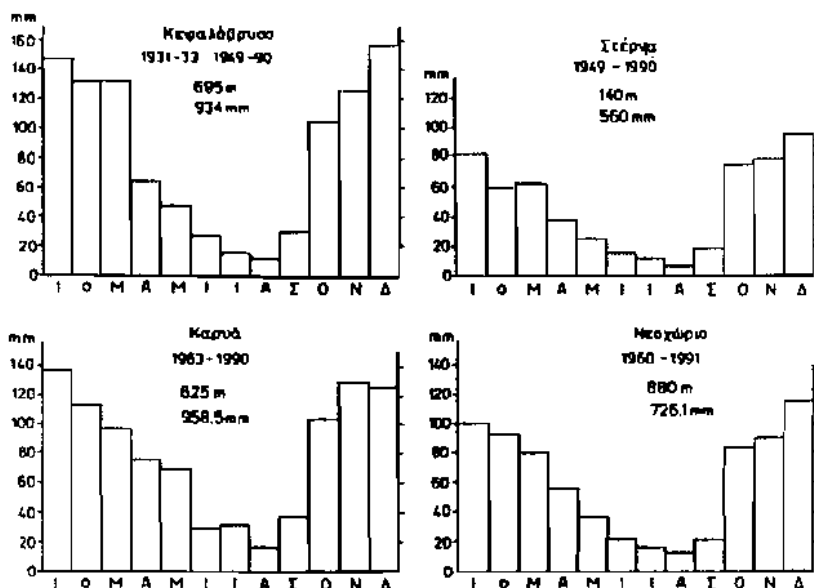
Το κλίμα της εξεταζόμενης περιοχής διακρίνεται στο κλίμα των πεδινών και σ' αυτό των ορεινών περιοχών.

Η πεδινή περιοχή στο εξεταζόμενο τμήμα του υδρογραφικού δικτύου του Ιναχου περιορίζεται στη ζώνη που εκτείνεται εκατέρωθεν της κεντρικής κοίτης του Ιναχου καλύπτοντας έκταση 3, 8 Km², που μορφολογικά καλύπτει την κατακλυζόμενη περιοχή των Λυρκειών και την αλλουβιακή αναβαθμίδα της περιοχής Καπαρελλίου μεταξύ των υψομέτρων 170 m έως 340 m, αντίστοιχα.

Το κλίμα αυτής της περιοχής είναι ημίξηρο με μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαινόμενη μεταξύ 500-600 mm, όπως φαίνεται από τα δεδομένα του Μετεωρολογικού σταθμού Στέρνας. Κατά τους μήνες Οκτώβριο έως Μάρτιο έχουμε το μεγαλύτερο ποσοστό βροχοπτώσεων, ανερχόμενο στα 80% του συνολικού. Η σημαντική αυτή ανισοκατανομή βροχοπτώσεων έχει σαν συνέπεια πολύ ξηρό θέρος με αντίστοιχα σχετικά υγρό χειμώνα.

Η ορεινή περιοχή καλύπτει πολύ μεγαλύτερη έκταση ανερχόμενη σε 77,2 Km² και ποσοστό του συνολικού εμβαδού 95,3%. Στο ΝΔ τμήμα της λεκάνης απορροής τα υψόμετρα ξεπερνούν τα 1.400 m με υψηλότερη κορυφή του Αρτεμισίου με 1.771 m.

Το κλίμα αυτής της περιοχής είναι σχετικά υγρότερο, με μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαινόμενη στα 700-1.000 mm. Όπως φαίνεται από τα μέσα ετήσια ύψη βροχόπτωσης των μετεωρολογικών σταθμών Καρυά (958,5 mm), Κεφαλόβρυσο (934 mm) και Νεοχώρι (726,1 mm) (Σχ. 4) κατά τους μήνες Οκτώβριο - Μάρτιο παρατηρείται το μεγαλύτερο ποσοστό βροχοπτώσεων, ανερχόμενο επίσης στο 80% του συνολικού. Παρά ταύτα, οι θερινοί μήνες δεν είναι τόσο ξηροί δεδομένης της υψομετρικής διαφοράς και της επαγόμενης μειωμένης εξατμισοδιαπνοής.



Σχ. 4. Βροχομετρικά διαγράμματα σταθμών στην μελετηθείσα περιοχή.

Χαρακτηριστικό του Μεσογειακού κλίματος είναι η εκδήλωση σε μια περιοχή επεισοδιακών - περιοδικών πλημμυρών. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται και στην υπό εξέταση περιοχή, με πιο πρόσφατη την παρατηρηθείσα πλημμύρα το Νοέμβριο του 1990 που κάλυψε το μεγαλύτερο τμήμα της προσχωσιγενούς πεδιάδας της περιοχής Λυρκείων. (Κ. Γάκη - Παπαναστασίου et. al., 1991).

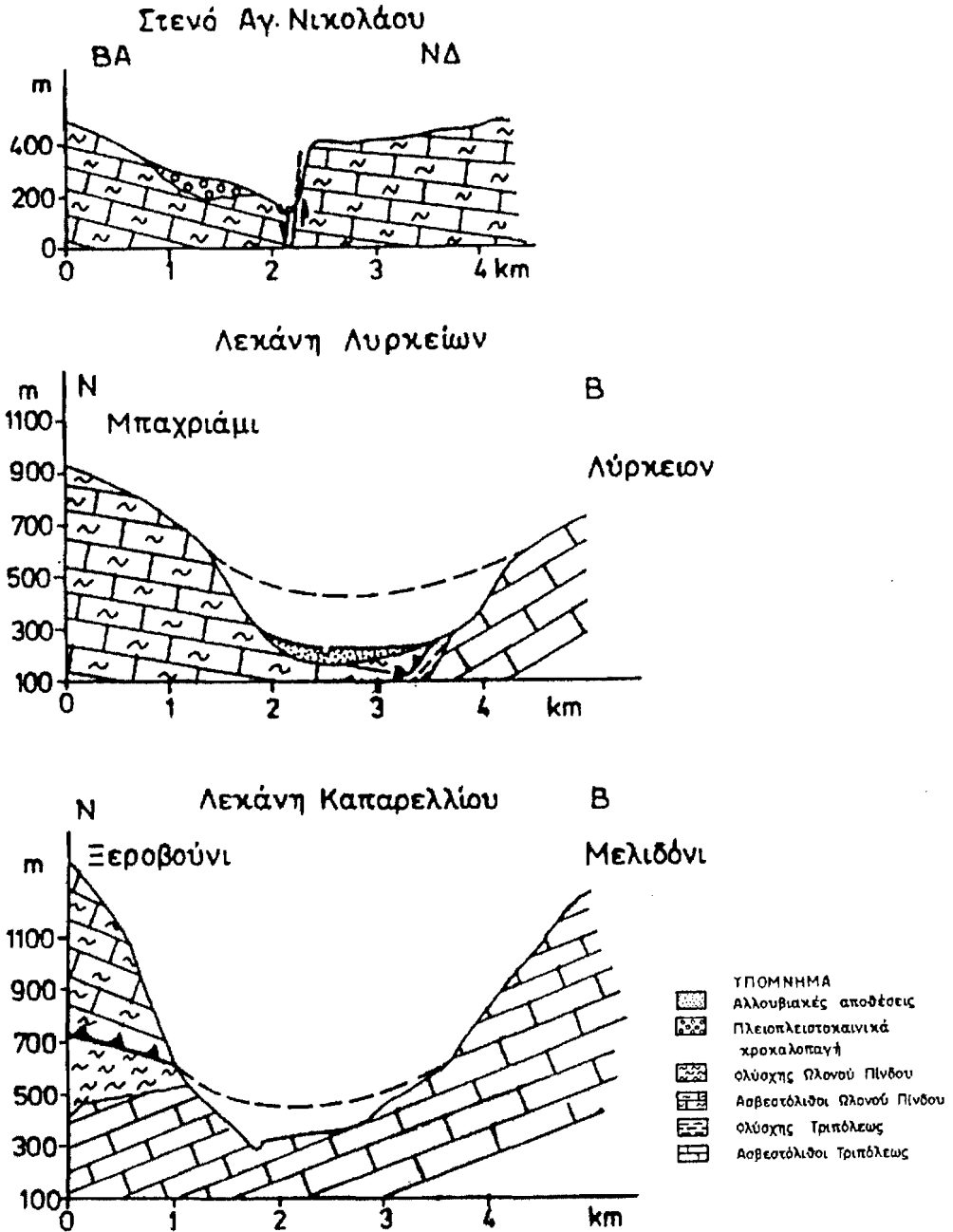
ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

1. Λεκάνη των Λυρκείων.

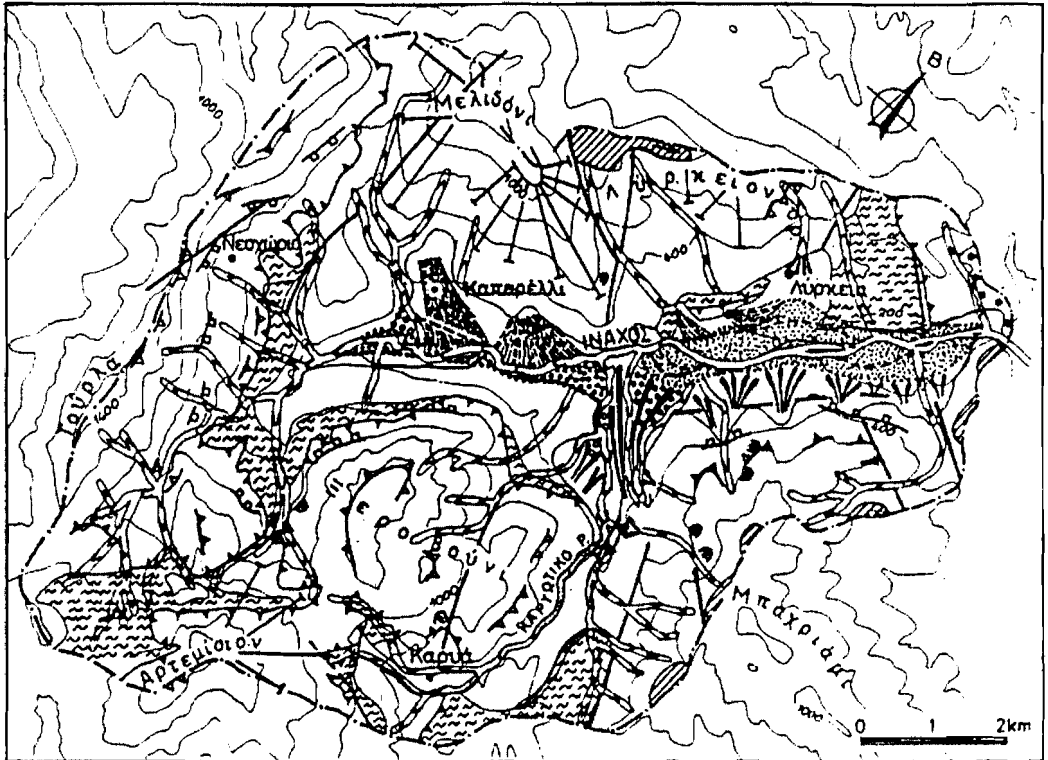
Η λεκάνη των Λυρκείων εκτείνεται από το στενό Αγίου Νικολάου Στέρνας έως τη θέση Στενό, καταλαμβάνουσα έκταση 25,1 Km² ευρισκόμενη μεταξύ των ορεινών όγκων του Λυρκείου όρους προς ΒΔ και Μπαχριαμίου στα ΝΑ (Σχ. 2).

Η εξέλιξη της ανάντι περιοχής του ποταμού ελέγχεται από το Στενό (θέση Αγίος Νικόλαος) όπου εμφανίζεται ασβεστόλιθος στην καίτη του Ιναχου ο οποίος ασβεστόλιθος σήμερα λειτουργεί σαν τοπικό βασικό επίπεδο (Σχ. 5).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5 στην βόρεια πλευρά του Στενού παρατηρούνται Πλειοπλειστοκαινικές αποθέσεις οι οποίες επικάθηνται ασύμφωνα στους ασβεστολίθους. Το ποτάμι έχει διαβρώσει 20 m κάτω από την επαφή των υποκείμενων ασβεστολίθων με τις Πλειοπλειστοκαινικές αποθέσεις. Είναι αυτονόητο ότι το μέγεθος της κατά βάθος διάβρωσης που πραγματοποιήθηκε κατά το Τεταρτογενές θα πρέπει να υπερβαίνει τα 200 m εάν λάβουμε υπόψη ότι στην ευρύτερη περιοχή οι υπερκείμενες



Σχ. 5. Γεωλογικές τομές στις περιοχές Λυρκείων και Καπαρελλίου.



Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

- | | | | |
|--|--|--|---|
| | Πλειοπλειστοκαινικές φαμιτομάργες, κροκαλοπαγή | | Προσχωσιγενής πεδιάδα |
| | Ολύσχη | | Αναβαθμίδα 2m |
| | Ασβεστόλιθος | | Αναβαθμίδα 10m |
| | Ρήγμα $\left\{ \begin{array}{l} \text{ορατό} \\ \text{πιθανό} \end{array} \right.$ | | Κώνιο Ανωτ. Πλειστοκαινού |
| | Επώδηση | | Ριπίδιο Μέσου Πλειστοκαινού |
| | Υδροκρίτης | | Συνεκτικοποιημένοι κώνιοι Μέσου Πλειστοκαινού |
| | Κοιλάδες με οξύληκτο πυθμένα | | Επιφάνειες ισοπέδωσης |
| | Κοιλάδες με αποστρογγυλωμένο πυθμένα | | Ομαλοποιημένες κλιτίες |
| | Οαράγχι | | Ελάττωση κλίσης |
| | Κοίτη εγκοιλιωτισμένη σε χαλαρές αποθέσεις | | Αύξηση κλίσης |
| | Παλαισκοίτη | | Σπήλαια |
| | Σημεία κάμψης | | |

Σχ. 6. Γεωμορφολογικός χάρτης της μελετηθείσας περιοχής.

Πλειοπλειστοκαινικές αποθέσεις φθάνουν στο ύψος των 400m.

Το απότομο της νότιας ασβεστολιθικής κλιτύς του Στενού Αγίου Νικολάου μπορεί να αποδοθεί σε ύπαρξη πιθανού ρήγματος διεύθυνσης Α-Δ.

Στο όρος Λύρκειον παρατηρείται επιφάνεια ισοπέδωσης σε υψόμετρο 800-900 m και με μορφολογική κλίση προς Α-ΒΑ (Σχ. 6).

Οι νότιες κλιτείς του Λυρκειού όρους παρουσιάζονται ομαλοποιημένες αναπτυσσόμενες πάνω στους συμπαγείς ασβεστολίθους της ζώνης Τριπόλεως, ενώ ανατολι-



Φωτ. 1. Εκτεταμένοι κώνοι στο όρος Μπαχριάμι, περιοχή Λυρκειών.

κότερα του Λυρκειού λόγω της εμφάνισης του φλύσχη το ανάγλυφο εμφανίζεται ηπιότερο και χαμηλότερο.

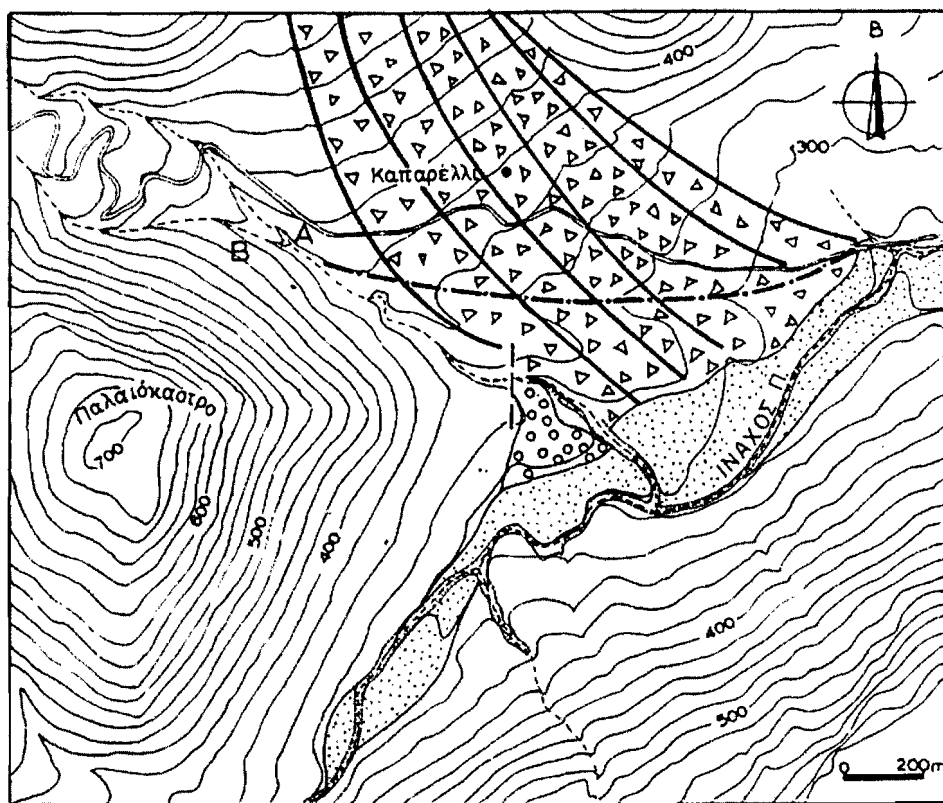
Στο όρος Μπαχριάμι οι ασβεστολιθικές κλιτείς εμφανίζονται πιο απότομες παρουσιάζοντας ένα μέτωπο κρημνών αναπτυσσόμενο κατά μήκος της ισοϋψούς των 600 m. Στην βάση των κλιτύων του Μπαχριαμίου παρατηρούνται τρεις εκτεταμένοι κώνοι, με κλίση 20%, των οποίων η ανάπτυξη ευνοήθηκε από το εύθρυπτο χαρακτήρα των λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων της Ωλονού - Πίνδου (Φωτ. 1). Χαρακτηριστικό αυτών των κώνων είναι ότι δεν είναι συνεκτικοποιημένοι σε αντίθεση με τους παλαιότερους και καλά συνεκτικοποιημένους κώνους της περιοχής Καπαρελλίου.

Η χαμηλότερη περιοχή της κεντρικής κοιλάδας του Ιναχου στην περιοχή Λυρκειών αποτελεί προσχωσιγενή πεδιάδα με μήκος 5,5 Km, κλίση 1,4% και μέγιστο πλάτος 800 m. Η απουσία αναβαθμίδας έχει σαν αποτέλεσμα να πλημμυρίζει όπως πρόσφατα συνέβη τον Νοέμβριο του 1990. Τα υλικά απόθεσης χαρακτηρίζονται κυρίως από αδρομερή μεγέθη, μεγίστης διαμέτρου 40 cm, οφειλόμενα στη χειμαρώδη ροή του ποταμού. Η μετατόπιση της κοίτης του Ιναχου λόγω του προαναφερθέντος επισοδειακού χαρακτήρα πλημμυρών είναι συχνή ώστε να παρατηρούνται παλαιοκοίτες σ' όλο το πλάτος της προσχωσιγενούς ζώνης. Μετά την τελευταία πλημμύρα του 1990 έγινε διευθέτηση και εκβάθυνση κοίτης πράγμα που μακροχρόνια θα αποβεί εις βάρος του εύφορου των εδαφών.






II. Λεκάνη του Καπαρελλίου.

Η λεκάνη του Καπαρελλίου εκτείνεται από την θέση Στενό έως την αρχή της ορεινής περιοχής του Ιναχου και οριοθετείται με την πρώτη εμφάνιση των ποτάμιων αναβαθμίδων του (Σχ. 2). Η λεκάνη του Καπαρελλίου εμφανίζεται επιμηκυσμένη με μήκος 4 Km και το προσχωσιγενές τμήμα της εμφανίζει κλίση 3,31%.

Στις υπώρειες των βορείων κλιτύων της κεντρικής κοιλάδας του Ιναχου, στο όρος Μελιδόνι παρατηρούνται έντονα συνεκτικοποιημένοι κώνοι που καλύπτουν τους συμπαγείς ασβεστολίθους της ζώνης Τριπόλεως και ανάγονται στο Μέσο Πλειστόκαινο (J.J. Dufaure, 1975). Χαρακτηριστικές είναι οι ομαλοποιημένες ασβεστολιθικές κλιτές που παρουσιάζουν μια ομοιόμορφη κλίση της τάξης των 30° που συμ-



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------|
|  | Συνεκτικοποιημένοι κώνοι |  | Παλαιοκοίτη |
|  | Αναβαθμίδα 10-12m |  | Ρήγμα πιθανό |
|  | Αναβαθμίδα 1-2m | | |

Σχ. 7. Γεωμορφολογικός χάρτης περιοχής Καπαρελλίου.

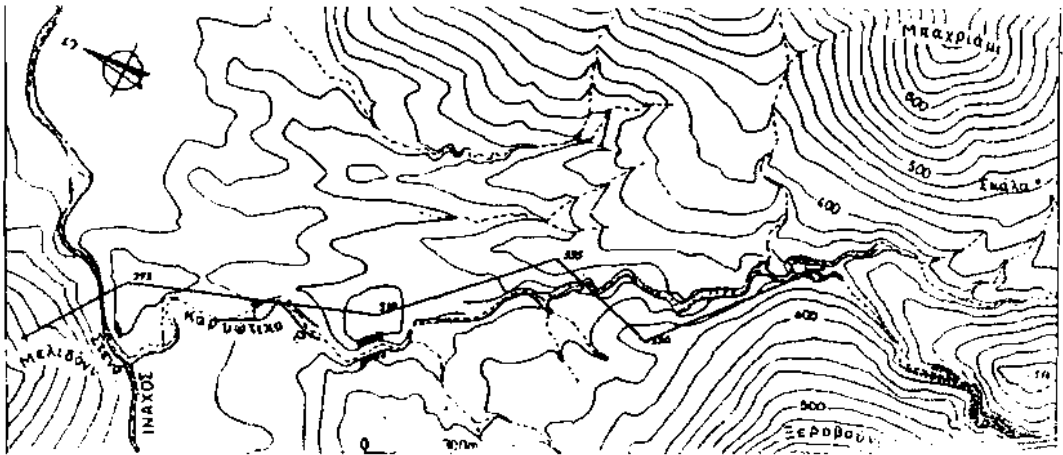
φωνεί με τη γενική κλίση των πετρωμάτων (Σχ. 5).

Στις νότιες όμως κλιθείς της κεντρικής κοιλάδας του Ιναχού η ανάπτυξη των πλευρικών κορημάτων είναι περιορισμένη. Οι δε κλιθείς δεν είναι ομαλοποιημένες, παρουσιάζοντας το πάνω τμήμα κυρτό λόγω του μετώπου της επώθησης, ενώ το υποκείμενο αυτόχθονο εμφανίζεται κοίλο.

Κατά μήκος κυρίως της βόρειας πλευράς της κοίτης του Ιναχού παρατηρείται μια σειρά λοφίσκων σε υψόμετρα από 270 m σταδιακά αυξανόμενα προς τα ανάντι φθάνοντας τα 293 m, ενώ ενδιάμεσα αυτών υπάρχουν υπολλειμματικές μικρές πλευρικές παλαιοκοιλάδες σχήματος ανοικτού U.

Νοτιοδυτικά του Καπαρελλίου παρατηρείται παλαιοκοίτη εξελιγμένη σε μορφή πολύ ανοικτού U, βάθους έως 8 m, κυρίως διαμορφωθείσα στους πρναφερθέντες συνεκτικοποιημένους κώνους, ενώ στο ανάντι τμήμα αυτής εμφανίζεται ο υποκείμενος ασβεστόλιθος (Σχ. 7).

Κατά την εξέλιξη της παλαιοκοίτης ο κλάδος Α μετοποίαστηκε προς τον Β ευνοούμενος από την ομοκλινή δομή της ασβεστολιθικής κλιτύος με συνέπεια να ενωθεί το ανάντι τμήμα του κλάδου Α με το Β αδρανοποιώντας το κατάντι τμήμα του.

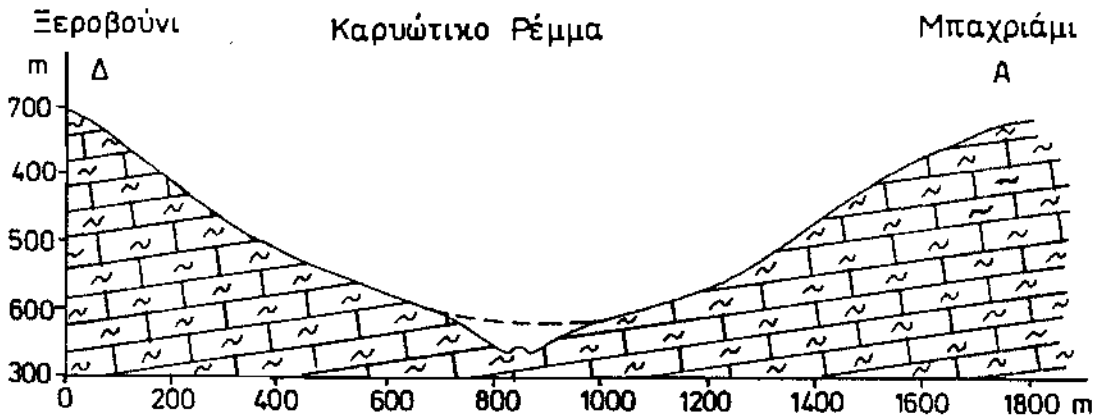


Σχ. 8. Τοπογραφικός χάρτης στην περιοχή του Καρυώτικου και θέση τομής της ελιφανείας του ρυαδίου του.

Στον κλάδο Β παρατηρείται έντονη κατά βάθος διάβρωση με χαρακτηριστικά σημεία κάμψης (Knick point) στα ανάντι ρήγματος, διεύθυνσης Β-Ν, που τέμνει την κοίτη του και βρίσκεται 500 m πριν από την συμβολή του κλάδου Β με τον Ιναχο. Στην περιοχή παρατηρείται αναβαθμίδα περιορισμένης εμφάνισης ύψους 10-12 m οφειλόμενης σε αποθέσεις κώνου σχηματισθέντες από τον κλάδο Β. Σε απόσταση 1 Km ανάντι της συμβολής του κλάδου Β με τον Ιναχο εμφανίζεται αναβαθμίδα ύψους 1-2 m η οποία και εκτείνεται κατά μήκος όλης της λεκάνης του Καπαρελλίου έως την θέση Στενό.

IIα. Καρυώτικο Ρέμμα: Στα κατάντι της λεκάνης του Καπαρελλίου λίγα μέτρα πριν από τη θέση Στενό συμβάλλει το Καρυώτικο ρέμμα με τον Ιναχο ποταμό (Σχ. 8).

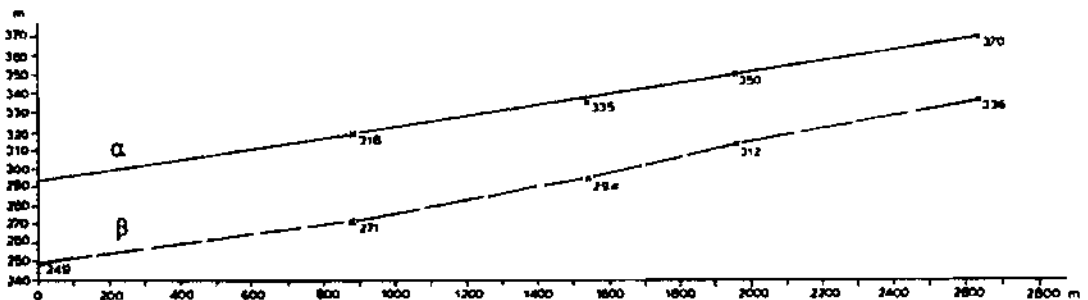
Το Καρυώτικο ρέμμα αποτελεί τον κυριώτερα και μεγαλύτερο κλάδο του Ιναχου σ' όλη την υπό μελέτη περιοχή. Πηγάζει από τις νότιες παρυφές του Ξεροβουνίου στην περιοχή Καρυάς και έχει μήκος 8,4 Κη.



Σχ. 9. Τομή στο κεντρικό τμήμα του Καρυώτικου ρέμματος.

Το άνω τμήμα του Καρυώτικου στην περιοχή Καρυάς διατέμνει τους ασβεστολίθους Τριπάλεως και τον φλύσχη δίνοντας σημαντικές ποτάμιες αποθέσεις οι οποίες έχουν εγκλωβισθεί λίγο πριν το φαράγγι που σχηματίζει το ρέμμα διασχίζοντας τους ασβεστολίθους της Ωλονού - Πίνδου στο κεντρικό του τμήμα.

Στη βάση της κοιλάδας του κεντρικού αυτού τμήματος του Καρυώτικου παρατη-



Σχ. 10. α) Τομή επιφανείας ρυτιδίου Καρυώτικου ρέμματος
β) Τοπογραφική τομή κοίτης Καρυώτικου ρέμματος.

ρείται φαράγγι μέγιστου βάθους 50 m, οφειλόμενο σε πρόσφατη αναγέννηση του τμήματος αυτού λόγω κλιματικών μεταβολών στο Ανώτερο Πλειστόκαινο - Ολόκαινο (Σχ. 9). Η εκβάθυνση του φαραγγιού θα πρέπει να ευνοήθηκε και από το υπάρχον ρήγμα κατά μήκος του κατάντι τμήματος του φαραγγιού.

Στο τρίτο και κατώτερο τμήμα του το Καρυώτικο ρέμμα (Σχ. 8) διαβρώνει τις παλαιότερες ποταμοχειμάρειες αποθέσεις του, οι οποίες έχουν δώσει μορφή επιμήκους ριπιδίου, μέγιστου πάχους τουλάχιστον 50 m. Όπως φαίνεται στις δύο κατά μήκος τομές της σημερινής επιφάνειας του ριπιδίου και της αντίστοιχης κοίτης του Καρυώτικου (Σχ. 10) το μέγιστο πάχος των αποθέσεων φθάνει τα 45 m. Χαρακτηριστική είναι η κακή ταξινόμηση του υλικού με μεγάλο εύρος μεγεθών ώστε στην κορυφή του ριπιδίου να παρατηρούνται και ογκόλιθοι μέσα στο ενδιάμεσο λεπτότερο υλικό. Η ταξινόμηση αυτή βελτιώνεται προς τα κατάντι ενώ τα μεγέθη των



Φωτ. 2. Αναβαθμίδες του Καρυώτικου ρέμματος.

μεταφερθέντων αδρομερών υλικών μειώνονται.

Στα ανατολικά περιθώρια του ριπιδίου συχή είναι η εμφάνιση παλαιών σινεκτικών κώνων που υπόκεινται ή διασταυρώνονται με τις αποθέσεις του ριπιδίου και θα πρέπει να συσχετίζονται με παρατηρηθέν ρήγμα διεύθυνσης Β-Ν και με άλμα πολλών μέτρων.

Κατά μήκος της σημερινής κοίτης του Καρυώτικου παρατηρούνται υπολείμματα μη κυκλικής αναβαθμίδας ύψους 6-10 m καθώς και νεώτερη αναβαθμίδα των 2 m (Φωτ. 2).

Χαρακτηριστική είναι η ύπαρξη φαραγγιού μήκους 300 m και βάθους 45 m, σχηματισθέν στους ασβεστολίθους της Ωλονού - Πίνδου, ευρισκόμενο 600 m ανάντι της συμβολής του Καρυώτικου με τον Ιναχο. Το φαράγγι αυτό είναι αποτέλεσμα μιας επιγένεσης κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο πράγμα που επιβεβαιώνεται από την θέση των αποθέσεων του ριπιδίου στην γειτονική περιοχή του φαραγγιού.

III. Ορεινό τμήμα

Το ορεινό τμήμα του Ιναχου χαρακτηρίζεται από μεγάλα υψόμετρα που δίνουν οι ορεινοί όγκοι Ξεροβουνίου (1.370 m), Αρτεμισίου (1.771 m), Τούρλα (1.492 m), Παλαιόκαστρο (702 m) καθώς και από έντονο ανάγλυφο (Σχ. 2). Η σύνθετη λιθολογική και γεωτεκτονική δομή της περιοχής αντικατοπτρίζεται στην μορφολογία της. Οι αυτόχθονοι ασβεστόλιθοι καθώς και ο φλύσχος της ζώνης Τριπόλεως καταλαμβάνουν τα χαμηλότερα υψόμετρα όπως στο Παλαιόκαστρο, ενώ οι επωθημένοι ασβεστόλιθοι της Ωλονού - Πίνδου δίνουν τις υψηλότερες κορυφές του ορεινού τμήματος. Ετσι στη περιοχή Νεοχωρίου χαρακτηριστικός είναι ο κρημνός που αντιστοιχεί στο μέτωπο επώθησης σε σχέση με τον υποκείμενο φλύσχη με τις ομαλότερες κλίσεις κλιτύων.

Στον κυριώτερο παραπόταμο του ορεινού τμήματος 100 m πριν την συμβολή του με τον Ιναχο παρατηρήθη καταρράκτης ύψους 15 m οφειλόμενος σε τοπικό ρήγμα.

Σ' όλο το μήκος της κοίτης του Ιναχου, στο ορεινό αυτό τμήμα, επικρατεί παντού η κατά βάθος διάβρωση και δεν παρατηρείται αναβαθμίδα. Λόγω της χειμαρρώδους ροής, των μεγάλων κλίσεων και της κλιμακωτής μορφής της κοίτης, το μεταφερόμενο υλικό είναι πολύ αδρομερές.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω γεωμορφολογικές παρατηρήσεις θα ήταν δυνατόν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα σχετικά με την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της μελετηθείσας περιοχής κατά το Τεταρτογενές.

Σημαντική είναι η θέση των Πλειοπλειστοκαινικών κροκαλοπαγών στην έξοδο του Ιναχου στη θέση Άγιος Νικόλαος, Στέρνας, υποδεικνύοντας ότι οι εκβολές του Ιναχου στην περίοδο του Πλειοπλειστοκαινίου ευρίσκονταν υψηλότερα από τις αποθέσεις αυτές. Από την σημερινή θέση του Ινάχου συνάγεται ότι το μέγεθος της κατά βάθος συντελεσθείσας διάβρωσης στο Τεταρτογενές υπερβαίνει τα 200 m. Η διάβρωση αυτή οφείλεται στην πτώση του βασικού τοπικού επιπέδου και συσχετίζεται με την καταβύθιση της τάφρου του Αργολικού πεδίου εξαιτίας της επαναδραστηριοποίησης ρηγμάτων της περιοχής με επικρατούσα διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.

Κατ' αναλογία στην υπό μελέτη περιοχή αρχίζει μια περίοδος αναγέννησης από το Κατώτερο Πλειστόκαινο η οποία επεκτάθη προς τα ανάντι έχοντας σαν συνέπεια την εκβάθυνση της κοιλάδας του Ινάχου κατά πολλές δεκάδες μέτρα (Σχ. 5). Αυτονόητο είναι ότι η αναγέννηση αυτή μετατοπιζόμενη προς τα ανάντι να εμφανίζεται μειωμένη ώστε στην λεκάνη του Καπαρελλίου να περιορίζεται σε μερικές δεκάδες μέτρα.

Αντίστοιχα στην λεκάνη του Καρυώτικου η εκβάθυνση προχώρησε προς τα ανάντι με τελικό αποτέλεσμα τον σχηματισμό μίας κοιλάδας σχήματος V εγκοιτωμένης στην μεγαλύτερη και παλαιότερη κοιλάδα σχήματος ανοικτού V (Σχ. 9).

Οι συνεκτικοποιημένοι και ανενεργοί κώνοι στην περιοχή Λυρκείων θα πρέπει να σχηματίστηκαν κατά το μέσο Πλειστόκαινο λόγω της υψομετρικής τους διαφοράς από την επιφάνεια της σημερινής προσχωσιγενούς πεδιάδας του Ιναχου.

Κύρια μορφή στην περιοχή αυτή είναι το επίμηκες ριπίδιο του Καρυώτικου ρέματος που διεδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του Ιναχου κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο. Το ριπίδιο αυτό αναπτύχθηκε από την περιοχή Σκάλας προς τον Ιναχο με διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ φθάνοντας τελικά στις υπώρειες του Μελιδονίου στη σημερινή θέση Στενό (Σχ. 8). Συνέπεια αυτής της ανάπτυξης του ριπιδίου ήταν η μετατάπιση της κοίτης του Ιναχου προς ΒΔ της θέσης Στενό και σ' ένα υψόμετρο τουλάχιστον 35 m υψηλότερα από την σημερινή κοίτη. Λόγω της απόθεσης του ριπιδίου ανυψώθηκε το τοπικό βασικό επίπεδο για την ανάντι περιοχή του Ιναχου (λεκάνη Καπαρελλίου), έχοντας σαν αποτέλεσμα την απόθεση ιζημάτων στην περιοχή αυτή.

Στη συνέχεια της μορφολογικής εξέλιξης ακολούθησε η παρατηρούμενη φάση διάβρωσης του Καρυώτικου φθάνοντας τα 40 m και δίνοντας τοπικά στους ασβεστολίθους Ωλονού - Πίνδου μικρό φαράγγι βάθους 45 m. Κατ' αντιστοιχία στην ίδια περίοδο ο Ιναχος εγκυβωτίζεται στους ασβεστολίθους της ζώνης Τριπόλεως δίνοντας επίσης φαράγγι βάθους 35 m. Κατά την εκβάθυνση της κοίτης του Καρυώτικου μέσα στις αποθέσεις του ριπιδίου σχηματίσθηκε μη κυκλική αναβαθμίδα κυμαινόμενου ύψους από 6-12 m της οποίας υπολείμματα παρατηρούνται εκατέρωθεν της κοίτης του.

Αυτή η φάση διάβρωσης στη λεκάνη Καπαρελλίου έδωσε υπολειμματικά υψώματα στις νότιες υπώρειες του Μελιδονίου σε υψόμετρα 270 m, 285 m, 289 m, 293 m από τα κατάντι προς τα ανάντι και τοπικά νότια του χωρίου Καπαρέλλι αναβαθμίδα 12 m σε υψόμετρο 320 m.

Επιπλέον μία μικρή εσωτερική αναβαθμίδα 1-2 m παρατηρείται σ' όλο το μήκος της κοίτης του Καρυώτικου και στον Ιναχο στην λεκάνη του Καπαρελλίου. Η αναβαθμίδα αυτή είναι συνέπεια μιας πρόσφατης φάσης απόθεσης και διάβρωσης κατά τους ιστορικούς χρόνους οφειλομένη σε κλιματικά αίτια.

Η εξέλιξη στην λεκάνη των Λυρκείων εξαρτήθηκε από το τοπικό βασικό επίπεδο του στεναύ Αγίου Νικολάου Στέρνας, λόγω της εμφάνισης των ασβεστολίθων της Ωλονού - Πίνδου στην κοίτη του Ιναχου. Οι τρεις καλά ανεπτυγμένοι και μη συνεκτικοποιημένοι κώνοι στις βόρειες κλιτές του Μπαχριαμίου αποδίδονται στο Ανώτερο Πλειστόκαινο δεδομένου ότι οι απολήξεις τους έρχονται σε συμφωνία με την σημερινή προσχωσιγενή πεδιάδα των Λυρκείων στην οποία βεβαίως δεν παρατηρείται η ιστορική αναβαθμίδα των 2 m.

Από τα προαναφερθέντα γίνεται φανερό ότι στο Ανω τμήμα του Ιναχου ποταμού κατά το Τεταρτογενές οι γεωμορφολογικές διεργασίες υπήρξαν έντονες και ποικίλες δίνοντας χαρακτηριστικές γεωμορφές στις οποίες αφ' ενός έχει αποτυπωθεί η

γεωμορφολογική εξέλιξη της περιοχής και αφ' ετέρου απεικονίζεται το δυναμικό καθεστώς του σημερινού ανάγλυφου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γάκη - Παπαναστασίου Κ. 1991. Γεωμορφολογική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής του Αργολικού Πεδίου κατά το Τεταρτογενές. Διδακτορική Διατριβή, 192 σ., Αθήνα.
- Γάκη - Παπαναστασίου Κ., Μαρουκιάν Χ., Ζαμάνη Α. 1991. Οι συνέπειες της πλημμύρας της 16ης Νοεμβρίου 1990, στο φυσικό περιβάλλον και στα αρχαία και νέα τεχνικά έργα στο Δυτικό Αργολικό Πεδίο. Πρακτικά 1ου Επιστημονικού Συνεδρίου: Γεωεπιστήμες και Περιβάλλον, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας (υπό εκτύπωση).
- Dercourt J., 1960. Esquisse géologique de la bordure occidentale de la plaine d' Argos, Peloponnèse, Grèce. Paris, Bull. Soc. Geol. France, VII, 2, 961-966.
- Dercourt J., 1964. Contribution à l' étude géologique d' un secteur du Peloponnèse septentrional. Ann. Geol. Pays Hellen., Vol. 15, 1-418.
- Dufaure J.J., 1975. Le relief du Peloponnèse. Thèse, Paris.
- Ι.Γ.Μ.Ε. 1970. Γεωλογικός Χάρτης - Φύλλο Αργος, 1:50.000.
- Μαριολάκος Η., 1976. Σκέψεις και απόψεις επί ορισμένων προβλημάτων της γεωλογικής και τεκτονικής δομής της Πελοποννήσου. Ann. Geol. Pays Hellen., Τόμ. 27, 215-313.
- Richter D., Mariolacos I., 1973. Die beziehung zwishen Tripolitsa-kalk und Flysch in der Gavrono - Tripolis zone in Gebiet nordlich Argos, Peloponnes. Ann. Geol. Pays. Hellen., Vol. 25, 1-12.

DER BODEN ALS HAUPTFAKTOR EINER ANGEWANDTEN LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHEN GLIEDERUNG MIT BEISPIELEN AUS DEM PIELACHTAL - NIEDERÖSTERREICH

E. GRUBNER - S. VERGINIS *

* Beide: Institut für Geographie der Universität Wien Physiogeographisches Laboratorium,
Liebiggasse 5, 1010 Wien, Austria.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια μίας εφηρμοσμένης φυσικογεωγραφικής - οικολογικής (Landschaftsökologie) διαίρεσης, σε πρωτεύοντας και δευτερεύοντας Οικοτόπους (Μέγα - Μόκρο - Μέσο - Μίκρο Χώρα) με χαρτογραφική αποτύπωση ή σε Τομές, εκτός τους παράγοντες Λιθολογία, Ανάγλυφο (Μορφολογία) και Κλίμα, το έδαφος είναι ο κυριώτερος παράγοντας.

Με ειδικές φυσικές και χημικές εδαφολογικές αναλύσεις διαταραγμένων και αδιαταράκτων εδαφολογικών και ιζηματολογικών δειγμάτων στο εργαστήριο, είναι δυνατόν τα αποτελέσματα αυτά να μεταφερθούν και να μελετηθούν σε φυσικές περιβαλλοντικές συνθήκες όπως π.χ. επιφάνεια ανά τετρ. μέτρο, ή εκτάριον και εις βάθος ενός δεκαμέτρου (1 dm).

Με τέτοιους υπολογισμούς έχουμε την εποχιακή υγρασία του εδάφους, το σημείο Ξηράνσεως και από την διαφορά αυτών το εποχιακό εδαφικό νερό που χρειάζονται οι αντίστοιχες καλλιέργειες.

Από τον δείκτη υγρασίας του εδάφους (Im) και την διαφορά βροχοπτώσης (N) και εξατμισοδιαπνοής (PE) υπολογίζεται εκτός των εποχών υγρασίας και Ξηρανσίας και η εποχιακή διακύμανση της αποτελεσματικής εδαφικής υγρασίας.

Κατ' αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται και η επίδραση του παράγοντος «Κλίμα» στους βασικούς παράγοντες «Φυσική βλάστηση» και «Καλλιέργεια».

Από την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση ιχνοστοιχείων του εδάφους που προσφέρονται για την καλλιέργεια (S-T-V-H Wert) καθώς επίσης και το ποσοστό ανταλλαγής των στοιχείων αυτών στην περιοχή της ρίζας του φυτού από το έδαφος, υπολογίζεται επακριβώς το είδος, η χρήση και ο χρόνος χρησιμοποιήσεως του αντιστοίχου λιπάσματος.

Τελικώς από την εποχιακή διακύμανση της επιφανειακής και υπογείου απορροής το πορώδες του εδάφους και την ταχύτητα κατεισδύσεως του εδαφικού νερού, προστατεύεται όχι μόνο ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας αλλά και τα καρατικά νερά.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας αναπτύσσονται όλοι οι επί μέρους παράγοντες και η αποτελεσματικότητά τους σε μια εφαρμοσμένη φυσικογεωγραφική οικολογική διαίρεση με παραδείγματα από την Piellachtal (=κοιλάδα του Piellach) στην Niederösterreich (κάτω νότια Αυστρία).

ZUSAMMENFASSUNG

Für eine angewandte landschaftsökologische Gliederung in Haupt- und Untereinheiten (Mega - Meso - Makro - Mikro - Choren) in flächenhafter oder linienhafter Darstellung (Profildarstellung) spielt neben den Faktoren Lithologie und Relief (Morphologie und Exposition) und der Einbeziehung der Klimaelemente der Boden die Hauptrolle.

Durch spezielle physikalische und chemische Bodenanalysen von gestörten und ungestörten Boden- und Sedimentproben und Auswertung dieser Ergebnisse gelangt man zu einer Rekonstruktion der ralen Verhältnisse. Die Faktoren sind entweder pro Quadratmeter oder pro Hektar Fläche umzurechnen unter der Annahme einer Mächtigkeit von einem Dezimeter Boden. Somit sind die Feldkapazität, der permanente Welkepunkt und das pflanzenverfügbare Wasser zu erfassen. Die Berechnung des Bodenfeuchtindex (Im) und der Differenz von Niederschlag (P) und potentieller Evapotranspiration (PE) ist abgesehen von trockenen und feuchten Perioden die jahreszeitliche Verteilung der wirksamen Bodenfeuchtigkeit zu erfassen und somit der Faktor Klima durch die natürliche reale Vegetation und die Nutzung zu ergänzen.

Durch die Untersuchung der wichtigsten pflanzenverfügbaren Nährstoffe wie auch der S-V-T-H-Werte und der totalen Umtauschkapazität (KUK) muß das Wachstum der Pflanze über die Jahreszeiten hinweg kontrolliert werden, um durch geeignete Düngung nötigenfalls die Wachstumsbedingungen von der Nährstoffseite her zu korrigieren.

Die ober- und unterirdische Wasserzirkulation (Versinkung und Versickerung) sind letzten Endes ebenfalls in eine landschaftsökologische Standordeinheitengliederung einzubeziehen und die Qualität von Grund- und Quellwasser zu kontrollieren und sie zu schützen.

In Rahmen dieses Referates werden alle Diskussionspunkte mit Beispielen aus dem Pielachtal - Niederösterreich - Austria unterstrichen.

1. Lage des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet liegt im südwestlichen Niederösterreich im Einzugsbereich der Oberen Pielach. Es umfaßt das Gemeindegebiet Frankenfels. Da Gemeindegrenzen allerdings nur ungenau oder teilweise nicht mit der morphologischen Struktur eines Gebietes in Übereinstimmung zu bringen sind, mußte bei der Untersuchung einiger landschaftsökologischer Parameter das Untersuchungsgebiet über die Gemeindegrenzen hinaus erweitert werden, um zu aussagekräftigen Ergebnissen zu gelangen.

Die 56,13 km² des Untersuchungsgebietes durchstreichen einen Seehöhenbereich von 420 m im Norden, wo die Pielach das Gebiet verläßt und es erreicht am Grobmansbergs an der Gemeindegrenze zu Schwarzenbach seine größten Höhen mit 1076 m.



Abbildung 1: Die Lage des Untersuchungsgebietes in Österreich

2. Definitionen und Begriffe im Rahmen einer angewandten landschaftsökologischen Gliederung

Folgende Abbildung zeigt die Hauptfaktoren, die in dieser Arbeit herangezogen wurden, um das land- und forstwirtschaftliche Teilpotential einer Landschaft zu charakterisieren, um damit eine Abgrenzung des Begriffes landschaftsökologische Parameter zu erreichen.

Der Begriff Landschaftsökologie hat verschiedene Bedeutungen. In dieser Arbeit

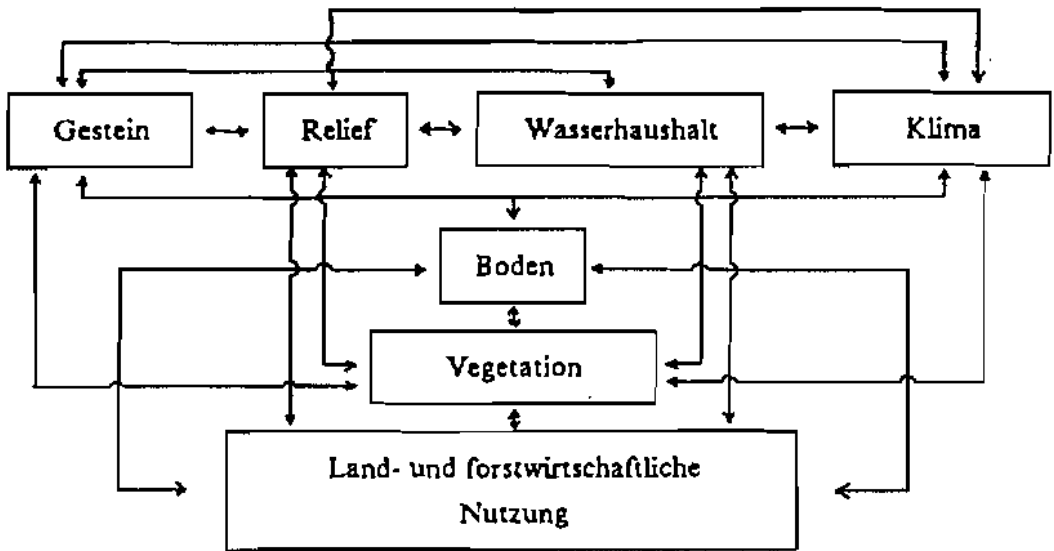


Abbildung 2: Nutzung und landschaftsökologische Parameter

soll darunter das Studium der gesamten, in einem bestimmten Landschaftsausschnitt herrschenden komplexen Wirkungsgefüge zwischen Lebensgemeinschaften (Biozönos) und ihren Umweltbedingungen (TROLL, C. 1968) verstanden werden. Dies äußert sich räumlich in einem bestimmten Verbreitungsmuster (Landschaftsmosaik) oder einer naturräumlichen Gliederung.

Ein Ökotoptop, das sich aus dem Physiotoptop und Biotop zusammensetzt, ist die kleinste weitgehend homogene landschaftliche Einheit. Von Ökotoptopen kann in dieser Arbeit nicht gesprochen werden, da sich die Untersuchung auf die abiotische, physikalische Umwelt - das Physiotoptop - festlegt. Lithos-, Morphos-, Atmos-, Hydros- und Pedosphäre bilden die zentralen Untersuchungsfaktoren.

Da ein geographisch heterogener Raum untersucht wird, kommt die chorologische Arbeitsweise zur Anwendung. Die Mikrochore stellt dabei die kleinste heterogene Einheit dar. Sie bildet noch keine selbständige Landschaftseinheit, während die Mesochore bereits eine naturräumliche Einheit darstellt und aus verschiedenen Mikrochoren aufgebaut ist. Makrochoren als Größverbände treten im untersuchten Gebiet nicht mehr auf, da die gemeinsamen Hauptmerkmale bereits auf die Charakteristik weniger Geofaktoren reduziert wären (Abbildung 3).

3. Analytische Methoden und ihre Anwendung

3.1. Lithologie

Das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung stellen die Gesteine und deren Chemismus dar. Damit sind die Grundlagen natürlicher Art für die Pflanzenernährung weitgehend determiniert und die Notwendigkeit der Einbeziehung lithologischer

Gegebenheiten für eine Standorteinheitengliederung begründet.

Das Untersuchungsgebiet, plaziert im Übergangsbereich von Flyschzone und niederösterreichischen Kalkvoralpen (Abbildung 3), liegt an der Grenze der beiden tektonischen Einheiten Lunzer Decke und Frankenfesler Decke. Der Wechsel von Karbonat-, Ton-, Mergel- und Sandsteinen zeigt sich auch in der Verteilung vegetativer Einheiten. Die schroffen Kalkgesteine sind bewaldet, die tonigen und sandigen oder mergeligen Partien werden als Grünland genutzt.

Die beiden ausgewählten Profile Pielachtal und Fischbachtal zeigen einen ähnlichen geologischen Aufbau. Sandsteine bilden die Basis der Alluvionen und reichen linksseitig der beiden Bäche bis zu einer Höhe von ungefähr 500 m hinauf. Im Pielachtal bleibt der Lunzer Sandstein im westexponierten Hang bis zu einer Höhe von 450 m erhalten und wird im Oberhang von Opponitzer Kalken abgelöst. Die gleichen Kalkformationen findet man bis zum Plateau des Sonnberges. Im Fischbachtal sind diese Kalke im Südwesten ab einer Seehöhe von 600 m vertreten, im Nordosten dagegen erst in den obersten Profilabschnitten. Abhängig von der Zusammensetzung des Sandsteins entstehen unterschiedliche Bodentypenvariationen. Je härter das Gestein ist, je kieseliger das Bindemittel und je feldspatärmer das Korngerüst ist, desto mehr treten in Klimabedingungen, wie sie im Untersuchungsgebiet vorherrschen, Braunerden zugunsten von braunerdeähnlichen Böden mit Verleyungserscheinungen zurück. Das Freilegen der Körner ist dann infolge der geringen Löslichkeit des Bindemittels gehemmt, die Versauerung infolge geringer Basenbildung aus den Körnern beschleunigt (SCHLICHTING, E. 1986). Die Karbonatgesteine, die die oberen Profilabschnitte im Pielachtal und Fischbachtal bilden, stellen sich als Karbonate des Kalziums und Magnesiums als löslich dar und treten damit als leicht abführbare Komponenten in Erscheinung, Glimmer und Tonminerale bilden den Mineralbestand der Böden in Form nichtkarbonatischer Verwitterungsrückstände. Da zwischen Karbonatgesteinen und Sandsteinen erhebliche Unterschiede im Chemismus bestehen, ergeben sich völlig unterschiedliche Bedingungen für die Bodenbildung.

3.2. Relief

Darunter ist das Zusammenwirken von Höhenlage, Geländeform und Exposition zu verstehen. Die Situation des Makroreliefs wird mit Hilfe einer Böschungs- und Höhenlinienkarte charakterisiert (Abbildung 4). Dabei zeigt sich eine enge Verknüpfung von geologischem Untergrund und Relief. Die Böschungsverhältnisse gliedern das Untersuchungsgebiet in drei große Bereiche, die eine SW-NE-Richtung im Süden und W-E-Richtung im Norden aufweisen. Das Zentrum des nördlichen Bereiches bildet der Weißenbach, der erosiv zwei Arten von Tälern geschaffen hat. Im Westen durchfließt er ein 50 bis 150 m breites Sohlentals, das sich gegen die Einmündungsstelle in die Pielach zunehmend als Kerbtal ausbildet. Dementsprechend zeigen die Böschungsverhältnisse Werte von 35 - 55%. Weiter im Osten fallen die Hänge mit einem Gefälle von mehr als 60% gegen den Fluß ein. Hier wird auch das Maximum an Gefälle im Untersuchungsgebiet erreicht. Richtung Süden nehmen die Neigungen ab einer Seehöhe von etwa 820 m ab. Die Kössener Schichten und Fleckenmergel, sowie

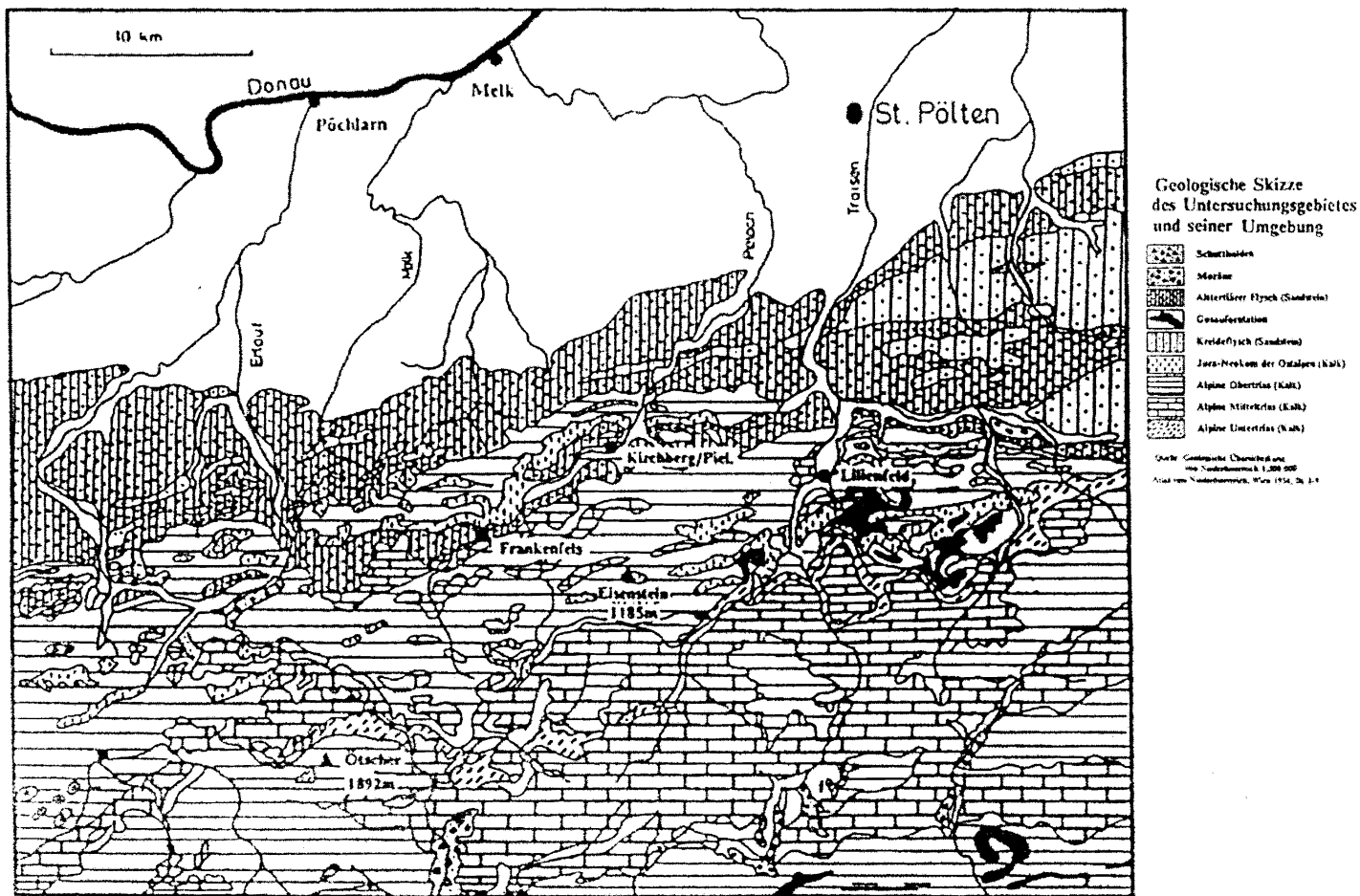


Abbildung 3: Geologische Skizze
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Sandsteine der höheren Kreide bilden plateauartige Verflachungen, die allerdings durch die Nebenbäche des Nattersbaches stark aufgelöst sind. Böschungswerte von 40 - 50 % sind bedingt durch die Antiklinalstruktur, aus dem Wechsel der Gesteine läßt sich die zunehmende Böschung im Bereich der Nixhöhle mit dem Auftreten der Kalke aus dem Trias erklären. Eindeutig die geringsten Böschungswerte liefern die Lunzer Sandsteine. Maximal 40 % sind feststellbar. Unterbrochen durch ein Band von höheren Werten, das in Rauhwacken, Kalken und Dolomiten des triadischen Zeitalters zu finden ist, tritt nochmals ein weniger stark geneigtes Relief im Raume der Fischbachmühle auf, wo ebenfalls Lunzer Sandstein die geologische Basis bildet, der im äußersten Süden durch Opponitzer Kalke abgelöst wird und damit steilere Hänge ausbildet.

Die Nordsüdrichtung der Böschungsverhältnisse entsprechend der geologischen Formationen läßt sich auch östlich der Pielach nachweisen. Vom Makromaßstab aus betrachtet ist ein Spiegelbild zur westlichen Flußseite mit bis zu 10 % Verschiebung in den absoluten Werten erkennbar (Abbildung 4).

3.3. Klimatische Elemente

3.3.1. Jahresniederschlag

Dieser beträgt bei einer Variabilität von 25 % im Mittel für das Untersuchungsgebiet unter Ausschluß der Nachbarstationen 1292 mm für den Zeitraum 1971 bis 1989, für den Zeitraum 1981-89 1204 mm. Wie aus nachstehender Abbildung 5 zu erkennen ist, sind die Trends der Niederschlagsentwicklung die gleichen, die absoluten Werte variieren wie auch die Seehöhen wechseln. (Abbildung 5).

Betrachtet man die hygrische Kontinentalität nach H. GAMS (1931), so ergibt sich ein allen Fällen ein Winkel, der kleiner ist als 45° , womit der Raum als hygrisch ozeanisch einzustufen ist. Die Niederschläge sind also in Relation zur Seehöhe gesehen relativ hoch. Eine weitere Tendenz läßt sich feststellen: Niedrige Stationen sind stärker ozeanisch geprägt als höher gelegene, die höchsten Gebiete reichen schon sehr nahe an den Wert 45° heran, wodurch das Gebiet insgesamt gesehen als Übergangsbereich zum kontinentalen Klima zu sehen ist.

3.3.2. Die Monatsniederschläge

Die Verteilung der Niederschläge über das Jahr betrachtet entspricht der in den Kalkalpen üblichen. Einem Maximum im März folgt ein Minimum im Zeitraum April bis Juni. Ein zweites Maximum tritt von August bis September auf, das Minimum liegt im Oktober. Die Verteilung der Niederschläge ist aber nur dann als günstig zu bewerten, wenn zwischen den Regenperioden Zeiten mit Schönwetter auftreten, wo die Sonnenbestrahlung ausreicht, um die Bodenoberfläche vollkommen zu trocknen, da die vorherrschenden Wirtschaftsformen von der Heutrocknung abhängig sind.

Im Zeitraum 1971 - 1989 gab es in Frankenfels durchschnittlich 170 Tage mit

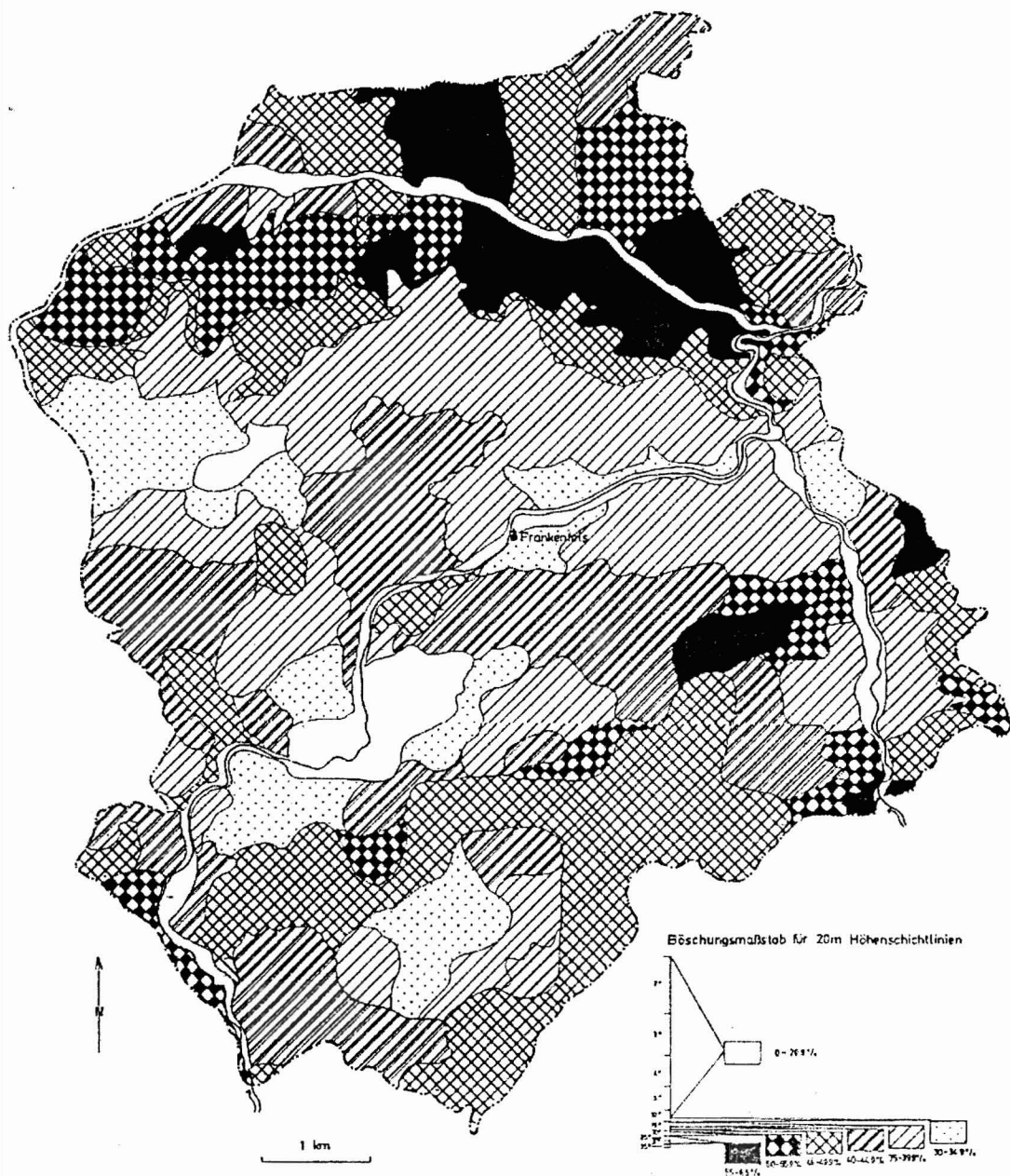


Abbildung 4: Böschungskarte des Untersuchgebietes

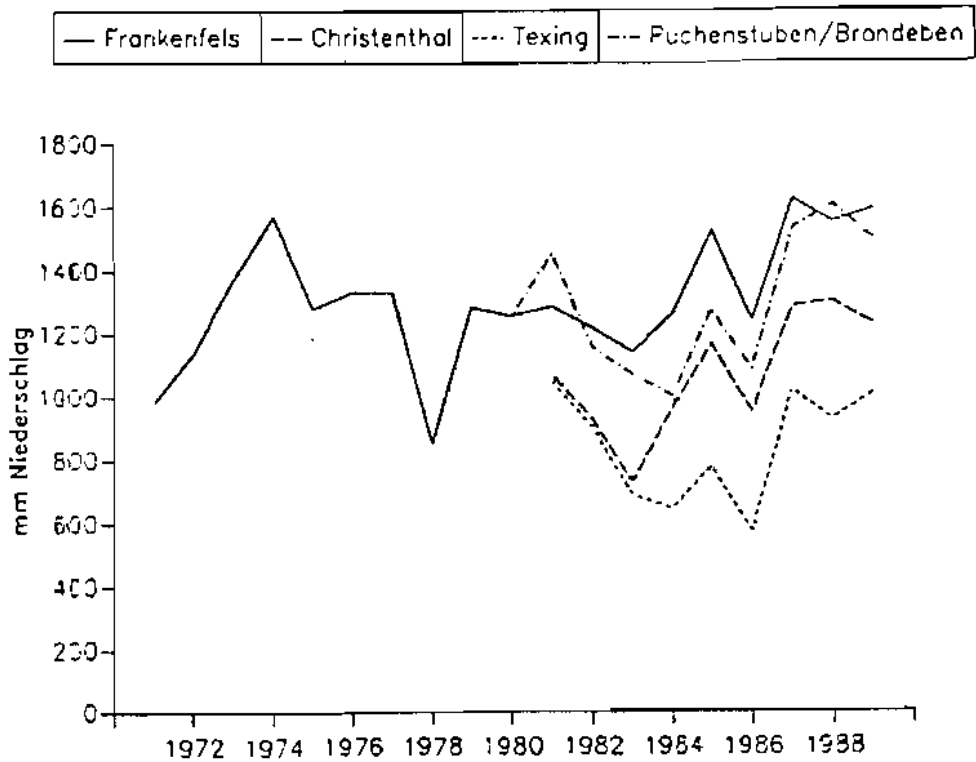


Abbildung 5: Der Gang der Jahresniederschläge im Untersuchungsgebiet:
(Daten: hydrograph.Dienst - Amt der Nö. Landesregierung)

Niederschlagshöhen von mehr als 0,1 mm, 195 Tage sind als niederschlagsfrei zu bezeichnen. 50 % dieser Tage lieferten Niederschlagshöhen von weniger als 5 mm, 18 % von weniger als 1 mm. Bis 1980 existieren Werte zur mittleren Anzahl von Trockenperioden in der Vegetationszeit. Prinzipiell dominieren Perioden mit 6 - 9 Tagen, länger als 20 Tage dauernde niederschlagsfreie Perioden treten im Durchschnitt sehr selten auf (Abbildung 6).

In Hinblick auf die Bewirtschaftungsform, die eine Heutrocknung erfordert, können weitere qualitative Aussagen getroffen werden. Eine große Anzahl von Tagen mit geringen Niederschlägen in der Vegetationszeit ist bei gleicher Gesamtmenge schlechter zu bewerten als weniger Niederschlagstage mit ergiebigen Niederschlägen. Häufige, aber unergiebige Niederschläge behindern die Arbeit auf den Grünlandflächen, ohne die optimale Feuchtigkeit kombiniert mit entsprechend hohen Temperaturen für die Pflanzen zu bieten. Wird auf die Konstanz der Bodenfeuchte Rücksicht genommen, so können die großteils mächtig ausgeprägten B-Horizonte mit ihrer hohen Speicherfähigkeit (s. Kapitel 4.1.) als günstig beurteilt werden, sodaß

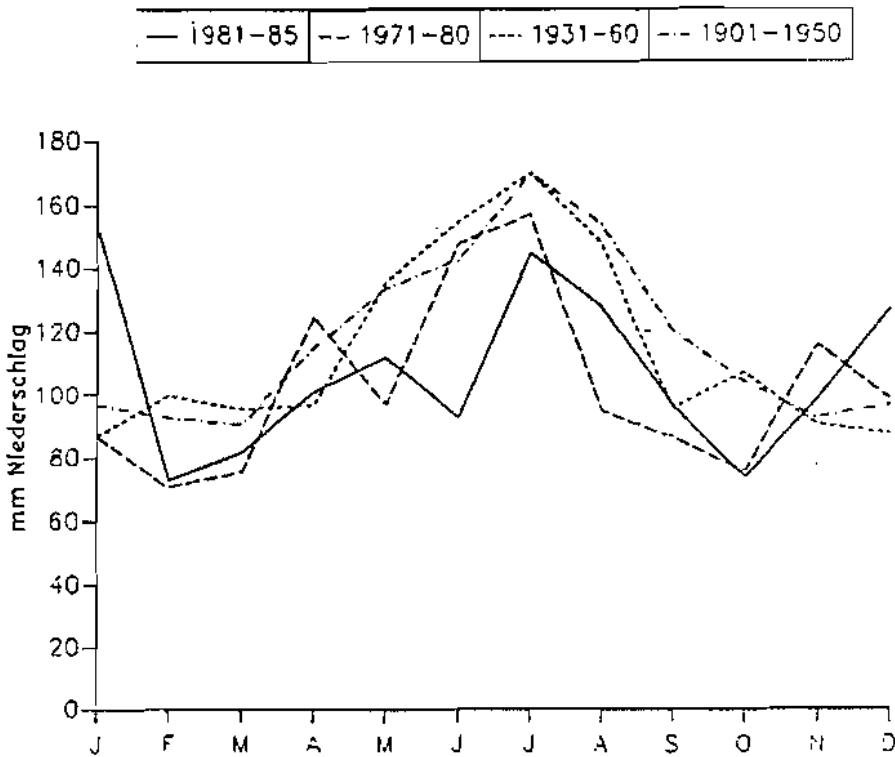


Abbildung 6: Mittlere monatliche Niederschläge der Station Frankenhei unterschiedlicher Mittelwertbildung. (Daten: hydrograph. Dienst - Amt der nö. Landesregierung).

dadurch die im allgemeinen günstige Situation einer großen Anzahl an Niederschlagstagen vollkommen ausgeglichen wird.

Die Sommerniederschläge treten im großen und ganzen als Gewitterniederschläge auf. Deren Nachteile sind Überstau und geringe Eindringtiefe in den Boden infolge erhöhten Abflusses, andererseits hält sich der Temperaturabfall in Grenzen, sodaß das Wachstum der Grünlandpflanzen nicht eingedämmt wird.

Die Winterniederschläge treten im Untersuchungsgebiet entweder in flüssiger oder fester Form - als Schnee - auf. Der Anteil des Schnees an der Gesamtmenge des Niederschlags variiert zwischen 5 % und 12 %. Die Dauer der Schneedecke setzt Grenzen für die potentielle Vegetationszeit. Durchschnittlich beginnt die Schneedecke im November und endet im April, kontinuierliche Bedeckung ist im allgemeinen nicht anzunehmen.

3.3.3. Temperaturverhältnisse

Bei einer durchschnittlichen Jahrestemperatur - für die Zeitperioden 1981 - 89 errechnet - von 7,9°C zeigen sich Abweichungen von 5,6 bis 10,3 %. Das Minimum

wurde im Jahr 1987 mit 7,43°C erreicht, das Maximum mit 8,71°C 1983. Dadurch ergibt sich ein deutliches Überschreiten des Gebietesmittels, das mit 6 - 7°C angenommen wird. Das Mittel für die Vegetationszeit beläuft sich auf 13,2°C im angesprochenen Zeitraum. Dieser Wert liegt im Optimalbereich für Grünland-pflanzen, wodurch der Ackerbau fast vollständig zurückgedrängt wird. Die Dauer der Vegetationszeit - definiert durch ein Minimum im Tagesmittel von 5°C - liegt mit 226 Tagen nahe am österreichischen Mittel von 227 Tagen. Betrachtet man diesen Parameter allerdings in der Zeit von April bis September, so entsteht eine negative Verschiebung von 25 Tagen, was nahezu einem Monat entspricht.

Im Untersuchungsjahr 1989 zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung mit den eben angesprochenen Tendenzen, die Schneedecke lieferte allerdings einen unwesentlichen Beitrag zum Niederschlagsangebot.

3.3.4. Wasserbilanzbetrachtungen nach THORNTHWAITE

Wie aus Abbildung 7 deutlich ersichtlich ist, handelt es sich im Untersuchungsgebiet um ein Gebiet mit permanenten Wasserüberschuß (Abbildung 7).

3.4. Reale natürliche Vegetation und vorwiegende Nutzung

Die Nutzung ist sehr stark determiniert durch das Relief. Bei Betrachtung der Verteilung von Grünland- und Waldflächen zeigt sich folgende Situation: Die Waldflächen liegen in steilen Gebieten, die vom Ausgangsgestein aus morphologisch harten (Kalke, Dolomite) Gesteinen bestehen, das Grünland liegt in Bereichen von Sandsteinen und Mergeln und zeigt Böschungswerte von maximal 35 %.

Die Morphosphäre wurde durch Besiedelung und Bewirtschaftung umgeprägt. Die Rodung war so angelegt, daß kleine Felder getrennt durch eine Vielzahl von Baumreihen und Rainen von Bewaldung freigehalten wurden. Die Verwitterung und Schwerkraft sowie das Auffrieren von Steinen waren die Ursache dafür, daß nach der Schneeschmelze die Felder davon befreit werden mußten und das Material in der Nähe - auf den sogenannten Lesesteinhaufen - deponiert wurde. Kleine Baumreihen und -gruppen waren bevorzugte Lagerplätze. Im Zuge der Mechanisierung und Rationalisierung war die Fläche des einzelnen Feldes zu klein, sodaß Baumgruppen und Lesesteinhaufen sowie Unebenheiten im Gelände entfernt wurden. Für die Bodenprofile ergibt sich daher eine starke Durchmischung und ein erhöhter Anteil an der Kiesfraktion. Eine weitere Meliorationsmaßnahme stellen künstlich angelegte Drainagegräben oder unter der Bodenoberfläche verlegte Drainagerohre dar. Besonders ausgeprägt findet man diese Verbesserungen in Flußnähe und an den Unterhängen, wo aufgrund austretenden Grund- oder Hangwassers Feuchtwiesen entstünden.

Zoogene Mikroformen im Untersuchungsgebiet entstehen auf Standorten, die aufgrund ihrer Steilheit oder schweren Erreichbarkeit sich der maschinellen Nutzung

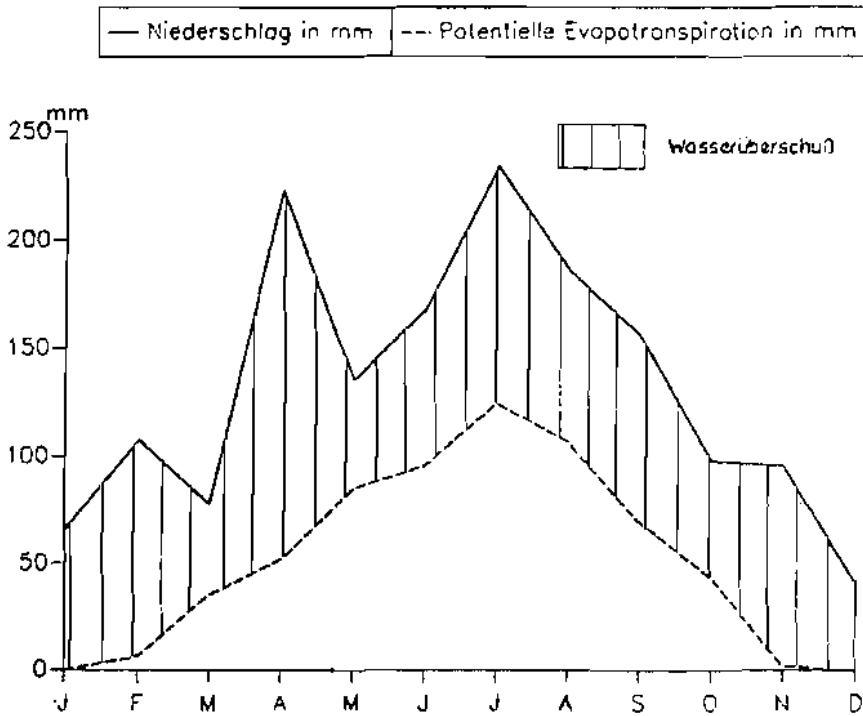


Abbildung 7: Wasserbilanzdiagramm für das Jahr 1989: (Daten: hydrographischer Dienst-Amt der nö. Landesregierung), Potentielle Verdunstung berechnet nach THORNTHWAITE.

entziehen und als Weideland genutzt werden. Beim Abweiden der Gräser legen Rinder etwa 5 km pro Tag zurück. Sie bevorzugen es, sich isohypsenparallel zu bewegen, wodurch kleinste Terrassen (Viehgangeln) entstehen.

Die Waldflächen sind stark beeinflusst durch die Anlage von Forststraßen. Entlang dieser kommt es nach Starkregen häufig zu Nachbrüchen im Böschungsbereich und somit zu Veränderungen des Mikroreliefs.

Vegetationsmäßig gesehen liegt das Untersuchungsgebiet in der Stufe der montanen Buchen-Tannen-Wälder der Randalpen, also im Übergangsbereich der submontanen Eichen-Buchwälder und den Dolomit-Serpentin-Kiefernwälder. WAGNER, H.(1985) beschreibt die natürliche Vegetation im Untersuchungsgebiet. Der Charakter der Vegetationszusammensetzung läßt sich durch die warme bis kühle Waldstufe erläutern. Oberhalb der "Eichenlinie" bleiben Hainbuche, Feldahorn und Edelobstanbau zurück, wonach sich Rotbuchenbestände entwickeln müßten, doch sind Mischwälder auf sandsteinbedingten Böden häufig, auf denen Lärche, Fichten und Tannen wachsen, die auf kalkreichen Standorten durch die Fichte, deren Anteil mit

60 % an den Beständen ausgewiesen wird, dominiert. Generell nehmen die Fichtenbestände gegen den Talhintergrund zu, da sie in Forstkultur angelegt werden. Sofern die auf Lunzer Schichten in Wiesenmulden entstandene voralpine Flora noch nicht durch eine aufgrund von Düngung bedingte einseitige Pflanzensammensetzung ersetzt wurde, treten Türkenbund, Arnika, Akelei und als Leitform auf Sandstein das Heidekraut auf, auf Kalk und Dolomit findet man die Schneerose, auf Dolomit sogar Erika als Leitformen.

3.5. Der Boden als Hauptfaktor einer landschaftsökologischen Standorteinheitengliederung

Für die Fragestellungen, wie sie aus der Themenstellung hervorgehen eignet sich eine kombinierte Aufnahme des Bodentyps als genetischen Entwicklungszustand unter Einbeziehung der Lithologie, die die Reliefentwicklung bedingt und den Bodentyp als Pflanzenstandort modifiziert. Der Bodenaufnahme kommt daher im Rahmen der landschaftsökologischen Untersuchungen große Bedeutung zu, da der Boden ein hochintegratives Merkmal sämtlicher vergangener und gegenwärtig ablaufender Prozesse im geoökologischen Komplex ist (LESER, H. 1978).

3.5.1. Geländearbeit

Innerhalb der Bodenprofilaufnahmen stellen sich grundsätzlich zwei Anforderungen: Die Profile, seien es nun Leitprofile oder systematische Profile, müssen in die Bodensystematik eingeordnet werden. Diese sind zunächst nur für eine begrenzte Fläche repräsentativ. Daran schließt das zweite Problem, daß geschlossene Abschnitte am Hang oder Areale, wenn in der Fläche gearbeitet wird, ausgeschieden werden müssen, innerhalb derer das Profil Gültigkeit besitzt.

Nach einer Stichprobennahme mit dem Pürckhauer-Bohrer muß für die Gewinnung von Bodenproben der Drehbohrer eingesetzt werden. Eine bessere Übersicht bietet die weitaus arbeitsintensivere Profilgrube. Während der Drehbohrer nur die Entnahme von gestörten Proben erlaubt, die Lagerungsverhältnisse gehen dabei verloren, können in der Profilgrube gezielt Proben mit dem Stechzylinder entnommen werden, die die Lagerungsverhältnisse erhalten. Ein weiterer Vorteil der Profilgrube ist die Möglichkeit, nach Horizonten differenzierte Proben zu entnehmen, während bei Profilsäulen kontinuierlich Proben im Abstand von 15 cm entnommen werden und horizontübergreifende Proben daher nicht zu vermeiden sind. Um die Bodenfeuchteverhältnisse zu erhalten, wurden die Proben dicht verschlossen und sofort im Laboratorium einer Bodenfeuchtebestimmung unterzogen.

3.5.2. Messung physikalischer Bodeneigenschaften

Die Kenntnis der Bodenart ist der Ausgangspunkt für viele Fragestellungen im Rahmen der Landwirtschaft und deren Bewertung, da unterschiedliche Kornfraktionen viele biologische, chemische und physikalische Eigenschaften (Wasser- und

Lufthaushalt, plastische Eigenschaft, Quellbarkeit und Nährstoffbindungsvermögen) erfassen.

Die Naßsiebanalyse mit Hilfe eines Schüttelapparates erlaubt eine Fraktionierung der Bodens in die Fraktionen Kies (> 2 mm), Grob-, Mittel- und Feinsand, deren Äquivalentdurchmessergrenzen mit 0,63 mm, 0,2 mm und 0,063 mm definiert sind. Schluff und Ton werden nach der Pipettenanalyse nach KUBIENA analysiert. Abschließend bestimmt man die Bodenart mit Hilfe eines Korngrößendreiecks.

Es wird jener **Wassergehalt** der Bodenprobe bestimmt, den die Probe nach der Entnahme aus dem Boden enthält und in Prozenten berechnet. Das Verhältnis von Bodenmasse und Gesamtvolumen beschreiben die Feucht- und Trockenrohdichte.

Um einen Äquivalentwert für die Feldkapazität, die den Haftwassergehalt und Teile des langsam beweglichen Sickerwassers kennzeichnet, zu erhalten, wurde die **maximale Wasserkapazität** gemessen, worunter diejenige Wassermenge zu verstehen ist, die ein Boden im Stechzylinder bis zur Sättigung entgegen der Schwerkraft halten kann.

In Hinblick auf meliorationstechnische Maßnahmen ist die Ermittlung des **K_f - Wertes** von großer Bedeutung, weil etwa der optimale Dränabstand beurteilt werden kann. Der K_f - Wert ist eine Kennzeichnung der Durchlässigkeit des Bodens.

Um die Volumenverhältnisse einordnen zu können, muß zunächst das Verhältnis aus Trockenmasse und Substanzvolumen - **die Reindichte R_s** - bestimmt werden. Daraus errechnet sich aus dem Verhältnis von Reindichte und Trockenrohdichte der prozentmäßige Anteil des Substanzvolumens (SV) am Gesamtvolumen. Das **Porenvolumen (PV)** stellt die prozentmäßige Ergänzung auf 100 % dar. Unter Kenntnis des Wassergehaltes in Volumenprozent läßt sich aus dem Porenvolumen der Anteil der mit Luft gefüllten Hohlräume (**Luftvolumen LV**) ermitteln.

3.5.3. Bedeutung bodenchemischer Parameter

Der **Karbonatgehalt** hat Pufferwirkung, der die im Boden auftretenden oder in den Boden eingebrachten Säuren zu neutralisieren in der Lage ist. Die verschiedenen im Boden auftretenden Kalzium-, Magnesium-, Eisen- und Natriumkarbonate werden als Kalziumkarbonate zusammengefaßt und mit Hilfe der modifizierten Scheiblerapparatur nach ÖNORM L 1084 analysiert.

Die **Bodenreaktion (pH-Wert)** besitzt komplexe Bedeutung, da sie chemische, biotische und einige physikalische Eigenschaften des Bodens beeinflusst. Die Messung erfolgt mit hochempfindlichen Spannungsmeßgeräten auf elektropotentiometrischem Wege.

Weiters wird der **Glühverlust** der Trockenmasse in Prozenten des Ausgangsmaterials bestimmt. Mit gewissen Einschränkungen kann der Glühverlust als Maß für den Gesamthumusgehalt eines Bodens angesehen werden, der seine Bedeutung in chemisch biologischen Wirkungen besitzt. Die **organische Substanz** und ihr Abbau durch Mikroorganismen bestimmen in ungedüngten Böden die Nährstoffnachlieferung

von oben, viele Nährstoffe werden durch das Adsorptionsvermögen gebunden. Letztlich beeinflußt die organische Substanz auch die Stabilität des Gefüges und verbessert den Wasser- und Lufthaushalt.

Zur Kennzeichnung der Fruchtbarkeitsverhältnisse eines Bodens wurden die Sorptionseigenschaften bestimmt. Der Sorptionskomplex umfaßt die zum Kationenaustausch befähigten Bestandteile des Bodens und bringt das Vermögen zum Ausdruck, Ionen der Nährsalze aus der Bodenlösung an sich zu binden und an die Pflanzenwurzeln durch Austauschadsorption wieder abzugeben. Der Sorptionskomplex 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. Der **V-Wert** definiert den prozentmäßigen Anteil der basischen Kationen am KUK-Wert. Bestimmt werden diese Werte mit dem Bariumdurchwaschungsverfahren.

Der native Charakter des überwiegenden Teils der **Bodennährstoffe** zeigt, daß er großteils aus den Ausgangsgesteinen der Böden hervorgeht. Um einen Standort beurteilen zu können, muß sein mittelfristiges Nährstoffangebot bekannt sein (Abbildung 8).

Unter Kenntnis der Nährstoffdynamik im Boden muß man geeignete Austauschlösungen finden, um die Nährstoffionen aus dem Boden zu extrahieren. Die pflanzenverfügbaren, also mobilen Nährstoffe lassen sich leicht erfassen, unterliegen aber ständigen Veränderungen durch Düngung und Nährstoffzufuhr über das Regenwasser. Aus diesem Grund eignen sie sich weniger zur Charakterisierung eines Standortes. In einer zeitaufwendigen Vollanalyse können die Gitter der mineralbildenden Silikate aufgebrochen werden. Für diese Arbeit interessieren allerdings die als mineralische Nährstoffe geltenden Metallkationen, die im Silikatgitter festgelegt sind, weswegen eine Behandlung mit starken Säuren (Königswasser) ausreicht. Man muß sich allerdings vergegenwärtigen, daß keine Methode der Extraktion in gleicher Weise wirkt wie die Wurzeltätigkeit der Pflanzen.

Das mittelfristige Angebot an **Makronährstoffen** wurde im Säureaufschluß bestimmt. Mit Hilfe Methoden der analytischen Chemie sind Magnesium, Kalzium, Kalium und Natrium erfaßt und berechnet worden.

4. Synthetische Methoden und ihre Anwendung

Der Boden nimmt naturgemäß im Rahmen dieser Arbeit die größte Aufmerksamkeit in Anspruch, da er als hochintegrativer Faktor alle anderen Einflüsse in sich vereinigt und damit zu einer großdimensionierten Standorteinheitenvielfalt führt. Selbst Bodenprofile, die nur wenige Meter voneinander entfernt liegen, zeigen Unterschiede in den physikalischen, wie auch chemischen Eigenschaften. Ob diese Bodenprofile für einen größeren Hangabschnitt repräsentativ sind, hängt vom Maßstab ab. Für jede Standorteinheit existiert ein Katalog von Meßergebnissen, die durch ihre Interpretation und Korrelation untereinander charakteristische Eigenschaften hervorbringen. Die

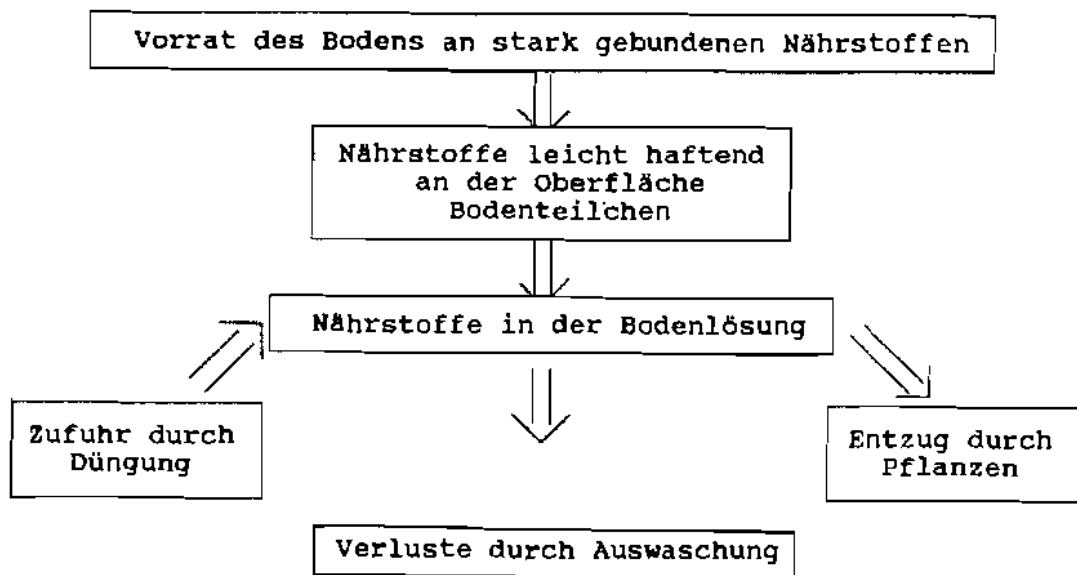


Abbildung 8: Schema zur Nährstoffdynamik im Boden (n. HOFER, H. 1984, umgezeichnet)

notwendige Vielfalt der Meßstandorte und Auswertungsmethoden führte zur Diskussion praktisch-methodischer Fragestellungen. Das erste Ziel bei der Auswahl dieser Methoden und Praktiken konnte nicht sein, die gleiche Detailierung im Rahmen der Erfassung von Einzelprozessen erreichen, die dies die wenig raumgebunden arbeitenden Nachbarwissenschaften durchführen, sondern es mußte bereits mit verallgemeinerten Meßzusammenhängen gearbeitet werden, um die räumliche Vielfalt zu bewältigen, die im Gegensatz zum Aufwand der Einzelerfassung ausgewählter Intensivstflächen steht. Trotzdem war eine detaillierte Standortbeobachtung nicht zu umgehen, um zu einer linienhaften Abgrenzung zu gelangen.

4.1. Beschreibung ausgewählter typischer Profile.

Profil PT2 - Vergleyte Braunerde

Dieses Profil liegt auf einer Erosionsterrasse. Die braune Farbe kommt in der Feuchtigkeitsstufe der frischen Probe deutlicher zum Ausdruck als in der der maximalen Wasserkapazität. Während der A- Horizont den Wert 2,5 Y 3/3 aufweist, zeigen die Horizonte darunter im Gelände Werte im Bereich von 10 YR 5-6/4, im

Bereich der Probe 4 sogar 7,5 YR 4/6, was auf den Oxidationshorizont hindeutet (Abbildung 9 im Anhang).

Daß es sich um einen vergleyten Boden handelt, zeigt die Bodenartenbestimmung mit zunehmenden Tongehalten von oben nach unten. Toniger Schluff bis sandiger

PROFIL PT2:

VERGLEYTE BRAUNERDE

Höhenlage: 467 m

Relief: Erosionsterasse; 12°, E

Ausgangsgestein: Kalkblöcke

Nutzung: Mähwiese

Diagramm PT2 a:

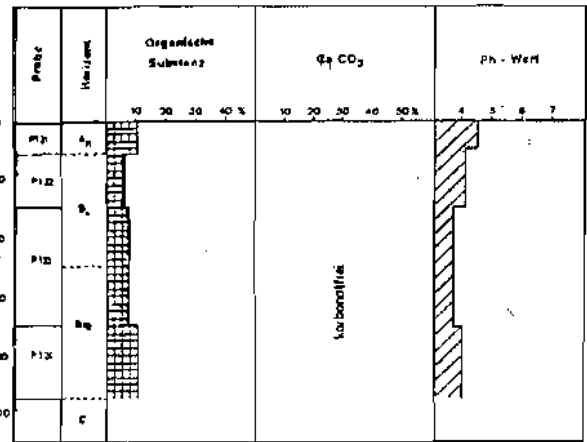


Diagramm PT2b:

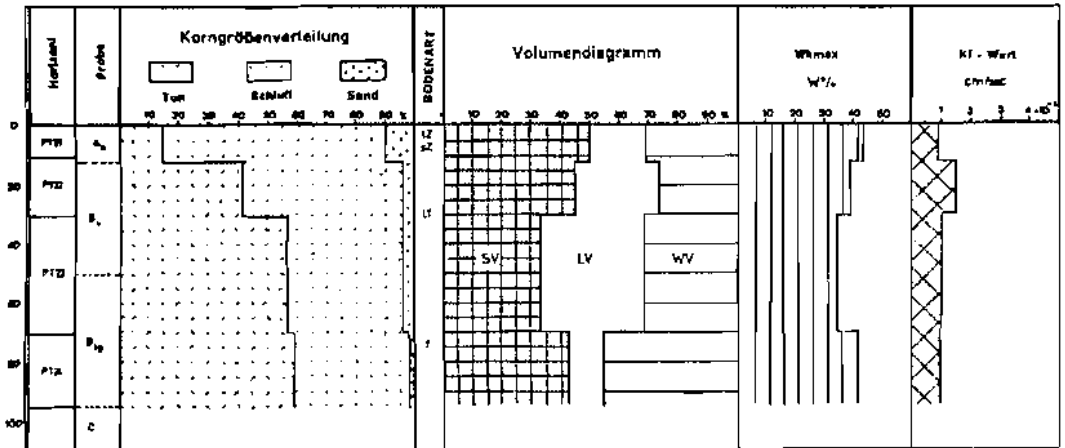


Abbildung 9: Darstellung der Analyseergebnisse für Profil PT2.

Schluff sind in der Probe PT21 vertreten, über Lehmton im darunterliegenden Horizont geht die Bodenart bis zum Ton. Typisch ist die Zunahme des Tonanteiles von 15,41 % auf 59,75 %. Der Sandanteil dagegen verläuft verschwindend klein von 10,66 % bei

Probe 1 auf 2,33 % bei Probe 4. Da der Schluffanteil abnimmt, ist daraus die maximale Wasserkapazität in ihrer Abnahme zu erklären. Der hohe Wert der Durchlässigkeit in PT22 ist allerdings untypisch, zumal das gesamte Profil einen konstanten Eindruck hinterläßt.

Interessant gestaltet sich die Verteilung der Volumengrößen. Während im Ah-Horizont mit 50 % Substanzvolumen bereits leichte Verdichtungserscheinungen vorliegen, das Luftvolumen beträgt nur 18,14%, nimmt das Substanzvolumen gegen die Tiefe hin ab. PT23 könnte somit als alter Wurzelraum angesehen werden, der gebildet wurde als diese Fläche noch für den Getreideanbau genutzt wurde. Abgestorbene Wurzeln und der gegen die Tiefe hin zunehmende Gehalt an organischer Substanz würde die Theorie festigen. Verstärkt könnte diese Tatsache werden durch das Gefüge. Außerdem liegt in diesem Bereich der Oxidationshorizont, was auf die Anwesenheit von Sauerstoff hinweist. Gleich darunter ab einer Tiefe von 70 cm nimmt das Luftvolumen durch eine Zunahme des Substanzvolumens und des Wasservolumens ab. Der Einfluß des Hangwassers macht sich bemerkbar und die Reduktionsflecken dominieren über die Oxidationserscheinungen, was die Farbe der geländefeuchten Probe andeutet.

Der Boden ist karbonatfrei und kann als entkalkt angesehen werden. Die Abnahme des pH-Wertes ist charakteristisch von Probe 1 bis 3. Die Zunahme ab einer Tiefe von 75 cm ist auf das zunehmende Wasserangebot aus dem Hangwasser erklärt.

Profil PT4 - Vergleyte Rendzina - und Profil PT5 - Rendzina

Beide Bodenprofile sind auf kalkhaltigem Material entstanden und bilden daher Rendzinen aus, die jedoch unterschiedliches Reifestadium ausweisen. Während PT5 auf Hangschutt gebildet physiognomisch noch den Habitus eines Rohbodens erkennen läßt, ist bei PT4 die Verwitterung weiter fortgeschritten, sodaß sich auch eine um 10 cm größere Mächtigkeit erkennen läßt. (Abbildungen 10 und 11).

Beide Böden erhalten die braune Farbe durch die Verwitterung des Ausgangsmaterials. Bei der Lösung des Karbonatgesteines wird das Eisenkarbonat in Limonit verwandelt und gibt dem Boden die Farbe. Somit ist ein brauner Saum gegen den C-Horizont ausgebildet, seine Grenzen sind allerdings nur undeutlich zu erkennen.

Der Tonanteil im Profil PT4 ist mehr als doppelt so hoch wie im anderen Profil. Dadurch variieren die Bodenarten. Toniger Schluff wurde für das Profil PT5 bestimmt. PT4 liefert im gesamten Profil Lehmton. Der relativ höhere Sandgehalt der Rendzina aus Kalkschutt deutet auf die jüngere Geschichte des Bodens hin, die Lösungsverwitterung ist daher weniger weit fortgeschritten als beim Profil PT4, wo allerdings die stark angewitterten Blöcke zu erwähnen sind, die den (AC)-Horizont durchsetzen und bei der Probennahme nicht einbezogen werden konnten.

Beide Profile weisen eine relativ gute Konstanz im Luftvolumen mit Anteilen von 30 bis 35 % auf. Die geringeren Tonanteile bei Profil PT5 ergeben ein Vielfaches der Durchlässigkeit des anderen Horizontes. Dieser hohe Wert wird determiniert durch den

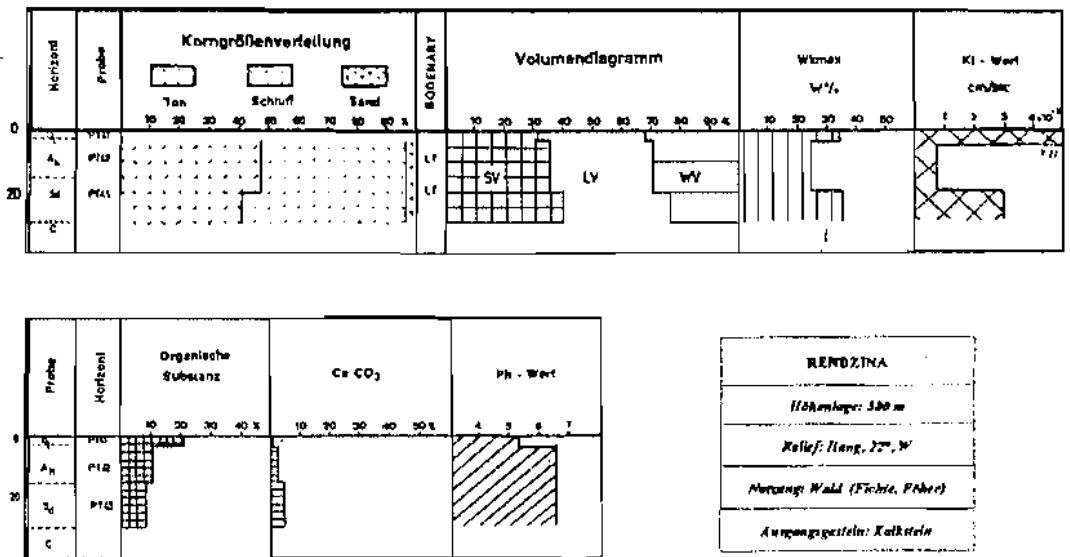


Abbildung 10: Darstellung der Analyseergebnisse für Profil PT4.

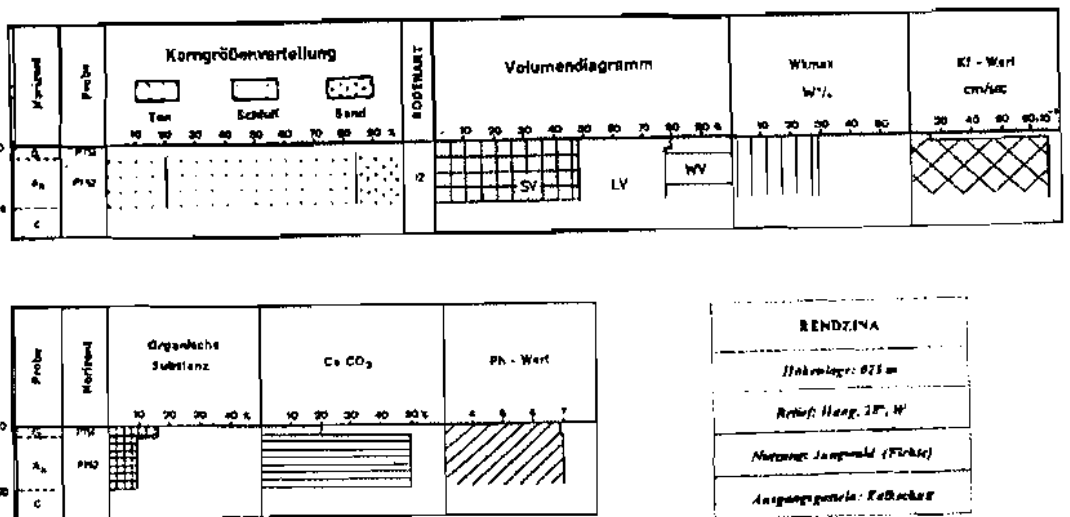


Abbildung 11: Darstellung der Analyseergebnisse für Profil PT5.

Grobanteil in dieser Profilprobe. Er nimmt mehr als die Hälfte des Atragewichts ein, sodaß hier die Verhältnisse nach dem Grobanteil mit einer Korngröße von > 2mm in die Interpretation einbezogen werden müssen. Gerade dieses Faktum gibt wieder einen Hinweis auf die relativ jüngere Bodenbildung als bei Profil PT4.

Die chemischen Eigenschaften repräsentieren Waldstandorte. Die organische Substanz nimmt vom Auflagehorizont zum C-Horizont hin ab. Der Karbonatgehalt des relativ jüngeren Boden zeigt hohe Werte von 20 bis 50 %, während in Profil PT4 die Gehalte unter 5 % bleiben. Die pH-Werte stellen dem sauren OI-Horizont den neutralen Ah- oder (AC)-Horizont gegenüber.

4.2. Standorteinheiten im Vergleich

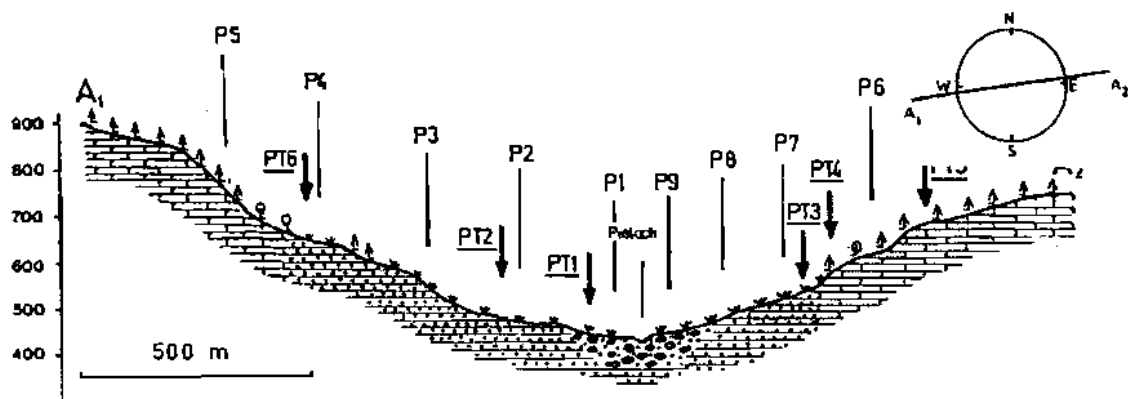
In der Standorteinheitengliederung soll eine Synthese der Analysendaten versucht werden, was bedeutet, die auf analytischen Wege im Gelände und Labor ermittelten Daten zu korrelieren. Ein einzelnes Bodenmerkmal darf daher nur dann als entscheidend bewertet werden, wenn es ökologisch gesehen einen extremen Mangel oder einen Überschuß ausweist, was in den vorliegenden über 40 Profilen nicht der Fall war.

Die Schwierigkeit der Gliederung eines Raumes besteht darin, Grenzen zu definieren und diese zu begründen. Ein wichtiger Ausgangspunkt bleibt der Faktor Maßstab. Abhängig davon muß über Unterschiede generalisiert werden. Während Topographie, Lithologie und Relief leicht zur Abgrenzung herangezogen werden können, tritt beim Faktor Boden das Problem seiner Hochintegrativität auf, was dazu führt, daß kaum gleiche Bodenprofile, die idente Aussagen zu liefern im Stande sind, existieren. Der Boden vereinigt auch die geringsten Unterschiede in sich und seiner Ausprägungsform. Aus diesem Grund und den unterschiedlichen Methoden Bodenproben zu werben, war eine Einheitlichkeit der Böden innerhalb der Standorteinheiten nicht zu erwarten. Da die Abgrenzungen eine Bewertung für die Landwirtschaft nach sich ziehen sollen, wurden auch technische Aspekte der Bearbeitbarkeit der Hangabschnitte einbezogen, um die Standortvielfalt zu übergeordneten Typen zusammenzufassen (Abbildungen 12 bis 14 im Anhang).

Ziel ist es, die Vielfalt der gewonnenen Ergebnisse darzustellen und zu sichern. Zu diesem Zweck wurde der Standorteinheitenvergleich gewählt (Abbildungen 15 bis 17).

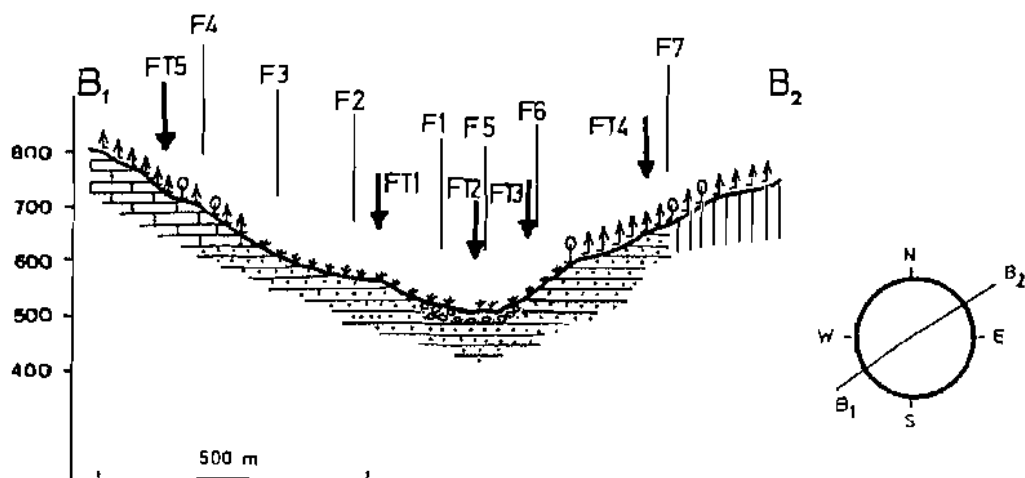
Nach Abgrenzung der Standorteinheiten der drei Talbereiche Pielachtal, Fischbachtal und Weißenbachtal, die den Abbildungen 12 bis 14 entnommen werden können, sollen die einzelnen Standorteinheiten anhand der schematisch tabellarischen Aufstellungen (Abbildungen 15 bis 17) verglichen werden.

Von der Höhenerstreckung der Standorteinheiten aus gesehen, ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen Wald- und Grünlandstandorteinheiten. Die ausgedehnten Waldbereiche wurden aufgrund der vorwiegenden Nutzung und den Nutzungsbeschränkungen nicht weiter differenziert. Nur wenige Partien der Einheiten zeigen Böschungswerte von weniger als 30°, was sich aus den geologisch



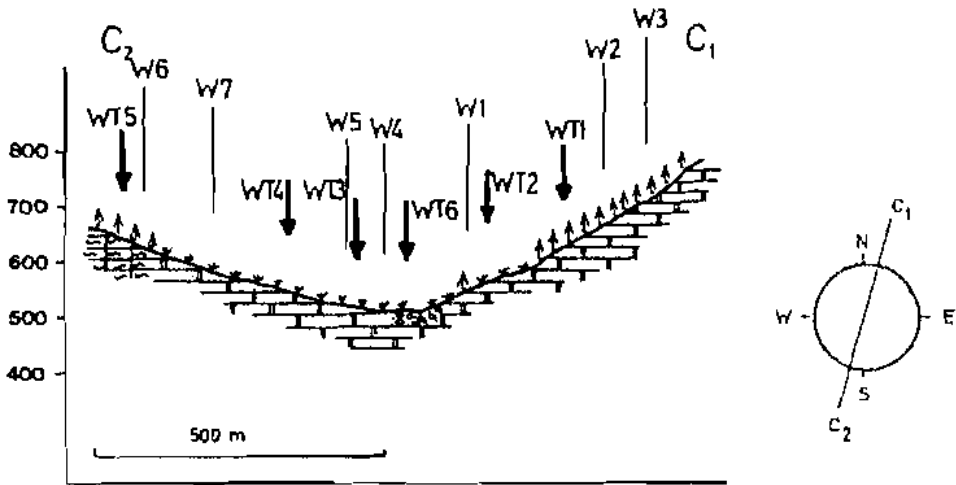
SONNBERG		Terrasse	Talboden	SCHNABELSTEIN		TOPOGRAPHIE	
Kalke der Lunzer Decke	Lunzer Sandsteine		Alluvionen	Lunzer Sandsteine	Kalke der Lunzer Decke	LITHOLOGIE	
Rendzina	vergleyte Braunerde		Aurol-boden	Schüttung Braunerde	Rendzina pseudovergleyt	BÖDEN	
1292						Jahresnieder-schlag mm	
79						Jahrestempera-tur °C	
A1	A2a, A2b, A2c	A3	A4	A5	A6	A7	Standort -einheiten
Mischwald	Misch-wald	Jung-wald	Grünland		Mischwald Nadelwald	NUTZUNG	

Abbildung 12: Abgrenzung von Standorteinheiten im Pielachtal.



HOLZERBERG		Terrasse	Tal-boden	TRAHÜTTEN		TOPOGRAPHIE	
Kalke der Lunzer Decke	Lunzer Sandsteine		Alluvion	Lunzer Sandsteine	Schiefer	LITHOLOGIE	
Rendzino pseudo-vergleyt	Hanggley	Braunerde vergleyt	Auböden	vergleyt Braunerde	Braunerde	BÖDEN	
1292						Jahresnieder-schlag in mm	
7.9						Jahrestemperatur in °C	
B1	B2	B3	B4	B5	B6a	B6b	Standarteinheiten
Wald	Weide	Grünland		Weide	Wald		NUTZUNG

Abbildung 13: Abgrenzung von Standarteinheiten im Fischbachtal.



HANG		Terrasse	Talboden	ASANGKOGEL		TOPOGRAPHIE	
Flecken- mergel u. Schiefer	Hauptdolomit		Alluvionen	Hauptdolomit		LITHOLOGIE	
Braunerde	Braunerde vergleyt	Braunerde	Au- böden (grau)	Braunerde vergleyt	Rendzina	BÖDEN	
1292						Jahresniederschlag in mm	
7.9						Jahrestemperatur in °C	
C1	C2a	C2b	C3	C4	C5	C6	Standorteinheiten
Wald	Grünland				Wald	NUTZUNG	

Abbildung 14: Abgrenzung von Standorteinheiten im Weißenbachtal.

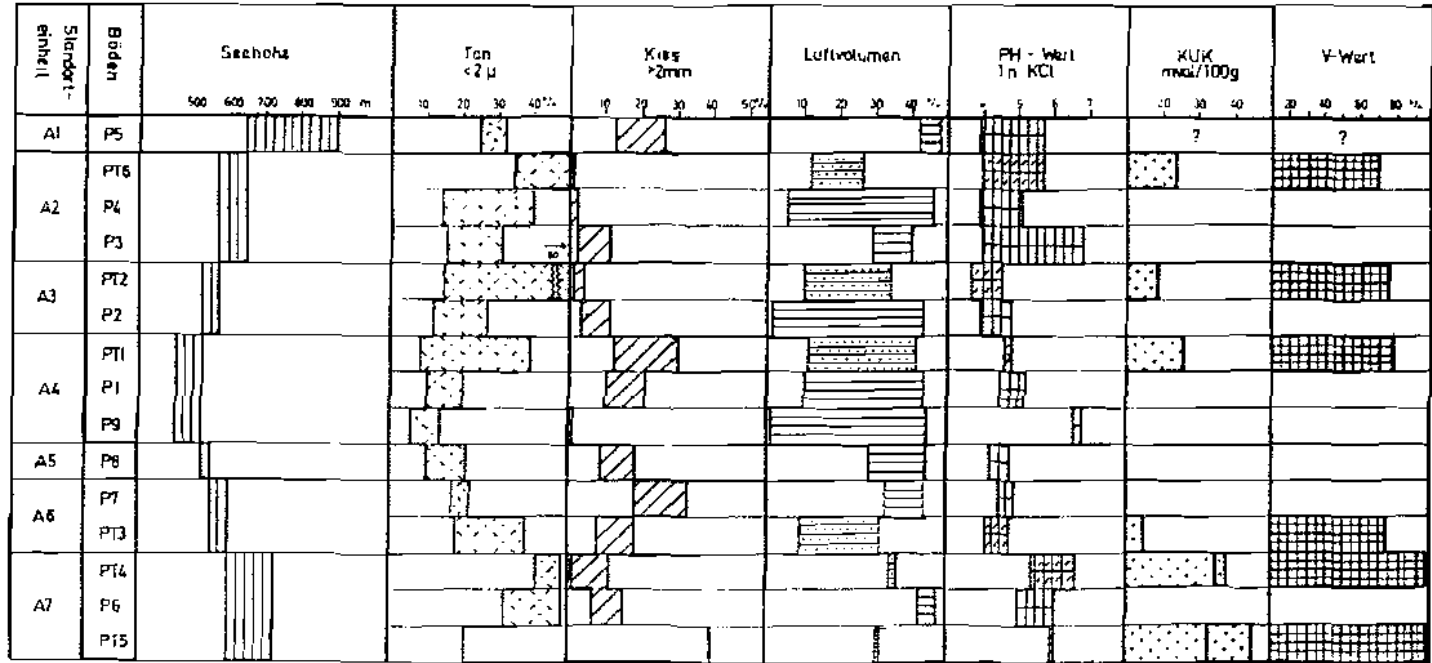


Abbildung 15: Schematisch-tabellarischer Überblick ausgewählter Parameter im Pielachtal.

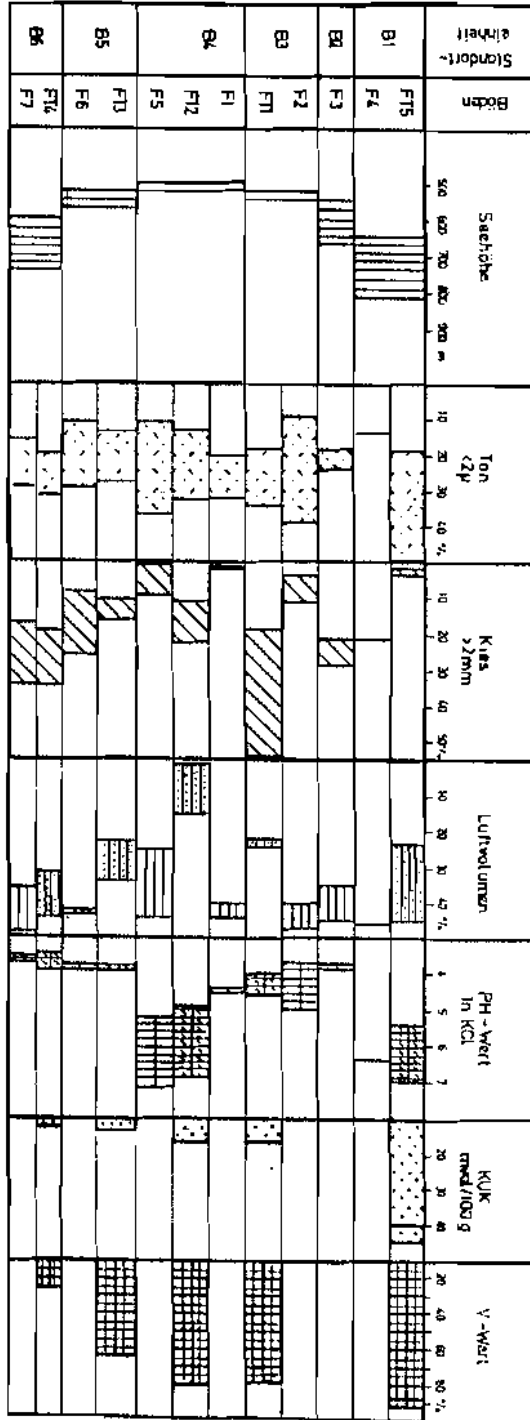


Abbildung 16: Schematisch-tabellarischer Überblick ausgewählter Parameter im Fischbachtal.

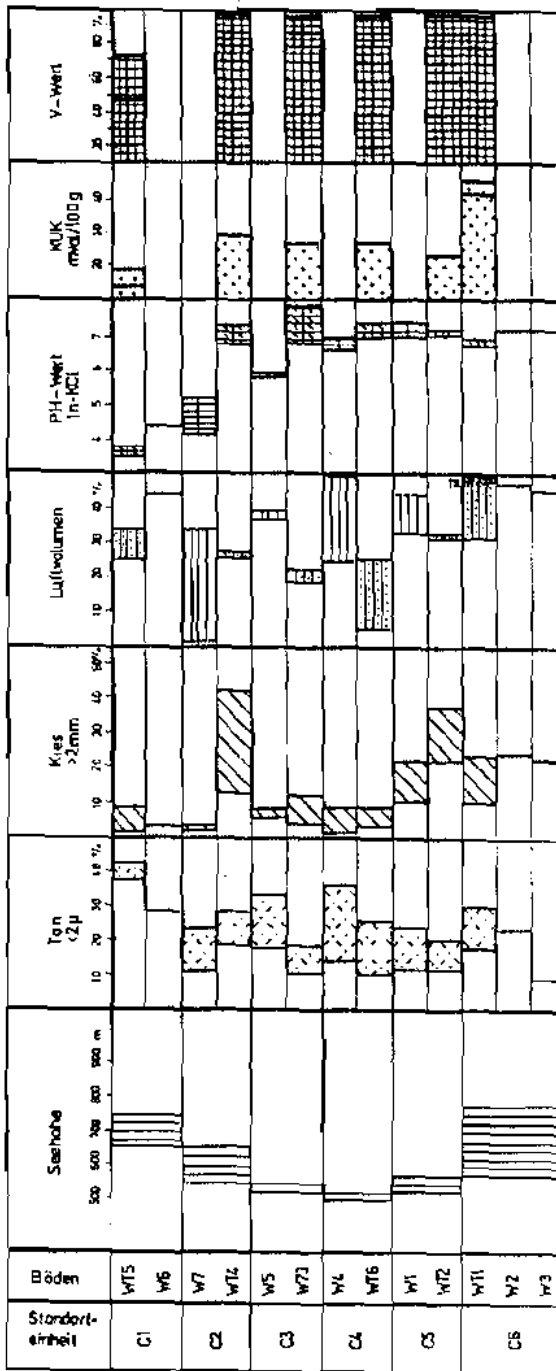


Abbildung 17: Schematisch-tabellarischer Überblick ausgewählter Parameter im Weißenbachtal.

Begebenheiten in diesen Profilabschnitten erklärt. Das bedeutet, daß sich die Standorteinheiten im wesentlichen an die Grenzen der heutigen Hauptnutzungsgebiete halten, aber in den tiefer gelegenen Bereichen durch das Relief eine weitere Gliederung erhalten. Die Ähnlichkeit der drei ausgewählten Täler geht schon aus der Anzahl der Standorteinheiten hervor. Ein Talbodenbereich wird nach oben hin abgelöst durch mehr oder weniger stark geneigte Hänge auf der einen Flußseite, auf der anderen ist in jedem Tal eine deutlich abgegrenzte Erosionsterrasse zu beobachten. Die Oberhangbereiche werden eingenommen von den Standorten A1, A7, B1, B6, C1 und C6, die ausnahmslos in der vorwiegenden Nutzung Waldwirtschaft zeigen.

Bei Vergleich der aufgelisteten physikalischen Merkmale fällt eine weitere Ähnlichkeit zwischen den Tälern auf, da die Schwankungsbreiten sehr gut übereinstimmen. Als catenenabhängige Faktoren treten im Pielachtal die minimalen Tonanteile auf, die von A1 bis zu A4 abnehmen und mit der Zunahme der Seehöhe unter Ausschluß der Profiles PT5 wieder ansteigen. Die maximalen Anteile unterliegen bei keinem Profil einer offensichtlich regelhaften Abfolge, ebensowenig die Kiesanteile, die sich nur als Unterscheidungskriterien innerhalb der Standorteinheiten zu weiterer Differenzierung eignen, da es sich um ein vom Mikrorelief im allgemeinen stark abhängiges Kriterium handelt. Dies soll ein Beispiel verdeutlichen, das dem Fischbachtal entnommen ist. Eine kontinuierliche Zunahme der Grobanteile vom Talbodenbereich (Profil F5) der Standorteinheit B4 bis zum Oberhang Profil F7 in der Standorteinheit B6 ist nur dann vorhanden, wenn die einzelnen Standorteinheiten in sich als homogen unter Berücksichtigung eines bestimmten Maßstabes zu bezeichnen sind. Das gegenteilige Beispiel für Reliefunterscheide in der Beeinflussung des Kiesanteiles liefert ebenfalls das Fischbachtal in der Standorteinheit B1 dokumentiert im Bodenprofil FT1, das im Nahbereich der Terrassenkante gelegen maximalen Grobanteil gegenüber Profil F2 aufweist. Im Weißenbachtal macht sich die Hangform in der Standorteinheit C2 mit Bodenprofil WT4 mit seinen hohen Kiesanteilen, die durch ähnliche Prozesse hervorgerufen werden wie im Fischbachtal bemerkbar.

Die Luftverhältnisse wurden anstelle des häufig herangezogenen Wasserangebotes im Wurzelraum zur Charakterisierung verwendet, da in einem Gebiet mit Wasserüberschuß diesem Faktor eher eine wuchsbegrenzende Funktion aufgrund seines minimalen Angebotes zukommt als einem Wassermangel bei übermäßiger Durchlüftung. Außerdem unterliegt dieser Faktor jahreszeitlichen Rhythmen. Die größten Schwankungen innerhalb der Standorteinheiten zeigt das Pielachtal. Reliefabhängige Tendenzen sind nur bei Betrachtung einzelner Hangabschnitte auffallend, wie beispielsweise eine Abnahme der maximalen Kapazitäten im ostexponierten Mittelhangbereich, abgeleitet wird dies aus den Bodenprofilen P5, P4 und P6. Ein Gefälle von der Standorteinheit A1 zu der von A3 ist daher zu beobachten. Das gleiche betrifft einen Anstieg von P9 bis P6 am Gegenhang bei Betrachtung der Minima im Luftangebot.

In den anderen Tälern kommt der Einfluß des Hang- oder Grundwassers bei

catenenhafter Betrachtung deutlicher zum Ausdruck. Im Weißenbachtal zeichnen sich diese Zu- und Abnahmen im Luftvolumen bei Betrachtung der Minima wie auch der Maxima im Herbst in Korrelation mit der Seehöhe modellhaft ab, was auch für das Fischbachtal festzustellen ist. Im Gegensatz dazu liefern die entnommenen Proben im Frühjahr des Beobachtungsjahres 1989 nicht solche eindeutigen Aussagen.

Der Verlauf der pH-Werte nach Standorteinheiten betrachtet zeigt bei einer jahreszeitlichen Differenzierung für die Täler Weißenbach und Fischbach jeweils einander gleich verlaufende Kurven, im Pielachtal durchbrechen die Maxima der Profil P3 und P9 einen ausgeglichenen Verlauf dieser Kurven. Damit steht mit den erwähnten Ausnahmen folgende Situation im Raum. Der homogenen Abfolge im Pielachtal steht die Zunahme der pH-Werte im Weißenbachtal von der Standorteinheit C1 bis C2 und dem anschließenden Konstantbleiben bis zum Talboden sowie am Gegenhang gegenüber. Eine direkte Abhängigkeit von der Karbonathaltigkeit des Ausgangsgesteins ist daraus ableitbar. Das Fischbachtal zeigt zusammenfassend gesehen größere Schwankungen.

Die Abfolgen der Kationenaustauschkapazität sind in enger Verbindung mit den pH-Werten zu sehen, die V-Werte liegen im Weißenbachtal am höchsten die Minima findet man im Fischbachtal. Auffallend tritt der Unterschied zwischen Waldstandorten und Grünlandbereichen hervor, die höchsten Werte zur Kationenumtauschkapazität sind zu finden in den Proben aus den Waldbereichen, wenn nicht ein extrem niedriger pH-Wert sich negativ auswirkt.

5. Zusammenfassung

Die Themenstellung zog nach sich, daß die landschaftsökologisch relevanten Parameter zunächst in Einzelanalyse behandelt und anschließend durch Aggregierung zu einer Synthese zusammengefaßt werden konnten. Die Gliederung der Geländeprofile enthält auch einen Bewertungsansatz für die Nutzung im Rahmen der land- und Forstwirtschaft.

Naturgemäß kommt dem Boden das größte Gewicht in den Analysen zu, da er als hochintegrativer Faktor alle anderen Einflüsse in sich vereinigt und damit den Raum zu gliedern imstande ist. Die räumliche Vielfalt wurde dadurch bewältigt, daß teilweise mit übergeordneten Meßzusammenhängen gearbeitet wurde. Die qualitativen Ergebnisse wurden mit den quantitativen in Übereinstimmung gebracht und eine Gliederung des Raumes vorgestellt.

Im gesamten gesehen ist die Nutzung im Untersuchungsgebiet determiniert durch das Klima. Grünland- und Waldstandorte treten eng geknüpft an die geologischen und im folgenden an die Reliefeigenschaften auf. Die Bearbeitbarkeit aufgrund der Steilheit und der Korngrößenzusammensetzungen zieht weiters die Grenzen zwischen Wald- und Grünlandnutzung. Das Überangebot an Wasser führt zur weitgehenden Entkalkung der Böden und zur Verminderung des Luftangebotes in niederschlagsreichen Perioden.

Daraus läßt sich erkennen, daß die Erforschung des vielfältigen Zusammenwirkens

der Geokomponenten und der haushaltlichen Funktionsmechanismen in der Landschaft wichtig ist und Einzelfragestellungen alleine nicht genügen. Als Ausblick wäre eine weitere Untersuchung für technische Fragestellungen anzuführen, was vor allem die Ausdehnung des Beobachtungszeitraumes erforderte.

6. LITERATUR

- BARSCHE, H.; BILLWITZ, K. u. E.SCHOLZ (1984): Labormethoden in der Physischen Geographie. 1.Auflage. Geograph.Kartograph. Anstalt Gotha: VEB.H.HAACK.
- BAUMGARTNER, B. u. W. TIPPELT (1985): Das Ötischerland. Ein Reise- und Wanderführer. St. Pölten: Niederösterr. Presseverlag.
- FINK, M. (1967): Beiträge zur Geomorphologie der Voralpen an der Pielach. Dissertation an der Universität Wien.
- GAMS, H. (1931): Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. In: Zeitschrift für Erdkunde zu Berlin, 1931.
- GRUBNER, E. (1990): Landwirtschaftliche Gliederung und landschaftsökologische Parameter sowie deren Bewertung unter besonderer Berücksichtigung des Bodens im Oberen Pielachtal am Beispiel der Gemeinde Frankenfels, Niederösterreich. Unveröff. Diplomarbeit der grund- und integrativwissensch. Fakultät der Universität Wien.
- HARTL, H. (1950): Geologie der Kalkalpen und der Flyschzone im Raume Frankenfels und Plankenstein, NÖ. In: Mitteilungen der Ges. Geolog. Bergbaustudien, Wien, 2. Band, Heft 1. Wien.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST VON NIEDERÖSTERREICH (1989): Aufzeichnungen der Klimastationen Frankenfels, Schwarzenbach, Puchenstuben/Brandebe, Puchenstuben und Christenthal. Unveröffentlichte handschriftliche Manuskripte aus den Jahren 1971 - 1989.
- HYDROGRAPH. JAHRBUCH VON ÖSTERREICH (1982): Herausgegeben vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. 90.Band. Wien.
- LESER, H. (1978): Landschaftsökologie. Stuttgart. Ulmer =UTB Taschenbuch 1106.
- TROLL, C. (1968): Landschaftsökologie. In: Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie, Den Haag.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (1989): ÖNORM L 1084. Chemische Bodenuntersuchungen. Bestimmung von Karbonat. Wien.
- WAGNER, H. (1985): Die natürlichen Pflanzendecke Österreichs. In: Kommission für Raumforschung der österr. Akademie der Wissenschaften. Beiträge zur Regionalforschung. Herausgegeben von H. BOBEK. Band 6. 1985. Wien.

7. Anhang

Abbildung 9: Darstellung der Analysenergebnisse für Profil PT2

Abbildung 10: Darstellung der Analysenergebnisse für Profil PT4

Abbildung 11: Darstellung der Analysenergebnisse für Profil PT5

Abbildung 12: Abgrenzung von Standorteinheiten im Pielachtal

Abbildung 13: Abgrenzung von Standorteinheiten im Fischbachtal

Abbildung 14: Abgrenzung von Standorteinheiten im Weißenbachtal

Abbildung 15: Schematisch-tabellarischer Überblick ausgewählter Parameter im Pielachtal

Abbildung 16: Schematisch-tabellarischer Überblick ausgewählter Parameter im Fischbachtal

Abbildung 17: Schematisch-tabellarischer Überblick ausgewählter Parameter im Weißenbachtal

Abbildung 9: Darstellung der Analysenergebnisse für Profil PT2

Abbildung 10: Darstellung der Analysenergebnisse für Profil PT4

Abbildung 11: Darstellung der Analysenergebnisse für Profil PT5

Abbildung 12: Abgrenzung von Standorteinheiten im Pielachtal

Abbildung 13: Abgrenzung von Standorteinheiten im Fischbachtal

Abbildung 14: Abgrenzung von Standorteinheiten im Weißenbachtal

Abbildung 15: Schematisch-tabellarischer Überblick ausgewählter Parameter im Pielachtal

Abbildung 16: Schematisch-tabellarischer Überblick ausgewählter Parameter im Fischbachtal

Abbildung 15: Schematisch-tabellarischer Überblick ausgewählter Parameter im Weißenbachtal

**ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΚΕΧΡΙΩΝ - ΑΡΧΑΙΑΣ ΚΟΡΙΝΘΟΥ
ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Δ.* και ΓΑΚΗ-ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Κ.**

* Σεισμολογικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 110 10 Αθήνα

** Τομέας Γεωγραφίας - Κλιματολογίας, Γεωλογικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Αθηνών,
Πανεπιστημιόπολις, 157 04 Αθήνα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή συσχετίζονται γεωμορφολογικές παρατηρήσεις, σεισμολογικά δεδομένα και αρχαιολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής Κεχριών Κορινθίας, με σκοπό την πληρέστερη κατανόηση της σεισμοτεκτονικής συμπεριφοράς της περιοχής αυτής ιδιαίτερα κατά τους ιστορικούς χρόνους.

Από την περιοχή αυτή διέρχεται η ρηξιγενής ζώνη Κεχριών - Αρχαίας Κορίνθου η οποία οριοθετεί, τις Πλειο-Πλειστοκαινικές αποθέσεις προς βορρά, με τους Μεσοζωϊκούς ασβεστολίθους των αρεινών όγκων Ονειών - Ακροκαρίνθου προς νότο.

Από την γεωμορφολογική μελέτη της ζώνης Κεχριών - Αρχαίας Κορίνθου, της παράκτιας ζώνης των Κεχριών και από την ύπαρξη βυθισμένων αρχαίων κατασκευών στο λιμάνι των Κεχριών προκύπτουν ενδείξεις για νεοτεκτονική δραστηριοποίηση της ρηξιγενούς αυτής ζώνης. Οι ενδείξεις αυτές συσχετίζονται με ιστορικές αναφορές για μεγάλους σεισμούς και με σύγχρονες ενόργανες σεισμολογικές καταγραφές.

**GEOMORPHOLOGICAL OBSERVATIONS AT THE AREA
OF KEHRIES - ANCIENT CORINTH
AND THEIR CORRELATION WITH SEISMOLOGICAL DATA**

ABSTRACT

In this study geomorphological observations, seismological data and archaeological evidence are correlated in order to understand the seismotectonic behaviour of the area of Kehrie (Corinth), in historical times. From this area passes the fault zone of Kehrie - Ancient Corinth, which is the boundary of the Plio-Pleistocene deposits in the north and the Mesozoic limestones in the south.

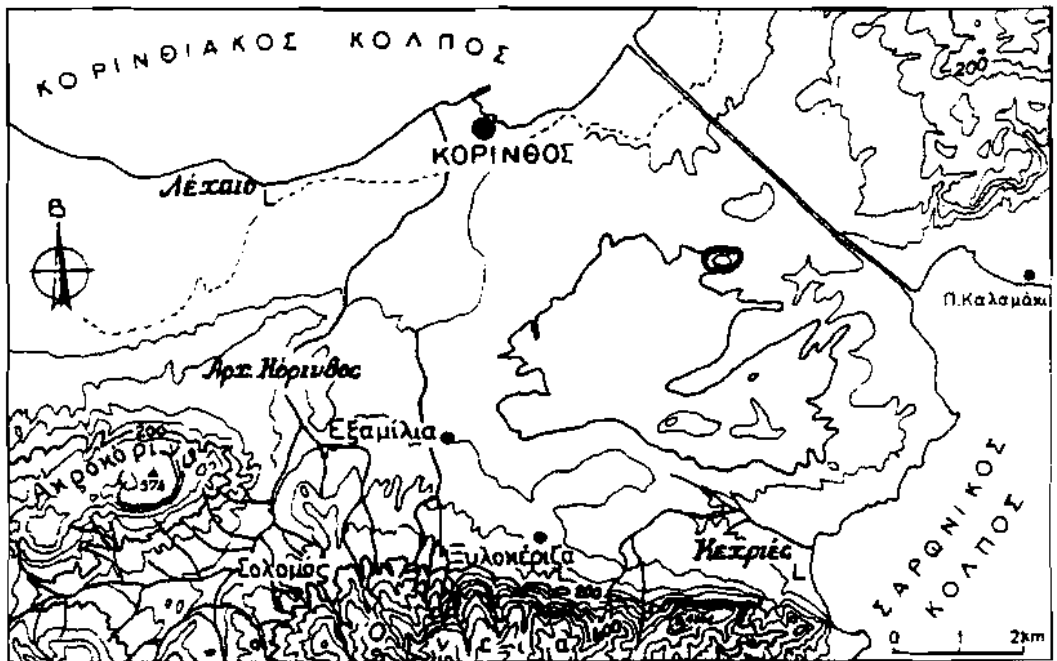
The geomorphological study of the fault zone, the coastal area of Kehrie and the existence of submerged ancient structures at the harbour of Kehrie gave evidence of reactivations of the fault zone. These reactivations are correlated with modern seismological data and historical reports of occurrences of big earthquakes which damaged the areas of Kehrie - Ancient Corinth.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Κορινθιακός κόλπος είναι ένα ασύμμετρο τεκτονικό βύθισμα, το οποίο προς νότο ορίζεται από μία σειρά κανονικών ρηγμάτων, που έχουν διευθύνσεις Α-Δ και Α.ΝΑ-Δ.ΒΔ και τα οποία κλίνουν προς βορρά.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από έντονη σεισμικότητα το δε νότιο τμήμα της από υψηλούς ρυθμούς κατακόρυφης ανύψωσης, με αποτέλεσμα κατά μήκος της ακτής της Β. Πελοποννήσου Πλειοκαινικές λιμναίες και υφάλμυρες αποθέσεις και Πλειστοκαινικές θαλάσσιες, λιμναίες και ποτάμιες αποθέσεις, να ευρίσκονται ανυψωμένες κατά μερικές εκατοντάδες μέτρα πάνω από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας.

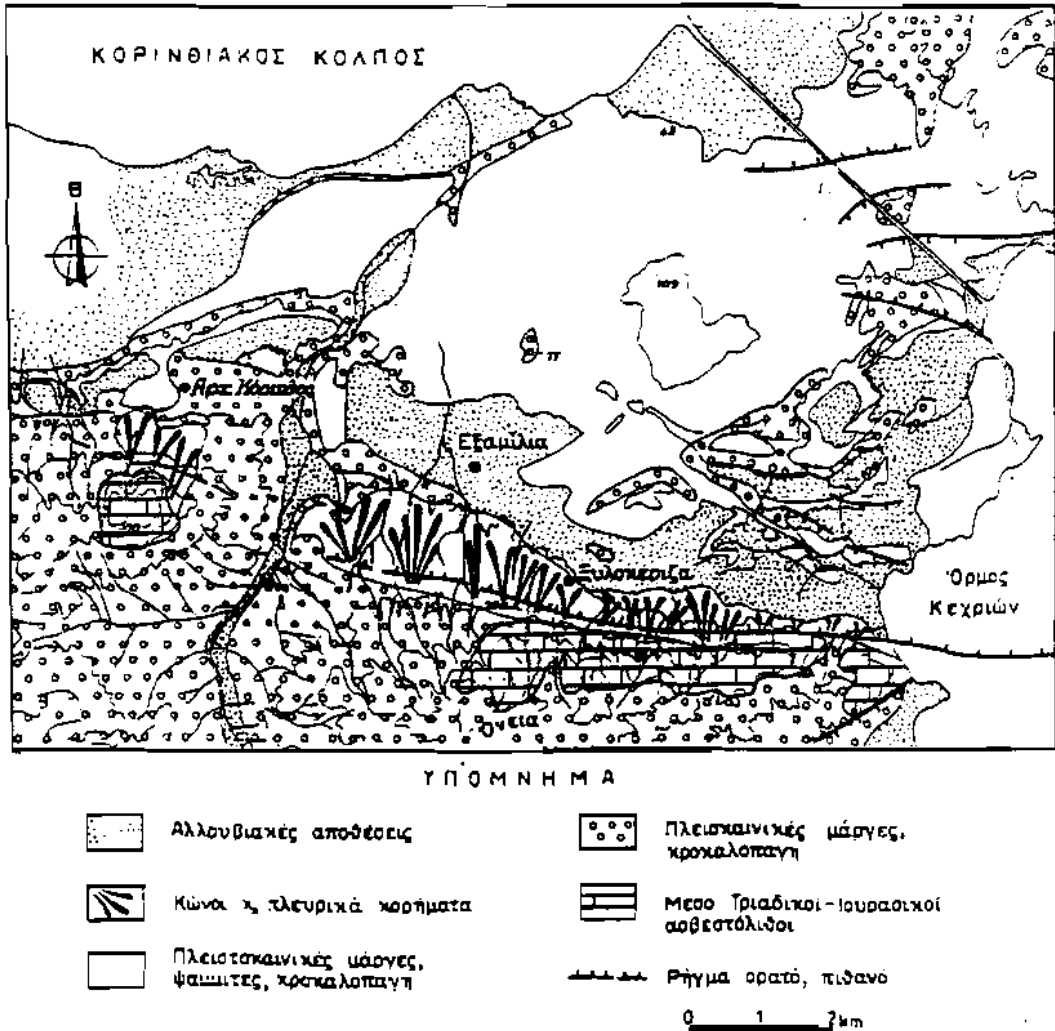
Επειδή η ανύψωση δεν ήταν συνεχής, η μορφολογία της Β. Πελοποννήσου χαρακτηρίζεται από μία κλιμακωτή διάταξη με χαρακτηριστική εμφάνιση αναβαθμίδων. Τη μορφολογία αυτή, άλλοι μελετητές την απέδωσαν σε ρηγμάτωση μιας ή πολύ περιορισμένου αριθμού ανεξάρτητων επιφανειών (Derpret, 1913; Keraudren, 1970-1972; Von Freyberg, 1973; Vita-Finzi & King, 1983), ενώ άλλοι, κατέληξαν στο συμπέρασμα



Σχ. 1. Τοπογραφικός χάρτης της μελετηθείσας περιοχής

ότι κάθε επίπεδη επιφάνεια αντιστοιχεί σε αυτοτελή αναβαθμίδα (Sebrier, 1973; Dufaure et al., 1975; Shroder, 1975; Dufaure & Zamanis, 1980; Keraudren & Sorel, 1987).

Η μελετηθείσα περιοχή ευρίσκεται στη ΝΑ πλευρά του Κορινθιακού Κόλπου (σχ. 1), στο χώρο όπου διέρχεται η ρηξιγενής ζώνη Αρχαίας Κορίνθου-Κεχριών (σχ. 2). Οι αναβαθμίδες στην περιοχή αυτή φθάνουν μέχρι του υψομέτρου των 140 m και οριοθετούνται προς νότο από τους ασβεστολιθικούς όγκους της Ακροκορίνθου (574 m) και των Ονείων (562 m) Ιουρασικής και Τριαδικής ηλικίας, αντίστοιχα.



Σχ. 2. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής Αρχαίας Κορίνθου - Κεχριών.

Το τεκτονικό καθεστώς που επικρατεί στην περιοχή είναι εφελκυσμός κατά διεύθυνση Β-Ν. Η περιοχή υφίσταται δύο τεκτονικές κινήσεις. Η μία είναι υπεύθυνη για την ανύψωση των Πλειστοκαινικών αποθέσεων, ενώ η άλλη προκαλεί μικρής κλίμακας

βύθιση που οφείλεται στη δράση τοπικών κανονικών ρηγμάτων όπως αυτά της ρηξιγενούς ζώνης Αρχαίας Κορίνθου - Κεχριών.

Η ευρύτερη περιοχή της Κορίνθου χαρακτηρίζεται από υψηλή σεισμικότητα με αναφορές σεισμών ακόμα και από τους αρχαίους χρόνους. Από αρχαιολογικά ευρήματα στις πόλεις της αρχαίας Κορίνθου, Κεχριών και Λέχαιου, καθώς και από ιστορικές αναφορές και μαρτυρίες των τελευταίων αιώνων οι κυριότεροι σεισμοί που έπληξαν την περιοχή της Κορινθίας και προκάλεσαν ζημιές είναι οι εξής: 77, 524, 543, 551, 580, 1402, 1858, 1861, 1870, 1928, 1930, 1981. (Galanopoulos, 1960; 1961; Ευαγγελάτου-Νοταρά, 1987-1988; Παπαζάχος & Παπαζάχος, 1989). Πρέπει να τονισθεί ότι οι παραπάνω σεισμοί αναφέρονται για το μ.Χ. διάστημα διότι δεν υπάρχουν πληροφορίες για την π.Χ. εποχή.

Σύμφωνα με τους σεισμολογικούς καταλόγους αρκετοί από τους προαναφερθέντες σεισμούς είχαν επίκεντρα έξω από την περιοχή Κορινθίας και συγκεκριμένα οι του 551 και 1870 στη Φωκίδα, οι του 1402 και 1861 στην Αχαΐα, του 1930 στο Σοφικό και του 1981 στις Αλκυονίδες. Επίσης με αξιολόγηση των πληροφοριών του μεγάλου σεισμού του 1928 (Αιγινήτης, 1928; Tanakadate, 1928; Αρχαία Σεισμολογικού Ινστιτούτου) το επίκεντρό του τοποθετείται στην πλευρά του Λουτρακίου.

Επειδή οι αρχαίες πόλεις της Κορίνθου και των Κεχριών ευρίσκονται πολύ κοντά στη ρηξιγενή ζώνη Αρχ. Κορίνθου-Κεχριών (σχ. 1), είναι δυνατό κάποιοι από τους σεισμούς του 77, 524, 543, 580 και 1858, να οφείλονται στην ενεργοποίηση της ζώνης αυτής και να έχουν αφήσει τα ίχνη τους σε κατασκευές των πόλεων αυτών. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να εκτιμηθεί ποιοι σεισμοί προέρχονται από την ενεργοποίηση της ρηξιγενούς ζώνης Αρχ. Κορίνθου - Κεχριών και να εξασθούν συμπεράσματα για τη σεισμική ιστορία της ρηξιγενούς αυτής ζώνης.

Για την επίτευξη αυτού του στόχου συνδυάζονται:

α. Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις της ρηξιγενούς ζώνης, αλλά και της παράκτιας περιοχής των Κεχριών, στη θέση όπου η ζώνη αυτή διέρχεται στη θάλασσα.

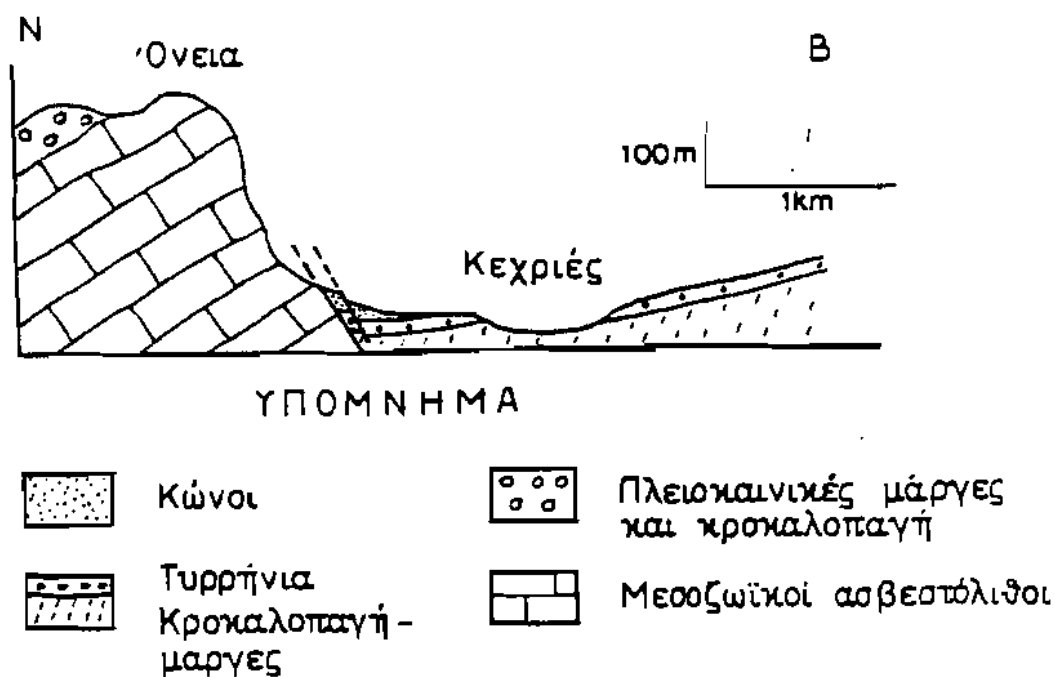
β. Αρχαιολογικές αναφορές και ευρήματα για καταστροφές από σεισμούς, κύρια στις αρχαίες πόλεις της Κορίνθου και των Κεχριών.

γ. Περιγραφές των καταστροφών στην ευρύτερη περιοχή μελέτης οι οποίες προεκλήθησαν από σεισμούς που συνέβησαν κατά τα τελευταία 200 χρόνια.

A. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΡΗΞΙΓΕΝΗ ΖΩΝΗ

Οι ορεινοί όγκοι των Ονειών και της Ακροκορίνθου παρουσιάζουν απότομες ασβεστολιθικές κλιτείες ενώ κορήματα και κώνοι που εμφανίζουν έντονη συνεκτικοποίηση καλύπτουν τις βάσεις τους. Η μικρή ανάπτυξη του παράλληλου υδρογραφικού δικτύου στο ασβεστολιθικό μέτωπο των Ονειών, χαρακτηριζόμενο από ολίγους κλάδους με μικρό μήκος και έντονη κατά βάθος διάβρωση υποδεικνύει την νεότητα αυτής της ρηξιγενούς ζώνης. Κατά μήκος των βορείων κλιτύων των ορεινών αυτών όγκων, στην επαφή του ασβεστολίθου με τους κώνους που ακολουθεί την διεύθυνση Α-Δ, δεν εμ-

φάνιζεται ίχνος από πρόσφατη σεισμική διάρρηξη. Από προσεκτική όμως παρατήρηση των υπωρειών των Ονείων, 100-200 μέτρα μπροστά από το ορεινό μέτωπο έγινε δυνατή η χαρτογράφηση καθαρής διάρρηξης των συνεκτικοποιημένων αυτών κώνων. Η διάρρηξη αυτή λαμβάνει την μέγιστη τιμή της στη μέση περίπου του μετώπου του ορεινού όγκου, νότια του χωριού Ξυλοκέριζα, όπου παρατηρείται κατακόρυφη μετατόπιση της τάξεως των 40-60 περίπου εκατοστών και κλίσης 45° - 50° προς βαρρά. Σχετική με την δραστηριοποίηση της ρηξιγενούς ζώνης είναι η μικρή κλίση προς το ρήγμα των Τυρρήνιων αποθέσεων του πεδινού τμήματος. Στο σχήμα 3 δίνεται μία σχηματική τομή των κλιτύων, της παρατηρηθείσας διάρρηξης στους κώνους, καθώς και της πεδινής ζώνης.



Σχ. 3. Γεωλογική τομή στη περιοχή Κεχριών όπου φαίνεται η διάρρηξη των κώνων.

Πέρα από την ένδειξη αυτή, που μαρτυρεί πρόσφατη διάρρηξη της ρηξιγενούς ζώνης, υπάρχουν και άλλες που συνηγορούν στην άποψη αυτή.

Οι κοιλάδες που εμφανίζονται στο μέτωπο του ορεινού όγκου των Ονείων παρουσιάζουν έντονη κατά βάθος διάβρωση με πολύ απότομα τοιχώματα. Η διάβρωση αυτή συνεχίζεται και στους κώνους ενώ μειώνεται σημαντικά ή εξαφανίζεται στα κατάντι της ρηξιγενούς ζώνης.

Κατά μήκος της κλιτύος και σε ποικίλλες αποστάσεις από την ρηξιγενή ζώνη, που φθάνουν μέχρι και 500 m απ' αυτήν, παρατηρούνται πεσμένοι μεγάλοι ογκόλιθοι πολλών κυβικών μέτρων που προέρχονται από διακλασμένα τμήματα των ασβεστολίθων του ορεινού όγκου. Οι ογκόλιθοι αυτοί επικάθηνται των κώνων και θα πρέπει να προέρχονται από πρόσφατη δραστηριοποίηση της ρηξιγενοῦς ζώνης. Πρέπει να αναφερθεί ότι είναι χαρακτηριστικό των μεγάλων σεισμών η πτώση ογκολίθων στην επικεντρική περιοχή.

Στο μέτωπο της Ακροκορίνθου δεν παρατηρείται πρόσφατη διάρρηξη ανάλογη με αυτή των Ονείων. Παρατηρείται όμως μία μεγάλη ακαταστασία στο υλικό. Ετσι κροκαλοπαγή του Πλειοπλειστοκαίνου είναι ανακατεμένα με τμήματα των κώνων κορημάτων, δίνοντας μια μορφή σεισμικών κορημάτων. Το φαινόμενο αυτό θα πρέπει να αντιστοιχεί σε παλαιότερη σεισμική διέγερση.

Στην παραλιακή ζώνη των Κεχριών, νότια των βυθισμένων αρχαίων κατασκευών, η αμμώδης παραλία σταματά απότομα και συνεχίζεται με τον κώνο κορημάτων. Επ' αυτού ευρέθησαν υπολείματα θαλάσσιας απόθεσης και παρατηρήθηκε ίχνος παλαιάς ακτογραμμής σε ύψος περίπου 60 cm από την σημερινή μέση στάθμη της θάλασσας.

Η επαφή της αμμώδους παραλίας με τον κώνο κορημάτων αντιστοιχεί στην προέκταση της ρηξιγενοῦς ζώνης προς την θάλασσα, προς το εσωτερικό δηλαδή του όρμου των Κεχριών. Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη διασκοπίσεως του Σαρωνικού κόλπου (ΕΚΘΕ, 1987) με κατασκευή λιθοσεισμικών τομών με την μέθοδο της σεισμικής ανάκλασης επιβεβαιώνεται η προς ανατολάς συνέχεια της ρηξιγενοῦς ζώνης (Σχ. 2).

Β. ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΓΙΑ ΣΕΙΣΜΟΥΣ

Ι. Αρχαίο Κόρινθος.

Η πόλις της Αρχαίας Κορίνθου ήταν κτισμένη στο χώρο όπου σήμερα ευρίσκεται το χωριό της Παλαιάς Κορίνθου, κατοικήθηκε δε από τη νεολιθική εποχή. Από τον 7ο π.Χ. αιώνα ο ορεινός όγκος της Ακροκορίνθου χρησίμευε σαν ακρόπολη της πόλεως και είχε οχυρωθεί με ισχυρό τείχος. Μεγάλα τμήματα των τειχών των κλασσικών χρόνων διατηρούνται ακόμη και σήμερα κάτω από τα ενετικά τείχη.

Ανασκαφές στην περιοχή της Αρχαίας Κορίνθου άρχισαν στο τέλος του προηγούμενου αιώνα, αλλά οι συστηματικές ανασκαφές του χώρου άρχισαν το 1896 από την Αμερικανική Σχολή Κλασσικών Σπουδών της Αθήνας, και οι οποίες συνεχίζονται μέχρι σήμερα.

Τα αποκαλυφθέντα από τις ανασκαφές ερείπια των ελληνικών χρόνων είναι ελάχιστα σε σχέση με τη φήμη της πόλεως κατά τους χρόνους αυτούς. Αυτό οφείλεται στην πλήρη καταστροφή της από τους Ρωμαίους το 146 π.Χ.

Σύμφωνα με αρχαιολογικά ευρήματα (Rothaus, 1991) και με ιστορικές αναφορές

(Ευαγγελάτου-Νοταρά, 1987-1988), οι σεισμοί οι οποίοι κατέστρεψαν την πόλη της Αρχαίας Κορίνθου και κατακρήμνισαν τα τείχη της ήταν του 77 μ.Χ., 524 μ.Χ. και 543 μ.Χ.

Ιδιαίτερα καταστρεπτικός πρέπει να ήταν ο σεισμός του 524 μ.Χ., μια και αναφέρεται σε κείμενα πολλών ιστορικών (Μαλάλας, Ευάγγριος, Θεοφάνης, Κεδρηνός, Προκόπιος, κ.λπ.), ο δε αυτοκράτορας Ιουστίνος Α' μερίμνησε για την ανοικοδόμηση της πόλεως. Για το σεισμό του 1580 μ.Χ. δεν υπάρχουν ιστορικές πληροφορίες παρά μόνο αρχαιολογικές ενδείξεις (Ευαγγελάτου-Νοταρά, 1987-1988).

II. Κεχριές:

Οι Κεχριές είναι το λιμάνι της Αρχαίας Κορίνθου στο Σαρωνικό Κόλπο. Στην περιοχή διενεργήθηκαν ανασκαφές κατά το διάστημα 1963-1966 από τα Πανεπιστήμια του Σικάγου και της Ινδιάνας. Η έρευνα ήταν πολύ δύσκολη λόγω του ότι μεγάλο μέρος των αρχαίων κτισμάτων ευρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στο σχ. 4 δίνεται ο τοπογραφικός χάρτης του λιμένα των Κεχριών και αναφέρονται οι θέσεις των αρχαιολογικών ανασκαφών (Scranton & Ramage, 1967) (Σχ. 4).

Από τα ανασκαφικά ευρήματα προκύπτει ότι, ο όρμος των Κεχριών διεμορφώθη σε λιμάνι πιθανώς τον 6ο π.Χ. αιώνα. Το λιμάνι είχε έξοδο με κατεύθυνση ΝΑ και διεπιστώθη ότι είχε δύο προβλήτες. Η βόρεια με μήκος 106 m, και η νότια μήκους 135 m, η οποία και προεκτείνεται προς ανατολάς με λιμενοβραχίονα μήκους 80 m. Στη ΒΑ πλευρά της νότιας προβλήτας (θέση Α), προς το μέρος του λιμανιού υπάρχουν σε βάθη 0,8 m έως 1,3 m μια σειρά κτισμάτων πιθανώς αποθήκες, ενώ προς την πλευρά της θάλασσας υπάρχει μία κατασκευή η οποία ανεγνωρίσθη σαν ιχθυοδεξαμενή (βάθος 1,5 m). Οι αποθήκες είναι κατασκευής του 1ου π.Χ. αιώνα και η ιχθυοδεξαμενή μεταγενέστερη.

Νοτιοδυτικά από τις αποθήκες υπάρχει μία πολύπλοκη κατασκευή, τμήματα της οποίας συσχετίζονται με ναό της Ισίδος. Το δάπεδο του ναού ευρίσκεται σε βάθος 0,75 m και είναι κατασκευής του 2ου μ.Χ. αιώνα.

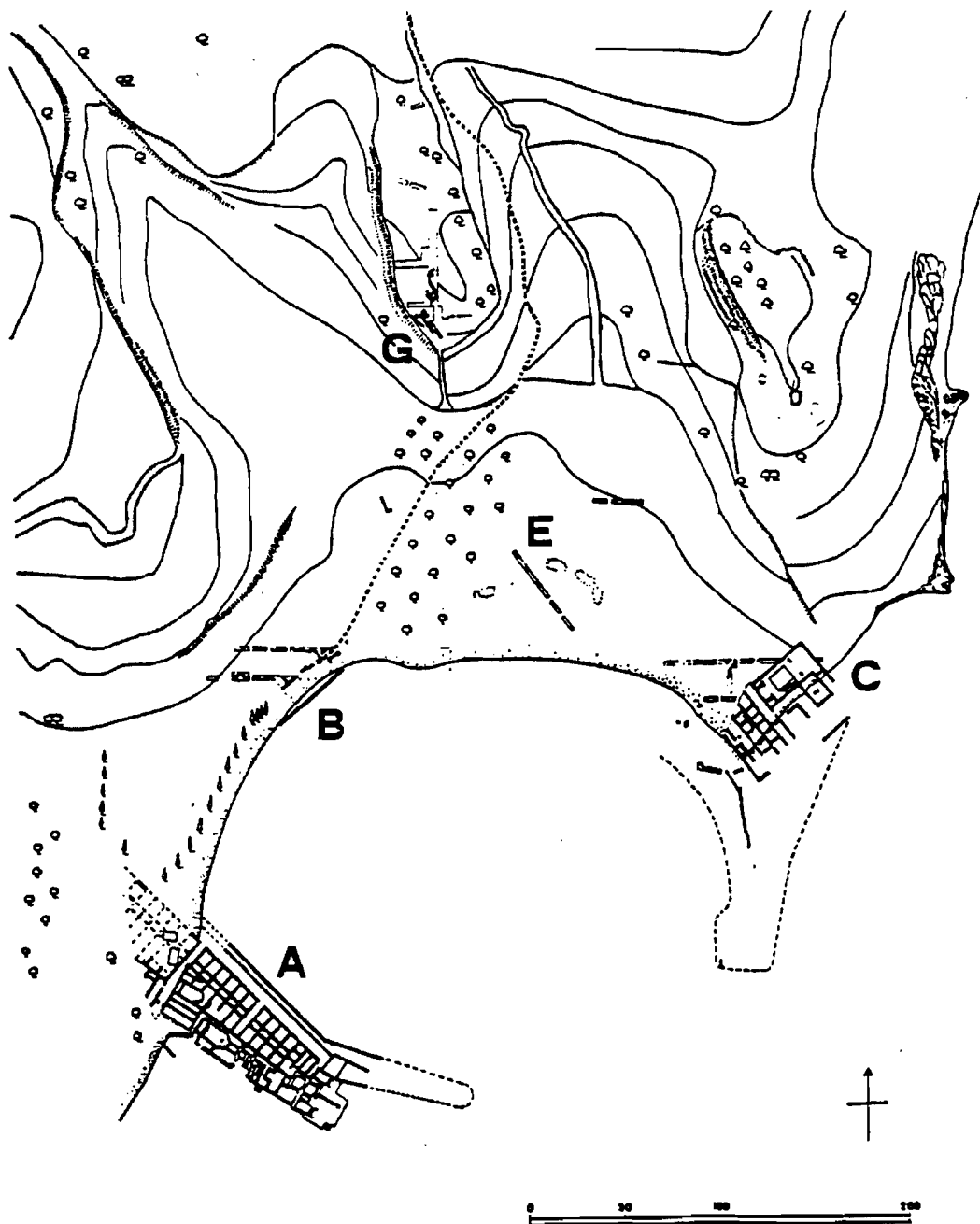
Τμήματα των αποθηκών και του ναού της Ισίδος, στη βάση της προβλήτας, καλύπτονται από χριστιανικό ναό του 4ου μ.Χ. αιώνα. Ο ναός λειτουργούσε μέχρι τα μέσα του 6ου μ.Χ. αιώνα.

Στην περιοχή της βόρειας προβλήτας (θέση C) υπάρχουν αρκετές κατασκευές κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Σε απόσταση 30 m από τη σημερινή ακτή και σε βάθος 2 m υπάρχει κατασκευή πεζοδρομίου. Δυτικά, στην Ξηρά, ανεσκάφη συστηματικά μεγάλη οικοδομή, η οποία κατεστράφη τον 6ο μ.Χ. αιώνα από σεισμό και πυρκαϊά. Η ανασκαφική έρευνα έδειξε ότι τμήμα της οικοδομής ανοικοδομήθηκε μετά το σεισμό.

Στο μυχό του λιμανιού (θέση Β) ανεσκάφησαν λείψανα οικοδομών που αποδίδονται σε εμπορικές αποθήκες. Και στην περιοχή αυτή σημειώθηκε βίαιη καταστροφή τον 6ο μ.Χ. αιώνα.

Η αρχαιολογική έρευνα έδειξε ότι μετά την καταστροφή από το σεισμό που συνέ-



Σχ. 4. Τοπογραφικός χάρτης με τις θέσεις των αρχαιολογικών ανασκαφών στο λιμάνι των Κεχριών (Scranton and Ramage, 1967).

βη τον 6ο μ.Χ. αιώνα, η δραστηριότητα στο λιμάνι των Κεχριών περιορίζεται σημαντικά και δεν επανέρχεται ξανά στην οικονομική του άνθηση.

III. Λέχαιο.

Το Λέχαιο αποτελούσε το προς τον Κορινθιακό Κόλπο λιμάνι της Αρχαίας Κορίνθου. Στην παραλία του Λεχαιίου ευρίσκονται τα ερείπια μεγαλειώδους βασιλικής, μήκους 115 m.

Σύμφωνα με πληροφορίες που περιέχονται στο μηνολόγιο του Πατμιακού Κώδικα (254 φ., 144 κ.εξ., 10-11αίωνας), ο ναός αυτός ήταν αφιερωμένος σε Κορίνθιους μάρτυρες οι οποίοι θανατώθηκαν με πνιγμό. Ο Πατμιακός Κώδικας αναφέρει ότι ο ναός ανηγέρθη προς τιμήν των μαρτύρων στον αιγιαλό, στη θέση που είχαν ταφεί τα σώματά των, στον τόπο που αυτά εξεβράσθησαν από τη θάλασσα.

Η ανοικοδόμηση του ναού επερατώθη προς τα τέλη του 5ου μ.Χ. αιώνα και κατεστράφη από σεισμό και πυρκαϊά κατά τα μέσα του 6ου μ.Χ. αιώνα. Ο Δ. Πάλλας (1956) υποθέτει ότι πρέπει να ήταν ο σεισμός του 551 μ.Χ.

Ενάμισυ χιλιόμετρο ΒΔ της Παλαιάς Κορίνθου, στη θέση Σκουτέλα, δεξιά του δρόμου που οδηγεί προς Περιγιάλι, υπάρχουν τα ερείπια και άλλου μεγάλου ναού, της βασιλικής της Σκουτέλας. Ο ναός αυτός υπέστη σοβαρές ζημιές από δύο σεισμούς που συνέβησαν κατά τον 6ον μ.Χ. αιώνα. Ο Δ. Πάλλας (1954) αποδίδει τις καταστροφές αυτές στους σεισμούς του 524 και 551 μ.Χ.

Γ. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

I. Σεισμός του 1858, 21 Φεβρουαρίου, 11:00 π.μ.

Για τον σεισμό αυτό υπάρχει λεπτομερής έκθεση του επαρχιακού ιατρού Κορινθίας Γ. Κούστα (1856) στην οποία αναφέρονται με σχετική ακρίβεια τα μακροσεισμικά αποτελέσματα του σεισμού. Μερικές πληροφορίες για τον σεισμό αυτό δίνονται και από τον Αιγινήτη (1928).

Ο σεισμός προκάλεσε την καταστροφή των χωριών Παλαιά (Αρχαία) Κόρινθος, Εξαμίλια, Καλαμάκι, Περιγιάλι και των οικισμών Ξυλοκέριζα, Νεοχώρι (Βόρεια του Σολωμού), Κεχριές, Κάτω Ασσος. Από το σεισμό 21 άτομα σκοτώθηκαν και 65 τραυματίστηκαν. Δύο ώρες περίπου πριν το σεισμό, οι κάτοικοι των Εξαμιλίων και του Καλαμακίου καθώς και ποιμένες στις Κεχριές άρχισαν να ακούουν υποχθόνιους θορύβους που προέρχονταν από τον Σαρωνικό. Οι μετασεισμοί συνεχίστηκαν για αρκετούς μήνες με μειωμένη συχνότητα.

Αξιολογώντας τις αναφερόμενες πληροφορίες γίνεται φανερό ότι η περιοχή που επλήγη από το σεισμό ήταν επιμήκης με διεύθυνση Α-Δ και ακραία σημεία τα χωριά Καλαμάκι στα ανατολικά και Περιγιάλι στα δυτικά. Ο σεισμός έγινε έντονα αισθητός σε δυτικές περιοχές, π.χ. Ηλεία, Αχαΐα, λιγότερο στα ανατολικά π.χ. Αθήνα, Μέγαρα, και ακόμη λιγότερο προς βορρά ή νότο.

Στους βράχους της Ακροκορίνθου παρουσιάστηκαν πολλές ρωγμές, ενώ υπήρξαν

πολλές καταπτώσεις βράχων από τους ορεινούς όγκους της Ακροκορίνθου και των Ονείων. Στις Κεχριές μετά το σεισμό, σε κτήμα που ευρίσκετο σε απόσταση 200 m από την παραλία, παρουσιάστηκε νερό, ενώ σε πηγή νότια της Ακροκορίνθου αυξήθηκε η παροχή. Το έδαφος σχίστηκε σε πολλά μέρη και ιδίως εκεί όπου ήταν κατηφορικό.

Λόγω της ολοκληρωτικής καταστροφής η Παλαιά Κόρινθος εγκαταλείπεται από τους κατοίκους της και μεταφέρεται σε νέα θέση κοντά στη θάλασσα.

II. Πρόσφατες ενόργανες πληροφορίες για την κατάσταση της ρηξιγενούς ζώνης.

Το φθινόπωρο του 1992, κατά την εκτέλεση ερευνητικού προγράμματος του Σεισμολογικού Ινστιτούτου στην περιοχή της Ανατολικής Κορινθίας εγκαταστάθηκε και λειτούργησε, για 14 εβδομάδες, τοπικό δίκτυο σειсмоγράφων.

Η αζιμουθιακή κάλυψη της ρηξιγενούς ζώνης των Κεχριών από το δίκτυο ήταν πολύ καλή και η απόσταση μεταξύ των σεισμολογικών σταθμών ήταν μικρή, της τάξεως των 10-15 Km. Από το δίκτυο αυτό καταγράφησαν αρκετοί σεισμοί, ο προσδιορισμός δε των εστιακών παραμέτρων (γεωγραφικές συντεταγμένες και εστιακό βάθος) έγινε με ικανοποιητική ακρίβεια ώστε τα σφάλματά τους να είναι μικρότερα του ενός χιλιομέτρου.

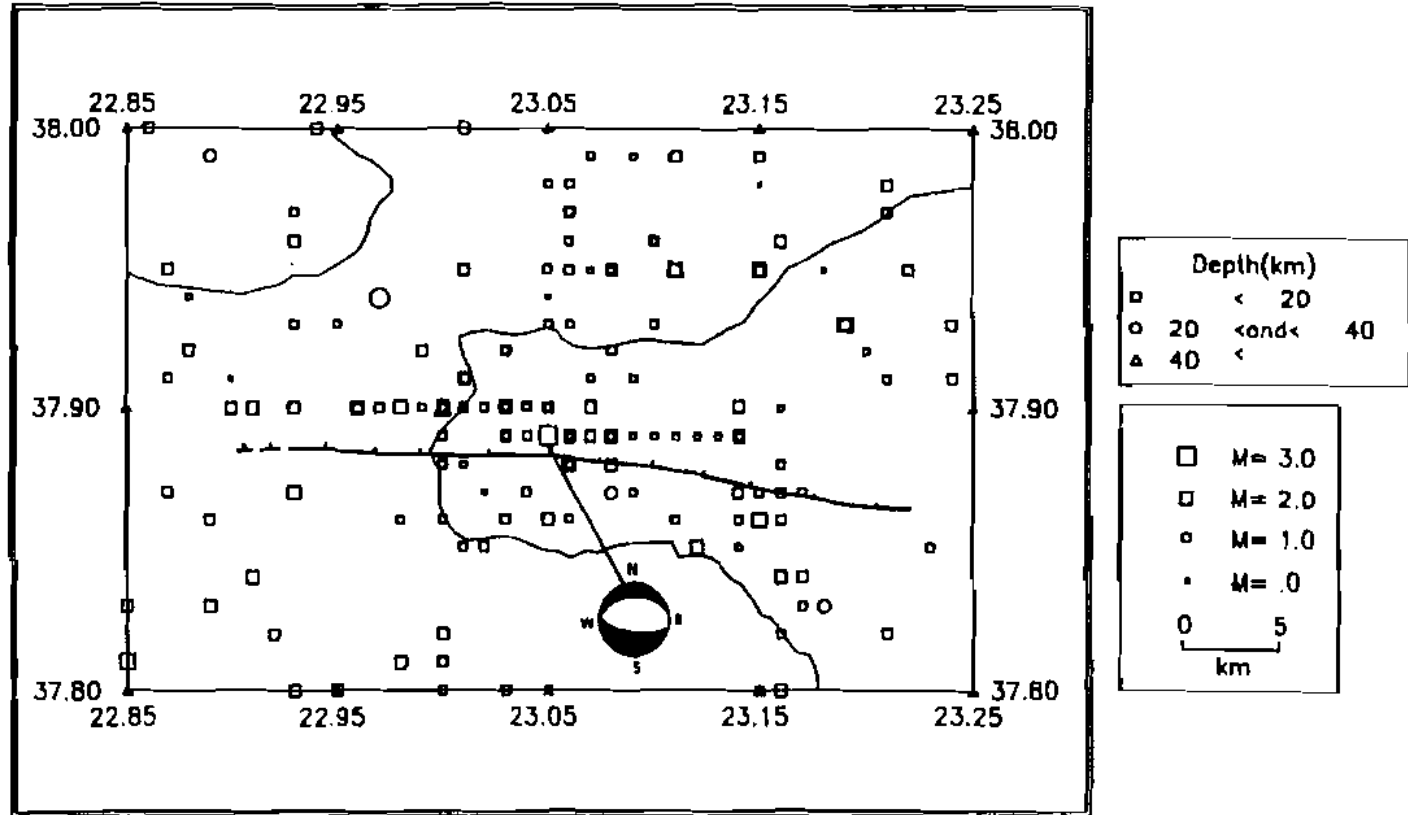
Ο αριθμός των σεισμών που καταγράφησαν από την εξεταζόμενη περιοχή ήταν ικανοποιητικός και η κατανομή τους στο χώρο δίνεται στο Σχήμα 5.

Η συντριπτική πλειονότητα των σεισμών αυτών είχαν πολύ μικρά μεγέθη, της τάξεως των 0-2 βαθμών της κλίμακας Richter, που σημαίνει ότι οι σεισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται σαν μικροσεισμοί και δεν γίνοντο αισθητοί από τους κατοίκους της περιοχής. Οι σεισμοί αυτοί ήταν επιφανειακοί και τα εστιακά τους βάθη κυμαίνονταν μεταξύ των 5 και 15 Km.

Για τον μεγαλύτερο από τους σεισμούς που καταγράφησαν, μεγέθους 2,8 Richter, έγινε δυνατός ο σχεδιασμός του εστιακού μηχανισμού που αντιστοιχεί σε διάρρηξη κανονικού ρήγματος. Οι δύο λύσεις του μηχανισμού γένεσης αναφέρονται σε ρήγματα που έχουν διεύθυνση 88° και κλίση 38° προς Βορρά ή διεύθυνση 100° και κλίση 64° προς Νότο. Τα χαρακτηριστικά του πρώτου ρήγματος αντιστοιχούν με αυτά της ρηξιγενούς ζώνης.

Η γραμμική, κατά διεύθυνση Α-Δ, κατανομή στον χώρο των μικροσεισμών, τα μικρά εστιακά τους βάθη και τα χαρακτηριστικά του εστιακού μηχανισμού συσχετίζονται απόλυτα με την γεωμετρία της ρηξιγενούς ζώνης και φανερώνουν ότι η μικροσεισμική αυτή δραστηριότητα προερχόταν από την ρηξιγενή ζώνη Αρχ. Κορίνθου - Κεχριών.

Τέτοια μικροσεισμική δραστηριότητα της ρηξιγενούς ζώνης δεν είναι άγνωστη καθώς έχει παρατηρηθεί και στο παρελθόν (Δελημπασης, 1980). Το μικροσεισμικό αυτό φαινόμενο δείχνει την ενεργή κατάσταση στην οποία ευρίσκεται η ρηξιγενής ζώνη και τις τεκτονικές κινήσεις που συμβαίνουν στο βάθος της.



Σχ. 5. Χάρτης των επικέντρων των καταγραφέντων σεισμών και της σεισμικής ζώνης στην περιοχή Κεχριών.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι ευρύτατα αποδεκτό ότι μία μελέτη που στοχεύει στην αναπαράσταση της σεισμικής ιστορίας μιας περιοχής δεν είναι εύκολη υπόθεση. Πρέπει να εξετασθούν πολλοί παράγοντες και να συνδυασθούν μεταξύ τους διαφορετικά δεδομένα που στην αρχή της προσπάθειας φαίνονται να είναι ασυμβίβαστα.

Η εξέταση της σεισμικής ιστορίας της ρηξιγενούς ζώνης Αρχ. Κορίνθου - Κεχριών δεν ξέφυγε από τις παραπάνω επιστημονικές. Έτσι οι γεωμορφολογικές παρατηρήσεις που αφορούν την ρηξιγενή ζώνη συνδυάστηκαν αρμονικά με άλλες πληροφορίες όπως τα αρχαιολογικά ευρήματα και τις ιστορικές αναφορές για τους σεισμούς που συνέβησαν τον 6ο μ.Χ. αιώνα καθώς και με τα αποτελέσματα του καταστρεπτικού σεισμού του 1858 μ.Χ.

Συγκρίνοντας τις αναφορές για τις καταστροφές παρατηρείται ότι όλες οι αρχαίες πόλεις (Κόρινθος - Κεχριές - Λέχαιο) υπέστησαν σοβαρές ζημιές κατά τον 6ο μ.Χ. αιώνα. Στον αιώνα αυτόν αναφέρεται ότι συνέβησαν οι σεισμοί του 524, 543, 551 και 580. Επομένως κάποιος από τους σεισμούς θα πρέπει να ήταν πολύ ισχυρός, να προκάλεσε μεγάλες καταστροφές και να συνοδεύτηκε από διάρρηξη της ρηξιγενούς ζώνης.

Η άποψη αυτή τεκμηριώνεται από τα εξής δεδομένα:

- Οι αρχαιολόγοι στηριζόμενοι στα ευρήματα των ανασκαφών τους, υποστηρίζουν ότι η βασιλική του Λέχαιου κατεστράφη από σεισμό και πυρκαϊά τον 6ο μ.Χ. αιώνα (Πάλλας, 1956). Ο σεισμός του 551, που προερχόταν από την Φωκίδα, συνοδεύτηκε από θαλάσσιο κύμα το οποίο έπληξε τις ακτές του Κορινθιακού κόλπου (Παπαζάχος & Παπαζάχος, 1989). Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι ο ναός ευρίσκεται πολύ κοντά στην ακτή, 20-30 m απ' αυτήν, είναι αδύνατο το θαλάσσιο κύμα που θα είχε φθάσει το ναό, να επέτρεψε την εκδήλωση πυρκαϊάς. Ο ναός θα πρέπει να είχε καταστραφεί ολακληρωτικά ή να είχε υποστεί σοβαρές ζημιές από ένα προηγούμενο ισχυρό σεισμό.
- Σύμφωνα πάλι με αρχαιολογικές πληροφορίες (Scranton & Ramage, 1967), το λιμάνι των Κεχριών επλήγη την ίδια εποχή, 6ο μ.Χ. αιώνα, από ισχυρό σεισμό που εκτός από τις σοβαρές ζημιές, προκάλεσε και την οικονομική κάμψη της περιοχής. Η περιοχή του λιμένος των Κεχριών ευρίσκεται βόρεια της ρηξιγενούς ζώνης, στο κατερχόμενο τμήμα της. Ένας σεισμός που θα προερχόταν από την διάρρηξη της ρηξιγενούς ζώνης και θα συνοδευόταν από καθίζηση της περιοχής βόρεια του ρήγματος, άρα και του λιμένος των Κεχριών, θα είχε αποτελέσματα που συμφωνούν απόλυτα τόσο με τις γεωμορφολογικές παρατηρήσεις όσο και με τις αρχαιολογικές πληροφορίες.

Μπορούμε λοιπόν, στηριζόμενοι στις αρχαιολογικές ενδείξεις και στις ιστορικές αναφορές, να υποθέσουμε με μεγάλη βεβαιότητα ότι ο σεισμός του 524 μ.Χ. ήταν για την περιοχή της Κορινθίας ο καταστρεπτικότερος από αυτούς που συνέβηκαν τον 6ο μ.Χ. αιώνα, συνοδεύτηκε δε από επιφανειακή διάρρηξη της ρηξιγενούς ζώνης Αρχαίας Κορίνθου - Κεχριών. Για τους σεισμούς του 543 μ.Χ. και του 580 μ.Χ. δεν

μπορεί να διατυπωθεί ξεκάθαρη άποψη για το αν αυτοί οι σεισμοί προέρχονται από δραστηριοποίηση της ρηξιγενούς αυτής ζώνης.

Κατά τον σεισμό του 1858 μ.Χ., το οικιστικό και οικονομικό κέντρο της περιοχής ήταν η πόλη της Αρχαίας Κορίνθου, με συνέπεια οι περισσότερες αναφορές για καταστροφές να αναφέρονται σ' αυτή.

Από την αξιολόγηση των γεωλογικών αποτελεσμάτων του σεισμού αυτού, όπως η παρατηρηθείσα διάρρηξη των κώνων στην περιοχή της Ξυλοκέριζας, η πτώση ογκολίθων, η μεταβολή της παροχής των πηγών και της στάθμης των υπογείων υδάτων, αλλά και από την έκταση της περιοχής που υπέστη τις σοβαρότερες ζημιές, γίνεται φανερό ότι και ο σεισμός αυτός προερχόταν από διάρρηξη της ρηξιγενούς αυτής ζώνης.

Από τα προαναφερθέντα μπορούμε με μεγάλη βεβαιότητα να υποθέσουμε ότι η ρηξιγενής ζώνη Αρχαίας Κορίνθου - Κεχριών, διερρήχθη τουλάχιστον δύο φορές κατά τους ιστορικούς χρόνους, δηλαδή κατά τους σεισμούς του 551 μ.Χ. και του 1858 μ.Χ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι από τον 6ο μ.Χ. αιώνα μέχρι τον 15ο μ.Χ. αιώνα, για τις περιοχές της Β. Πελοποννήσου και Κεντρικής Ελλάδας υπάρχει μία έλλειψη πληροφοριών σχετικά με σεισμούς. Οι ιστορικοί που μελετούν την περίοδο αυτή, οποδίδουν την έλλειψη πληροφοριών στο γεγονός ότι οι περιοχές αυτές ευρίσκοντο μακριά από τις κύριες οδούς που συνέδεαν τα οικονομικά και πολιτιστικά κέντρα με την Κωνσταντινούπολη, πρωτεύουσα της Βυζαντινής αυτοκρατορίας.

Είναι προφανές, ότι στην περιοχή αυτή κατά το διάστημα αυτό πρέπει να συνέβησαν σεισμοί. Όμως η έλλειψη πληροφοριών για τον χρόνο που συνέβησαν και για τις συνέπειές τους δεν επιτρέπει την πλήρη ανασύσταση της σεισμικής ιστορίας της περιοχής και τον ακριβή προσδιορισμό του χρόνου επανάληψης των μεγάλων σεισμών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αιγινήτης Δ., 1928. Ο σεισμός της Κορίνθου της 22 Απριλίου 1928 και τα αποτελέσματά αυτού. Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, 3: 369-381.
- Δελημπασής Ν. 1980. Μικρής κλίμακας σεισμική έξαρση στην περιοχή της Κορινθίας (Δεκ. 1976 - Ιον. 1977) και η τεκτονική ερμηνεία της. Μεταλλειολογικά - Μεταλλουργικά Χρονικά, 46: 21-31.
- Deperet C. 1923. Observations sur l' histoire géologique Pliocène et Quaternaire du golfe et de l' Isthme de Corinthe. C.R. Acad. Sci. Paris, 156: 1048-1052.
- Dufaure J.J., Keraudren, B. and Sebrier, M. 1975. Les terrasses de Corinthe: chronologie et déformations. C.R. Acad. Sci. Paris, 281: 1943-1945.
- Dufaure J.J. and Zamanis A. 1980. Styles néotectoniques et étagements de niveaux marins sur un segment d' arc insulaire, le Peloponnèse. Proc. Colloquim on Niveaux Marins et Tectonique Quaternaire dans l' Aire Méditerranéenne, CNRS, Univ. Paris I, Paris.

- ΕΚΘΕ, 1987. Πρόγραμμα διερεύνησης των ενεργών ρηγμάτων στον υποθαλάσσιο χώρο του Σαρωνικού κόλπου.
- Ευαγγελάτου-Νοταρά Φ. 1987-1988. Και τα πολλά της Πελοποννήσου ...σεισμού γέγονασιν παρανάλωμα. Πρακτικά Γ' Διεθνούς Συνεδρίου Πελοποννησιακών Σπουδών, Καλαμάτα, 1985. 427-448.
- Galanopoulos A. 1960. A catalogue of shocks with $Io=VI$ or $M=5$ for the years 1801-1958. Athens.
- Galanopoulos A. 1961. A catalogue of shocks with $Io=VI$ for the years prior to 1800. Athens.
- Jackson J.A., King G. and Vita-Finzi C. 1982. The neotectonics of the Aegean an alternative view. *Earth & Planetary Science Letters*, 61: 303-318.
- Keraudren B. 1970-72. Les formations Quaternaires marines de la Grèce. *Bull. Mus. Anthropol. Prehist. Monaco*, 16: 5-153; 17: 87-169; 18: 245-279.
- Keraudren B. and Sorel, 1987. The terraces of Corinth (Greece). A detailed record of eustatic sea-level variations during the last 500.000 years. *Marine Geology*, 17: 99-107.
- Κούστας Γ., 1858. Σεισμός Κορίνθου. Πανδώρα, τομ. Θ', φυλ. 202, 225-229.
- Πάλλας Δ., 1954. Ανασκαφή εν Παλαιά Κορίνθω. Πρακτικά Αρχαιολογικής Εταιρείας, 207-218.
- Πάλλας Δ., 1956. Ανασκαφή βασιλικής εν Λεχαιίω. Πρακτικά Αρχαιολογικής Εταιρείας, 164-178.
- Παπαζάχος Β. και Παπαζάχος Κ. 1989. Οι σεισμοί της Ελλάδας. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Rothaus R., 1991. Earthquakes and pagan temples in late antique Corinth. Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου «Earthquakes in the archaeological record: paleoseismological and archaeological aspects». Αθήνα, (περίληψη).
- Schroder B., 1975. Bemerkungen zu marinen Terrassen des Quartas im NE-Peloponnes, Griechenland. *N. Jahrb. Geol. Palaontol. Abh.*, 149: 148-161.
- Scranton R. and Ramage E., 1967. Investigations at Corinthian Kenchreai. *Hesperia; Journal of the American school of classical studies at Athens*. 36: 124-186.
- Sebrier M., 1977. Tectonique récente d' une transversale a l' Arc Egèen: le Golfe de Corinthe et ses régions periphèriques. Thèse, Univ. de Paris-Sud Centre d' Orsay. Paris.
- Tanakadate H., 1928. Some remarks on the earthquake in Korinthos 1928. Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, 3: 413-419.
- Vita-Finzi C. and King G., 1985. The seismicity, geomorphology and sturctural evolution of the Corinth area of Greece. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A*. 314: 379-407.
- Von Freyberg B., 1972. Geologie des Isthmus von Korinth. *Erlanger Geol. Abh.*, 95: 1-183.

ΕΡΕΥΝΑ ΠΑΓΕΤΩΔΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΦΩΤΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΦΡΥΔΑΣ Δ.

Τμήμα Γεωλογίας – Τομέας Θαλάσσιας Γεωλογίας και Γεωδυναμικής
Πανεπιστήμιο Πατρών, Τ.Τ. 261 10 – Ρίο – Πάτρα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Χρησιμοποιώντας για παράδειγμα την περιοχή Ammersee στη Ν.Α. Γερμανία (Βαυαρία), της οποίας η επιφάνεια προέρχεται από τον κερματισμό των Τεταρτογενών παγετώνων, η εργασία αυτή επιδεικνύει την εφαρμογή της γεωμορφολογικής ερμηνείας των αεροφωτογραφιών για την αναγνώριση παγετωδών αποθέσεων. Η φωτογεωλογική ανάλυση διευκολύνει αμέσως την ταξινόμησή τους. Διάφορες παγετώδεις αποθέσεις, οι οποίες διακρίνονται συχνά μόνο με μορφολογικά κριτήρια, όπως *äser*, *drumlins*, *kames* και καιλότητες «νεκρού πάγου» μπορούν να χαρτογραφηθούν με μεγάλη ακρίβεια, η οποία δύσκολα επιτυγχάνεται με εργασία υπαίθρου.

ABSTRACT

Using as example the Ammersee area – southeastern Germany (Bavaria) – the relief of which is due to the disintegration of the Quaternary ice sheet, the paper demonstrates the applicability of geomorphological interpretation of air photographs for identifying glacial deposits. Photo-geological analysis facilitates their immediate classification. Various glacial landforms which are frequently only distinguishable on a morphological basis, such as *äser*, *drumlins*, *kames* and kettleholes, can thus be mapped with a degree of precision hardly attainable in field mapping.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

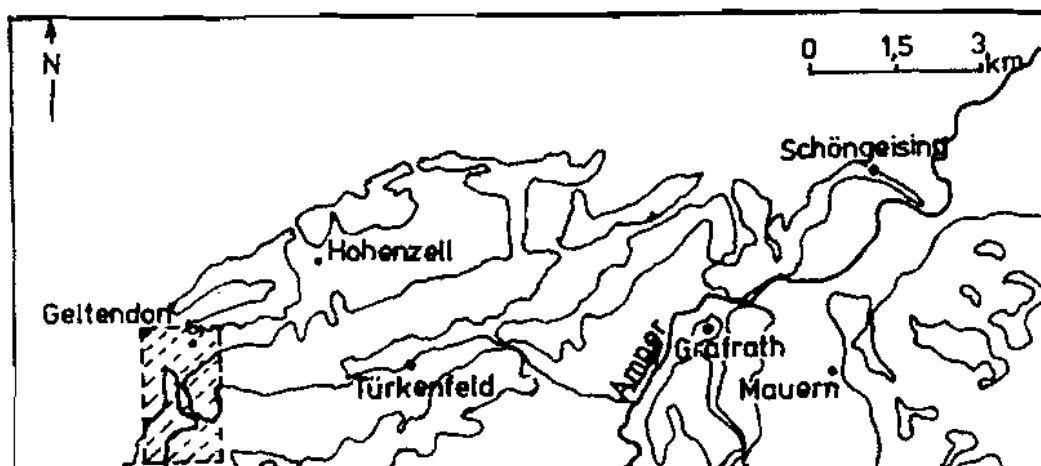
Η φωτογεωλογική και γεωμορφολογική ανάλυση μιας αεροφωτογραφίας εξαρτάται από διάφορες μορφολογικές ενότητες της επιφάνειας του εδάφους και είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για περιοχές με παγετώδεις ή αιολικές αποθέσεις, όπου η παικίλια του ανάγλυφου μικρών επιφανειών περιπλέκει την ολική εικόνα στο πεδίο.

Στο παράδειγμα των παγετωδών αποθέσεων η στερεοσκοπική παρατήρηση των αεροφωτογραφιών επιτρέπει εκτός της εκτενέστερης παρατηρήσεως της περιοχής, μια λεπταμερή έρευνα των διαφόρων μορφών που συχνά ταξινομούνται σύμφωνα μόνο με το σχήμα τους. Επίσης πολύ ευναϊκή αποδεικνύεται και η διπλή έως τετραπλή μεγέθυνση της υπό μελέτη επιφάνειας κατά την στερεοσκοπική παρατήρηση. Μ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται να διακρίνονται εμφανώς και οι μικρότερες διαφορές ύψους

από τις διάφορες επιφάνειες.

Η εργασία αυτή περιλαμβάνει ένα τμήμα ΒΔ των λιμνών Amper και Wörthsee (ROTHPLETZ 1917, KNAUER 1929, 1931) που βρίσκονται στο ΝΔ τμήμα του Μονάχου στη Βαυαρία. Η περιοχή αυτή των λιμνών χαρακτηρίζεται από τον κερματισμό του παγετώνα και την υποχώρησή του στην τελευταία παγετώδη περίοδο της Βούρμιας (Würmeiszeit) εποχής μέχρι τους πρόποδες των Αλπεων (TROLL, 1938).

Το ερευνηθέν υπό το στερεοσκόπιο ζεύγος αεροφωτογραφιών επικαλύπτεται 60% και περιλαμβάνει ένα τμήμα που βρίσκεται στο κατώτερο άκρο από τα τοπογραφικά φύλλα 7831 Geltendorf και 7832 Türkenfeld (1:25.000) (εικ. 1) στη Νότιο Βαυαρία.



Εικ. 1. Συνοπτικός χάρτης της Βούρμιας παγετώδους εποχής ΝΔ του Μονάχου με τη θέση της ερευνηθείσας περιοχής (κατά Rothpletz, 1917, 1:150.000).

ΦΩΤΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΙΑ

Κατά τη διάρκεια της φωτογεωλογικής επεξεργασίας των εικόνων δεν χρησιμοποιήθηκε ούτε η υπάρχουσα βιβλιογραφία ούτε οι γεωλογικοί χάρτες της περιοχής. Μετά το τέλος της ανάλυσης των αεροφωτογραφιών συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα με τις εργασίες παλαιότερων συγγραφέων και επαληθεύτηκαν στο πεδίο. Για την πληρέστερη κατανόηση των φαινομένων έχουμε να προσθέσουμε τα εξής σημεία:

– Με την τήξη του μεγάλου παγετώνα της Βούρμιας εποχής στην προχώρα των Αλπεων, παρέμειναν τεράστιες μάζες «νεκρού πάγου» εγκλωβισμένες στην αρκετά βαθειά λεκάνη που είχε σχηματίσει η γλώσσα του παγετώνα στην περιοχή της λίμνης Amper. Στα περιθώρια των μαζών αυτών του πάγου που έλυωνε σιγά-σιγά συσσωρεύτηκε πλούσιο ποταμο-παγετώδες υλικό (ταράτσες), το οποίο προερχόταν από τα άκρα των πλευρών του παγετώνα (Ew) που υποχωρούσε προς το νότο στους πρόποδες των Αλπεων, και άφησε κατά την υποχώρησή του τον τυπικό λιθώνα της λεκάνης

που εκινείτο (Gw).

Κατά τη διάρκεια που οι γιγάντιες μάζες του «νεκρού πάγου» ήταν ακόμη στη λεκάνη της σημερινής λίμνης Amper σαν ένας τεράστιος ομογενής όγκος πάγου, άρχισαν να λιώνουν τα λιγότερα ισχυρά τμήματα του εγκλωβισμένου πάγου.



Εικ. 2. Τυπικό βαθούλωμα «νεκρού πάγου» από το λιθώνα της κοίτης του παγετώνα.

Κατ' αυτό τον τρόπο συσσωρεύτηκε κατ' αρχάς υλικό στον εγκλωβισμένο πάγο το οποίο δημιούργησε γύρω από τον πάγο τεράστιες πλευρικές ταρατίσες ή Kames*. Ο πάγος έλυσε σιγά-σιγά και σχημάτισε Äser** στα υποπαγετώδη αυλάκια αποστραγισμού. Ο τεράστιος όγκος του πάγου κατακερματίστηκε σε χονδροειδή τεμάχια, στα ενδιάμεσα των οποίων έγινε απόθεση των Kames. Μετά την ολοκληρωτική υποχώρηση του παγετώνα έλυωσαν και τα τελευταία υπολείμματα του νεκρού πάγου. Τοιουτοτρόπως πραέκυψαν σαν εκμαγείο του νεκραύ πάγου, διάφορες κοιλότητες

* **Kames** = (ισλ.) Λόφος από άμμο και χάλυκες ποταμοπαγετώδους προελεύσεως. Η απόθεσή τους γίνεται σε χαράδρες ή σε άλλα κενά τμήματα του παγετώνα, προπάντων σε περιοχές με «νεκρό πάγο» (πάγας που έχει χάσει την επαφή του με την κυρίως μάζα του παγετώνα).

** **Äser** = (σουηδ. Äs, πληθ. Äsar, αγγλ. Esker) εκτεταμένες επιμήκεις λοφοειδείς μορφές σε περιοχές πρώην παγετώνων. Μπορεί να είναι ελαφρά κεκαμένοι λοφίσκοι που διακλαδίζονται (Bi-äs). Αποτελούνται από καλά στρωμένους και αποστρογγυλωμένους χάλυκες οι οποίοι αποτέθηκαν από το τηκόμενο νερό του παγετώνα σε μεγάλες ρωγμές και σπηλιές κάτω και μέσα στον παγετώνα.

* **Drumlins** = (ισλ./γαλ. «drumpe»), λόφοι ελλειπτικού σχήματος, μήκους εκατοντάδων μέτρων και ύψους από 10 έως 40 μ., που είναι τοποθετημένοι στη διεύθυνση της κινήσεως του πρώην παγετώνα.

στο έδαφος (εικ. 2), οι οποίες μετά την ολοκληρωτική οπισθοχώρηση του παγετώνα δεν τροφοδοτήθηκαν πλέον με ποταμοπαγετώδεις χάλυκες και παρέμειναν μέχρι σήμερα ακάλυπτες. Νεκρός πάγος, που ήταν εγκλωβισμένος σε χάλυκες ταρατσών δημιούργησε τα τυπικά βαθουλώματα που διακρίνονται με μεγάλη ακρίβεια στην αεροφωτογραφία, μετά το τήξιμο του πάγου και τον κατακρημνισμό των χαλύκων.

Η ανάλυση της αεροφωτογραφίας δείχνει ένα τμήμα από αυτή την κερματισμένη παγετώδη περιοχή με τους πιο πάνω αναφερθέντες χαρακτηριστικούς σχηματισμούς. Ένα εμφανές μορφολογικό στοιχείο στο λιθώνα της κοίτης του παγετώνα (Gw) στο ΝΑ άκρο της φωτογραφίας είναι οι ελλειψοειδείς λόφοι (Drumlins*) που είναι παρατεταγμένοι στη διεύθυνση του πρώην παγετώνα, καθώς και διάφοροι λοφίσκοι διαφόρων σχημάτων (Kames) που συνοδεύουν τους πρώτους.

Το μεγαλύτερο μέρος της φωτογραφίας καταλαμβάνεται από τους πλευρικούς λιθώνες (Ew) της Βούρμιας εποχής που είχαν ένα τοξοειδές σχήμα και έφθαναν στα άκρα του παγετώνα μέχρι 92 μ. ύψος. Το πρηνές των λιθώνων αυτών σε μερικά σημεία παρουσιάζει αρκετή κλίση, η οποία χωρίστηκε σε τέσσερις κατηγορίες (10⁰-20⁰-30⁰-40⁰). Στο ΒΑ άκρο της περιοχής συναντάται λιθώνας της Ρίσσιου εποχής (ER). Χαρακτηρίζεται από την διαφορετική διεύθυνση και την αποστρογγυλεμένη του μορφή. Στα άκρα του παγετώνα στο ΒΔ άκρο της φωτογραφίας φαίνεται μια σχεδόν τελείως επίπεδη επιφάνεια, η οποία είναι τράτσσα που σχηματίστηκε από ποταμοπαγετώδεις αποθέσεις στα άκρα του πλευρικού λιθώνα (Ew) και αποτελείται κυρίως από αμμοχάλικες (εικ. 3 και 4).

Αλλά τα πιο εμφανή μορφολογικά στοιχεία των αεροφωτογραφιών είναι τα βαθουλώματα του «νεκρού πάγου», τα οποία διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

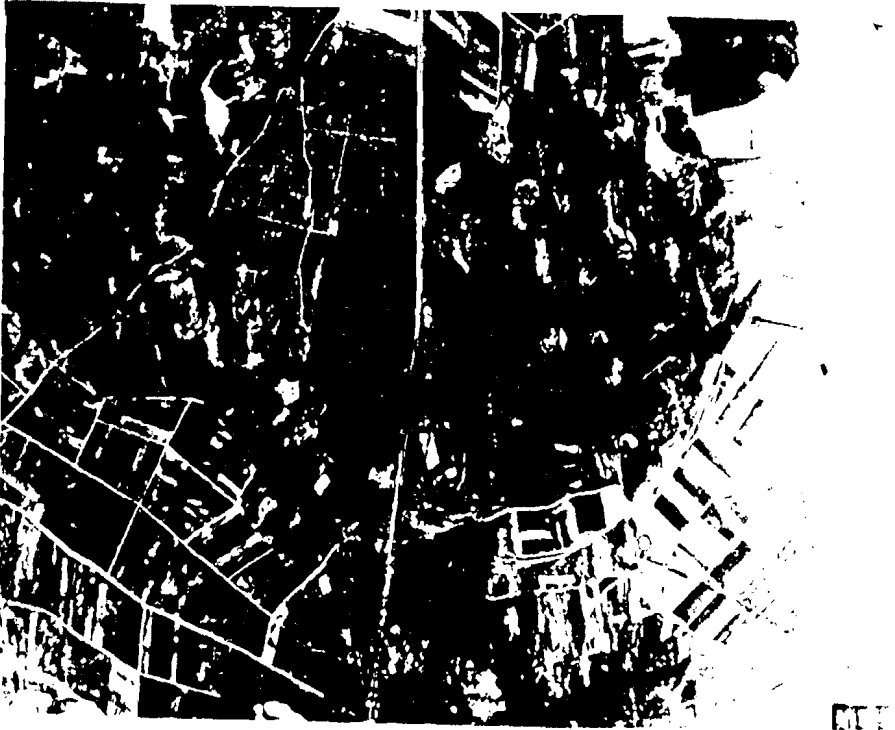
— Στην πρώτη ανήκουν μικρότερα υπολείμματα πάγου, που ήταν εγκλωβισμένα στους αμμοχάλικες του λιθώνα της κοίτης (Gw) του παγετώνα. Μετά το τήξιμο του πάγου και τον κατακρημνισμό των χαλύκων που βρισκόταν πάνω ή γύρω από τον πάγο, δημιουργήθηκαν οι μικροί αυτοί κρατήρες στο ΝΑ τμήμα της αεροφωτογραφίας.

— Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει μεγαλύτερες κοιλότητες νεκρού πάγου, οι οποίες υπάρχουν και σήμερα, είτε υπό την μορφή λιμνών που σχηματίστηκαν από τα υπολείμματα του παγετώνα της Βούρμιας εποχής (π.χ. Ammersee, Wörthsee και Pilsensee) είτε υπό την μορφή ελών. Στις περιπτώσεις αυτές ο πάγος δεν οκεπάστηκε από αδρομερές υλικό. Στην περιφέρειά του μόνο συσσωρεύτηκε πλούσιο χερσαγενές υλικό υπό τη μορφή διαφόρων λαφίσκων που αναφέραμε πάρα πάνω ή υπό τη μορφή της πλευρικής τράτσας του λιθώνα (Ew).

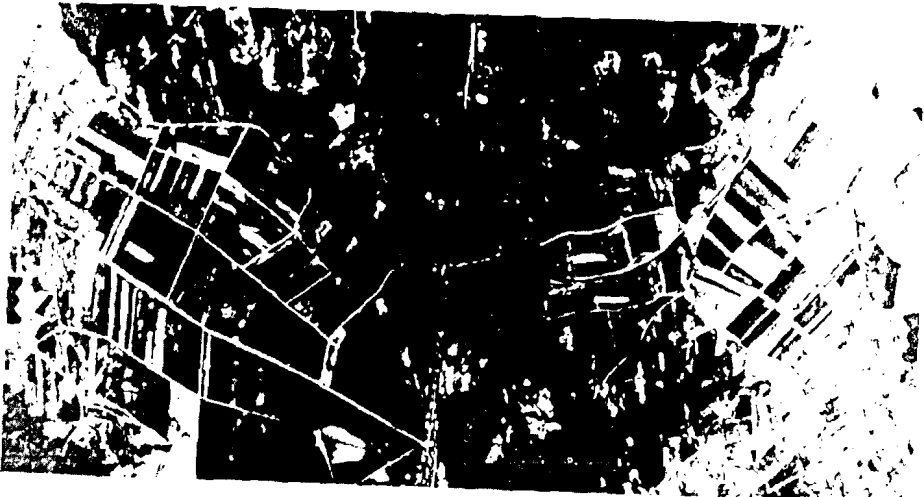
Όταν πλέον σταμάτησε η τροφοδοσία από χερσαγενές υλικό, τότε έλιωσε τελείως ο πάγος. Κατ' αυτό τον τρόπο διατηρήθηκαν τα βαθουλώματα αυτά και στις περιοχές όπου αυτά βρίσκονται κάτω από τη στάθμη του νερού είναι γεμίστα με νερό.

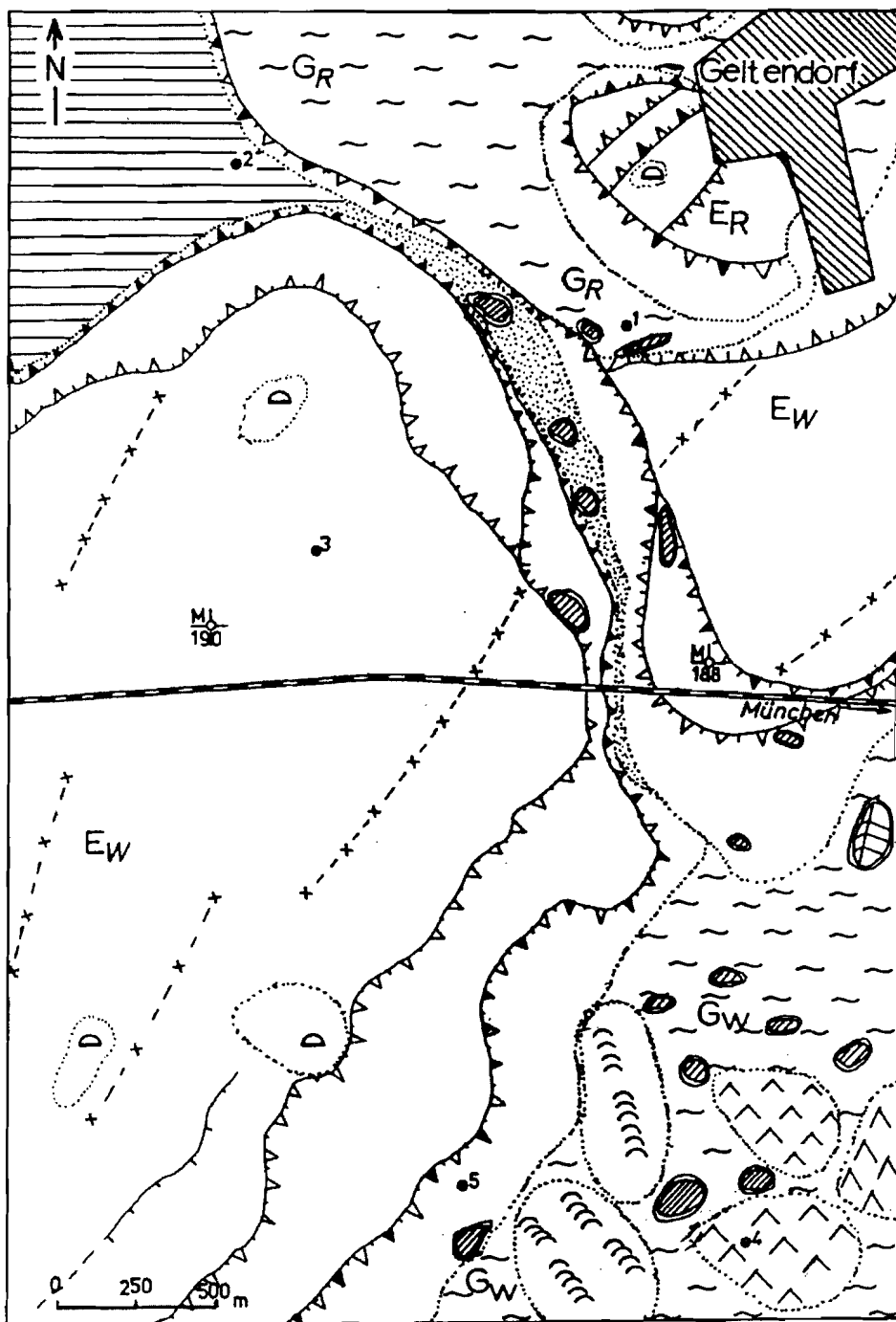
Το έλος που βρίσκεται στο μέσον της αριστερής πλευράς της φωτογραφίας χαρακτηρίζεται με μεγάλη ακρίβεια, πρώτα από το ευκρινές ανάγλυφό του και έπειτα

* **Drumlins** = (Γρλ./γαλ. «drummen»), λόφοι ελλειπτικού σχήματος, μήκους μερικών εκατοντάδων μέτρων και ύψους από 10 έως 40 μ., που είναι τοποθετημένοι στη διεύθυνση της κινήσεως του πρώην παγετώνα.

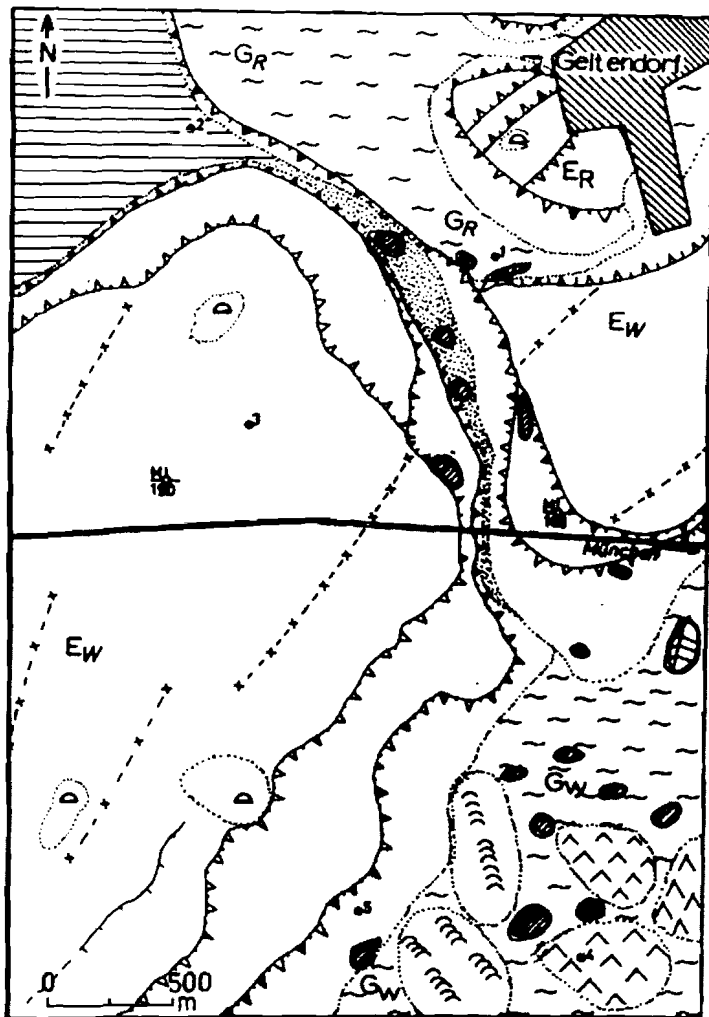


Εικ. 3. Η ερευνηθείσα περιοχή όπως φαίνεται από τις αεροφωτογραμμίες. Το ζεύγος των αεροφωτογραμμάτων έχει τοποθετηθεί για οπτικοποίηση (παρατίθεση).

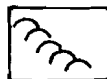




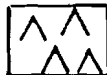
Φωτογεωλογικός Χάρτης.



ΛΕΖΑΝΤΑ



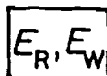
Drumlins (ελλειψοειδείς λοφίσκοι)



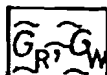
Kames (λόφοι διαφόρων σχημάτων)



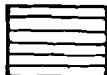
Κοιλώματα „νεκρού πάγου“



Πλευρικοί λιθώνες
 ER: Ρίσσιο, EW: Βούρμιο



Λιθώνες κοίτης του παγετώνα
 GR: Ρίσσιο, GW: Βούρμιο



Ταράτσα



Αλλούβιο



Κλίση πρηνούς (10°-20°-30°-40°)

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
 Ειχ. 4. Φωτογεωλογικός-μορφολογικός χάρτης της περιοχής που ερευνήθηκε από τις αεροφωτογραφίες.

από το σκούρο γκριζό τόνο του εδάφους που απεικονίζεται στην αεροφωτογραφία. Αντίθετα οι διάφοροι λοφίσκοι (Drumlins, Kames) με το ανοιχτόχρωμο ανάγλυφό τους ξεχωρίζουν αμέσως από τα γκριζόφαια βαθουλώματα του νεκρού πάγου.

Οι περισσότερες από τις κοιλοότητες αυτές του νεκρού πάγου παρουσιάζουν ένα χαρακτηριστικό προσανατολισμό στον επιμήκη τους άξονα. Διακρίνονται κυρίως δύο κατευθύνσεις. Η πρώτη έχει ΒΒΔ-ΝΝΑ και η δεύτερη ΒΑ-ΝΔ κατεύθυνση. Σίγουρα οι κατευθύνσεις αυτές των αξόνων εξαρτώνται από τον μηχανισμό της κατακερματίσεως του παγετώνα στο τέλος της Βούρμιας παγετώδους εποχής.

Η ΒΒΔ-ΝΝΑ κατεύθυνση αντιστοιχεί σε επιμήκεις χαράδρες και σχισμές του εν κινήσει ακόμα παγετώνα. Η ΒΑ-ΝΔ κατεύθυνση οφείλεται σε εφελκυστικές δυνάμεις δύο τεμνόμενων υπό οξεία γωνία συστημάτων. Η επικάλυψη αυτή δύο διαφόρων εφελκυστικών συστημάτων παρατηρείται και στους σημερινούς παγετώνες (BODECHTEL, 1965). Εμφανίζονται πάντοτε στα μέρη εκείνα που ο παγετώνας έχει να υπερσκελίσει ένα εμπόδιο του εδάφους, το οποίο έχει διαφορετικό ύψος.

Στην προκειμένη περίπτωση το εμπόδιο του εδάφους είναι η μη πτυχωμένη πλευρά της τριτογενούς Μολάσσας στη Ν. Βαυαρία που κατευθύνεται από Α. προς Δ. Επομένως η ερμηνεία διεύθυνσης, από τους άξονες των κοιλοτήτων του νεκρού πάγου παρέχει πληροφορίες για τις κινήσεις του πρώην παγετώνα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ανωτέρω παρατηρήσεις μαζί με την δυνατότητα της ακριβούς οριοθετήσεως των διαφόρων μορφολογικών ενοτήτων, είναι κατορθωτή με τόση αποτελεσματικότητα μόνο από αεροφωτογραφίες. Με τη στερεοσκοπική παρατήρηση της περιοχής αναγνωρίζεται αμέσως η τυπική αυτή τοποθεσία των παγετωδών αποθέσεων χωρίς να ληφθεί υπόψη ο γεωλογικός χάρτης του ROTHPLETZ (1917). Οι διάφορες παγετώδεις τaráτσες, ελλειψοειδείς λοφίσκοι (drumlins, äser και kames) διακρίνονται με μεγάλη ακρίβεια. Η έρευνα των βαθουλωμάτων του νεκρού πάγου παρουσιάζει τέτοια ακρίβεια, η οποία θα ήταν πολύ δύσκολη να γίνει στην ύπαιθρο χωρίς τη βοήθεια των αεροφωτογραφιών. Η φωτογεωλογική ανάλυση της περιοχής επιτρέπει κατευθείαν τον προσδιορισμό των διαφόρων μορφών από τη φωτογραφία, λόγω του ότι πρωτεύοντα ρόλο κατέχει η γεωμορφολογία και όχι τα πετρώματα. Δεν είναι αναγκαίο να καταστρωθεί πρώτα ένα φωτογεωλογικό κλειδί, το οποίο κατόπιν συγκρινόμενο στο πεδίο διασαφηνίζει τις διάφορες λιθολογικές ή στρωματογραφικές ενότητες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BODECHTEL, J. (1965): Die südlichen Osterseen bei Iffeldorf in Oberbayern. Luftbildinterpretation einer Jungglaziallandschaft. Erdkunde, Archiv. für wissen. Geographie 19: 150-155, Bonn.

- FRYDAS, D. (1975): Photogeologische und Sedimentologische Untersuchungen der Glazialablagerungen im Bereich des nördlichen Ammergletschers. Inst. allgem. angew. Geol. (unveröff. Dipl. Arb.) 96 S., 42 Abb., 3 Tab., 1 Photogeol. karte, 4 Beil. Karten, München.
- (1987): Die Erforschung vulkanischer Gebiete durch Anwendung des Fernerkundungs Verfahrens. *Mineral Wealth*, 47; p. 47-54, Athens.
- (1990): Das Gebiet von Rabigh nördlich Jeddah/S. Arabien. Die Luftbildinterpretation im Dienst der Ingenieurgeologie und Hydrologie. *Bull. Geol. Soc. Greece*. vol. 21, p. 27-43, Athens.
- KNAUER, J. (1929): Teilbalt Landsberg der geognostischen Karte von Bayern mit Erläuterungen. 1:100.000, München.
- (1931): Teilbalt München-Strarnberg der geognostischen Karte von Bayern mit Erläuterungen. 1:100.000, München.
- KRONBERG, P. (1967): Photogeologie. Eine Einführung in die geologische Luftbildauswertung. *Clausthale Tekton. Hefte* 6, 235 S., Clausthal-Zellerfeld.
- LOUIS, H. (1960): Allgemeine Geomorphologie. S. 1-354, Berlin.
- ROTHPLETZ, A. (1917): Geologische Karte des Isar-Vorlandgletschers. *Mitt., Geogr., Ges., München*, 12; 1:150.000, München.
- TROLL, K. (1938): Der Eiszerfall beim Rückzug der alpinen Vorlandgletscher in die Stammbecken. *Verh. III. Intern. Quartärkonferenz, Wien 1936*, S. 152-160, Wien.
- VERSTAPPEN, H. Th. & van ZUIDAM, R.A. (1978): Use of aerial photographs, in geomorphology. *ITC Textbook of Photo-Interpretation*, 7/Z, 49 S. Netherland.

Η ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΚΑΣΣΑΝΔΡΑΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ Λ., ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ.*

* Τομέας Γεωλογίας και Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 540 06

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή η Χερσόνησος Κασσάνδρα της Χαλκιδικής χωρίζεται σε τρεις επιμέρους λεκάνες απορροής (Θερμαϊκού, Τορωναίου, Β. Αιγαίου). Σε κάθε μία από τις λεκάνες αυτές περιγράφονται τα βασικά στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος, όπως το ανάγλυφο, η υδρογραφία, η δασική κάλυψη, οι καλλιέργειες, οι παραλίες, ο προσανατολισμός, η προσβολή από ανέμους και τρικυμίες και η επικοινωνία τους.

Στη συνέχεια περιγράφονται για κάθε μία λεκάνη οι ανθρώπινες δραστηριότητες από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Από την περιγραφή αυτή προκύπτει το συμπέρασμα ότι, η λεκάνη του Τορωναίου κόλπου δέχθηκε και δέχεται ακόμη τη μεγαλύτερη ανθρωπογενή επίδραση. Αντίθετα η λεκάνη του Θερμαϊκού κόλπου, αν και πιο ευνοημένη από περιβαλλοντικά στοιχεία, δέχθηκε τη μικρότερη επίδραση.

Διαπιστώνεται επίσης ότι κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις προχώρησαν με τόσο ταχύ ρυθμό, ώστε προκάλεσαν σοβαρές αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον.

Σταδιακά εγκαθίσταται ένα ανθρωπογενές περιβάλλον στην Κασσάνδρα, εις βάρος του φυσικού περιβάλλοντος και το φαινόμενο αυτό απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση.

ABSTRACT

The Kassandra peninsula, Chalkidiki, is divided into three drainage basins (Thermaikos, Toronaios, N. Aegean) in this paper. For each one of these basins the basic elements of the natural environment are briefly described, such as relief, hydrography, vegetational cover, coasts-beaches, orientation, wind and wave effect as well as communication.

The anthropogenic impact is further described in each one basin, since the ancient times. It is apparent that the Toronaios basin was and still is mostly influenced by man made processes. On the contrary, the Thermaikos basin, although mostly favoured by the natural environment, was less influenced by human activity.

It also became evident that during the last two decades the human impact upon the natural environment of Kassandra was accelerated. A new anthropogenic environment is gradually replaced the natural one, all over this peninsula. Such a phenomenon

requires further research, to clarify the changes and their consequences upon both nature and man.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φυσικό περιβάλλον και οι διεργασίες που το χαρακτηρίζουν, καθόριζαν τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου κατά την εξελικτική του πορεία, και τις ιδιαιτερότητες των πολιτισμών που αναπτύχθηκαν μέχρι σήμερα. Ο άνθρωπος φρόντιζε πάντοτε να ζει σε φιλικό περιβάλλον, προσαρμόζοντας τη ζωή του στις φυσικές συνθήκες, όπως το κλίμα, το ανάγλυφο, οι υδατικοί πόροι, η ευφορία της γης κ.ά. Αυτό συνέβαινε και στον ελλαδικό χώρο μέχρι την έλευση του 20ου αιώνα, αφότου παρατηρείται μια συνεχώς αυξανόμενη επέμβαση του ανθρώπου στα φυσικά περιβάλλον. Τα προϊόντα της τεχνολογίας έδωσαν τη δυνατότητα στον άνθρωπο να αποξηράνει και αποστραγγίσει το 63% των ελληνικών υγροτόπων (Psilonikos, 1991), να εγκιβωτίσει – εκτρέψει – αποφράξει κοίτες πολλών ποταμών και χειμάρρων, να καταστρέψει τα δάση, να αλλοιώσει τις παραλίες και να φθάσει στη δημιουργία ενός τύπου ανθρωπογενούς περιβάλλοντος.

Στην εργασία αυτή ερευνάται η χερσόνησος Κασσάνδρα της Χαλκιδικής, η οποία έχει ένα νησιωτικό χαρακτήρα και η παρουσία του ανθρώπου έχει καταγραφεί από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Η έρευνα προσπαθεί να συσχετίσει τους φυσικούς και τους ανθρωπογενείς παράγοντες και να προσδιορίσει την αλληλεπίδρασή τους στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος στη χερσόνησο αυτή.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η χερσόνησος Κασσάνδρα έχει τριγωνικό σχήμα και περιβρέχεται από θάλασσα (σχ. 1). Το ακρωτήριο Ποσειδί αποτελεί την κορυφή του τριγώνου ενώ οι ακτές του Τρωναίου κόλπου - μήκους 45 km - αποτελούν τη βάση του. Τη δυτική πλευρά - μήκους 28 km - αποτελούν οι ακτές του Θερμαϊκού κόλπου, ενώ τη νότια πλευρά - μήκους 33 km - αποτελούν οι ακτές του Β. Αιγαίου. Η διώρυγα της Ποτίδαιας στο βόρειο άκρο χωρίζει την Κασσάνδρα από τον κορμό της Χαλκιδικής, έτσι ώστε αυτή να αποκτά νησιωτικό χαρακτήρα. Η έκταση της Κασσάνδρας είναι 365 km² περίπου.

Το αρχικόν όνομα της χερσονήσου κατά τους ομηρικούς χρόνους ήτο Φλέγρα, ενώ αργότερα ονομάστηκε Παλλήνη και κατά τους ελληνοιστικάς χρόνους έλαβε το όνομα Κασσάνδρα (Π. Στάμου 1961, Α. Σωτηριάδης, 1969).

Από γεωλογική άποψη (Μαρίνας κ.ά. 1970, Συρίδης 1990) η Κασσάνδρα αποτελεί ένα τεταρτογενές τεκτονικό κέρας μεταξύ των τάφρων του Θερμαϊκού και του Τρωναίου κόλπου. Το υπόβαθρό της αποτελείται από βασικά και ανθρακικά πετρώματα της ζώνης του Αξιού στο ΝΑ άκρο της, επί των οποίων κάθονται ασύμφωνα ηωκαινικά ιζήματα περιορισμένης εξάπλωσης. Το κύριο σώμα της χερσονήσου αποτελείται από μια ακολουθία ιζημάτων του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς, με γενική

ΛΕΚΑΝΗ ΘΕΡΜΑΙΚΟΥ

Ήπιο ανάγλυφο
 Εκτάσεις για καλλιέργεια
 Δάση
 Πλούσια υδρογραφία - έλη
 Απότομες ακτές-Μικρές παραλίες
 Δυτικός προσανατολισμός
 Προσβολή από Ν & ΒΔ ανέμους
 Ανοιχτή θάλασσα

ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΡΩΝΑΙΟΥ

Ήπιο ανάγλυφο
 Εκτάσεις για καλλιέργεια
 Δάση
 Περιορισμένη υδρογραφία
 Μεγάλες αμμώδεις παραλίες
 Α/ΒΑ προσανατολισμός
 Προσβολή από Β/ΒΑ ανέμους
 Επικοινωνία με Σιθωνία

ΛΕΚΑΝΗ Β. ΑΙΓΑΙΟΥ

Απότομο ανάγλυφο
 Μικρές εκτάσεις για καλλιέργεια
 Μεγάλη δάση
 Περιορισμένη υδρογραφία
 Στενές Χαλικώδεις-απότομες ακτές
 Μεσημβρινός προσανατολισμός
 Προσβολή από Ν ανέμους
 Ανοιχτή θάλασσα

L Αρχαίοι οικισμοί

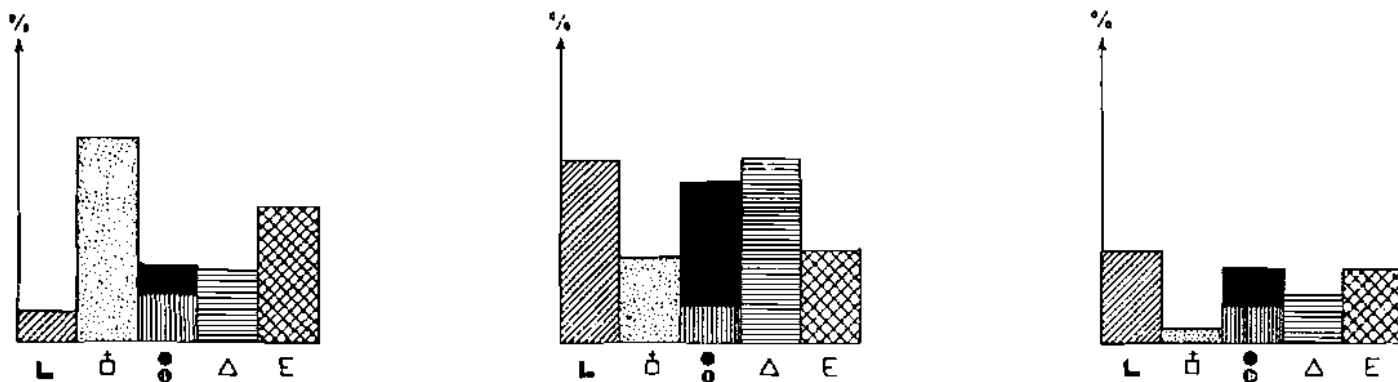
Θ Βυζαντινά μετόχια

● Νέοι οικισμοί

● Παράκτιοι οικισμοί

Δ Παραθεριστικοί οικισμοί

Ε Εκτάσεις λεκανών



Σχήμα 2. Βασικά περιβαλλοντικά στοιχεία των λεκανών απορροής της Κασσάνθρας και αντίστοιχη ανθρωπογενής δραστηριότητα σ' αυτές.

κλίση των στρωμάτων N/ΝΔ-Β/ΒΑ περίπου και σημαντικό πάχος 1-4 km (Συρίδης, 1990).

Νεότερες αποθέσεις εντοπίζονται στις παράκτιες ζώνες της Κασσάνδρας, κυρίως κροκάλες και άμμοι, προϊόντα διάβρωσης των νεοτεταρτογενών σχηματισμών.

ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Από πλευράς επιφανειακού αναγλύφου η Κασσάνδρα διακρίνεται σε δυο τμήματα:

– Το βόρειο πεδινό τμήμα, με υψόμετρο < 100 m, μεταξύ Ποτίδαιας και Κασσανδρείας, στο οποίο υπάρχουν εκτεταμένες καλλιέργειες.

– Το νότιο λοφώδες τμήμα, με υψόμετρο 100-353 m, νοτίως της Κασσανδρείας, στο οποίο εντοπίζονται μεγάλες δασικές εκτάσεις.

Από πλευράς παράκτιας διαμόρφωσης η Κασσάνδρα κυριαρχείται από ευθύγραμμες ρηξιγενείς ακτές με απότομο μέτωπο, κρεμασμένες κοιλάδες και τεκτονικές αναβαθμίδες, κατά θέσεις διαβρωμένες. Οι κόλποι περιορίζονται κυρίως στο χώρο του υποβάθρου. Το μεγαλύτερο τμήμα των ακτών έχει ζώνες αμμωδών παραλιών μεγάλου πλάτους σε εξόδους κοιλάδων, όχι όμως στη βάση των μετώπων των αναβαθμίδων. Οι ακτές της Κασσάνδρας βρίσκονται στο στάδιο της νεότητας και παρουσιάζουν έντονα τα φαινόμενα της διάβρωσης και της μετακίνησης υλικών (Ψιλοβίκος κ.ά., 1988).

Από πλευράς υδρογραφίας η Κασσάνδρα δεν έχει ενιαίο δίκτυο με ένα κεντρικό υδρογραφικό άξονα και πλευρικούς κλάδους, αλλά οποτελείται από ένα κεντρικό υδροκρήτη και περιφερειακά αποκλίνοντες κλάδους. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1 η Κασσάνδρα έχει τρεις κύριες λεκάνες απορροής:

Τη λεκάνη του Θερμαϊκού στα ΒΔ, με έκταση 162 km² (45,5%) η οποία αποστραγγίζεται από ρεύματα μεγάλης ανάπτυξης με χαρακτηριστικές ωριμότητας. Οι κοιλάδες των ρευμάτων δείχνουν στοιχεία ενός παλαιού αναγλύφου, με βασικό επίπεδο το Θερμαϊκό κόλπο.

Τη λεκάνη του Τορωναίου στα ΒΑ, με έκταση 108 km² (30,3%), με επίμηκες σχήμα, η οποία αποστραγγίζεται από ρεύματα περιορισμένης ανάπτυξης με χαρακτηριστικές νεότητας. Στο Β. τμήμα η ανάπτυξη είναι υποτυπώδης.

Τη λεκάνη του Β. Αιγαίου στα Ν., με έκταση 86 km² (24,2%), η οποία έχει παρόμοιους χαρακτηριστικές με αυτήν του Τορωναίου Κόλπου.

Η έντονη διάβρωση των ιζηματογενών σχηματισμών της Κασσάνδρας οφείλεται κατά μεγάλο μέρος στους χαρακτηριστικές νεότητας ή ανανέωσης του υδρογραφικού της δικτύου, το οποίο προμηθεύει τις παράκτιες ζώνες με κλαστικό υλικό.

Είναι προφανές ότι η λεκάνη του Θερμαϊκού κόλπου ευνοείται από πλευράς υδρογραφίας και υδατικών αποθεμάτων, όπως επίσης και από πλευράς αναγλύφου, λόγω του πεδινού χαρακτήρα και των ώριμων κοιλάδων.

Κατό θέσεις όμως (Σάνη, Φούρκο) κοντά στις ακτές αναπτύσσονται ελώδεις εκτάσεις. Αντίθετα οι άλλες δύο λεκάνες μειονεκτούν ως προς τα στοιχεία αυτά.

Από πλευράς κλίματος η Κασσάνδρα έχει Μεσογειακό κλίμα, με νησιωτικούς χαρακτήρες (Μπαλαφούτης, 1977). Οι επικρατούντες άνεμοι είναι βορείας συνιστώσας, αλλά οι ακτές της Κασσάνδρας υποφέρουν από κυματισμούς που προέρχονται από ανέμους νοτίας συνιστώσας, με προέλευση το χώρο του Β. Αιγαίου. Για το λόγο αυτό οι παράκτιες περιοχές του Θερμαϊκού κόλπου και του Β. Αιγαίου, αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα από τρικυμίες.

Από πλευράς φυτοκάλυψης η Κασσάνδρα μέχρι το 1970 καλύπτονταν κατά 47% περίπου από δάση πεύκης και θάμνων, ιδιαίτερα ο κεντρικός κορμός της λοφώδους ζώνης, από την Κασσάνδρεια μέχρι το Καναστραίο. Το υπόλοιπο 53% της έκτασης της Κασσάνδρας αποτελούσε τις καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Δοσικά προϊόντα (ξύλο-ρητίνη), μελισσοκομικά προϊόντα, ελιές και σιτηρό, αποτελούσαν τον κορμό του πρωτογενούς τομέα της οικονομίας της Κασσάνδρας. Κατά την αρχιότητα σημαντική ήταν η παραγωγή κρασιών (Σκιώνη-Μένδη).

Προ του 1970 ο δευτερογενής τομέας της οικονομίας και ιδιαίτερα ο Τουρισμός ήταν σχεδόν ανύπαρκτος, λόγω ελλείψεως έργων υποδομής (οδικό δίκτυο, ηλεκτρικό-τηλεφωνικό δίκτυο κ.λπ.).

Παρόλο ότι η Κασσάνδρα έχει παράκτιους οικισμούς με αλιευτική δραστηριότητα, δεν διαθέτει κανένα λιμάνι.

ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Η ανθρωπογενής δραστηριότητα στην Κασσάνδρα είναι βεβαιωμένη τουλάχιστον από την εποχή του Τρωϊκού πολέμου μέχρι σήμερα (Στάμου Π., 1961) και μπορεί να διακριθεί σε τέσσερες περιόδους:

1η ΠΕΡΙΟΔΟΣ. Περιλαμβάνει τους αρχαίους χρόνους κατά τη διόρκεια των οποίων στην Κασσάνδρα κτίστηκαν πόλεις-αποικίες των Πελληναίων της Πελοποννήσου (Σκιώνη), των Κορινθίων (Ποτίδαια) και κυρίως των Ερετριέων (Αφυτις, Θράμβη, Μένδη, Σάνη), αλλά και των Μακεδόνων (Κασσανδρεία στη θέση της Ποτίδαιας).

Με βάση την υποτιθέμενη θέση των αρχαίων πόλεων και οικισμών (σχ. 1) φαίνεται ότι κατά μήκος των ακτών του Τορωναίου κόλπου κτίστηκαν 6, κατά μήκος των ακτών του Β. Αιγαίου κτίστηκαν 3, ενώ στις ακτές του Θερμαϊκού κτίστηκε 1. Οι αρχαίες πόλεις παρουσιάζουν μια κανονική διασπορά στις ακτές του Τορωναίου και του Β. Αιγαίου, ενώ μόνο η Σάνη πιστεύεται ότι βρίσκονταν στις ακτές του Θερμαϊκού.

2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ. Περιλαμβάνει τους βυζαντινούς οικισμούς, οι οποίοι ήταν οργανωμένοι γύρω από μετόχια κυρίως Αγιορίτικα. Όπως φαίνεται στο σχ. 1, 17 μετόχια βρίσκονταν μέσο στη λεκάνη απορροής του Θερμαϊκού, την πιο ευνοημένη περιοχή από πλευράς υδάτινων πόρων και καλλιεργούμενων εκτάσεων (Δοχειαρίου, Σιμωνόπετρας, Αγ. Διονυσίου, Εσφιγμένου, Σταυρονικήτα, Καρακάλου, Παπαστάθη, Ξεναφώντας, Μ. Λαύρας, Κρεμμυδιού, Φιλοθέου, Αγ. Αναστασίας κ.λπ.). Αντίθετα στη λεκάνη του Τορωναίου Κόλπου βρίσκονταν 6 μετόχια (Αγ. Λαύρας, Αγ. Παύλου, Ρωσικό, Φιλοθέου, Ζωγράφου κ.λπ.) και στη λεκάνη του Β. Αιγαίου βρίσκονταν μανά

σκάλες των μετοχιών (Αγ. Αναστασίας και Σερβικού).

Κατά την περίοδο των Βυζαντινών χρόνων αλλά και των χρόνων της Οθωμανικής σκλαβιάς υπήρχαν στην Κασσάνδρα 12 μικροί οικισμοί, οι οποίοι είχαν κτιστεί στην εσωτερική ζώνη της χερσονήσου (Παληούρι, Αγ. Παρασκευή, Τσαπράνι, Κασσανδρινό, Φούρκα, Βάλτα) μακριά από τις ακτές, ή σε απόσταση από αυτές, πίσω από λόφους και αναβαθμίδες (Χανιώτη, Καψόχωρα, Πολύχρονο, Παζαράκι, Μάλτεπε, Αφυτος, Καλάνδρα, Ποτίδαια). Το σύνολο των κατοίκων της Κασσάνδρας κατά το 1863 υπολογίζεται σε 412 οικογένειες (Π. Στόμου 1961) υπό τις οποίες 81 ζούσαν στην πρωτεύουσα Βάλτα (Κασσανδρεία) και 6 στη Χανιώτη. Ολόκληρη η ζωή των κατοίκων στηριζόταν στη γεωργία και οι εγκαταστάσεις όλες βρίσκονται μακριά από τις ακτές ή σε θέσεις προφυλαγμένες από τις επιδρομές των πειρατών.

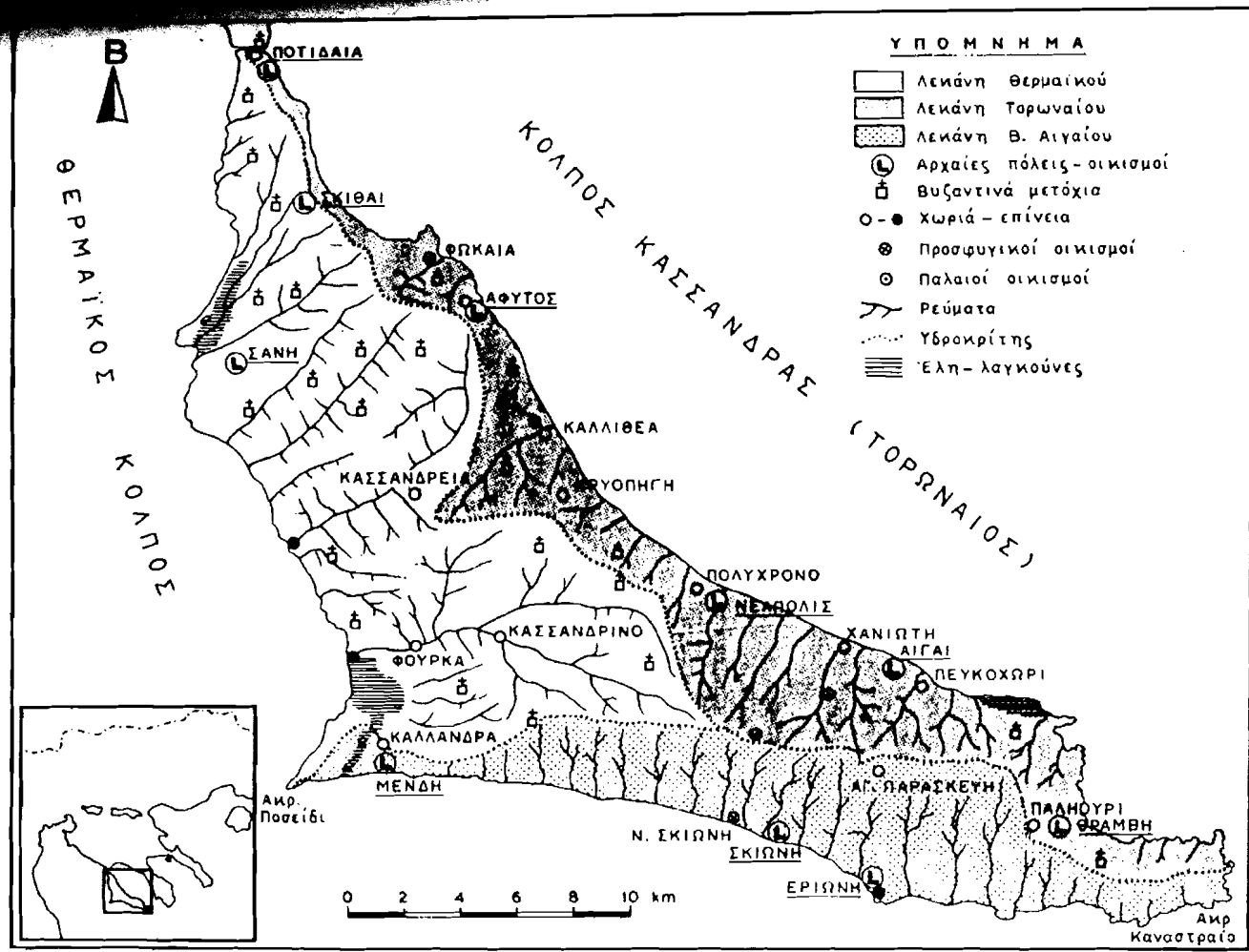
3η ΠΕΡΙΟΔΟΣ. Περιλαμβάνει κατά βάση τον 20ο αιώνα, οπότε απελευθερώνεται η Κασσάνδρα (1912-13) και ενισχύεται με το προσφυγικό αποίχαιο (1920-22), είτε διασπειρόμενο στους ήδη υπάρχοντες οικισμούς, είτε συγκεντρώμενο σε νέους οικισμούς (Ν. Φώκαια, Καλλιθέα, Ν. Πατίδαια, Ν. Σκιώνη). Κατά την περίοδο αυτή αυξάνεται σημαντικά ο πληθυσμός της Κασσάνδρας (σχεδόν οκταπλασιάζεται) και παρατηρείται η τάση μεταφοράς των οικισμών στις παραλιακές ζώνες και η ανάπτυξη επιπέδων (σκάλες). Η παραλιακή ζώνη του Τορωναίου κόλπου συγκεντρώνει 7 χωριά, ενώ η παραλιακή ζώνη του Β. Αιγαίου συγκεντρώνει 2 χωριά και 2 επίπεδα και η παραλιακή ζώνη του Θερμαϊκού κόλπου συγκεντρώνει μόνο 2 επίπεδα. Στο εσωτερικό παραμένουν 4 χωριά και η πρωτεύουσα Κασσανδρεία. Κατά την περίοδο αυτή μεγάλα τμήματα της περιουσίας των μετοχιών μεταβιβάζονται στους κατοίκους και οι μικροί οικισμοί εγκαταλείπονται. Κατά την περίοδο αυτή, στον αγροτικό τομέα της οικονομίας απασχολείται το σύνολο σχεδόν των καταίκων της Κασσάνδρας.

ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ. Η περίοδος αυτή αρχίζει ουσιαστικά από τη δεκαετία του 1970 και συνδέεται με την τουριστική ανάπτυξη της Κασσάνδρας. Μεγάλες και μικρές ξενοδοχειακές μονάδες, μεγάλοι και μικροί οικισμοί παραθεριστικής κατοικίας και ανεξάρτητες κατοικίες εξοπλώνονται με μεγάλη ταχύτητα σ' ολόκληρη την παράκτια ζώνη της Κασσάνδρας. Η παραλιακή ζώνη του Τορωναίου κόλπου σήμερα αποτελεί έναν τεράστιο οικισμό από την Ποτίδαια μέχρι το Πευκοχώρι (Καψόχωρα) με πυκνή δόμηση σε πλάτος 500 m από την ακτή και ελάχιστη ελεύθερη έκταση, κυρίως στις περιοχές των απότομων αναβαθμίδων.

Η παραλιακή ζώνη του Β. Αιγαίου από το επίπεδο της Αγ. Παρασκευής μέχρι το Ποσειδί, έχει δομηθεί επίσης αλλά όχι σε μεγάλη πυκνότητα.

Η παραλιακή ζώνη του Θερμαϊκού, μετά την αποστράγγιση των ελωδών εκτάσεων (Σάνη, Σίβηρη, Φούρκα-Καλάνδρα) δέχεται νέους οικισμούς με κέντρα την Σάνη, τη Σίβηρη και τη σκάλα Φαύρκας, τόσο στην ακτή όσο και μέσα σε δασικές εκτάσεις.

Η εκρηκτική αυτή οικιστική δραστηριότητα της Κασσάνδρας προκάλεσε μεγάλες επεμβάσεις στο φυσικά περιβάλλον, το οποίο αλλοιώνεται σε σημαντικό βαθμό. Ολόκληρη η Κασσάνδρα έχει μετατραπεί σε ένα τουριστικό θέρετρο και ο τουρισμός



Σχήμα 1. Γεωγραφικά στοιχεία της Χερσονήσου Κασσάνδρας Χαλκιδικής

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

αποτελεί την κυριότερη πηγή εισοδημάτων των κατοίκων.

Η διάνοιξη δρόμων, η καταστροφή δασικών εκτάσεων, η αλλοίωση των παραλίων, η υπερεκμετάλλευση των φτωχών υδατικών πόρων, η εγκατάληψη της γεωργίας, οι μεταβιβάσεις της γης και οι αλλαγές στον τρόπο ζωής των κατοίκων, έχουν δημιουργήσει μια νέα κατάσταση στην Κασσάνδρα, με δυσμενείς προοπτικές για το μέλλον της. Το εξαιρετο φυσικό περιβάλλον αλλοιώνεται ραγδαία κάτω από την πίεση του ανθρώπου και μετατρέπεται σ' ένα δυσμενές ανθρωπογενές περιβάλλον.

ΣΧΕΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΟΥΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Από τα στοιχεία που αναφέρθηκαν και παρουσιάστηκαν (σχ. 1, 2) στην εργασία αυτή γίνεται φανερό ότι οι παράμετροι του φυσικού περιβάλλοντος καθόριζαν πάντοτε τα πλαίσια της ανθρωπογενούς δραστηριότητας στην Κασσάνδρα Χαλκιδικής. Υπάρχουν όμως σοβαρές διαφορές μεταξύ των τριών λεκανών απορροής, οι οποίες μπορούν να συνοψιστούν στα περιλαμβανόμενα στο σχήμα 2.

Επιγραμματικά μπορεί να αναφερθεί ότι:

– Η λεκάνη του Τωρωναίου κόλπου συγκέντρωνε τα περισσότερα ευνοϊκά για τον άνθρωπο στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος που για το λόγο αυτό είχε τη μεγαλύτερη ανθρωπογενή επίδραση από τα αρχαία χρόνια μέχρι σήμερα. Σταδιακά όμως το ανθρωπογενές περιβάλλον τείνει να αντικαταστήσει το φυσικό, ιδιαίτερα κατά μήκος της παραλιακής ζώνης.

– Η λεκάνη του Θερμαϊκού κόλπου, παρόλες τις ευνοϊκές συνθήκες του φυσικού περιβάλλοντος και τη θέση της προς το Θερμαϊκό κόλπο δέχθηκε μικρή ανθρωπογενή επίδραση, με εξαίρεση την εξάπλωση μετοχιών. Χαρακτηριστική ήταν η απουσία παράκτιων πόλεων στις ακτές του Θερμαϊκού. Σταδιακά όμως παρατηρείται μια αυξανόμενη οικοδόμηση και δημιουργία οικισμών, μετά την εκτέλεση αποστραγγιστικών έργων (Σάνη, Σίβηρη, Φούρκα) η οποία δείχνει τη μεγάλη επιρροή του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος στη λεκάνη αυτή.

Είναι γνωστό ότι η επέμβαση του ανθρώπου για την αποστράγγιση μιας περιοχής (καταστροφή υγροτόπων) καταλήγει στην τροποποίηση της πλημμυρικής ροής της. Από μελέτες που έγινον (Maltby, 1990) διαπιστώθηκε ότι λεκάνες απορροής που καλύπτονταν κατά 15% από υγροτόπους, είχαν πλημμυρικές παροχές αιχμής κατά 60-65% μικρότερες, από ό,τι θα είχαν εάν δεν καλύπτονταν από υγροτόπους. Μπορεί λοιπόν να λεχθεί ότι στην εκδήλωση των μεγάλων πλημμυρικών φαινομένων της περιοχής Φούρκας κατά το 1990, με δυσμενέστερες επιπτώσεις στους παραθεριστικούς οικισμούς, συνέβαλε εκτός από την καταστροφή του δάσους και η αποστράγγιση των ελωδών εκτάσεων της περιοχής.

– Η λεκάνη του Β. Αιγαίου είχε τα δυσμενέστερα στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος, αλλά η στρατηγική της θέσης επέτρεψε την ανάπτυξη σημαντικών πόλεων κα-

τά την αρχαιότητα. Στο σύνολό της όμως δέχθηκε περιορισμένη ανθρωπογενή επίδραση. Τα τελευταία χρόνια η παράκτια ζώνη δέχεται σοβαρές ανθρωπογενείς επεμβάσεις.

Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις σ' ολόκληρο το χώρο της Κασσάνδρας τις τελευταίες δεκαετίες έχουν προκαλέσει σοβαρές αλλοιώσεις στο φυσικό περιβάλλον, ιδιαίτερα στις παραλιακές ζώνες, έτσι ώστε να δημιουργηθούν νέες συνθήκες, ενός ανθρωπογενούς περιβάλλοντος με άγνωστα αποτελέσματα για το μέλλον της (κατολισθήσεις, πλημμύρες, διοβρώσεις, λειψυδρία).

Για το λόγο αυτό απαιτείται να γίνει μια συστηματική ερευνητική προσπάθεια στα επιμέρους στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος της Κασσάνδρας και στις αλλοιώσεις τους από την ανθρώπινη δραστηριότητα (δάση, παραλίες, καλλιέργειες, υδατικοί πόροι). Είναι μόνο μπορούν να προκύψουν αξιόπιστα στοιχεία για τη μελλοντική εξέλιξη των περιβαλλοντικών διεργασιών σε μια περιοχή με επιταχυνόμενη ανθρωπογενή επέμβαση - κυρίως λόγω της μεγάλης ανάπτυξης των τουριστικών δραστηριοτήτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- MALTBY E., 1990. Εδάφη και υδροτοπικές λειτουργίες. Πρακτικά Συνάντησης Εργασίας για τους Ελληνικούς Υδροτόπους. Α.Π.Θ. 1990.
- MARINOY Γ., ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-MANÉ E., ΣΩΤΗΡΙΑΔΟΥ Λ., ΣΑΠΟΥΝΤΖΗ Η., 1970. Επί της παλαιογεωγραφίας της Βορείου Αιγίδας εις τον χώρον της Χαλκιδικής. *Ann. Geol. de Pays. Hell.* 22, 1-27, Αθήνα.
- ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗΣ Χ., 1977. Συμβολή εις την μελέτην του κλίματος της Μακεδονίας και Δυτικής Θράκης. Διατριβή επί διδακτορία. Θεσσαλονίκη.
- ΣΤΑΜΟΥ Π., 1961. Η ηρωϊκή Κασσάνδρα ανά τους αιώνας. Εργ. «ΦΩΣ», Αθ., 118 ρ.
- ΣΥΡΙΔΗΣ Γ., 1990. Λιθοστρωματογραφική και παλαιογεωγραφική μελέτη των Νεογενών-Τεταρταγενών ιζηματογενών σχηματισμών της χερσονήσου Χαλκιδικής. Διδ. Διατρ., Α.Π.Θ., 243 ρ.
- ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ Λ., ΨΙΛΟΒΙΚΟΥ Α., ΒΑΒΛΙΑΚΗ Ε., 1982. Ανάπτυξη του υπόγειου Καρστ στην περιοχή Αγίας Παρασκευής Κασσάνδρας Χαλκιδικής. *Επιστ. Επετ. Φυσικ. Σχ. Παν. Θεσσαλονίκης* 22, 23-37.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΣΥΡΙΔΗΣ Γ., ΧΑΧΑΜΙΔΟΥ Ε., 1988. Παράκτια φαινόμενα στη Χερσόνησο Κασσάνδρα της Χαλκιδικής. *Δελτ. Ε.Γ.Ε.*, XX, 323-339.

PALÄOBÖDEN UND KLIMASCHWANKUNGEN WÄHREND DES JUNGPLEISTOZÄNS AM BEISPIEL DES PROFILS STIEFERN, NIEDERÖSTERREICH

S. VERGINIS*

* Institut für Geographie der Universität Wien,
Physiogeographisches Laboratorium, Liebiggasse 5, 1010 Wien

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις περιπαγετώδεις περιοχές (περιοχές που δεν βρέθηκαν ποτέ κάτω από την επίδραση των παγετώνων, αλλά έχουν επηρεαστεί από τις κλιματικές διαταραχές, παγετώδεις - μεσοπαγετώδεις) μπορούμε να μελετήσουμε καλύτερα από οπουδήποτε αλλού, τις κλιματικές διαταραχές κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου.

Εκτός από τις βιοστρομοτογραφικές, παλαιομαγνητικές και διακυμάνσεις του οξυγόνου O^{16} και O^{18} κλιματολογικές μεθόδους έρευνας, οι δομές ασβεστούχου αιολικού πηλού (Löss) που διακρίνονται ενδιάμεσα από παλαιοεδάφη (Paläoböden) και έχουν χρονολογηθεί με θερμοφωταύγεια (TL, PTTL) είναι οι καλύτεροι δείκτες εναλλαγής κλίματος υπό την προϋπόθεση ότι ο ασβεστούχος αιολικός πηλός (Löß) με απολιθώματα της οικογένειας Pupilla, Stiata και Columella είναι δείκτες ενός ψυχρού και στεγνού κλίματος τότε τα παρεμβαλλόμενα παλαιοεδάφη (Paläoböden) είναι δείκτες ενός θερμού-υγρού ή θερμού και υγρού εναλλασσόμενου κλίματος.

Σε τέτοιες τομές μπορεί κανείς να κάνει τέλεια αναπαράσταση της εξέλιξης του κλίματος παλαιότερων γεολογικών εποχών.

Στην τομή της περιοχής STIEFERN χρονολογήθηκε με θερμοφωτάγεια (TL) το παλαιόεδαφος Boll της τομής με περίπου 87.000 χρόνια (Ρίσιον/Βούρμιος μεσοπαγετώδης εποχή) και ως εκ τούτου χωρίζεται το ανώτερο από το κατώτερο τμήμα της τομής, με αποτέλεσμα να έχουμε απόλυτα στοιχεία μεταβολής του κλίματος κατά τη διάρκεια του ανωτέρου πλειστοκαίνου.

Μια σύγκριση των κλιματολογικών διαταραχών που μελετήθηκαν όχι μόνο στην τομή STIEFERN, αλλά και σε άλλες τομές της περιοχής Niederösterreich της Αυστρίας, με τις καμπύλες διακυμάνσεως των ισotόπων του οξυγόνου O^{16} και O^{18} , και τις καμπύλες διακυμάνσεως της ακτινοβολίας του ηλίου (θεωρία MILANKOVITCH) επιβεβαιώνουν την περιοδικότητα των 100.000 χρόνων επεισοδιακών κλιματικών διαταραχών, κατά την διάρκεια του πλειστοκαίνου.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας δεν μελετούνται μόνο οι κλιματικές διαταραχές κατά τη διάρκεια του ανωτέρου πλειστοκαίνου, βάσει αιολικών αποθέσεων και παλαιοεδάφων, αλλά και παρουσίαση καινούργιων μεθόδων απόλυτης χρονολόγησης παλαιοεδάφων, όπως αυτή τη στιγμή γίνεται στο Ινστιτούτο Έρευνας Ραδίου και Ατομικής Φυσικής (Radiumforschung und Kerophysik Institut) του Πανεπιστημίου της Βιέννης.

ZUSAMMENFASSUNG

In den periglazialen Gebieten (Gebiete, die niemals unter Gletscher waren, aber trotzdem aber den Klimaschwankungen der Glaziale und Interglaziale unterlagen) sind die Lößpaketen und den dazwischengeschalteten Paläoböden, die durch neue Datierungsmethoden (TL- und PTTL- sowie kernphysikalische Methoden) erfaßt wurden – abgesehen von global vorhandenen Schwankungen aufgrund der Biostratigraphie, des Paläomagnetismus und den Sauerstoffisotopenuntersuchungen (O^{18} - O^{16}) – die besten Indikatoren für Klimaschwankungen.

Unter der Voraussetzung, daß Lößpakete (mit *Pupilla Striata*, *Columella Fauna*) ein kaltes und trockenes Klima zeigen, sind die Paläoböden in eine warm feuchte bis warm wechselfeuchte Periode einzuordnen. Deshalb läßt sich in mächtigen Lößprofilen durch äolische Sedimente und Paläoböden die Klimageschichte des Pleistozäns rekonstruieren.

Durch absolute Datierungsmethoden (TL- und PTTL - Methoden) hat sich in Stiefen ein Paläobodenkomplex (Bo II) mit einem vorläufigen Alter von ca. 87.000 Jahren ergeben, was dem Riß-Würm- Interglazial entspricht. Aufgrund dieser Datierung lassen sich die anderen Profilabschnitte – oberer und unterer Teil – mit weiteren Klimaschwankungen korrelieren. Die Klimageschichte dieses Profils läßt wie auch bei den anderen Lößprofilen Niederösterreichs gut mit den Sauerstoffisotopenkurven (O^{18} - O^{16}) beziehungsweise mit der Milankovitchtheorie (Sonneneinstrahlungskurven) und den 100 ka Periodizitäten globalen Klimaschwankungen rekonstruieren.

Im Rahmen dieses Referates werden abgesehen von der Klimainterpretation des Jungpleistozäns durch die äolischen Sedimente und den dazwischenliegenden Paläoböden auch die modernen Methoden der absoluten Datierung und ihre vorläufigen Ergebnisse, wie sie am Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Universität Wien (I.R.K.) bestimmt werden, diskutiert.

1. Lage des untersuchten Lößprofils

Im unteren Kampthal ist das angesprochene Lößprofil nahe der kleinen Ortschaft Stiefen in einer aufgelassenen Ziegelei am rechten Kampufer aufgeschlossen, wie auch aus der Übersicht zu entnehmen ist (Abbildung 1).

Die Profilaufnahme erfolgte im Jahr 1986 im Rahmen des Projektes S 3901 "Neue Wege zur Ur- und Frühgeschichte" des Institutes für Ur- und Frühgeschichte unter der Leitung von Univ. Prof. Dr. FRIESINGER. Die Lage des Profils nordöstlich der bekannten Sedimentprofile von Krems-Schießstätte, Göttweig-Furth, Paudorf und Stratzing, die bereits absolute Datierungen - C_{14} -Daten und archäologische Daten aus der Fundstelle Stratzing - aufweisen (VERGINIS, S. 1993), wie das Vorhandensein der in der weiteren Umgebung liegenden Profile von Krems und Stranzendorf waren der Grund für die Aufnahme des Profils von Stiefen. Somit war die Notwendigkeit von

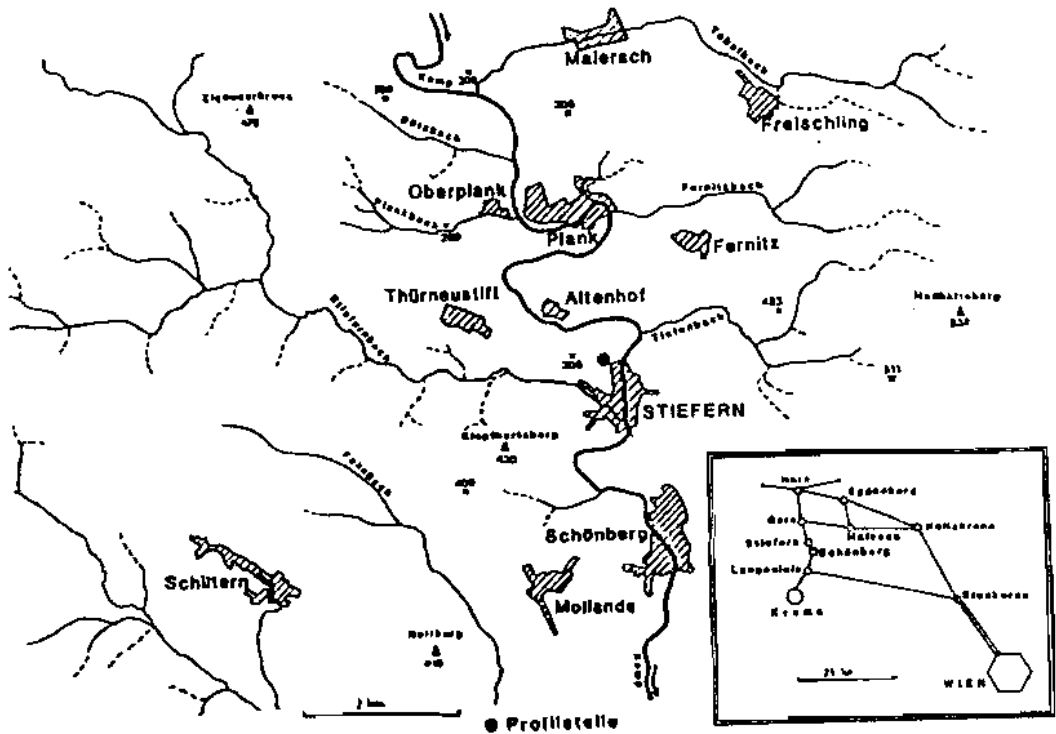


Abbildung 1: Lage des Lößprofils von Stiefern

weiteren sedimentologischen Untersuchungen durch REHBERGER (1988) und Datierungen gegeben. Die Zusammenarbeit mit dem Institut für Radiumforschung und Kernphysik (IRK) wie auch des Institutes für Paläontologie erlaubte ein koordiniertes Vorgehen in Hinblick auf die Erklärung der sedimentologischen und bodenkundlichen Aussagen unter Berücksichtigung von absoluten Daten für die Klimageschichte des Pleistozäns und eventuell einen Vergleich mit Sauerstoffisotopenverteilung (O_{16}/O_{18}) und den Sonneneinstrahlungskurven und Erdbahnparameterstörungen nach MILANKOVITCH.

2. Problemstellung und vorläufige Ergebnisse

Makroskopisch gesehen treten zwei Paläoböden in Erscheinung. Genaue Profilaufnahmen und die sedimentologischen Untersuchungen zeigen allerdings vier Bodenbildungen und zwei Verlehmungszonen (Abbildung 2). Die Anwendung von Nuklearmethoden (E. LEITNER-WILD, et. al. 1993) für paläoklimatische Studien an diesem Profil - durchgeführt vom Institut für Radiumforschung und Kernphysik lassen sich sehr gut durch die Korrelation und Antikorrelation gewisser Spurenelemente und

der Sedimentart sowie Kalziumkarbonat - vier Bodenbildungen und zwei Verlehmungszonen abgrenzen (Abbildung 3). Thermolumineszenzuntersuchungen des gleichen Institutes (WENINGER, F. 1991) zeigen eine vorläufige Datierung des Paläobodens (Bo II) mit einem Alter von 87.000 Jahren ($\pm 18\%$). Damit ist der Mittelteil des aufgeschlossenen Bereiches in das Riß/Würm-Interglazial und Frühwürm (130 - 73 ka) einzuordnen.

3. Sedimentologische Untersuchungen

Abgesehen von den Routineuntersuchungen zur Korngrößenverteilung (REHBERGER S. 1988), die die Anteile von Sand (0.63 - 2 mm Φ), Schluff (2 - 63 $\mu\Phi$) und Ton (< 2 $\mu\Phi$) ermitteln, wurden Farbbestimmungen nach dem Farbkartensystem von MUNSSELL und Karbonatgehaltbestimmungen nach SCHEIBLER durchgeführt. Der Wassergehalt wurde an ungestörten Sedimentproben anhand der Rohdichte gemessen und die Reindichte zur Erstellung des Volumendiagramms ermittelt. Weiters zog man die Werte der maximalen Wasserkapazität und die Durchlässigkeitsbestimmungen an den einzelnen Proben zur Abgrenzung von Paläoböden und Lössschichten heran.

4. Auswertung der sedimentologischen Untersuchungen

Die heutige Bodenbildung (A_h-B_t-C: Parabraunerde) entsteht aus einem Lösspaket (Proben 1-5).

Die Proben 6 - 10 zeigen wegen ihres hohen Tongehaltes (29,16 % bis 34,49 %) und des Karbonatgehaltes einen Paläoboden (Bo I). Die Hauptphase dieser Bodenbildung ist im Bereich der Proben 8 und 9 anzusetzen, wo ein relatives Minimum im Karbonatgehalt von 2,9 % beziehungsweise 4,1 % auftritt. Eine Karbonatanreicherung direkt darunter (Proben 12 und 13) - eine Zunahme auf 36,6 % ist zu verzeichnen - kann aus dem großen Schluffanteil mit 60,02 % und dem daraus hohen Porenvolumen erklärt werden. Die Korngrößenverteilung mit einem Tongehalt von 15,01 % bis 25,53 % mit Werten für die Schluffanteile von 43,21 % bis 61,70 % sowie Sandgehalten von 18,42 % bis 39,36 % grenzt ein Lösspaket ab (Lö 2).

Die nächste Bodenbildung (Bo II) ist durch die Proben 21 bis 25 repräsentiert. Die Hauptphase ist in der Schichte um Probe 23 anzunehmen, wo ein relativ minimaler Wert gegenüber den anderen Proben mit 13,5 % bis 17,5 % erreicht wird. Die konstant hohen Tongehalte um 27 % grenzen diesen Komplex eindeutig ab.

Lösspaket 3 (Lö 3) reicht von Probe 26 bis 32. Der Karbonatgehalt schwankt wie im zweiten Lösspaket (Lö 2) unter Paläoboden I. Die Oberkante wird durch einen hohen Anteil an Kalziumkarbonat von etwa 19 % gebildet, die Werte nehmen mit zunehmender Tiefe auf 6 % - 9 % ab. Im Gegensatz dazu bleibt der Tongehalt mit annähernd 20% gleich.

Die folgende Schicht (Proben 33 bis 35) kann nicht eindeutig als Paläobodenbildung

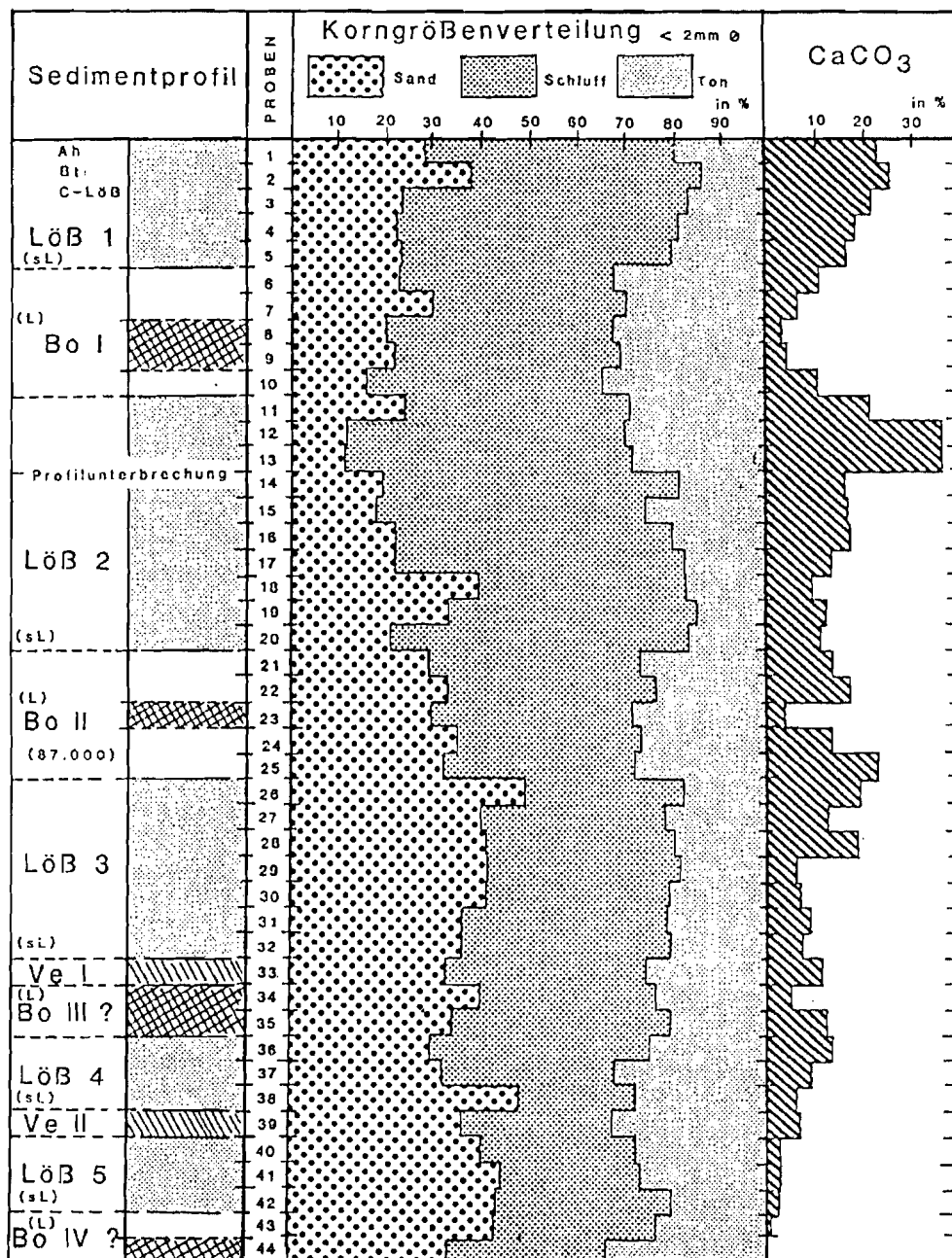


Abbildung 2: Sedimentanalyse des Lössprofils von Stiefen :
nach REHBERGER, S. 1988: stark verändert und umgezeichnet

interpretiert werden, sondern es handelt sich um eine Verlehmungszone (V I), deren Oberkante im Bereich der Probe 33 zu finden ist. Bei einem Tongehalt von 25,6 % und einem Karbonatgehalt von 11,8 % kann von einer Verlagerung beziehungsweise von einer Auswaschung aus der darüberliegenden Lößschicht (Löß 3) ausgegangen werden. Die beiden darunterliegenden Proben zeigen eine Abnahme des Tongehaltes von 23,75 % auf 20,45 % und parallel dazu eine Zunahme des Kalziumkarbonates von 5,4 % auf 12,9 %. Der Tongehalt entspricht in seiner Höhe etwa den Werten der Böden Bo I und Bo II. Der im Vergleich zu seiner Umgebung niedrige Tongehalt der Probe 34 kann der Hauptphase einer nicht weit entwickelten Paläobodenbildung (Bo III?) entsprechen, der mit einer Tonverlagerung in Probe 33 abgeschlossen ist. So wird dieser Komplex als Kombination von Verlehmungszone (V I) und Bodenbildungen (Bo III ?) interpretiert. Klimatisch gesehen ist für diesen Komplex folgende Situation charakteristisch: Nach einer kurzen warmen und feuchten Periode in der Zeit der möglichen Bodenbildung Bo III setzte eine Lößakkumulation (Löß 3) ein. Eine rasche Verlagerung der Karbonate und Tonteilchen ist wahrscheinlich.

Ab Schicht 36 bis inklusive Schicht 43 zeigt sich eine markante Abnahme der Kalziumkarbonatgehaltes, wie aus der Abfolge dieser Meßergebnisse in jedem Lößpaket unter einer Bodenbildung (Löß 2 und 3) bekannt ist. Nur der Tongehalt von Probe 39 (32,79 %) und die begrenzte Zunahme im Karbonatgehalt von 6,6 % und 7,1 % (Proben 37 bis 39) zeigt wieder eine Verlehmungszone (V II) innerhalb des Schichtpaketes von Probe 37 bis 39. Ihre maximale Ausprägung ist im Bereich der Probe 39 anzusetzen.

Darunter folgt ein weiteres Lößpaket (Löß 5). Die Proben 40 bis 42 zählen dazu. Das sedimentologische Spektrum dokumentiert im Vergleich zu den bereits genannten Lößpaketen allerdings einen sandigen im Gegensatz zum schluffigen Charakter der jüngeren Lößakkumulationen. Hoher Sandanteil (etwa 44 %) und hoher Tonanteil (etwa 25 %) engen den Schluffanteil weitgehend ein. Diese Eigenschaften zeigen keine echte Kalttrockenzeit mit typischer Lößakkumulation, sondern eine fluvioglaziale Übergangsphase.

Sedimentologisch kurz präsentiert sich die Unterkante des dargestellten Lößprofils, was auf die Profilaufnahme zurückzuführen ist. Diese Phase (Proben 43 und 44) deutet wieder eine Bodenbildung an (Bo IV ?). Die Hauptausprägung ist in Probe 44 zu erkennen, die Unterkante des Profils wurde allerdings von der Profilaufnahme nicht mehr erfaßt.

5. Thermolumineszenz (TL) und phototransferierte Thermolumineszenz (PTTL) - Methoden für die Altersbestimmung von Lößsedimenten und Paläoböden

5.1. Thermolumineszenz (TL)-Methode an Sedimenten und Paläoböden

Die Modelle des TL-Effekts gehen von einem Bändermodell des Festkörpers aus. Es

erfolgt die Beobachtung der natürlichen Radio(Thermolumineszenz). Dabei wird das schwache Licht gemessen, das geeignet vorbehandelte Proben von Löß und Paläoböden beim Erhitzen aussenden. Die Lichtemission ist eine Begleiterscheinung der thermischen Ausheilung von langlebigen Strahlenschäden, die sich durch die radioaktive Strahlung von Kalium, Thorium und Uran (samt Folgeprodukten) sowie durch die kosmische Strahlung seit der Ablagerung angesammelt haben. Frühere Strahlenschäden der zu beobachtenden Art wurden während des Windtransportes durch das Sonnenlicht ausgebleicht. Die Hauptkomponenten von Löß und Paläoböden stellen die lumineszenzfähigen Mineralien Quarz und Feldspat dar. Während des Transports sind vor allem die kleineren Korngrößen der Sonneneinstrahlung aufgrund der erreichten Höhen so intensiv ausgesetzt, daß ihre bereits gespeicherte Thermolumineszenz sicher gelöscht wurde. Die Datierung erfolgt daher anhand der Korngrößen 4 - 11 μ (Feinschluffbereich) Äquivalentdurchmesser, die Tonminerale eignen sich aufgrund ihrer Lumineszenzunfähigkeit nicht für diese Datierungsmethode. Wird das abgelagerte Sediment von nachfolgenden Schichten abgedeckt, beginnt die geologische Uhr zu laufen (WALLNER, G. 1989). Die Verwitterung beeinflusst die Thermolumineszenz kaum, da sich Quarz und Feldspäte als sehr verwitterungsbeständig erweisen.

Für eine Datierung muß außer der Messung der natürlichen TL die derzeitige Strahlendosisleistung am Ort der Probennahme im Lößprofil und die Empfindlichkeit der Probe als TL-Dosimeter bestimmt werden. Ersteres erfolgt durch ν - und α -Spektrometrie der Proben im Labor, letzteres durch Beobachtung der künstlichen TL nach Bestrahlungen mit ^{60}Co α -Strahlung.

Diese Datierungsmöglichkeit erfordert eine spezielle Vorbereitung der Proben, die im physiogeographischen Labor der Universität Wien durchgeführt wurde.

5.2. Phototransferierte Thermolumineszenz (PTTL) - Methode an Sedimenten und Paläoböden

Neben der üblichen Art der TL-Datierung entwickelte das Institut für Radiumforschung und Kernphysik in Wien eine Variante, bei der durch das geringere Erhitzen auf 200 °C meßtechnische Vorteile entstehen und damit eine höhere Zuverlässigkeit der Äquivalenzdosis-Bestimmung erreicht wird. Um bei diesen niedrigeren Temperaturen eine Ausheilung der Strahlenschäden unter Leuchterscheinung zu erreichen, wird die Probe einer vorgeschalteten Lichtbehandlung ausgesetzt, wodurch ein Teil der Strahlenschäden transferiert wird. Organische Substanz und Gasverunreinigungen stören nicht mehr, da sie erst bei weit höheren Temperaturen verbrennen bzw. auftreten. Bei niedrigeren Temperaturen werden die Proben weniger verändert, was die Kalibrierung der Dosimeteigenschaften vereinfacht.

5.3. Multi-elementanalysen an Löß- und Bodenproben mit einfacher kernphysikalischen Methoden

Die Elemente Kalium, Thorium und Uran werden am IRK mit einem kalibrierter

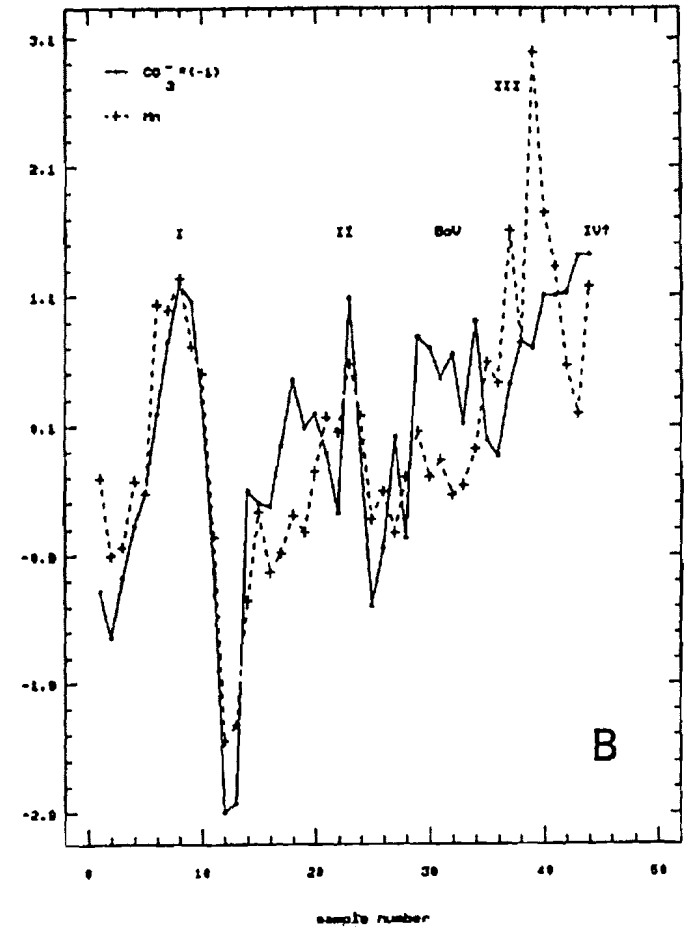
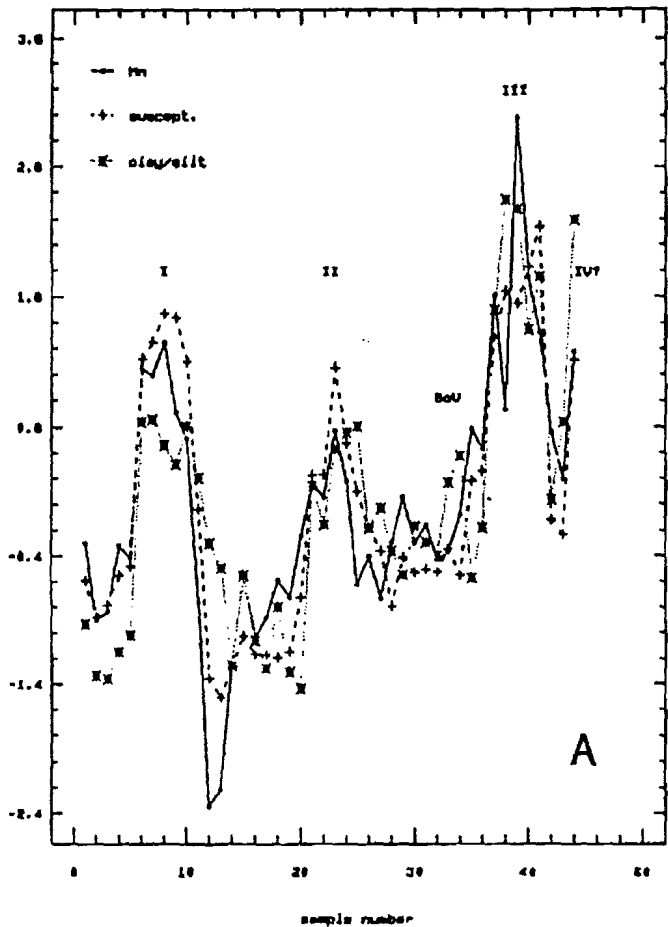


Abbildung 3: nach LEITNER-WILD, E., HILLE, P., ARREF-AZAR, H. u. S. VERGINIS, 1993 in Vorbereitung: A: Standardisierte Aufzeichnungen von Mangan, Magnetisierbarkeit und Ton/Schluff im Stiefen- Profil. B: Antikorrelation des Mangan- und Karbonatgehaltes in den Sedimentproben. Standardisierte Daten des Karbonatgehaltes sind als negative Werte angeführt.

NaJ(TL)-Spektrometer über ihre γ -Strahlung bzw. ihre Folgeprodukte bestimmt. Mit Hilfe der instrumentellen Aktivierungsanalyse mit 14 MeV Neutronen werden die Hauptelemente mit niedriger Ordnungszahl Magnesium, Aluminium, Silizium, Chlor, Calcium und Eisen analysiert. Natrium und Mangan werden durch Aktivierung mit thermischen Neutronen aus einer radioaktiven Neutronenquelle bestimmt.

Diese Analysen wurden insbesondere an einer größeren Zahl zeitlich benachbarter Proben aus Stiefen ausgeführt und durch Messungen der magnetischen Suszeptibilität ergänzt, sowie statistisch die Korrelation und Antikorrelation mit sedimentologischen Parametern (Kornfraktion und Karbonatgehalt) ausgewertet (Abbildung 3).

6. Zusammenfassung der klimatologisch-sedimentologischen Auswertung der Ergebnisse aus dem Lößprofil aus Stiefen

Die unterste Bodenbildung Bo IV deutet eine warme feuchte Phase in klimatologischer Hinsicht an. Der aufgelagerte Löß (Löß 5) geht einher mit einer kalten Phase. Nach einer warm bis wechselfeuchten Periode (Verlehmungszone II) folgt die kalte trockene Klimaperiode dokumentiert im Lößpaket Löß 4. Der nicht deutlich ausgebildete Boden Bo III korreliert mit einer warm feuchten Phase.

Der schnell abgelagerte Löß 3 zeigt eine kalt trockene Periode an, der aber eine feuchte folgen muß, da sich in Verlehmungszone I eine Auswaschungs- und Tonverlagerungszone beweist und daher ein gewisses Wasserangebot vorhanden sein mußte. Wenn man die vorläufigen Datierungsergebnisse des IRK für Boden II mit 87 000 Jahren ($\pm 18\%$) akzeptiert (WENINGER, F. 1991) ist der unter diesem Boden liegende Teil des Profils (Löß 3, Bo III, Löß 4, V II, Löß 5 und Bo IV - s. Abbildung 3) später als Riß-Würm-Interglazial bzw. Frühwürm (130 - 73 ka) einzuordnen oder in einen früheren Zeitabschnitt - entweder in das Mittelpleistozän (730 - 130 ka - Kremser Profil) oder weiter zurück in die Plio/Pleistozängrenze (2,5 bis 0,7 Millionen Jahre vor heute - Profil von Stranzendorf) zu stellen. Wie in Krems und Stranzendorf (RABEDER, G. und S. VERGINIS, 1987) ist auch in diesem Profil eine Repräsentation der Hauptzyklen von etwa 100 000 Jahre der wiederholten Zu- und Abnahme der Eismasse und Temperaturen durch Lößschichten und Paläoböden anzunehmen. Somit können auch paläomagnetische, biostratigraphische und sedimentologischen Untersuchungen mit den Ergebnissen der Sauerstoffisotopenverteilung und der Sonneneinstrahlungskurve (MILANKOVITCH-Theorie) korreliert werden, die die Klimageschichte in den niederösterreichischen Lößprofilen widerspiegeln.

In den aufgelagerten Schichten wechseln Bodenbildungen mit Lößakkumulationen und damit warm feuchte Phasen mit solchen kalten und trockenen Charakters. Es ist naheliegend, diesen Teil des Lößprofils von Stiefen (Löß 2, Bo I und Löß 1) in das Jungpleistozän einzuordnen. Vorläufig kann folgendes ausgesagt werden: Löß 2 könnte der Würm-I-Kaltzeit (85 - 65 ka), Boden I dem Ramesch-Interstadial (65 - 30 ka)

und Löß 1 der jungpaläolithischen Lößsteppe (35 - 18 ka) zuzuordnen sein. Abgeschlossen wird dieses Profil von Stiefeln mit der rezenten Bodenbildung, einer Parabraunerde, die aufgrund des Vorhandenseins eines Tonanreicherungs-horizontes Bt eine gewisse Feuchtigkeit für die physikalische Verlagerung der Tonteilchen benötigt.

7. LITERATUR

- LEITNER-WILD, E., HILLE, P., AREF-AZAR, H. u. S. VERGINIS (1993): Characterization of Paleosols by Quantitative Multiparameter Analysis. In Vorbereitung.
- REHBERGER, S. (1988): Physiogeographische Untersuchungen des Unteren Kamptales. Diplomarbeit am der Grund- und Integrativwissenschaftl. Fakultät der Universität Wien. 108 S.
- VERGINIS, S. u. G. RABEDER (1987): Die plio/pleistozänen Lößprofile von Stranzendorf und Krems (NÖ). In: Griech. Geogr. Gesell. Bd B, erschienen 1989 in Athen. S. 285 - 306.
- VERGINIS, S. (1993): Lößakkumulation und Paläoböden als Indikatoren für Klimaschwankungen während des Paläolithikums (Pleistozäns) mit ausgewählten Beispielen aus Niederösterreich. IN: Das Paläolithikum von Österreich, Bd . S. 13 - 30. Wien.
- WALLNER, G. (1989): Thermolumineszenz- Datierung eiszeitlicher Sedimente. Diss. der Univ. Wien am Institut für Radiumforschung und Kernphysik (IRK). Wien. 117 S.
- WALLNER, G., WILD, E., AREF-AZAR, H., HILLE, P. u. W.F.O.SCHMIDT (1990): Dating of Austrian Loess Deposits. In: Radiation Protection Dosimetry, Vol. 34., No. 1/4 pp. 69 - 72. Nuclear Technology Publishing.
- WENINGER, F. (1991): Ein Meßsystem zur Thermolumineszenz- Datierung. Diplomarbeit an der formal- und naturwissenschaftl. Fakultät der Universität Wien. 89 S.

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΖΑΚΥΝΘΟ

ΛΕΙΒΑΔΙΤΗΣ Γ.*, ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ Α. **

* Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιόπολις 157 85 Αθήνα

** Ταμέος Γεωλογικών Επιστημών Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου 157 80

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Ζάκυνθος βρίσκεται στο Ιόνιο Πέλαγος, 20 Km δυτικά της Πελοποννήσου και 13 Km νότια της Κεφαλονιάς. Η συνολική έκταση του νησιού είναι 406 Km².

Στην εργασία αυτή μελετάται η γεωμορφολογία του νησιού και διερευνώνται τα αίτια δημιουργίας των παρατηρουμένων γεωμορφών. Οι παρατηρήσεις προέρχονται από την υπαίθριο εργασία, από τη μελέτη των αεροφωτογραφιών και του γεωλογικού χάρτη και την επεξεργασία των δεδωμένων σε Η/Υ. Κατασκευάστηκε επίσης και μελετήθηκε χάρτης υδρογραφικού δικτύου.

Από το συνδυασμό και την επεξεργασία των στοιχείων εξήχθησαν και παρουσιάζονται συμπεράσματα σχετικά με την γεωμορφολογική εξέλιξη του νησιού.

ABSTRACT

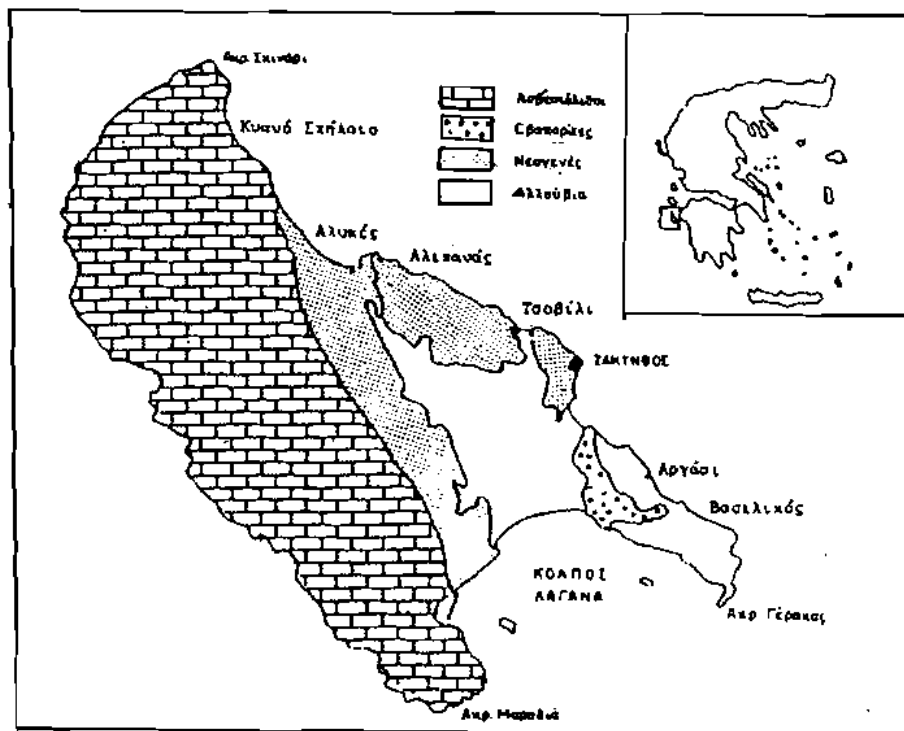
Zakynthos belongs to the Ionian islands, which are situated in western Greece.

This paper deals with the geomorphology of the island, investigates the creation and the shaping of the landforms and studies the quantitative characteristics (parameters) of the greater drainage systems. The data drawn from the field work, the study of the map and the air photos were processed by a computer and the derived results concerning the evolution of the island are presented.

ΘΕΣΗ – ΣΚΟΠΟΣ

Η Ζάκυνθος είναι το νοτιότερο από τα Ιόνια νησιά και βρίσκεται 20 Km Δυτικά της Πελοποννήσου. Έχει έκταση 406 Km² και τριγωνικό σχήμα. Στις τρεις κορυφές του τριγώνου σχηματίζονται τα ακρωτήρια Σκινάρι προς Βορρά και Μαραθιά, Γέρακας προς Νότο (Σχ. 1).

Κίνητρο για την έρευνα αυτή αποτέλεσε η διερεύνηση του τρόπου και του χρόνου εκδήλωσης των γεωμορφολογικών διεργασιών που ακολούθησαν την πρόσφατη ανάδυση της νήσου, η οποία έγινε μετά τα κατώτερο Πλειστόκαινο. Η μελέτη των γεωμορφών γίνεται κατά ενότητες, οι οποίες στη Ζάκυνθο διαχωρίζονται με σαφήνεια, διερευνώνται τα αίτια δημιουργίας τους και γίνεται προσπάθεια να χρονολογηθούν. Οι παρατηρήσεις προέρχονται από την υπαίθριο εργασία, από τη μελέτη αεροφωτογραφιών και χαρτών καθώς και από την επεξεργασία δεδομένων σε Η/Υ.



Σχ. 1. Γεωλογικό σκαρίφημα της Ζακύνθου.
Fig. 1. Geological sketch map of Zakynthos island.

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η νήσος Ζάκυνθος αποτελεί τμήμα των εξωτερικών ελληνίδων. Το ΝΑ τμήμα, όπου ευρίσκεται το όρος Σκοπός, σχηματίζεται από πετρώματα της Ιονίου ενότητας, κυρίως εβαπορίτες τριαδικής ηλικίας (Μπορνόβας 1964), ενώ ολόκληρο το Δυτικό τμήμα, όπου αναπτύσσεται ο ορεινός όγκος της Βραχιώνας, ανήκει στην ενότητα Παξών (Προαπούλια) και αποτελείται από ανθρακικά ιζήματα. Τα ιζήματα αυτά αρχίζουν από το Ιουρασικό (δεν εμφανίζονται επιφανειακά) και συνεχίζουν κατά το Κρητιδικό, Ηώκαινο και Ολιγόκαινο. Η ανθρακική ακολουθία από το Κρητιδικό μέχρι το Νεογενές είναι σχεδόν συνεχής και παρουσιάζει μια εναλλαγή πελαγικών και δειτρικών ασβεστολίθων (Αυβουίη, Dercaurt 1962, Horstmann 1969, Μίρκου 1974, Sorel 1976). Τα ιζήματα του Νεογενούς απαντώνται στην ανατολική πλευρά της Βραχιώνας, στην κεντρική πεδινή περιοχή και σε ολόκληρο το ανατολικό τμήμα της νήσου. Τα ιζήματα αυτά ανήκουν στο Μειόκαινο και φθάνουν μέχρι το Αν. Πλειόκαινο (Horstmann 1967, Karaudren 1971, Μίρκου 1974, Δερμιτζάκης 1978). Οι τεταρτογενείς αποθέσεις αποτελούνται από θαλάσσια ιζήματα Καλάβριας ηλικίας (καλκορενίτες), που απαντώνται κυρίως στο Ανατολικό τμήμα του νησιού, καθώς και από αλλουβιακές αποθέσεις της

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

κεντρικής πεδιάδας και τα ριπίδια των ανατολικών κλιτύων της Βραχιώνας.

Όσον αφορά στην παλαιογεωγραφική εξέλιξη, η Ζάκυνθος εμφανίστηκε κατά το Κατ. Πλειόκαινο, ξαναβυθίστηκε κατά τη διάρκεια του Μέσου Πλειόκαινου και δεν ξαναεμφανίστηκε, παρά κατά τη φάση Gunz-Mindel του Τεταρτογενούς (Sorel 1976). Η πλειοκαινική επίκλυση έχει αποδειχθεί από τον G. Horstmann (1967). Η Ζάκυνθος παρέμεινε κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας από το Μέσο Πλειόκαινο μέχρι και το Κατ. Πλειστόκαινο.

Επάνω στους κρητιδικούς ασβεστολίθους και στο ανάγλυφο που είχε δημιουργηθεί, αποτέθηκαν ασύμφωνα τα ιζήματα του Αν. Πλειόκαινου και οι καλκαρενίτες του Καλαβρίου.

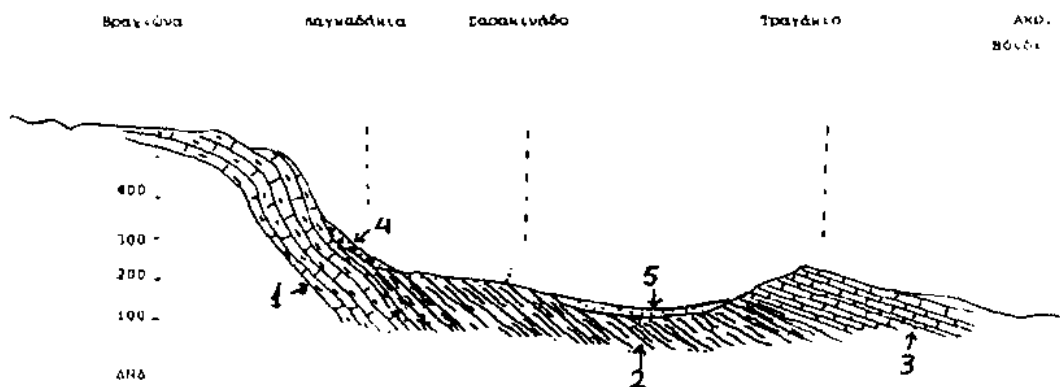
Μετά την απόθεση και των Καλαβρίων αποθέσεων, ανεδύθη ολόκληρο το νησί, έχοντας περίπου τα σημερινά γεωγραφικά όρια. Η περιοχή της Βραχιώνας κατά τη συμπιεστική τεκτονική φάση του Μέσου Πλειστοκαίνου ανήλθε περί τα 800 μέτρα (Sorel 1976). Ακολούθησε διάβρωση των νεογενών ιζημάτων, που εκάλυπταν τους ασβεστολίθους και καρστικοποίηση αυτών κατά τα μεσοπαγετώδη διαστήματα του Ανωτ. Πλειστοκαίνου.

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Στο δυτικό τμήμα του νησιού κυριαρχεί ο ορεινός όγκος της Βραχιώνας (ύψ. 750), ενώ στο νοτιοανατολικό τμήμα σχηματίζεται το όρος Σκοπός με υψόμετρο 492.

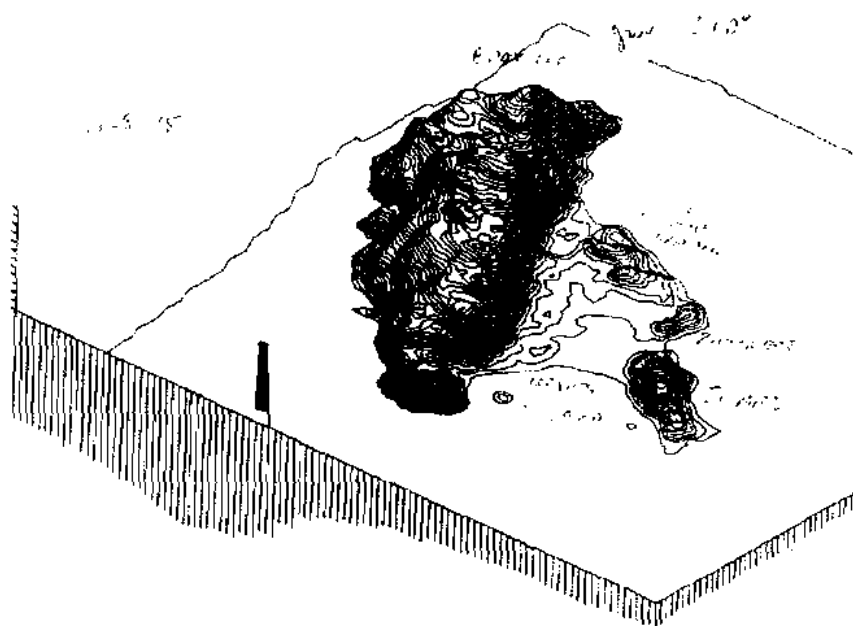
Μεταξύ των ορεινών όγκων της Βραχιώνας και του Σκοπού, αναπτύσσεται το πεδινό τμήμα του νησιού που έχει χαμηλό και σχετικά ήπιο ανάγλυφο. Το δυτικό τμήμα είναι ορεινό, αποτελείται από ασβεστολίθους έντονα καρστικοποιημένους, μεταξύ των οποίων σχηματίζονται μικρές εκτάσεις με καλλιεργήσιμα εδάφη. Η γεωγραφική-μορφολογική εικόνα του νησιού καθορίζει και την κοινωνική-οικονομική κατάσταση των κατοίκων. Στη δυτική άκρη και ορεινή περιοχή συγκεντρώνεται το 1/10 του πληθυσμού και μόνο σε ορισμένα καλλιεργήσιμα οροπέδια, όπως στις Βολίμες. Αντίθετα, το πολύ μικρότερης έκτασης ανατολικό τμήμα συγκεντρώνει τα 9/10 του πληθυσμού και έχει έντονη τουριστική ανάπτυξη, γιατί αφ' ενός αποτελείται από εύφορες πεδιάδες και αφ' ετέρου σ' αυτό βρίσκονται όλες οι ομαλές αμμώδεις παραλίες, ενώ στο δυτικό και βορειοανατολικό τμήμα οι ακτές είναι απόκρημνες και βραχύδεις σε όλο τους το μήκος.

Η μορφολογική εικόνα που παρουσιάζει η Ζάκυνθος αποτελείται από τρεις σαφείς και καλά διαχωριζόμενες ενότητες, οι οποίες παρουσιάζουν τελείως διαφορετική μορφολογία. Το γεγονός αυτό είναι αποτέλεσμα της διαφορετικής για κάθε ενότητα, παλαιογεωγραφικής εξέλιξης, αλλά και του διαφορετικού πετρολογικού υλικού επί του οποίου αναπτύσσεται το ανάγλυφο κάθε ενότητας. Οι μορφολογικές ενότητες διακρίνονται στα Σχ. 2 και 3.



Σχ. 2. Γεωλογική τομή με διεύθυνση ΔΝΔ - ΑΒΑ στο κέντρο περίπου του νησιού: (1) Ασβεστόλιθοι, (2) Μειοκαινικά ιζήματα, (3) Πλειοκαινικά ιζήματα, (4) Ριπίδια, (5) Αλλοσύβια.

Fig. 2. Geological profile on the direction WSW - ENE: (1) Limestones, (2) Miocene, (3) Pleiocene, (4) Fans, (5) Alluvial deposits.



Σχ. 3. Τρισδιάστατη απεικόνιση της Ζακύνθου με ισοδιάσταση 15 m. Διακρίνονται: δυτικά ο ορεινός όγκος της Βραχιώνας, στο κέντρο η πεδινή περιοχή και ανατολικά η λοφώδης περιοχή.

Fig. 3. Three-dimensional representation of Zakynthos island. Three morphological units are distinguished: Vrachiona mountain at the western-side of the island, in the middle the plainy area and at the eastern-side the hilly area.



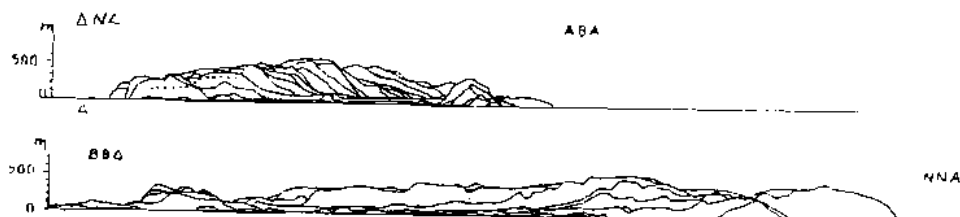
Σχ. 4. Τρισδιάστατη απεικόνιση της Ζακύνθου στην οποία διακρίνεται η κλίση της επιφάνειας της Πλειοκαινικής επίκλισης.

Fig. 4. Three-dimensional representation of Zakynthos island. The dip of the surface of Pleiocene transgression is obvious.

Α. Ορεινός όγκος της Βραχιώνας:

Καταλαμβάνει το δυτικό ήμισυ του νησιού, το ύψος του φθάνει τα 750 μέτρα και αποτελείται από ασβεστολίθους του Αν. Κρητιδικού καθώς και από μαργαίλους ασβεστολίθους του Ηωκαίνου και Ολιγοκαίνου. Πρόκειται για ένα ευρύ αντίκλινο με άξονα ΒΑ-ΝΔ, το οποίο διασχίζεται από πολυάριθμα ρήγματα.

Ο G. Horstmann (1967) διακρίνει τρία κύρια συστήματα ρηγμάτων: ένα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, παράλληλη προς τον αντικλινικό άξονα και δύο άλλα συστήματα με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ και Α-Δ. Η ηλικία των ρηγμάτων είναι Τεταρτογενής. Στο κορυφαίο τμήμα του αντικλίνου σχηματίζεται ένα οροπέδιο που βρίσκεται σε υψόμετρο 200-500 m και είναι έντονα καρστικοποιημένο. Στο οροπέδιο διακρίνονται τρεις επιφάνειες επιπέδωσης (Σχ. 5). Η χαμηλότερη σε υψόμετρο 200-220 m απαντάται στο νότιο και δυτικό τμήμα του οροπεδίου, η δεύτερη σε υψόμετρο 300-350 αναπτύσσεται κυρίως



Σχ. 5. Παράλληλες επικαλυπτόμενες τομές ανά 1 km., κατά τις διευθύνσεις α) ΔΝΔ - ΑΒΑ και β) ΒΒΑ - ΝΝΑ.

Fig.5. Parallel morphological profiles per kilometer, on the direction: a) WSW - ENE and b) NNW - SSE.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι. ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Λεκάνη α/α	Αριθμός ρευμάτων κατά τάξη				Συντελεστής διακλάδωσης				Μήκος ρευμάτων Km					Μέσο μήκος Km					Συντελεστής μήκους ρευμάτων			
	N1	N2	N3	N4	ΣN	Rb12	Rb23	Rb34	Rb	L1	L2	L3	L4	ΣL	L1	L2	L3	L4	ΣL	R2-1	R3-2	R4-3
1	9	3	1		13	3,00	3,00		3,00	6,00	7,00	0,70		11,30	0,66	2,33	0,70		3,69	3,53	0,30	
2	11	5	1		17	2,20	5,00		3,60	4,00	1,50	4,50		12,60	0,36	0,80	4,50		5,66	2,22	5,62	
3	4	2	1		7	2,00	2,00		2,00	0,40	4,10	2,00		8,50	0,10	2,05	2,00		4,15	20,55	0,97	
4	10	3	1		14	3,33	3,00		3,16	4,00	3,50	4,00		15,66	0,40	1,16	4,00		5,56	2,90	3,44	
5	8	2	1		11	4,00	2,00		3,00	3,00	1,50	4,00		11,50	0,37	0,75	4,00		5,12	2,02	3,33	
6	7	2	1		10	3,50	2,00		2,75	3,00	1,00	2,00		6,00	0,42	0,50	2,00		2,92	1,19	4,00	
7	9	2	1		12	4,50	2,00		3,25	4,00	2,00	1,00		7,00	0,50	1,00	1,00		2,50	2,00	1,00	
8	10	2	1		13	5,00	2,00		3,50	2,00	1,00	1,00		4,00	0,20	0,50	1,00		1,70	2,50	2,00	
9	6	2	1		9	3,00	2,00		2,50	1,00	1,00	1,00		3,00	0,16	0,50	1,00		1,66	3,12	2,00	
10	6	2	1		9	3,00	2,00		2,50	1,20	1,20	0,50		2,90	0,20	0,60	0,50		1,30	3,00	0,83	
11	7	3	1		11	3,50	3,00		3,25	3,00	1,50	1,00		5,50	0,42	1,00	1,00		2,42	2,38	1,00	
12	12	3	1		16	4,00	3,00		3,50	3,50	3,00	2,00		8,50	0,29	1,00	2,00		3,29	3,44	2,00	
13	4	2	1		7	2,00	2,00		2,00	1,00	7,50	0,10		8,60	0,25	3,75	0,10		4,10	15,00	0,02	
14	6	3	1		10	2,00	3,00		2,50	3,50	1,50	0,40		5,40	0,58	0,50	0,40		1,48	0,86	0,80	
15	4	2	1		7	2,00	2,00		2,00	1,20	2,90	1,00		5,10	0,30	1,45	1,00		2,75	4,83	0,68	
16	9	3	1		13	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00	0,20		6,20	0,33	1,00	0,20		1,53	3,03	0,20	
17	13	4	1		18	3,25	4,00		3,62	4,00	4,00	4,00		12,00	0,30	1,00	4,00		5,30	3,33	4,00	
18	8	3	1		12	2,66	3,00		2,82	4,00	2,00	2,00		8,00	0,50	0,66	2,00		3,16	1,32	3,03	
19	11	2	1		14	5,50	2,00		3,75	7,50	2,00	5,50		15,00	0,68	1,00	5,50		7,28	1,47	5,50	
20	13	6	1		20	2,16	6,00		4,08	17,00	4,50	9,00		30,50	1,30	0,75	9,00		2,05	0,57	0,81	
21	10	5	1		16	2,00	5,00		3,50	4,50	3,00	5,00		12,50	0,45	0,60	5,00		1,55	1,33	8,33	
22	19	7	3	1	30	2,71	2,33	3	2,66	19,00	27,60	8,00	10,00	64,00	1,00	3,88	2,66	10,00	17,54	3,88	0,68	3,75
23	15	6	3	1	25	2,50	2,00	3	2,5	10,00	6,00	1,50	4,00	21,50	0,66	1,00	0,50	1,00	6,16	1,51	0,5	8,00

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ. ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Λεκάνη α/α	Εκταση Au Km ²	Μήκος L Km	Πλάτος W Km	Περιφέρως P Km	Πυκν. αποχ. D=Km/Km ²	Συχνότητα F=N/Km ²	D ₁	F ₂	S=L/W	Κυκλικότητα C	Σταθ. διατ. κάτης 1/D	Μέγιστο υψόμετρο m	Στόμιο λεκάνης m	Λόγος αναγλ. Rh	Επιμήκυνση Ei=d/L	Τραχήτητα αναγλ. Rn
1	1,75	2,25	1,35	5,7	6,475	7,228	3,43	5,14	1,66	0,67	0,15	280	0	0,124	1,19	1,80
2	5,06	5,20	1,55	12,0	2,490	3,359	0,79	2,17	3,35	0,44	0,40	600	0	0,126	0,30	1,49
3	2,06	4,20	0,90	9,0	4,126	3,398	0,19	1,94	4,66	0,31	0,24	509	0	0,121	0,58	2,10
4	4,75	3,50	2,20	9,0	3,296	2,947	0,84	2,10	1,59	0,73	0,30	582	0	0,166	0,46	1,91
5	2,68	3,20	1,50	8,0	4,291	4,104	1,12	2,98	2,13	0,52	0,23	440	0	0,137	0,67	1,91
6	1,43	1,90	1,50	5,9	4,195	6,993	2,09	4,89	1,26	0,51	0,23	450	0	0,236	1,56	1,88
7	3,06	2,75	1,75	6,7	2,287	3,921	1,31	2,94	1,57	0,85	0,43	450	0	0,163	0,67	1,88
8	1,43	2,00	1,20	5,0	2,797	9,090	1,39	6,99	1,66	0,71	0,35	355	0	0,177	1,48	1,02
9	1,18	1,75	1,50	5,0	2,542	7,620	0,84	5,08	1,16	0,59	0,39	316	0	0,180	1,86	0,99
10	1,00	1,90	1,80	4,0	2,900	9,000	1,20	6,00	1,05	0,78	0,34	320	0	0,168	1,86	0,80
11	2,06	3,00	1,00	6,2	2,669	5,339	0,19	3,39	3,00	0,67	0,37	390	0	0,130	0,82	1,04
12	4,06	4,00	1,50	9,0	2,093	3,940	0,86	2,95	2,66	0,62	0,47	490	0	0,122	0,44	1,02
13	5,25	5,25	2,00	13,0	1,638	1,333	0,19	0,76	2,62	0,39	0,61	490	0	0,093	0,29	0,80
14	2,50	4,30	1,75	6,2	2,160	4,000	1,40	2,40	2,45	0,81	0,46	429	0	0,099	0,52	0,92
15	4,06	4,00	1,85	11,0	1,256	1,724	0,29	0,98	2,16	0,42	0,79	450	0	0,112	1,43	0,56
16	1,81	3,00	0,75	7,0	3,425	7,182	1,66	4,97	4,00	0,46	0,29	410	0	0,136	0,88	1,40
17	8,43	5,87	3,10	14,0	1,423	2,135	0,47	1,54	1,87	0,54	0,70	440	0	0,074	0,21	0,62
18	3,43	4,50	1,10	10,0	2,332	3,498	1,16	2,33	4,09	0,43	0,42	606	0	0,134	0,42	1,41
19	15,75	8,25	4,00	15,0	0,952	0,888	0,47	0,69	2,06	0,88	1,05	606	0	0,073	0,10	0,576
20	12,31	7,00	3,50	18,0	2,477	1,624	1,38	1,05	2,00	0,47	0,40	606	0	0,086	0,14	0,501
21	5,81	4,00	3,75	15,0	2,151	2,753	0,77	1,72	1,06	0,32	0,46	600	20	0,150	0,37	1,29
22	38,75	15,00	5,75	29,0	1,651	0,774	2,04	0,49	2,60	0,57	0,61	640	0	0,042	0,04	1,05
23	9,31	6,70	2,80	16,0	2,309	2,625	1,07	1,61	2,39	0,45	0,41	520	0	0,070	0,17	1,20

στο κεντρικό τμήμα, ενώ η υψηλότερη επιφάνεια των 450-500 m στην βόρεια περιοχή. Οι καρστικές μορφές απαντώνται σε υψόμετρα 200-300 και 350-500 m. Το καρστ του οροπεδίου είναι αυθιγενές (Jakucs, 1977) και σχηματίζεται σε μια ζώνη πλάτους 3-5 Km και μήκους 30 Km, η οποία αντιστοιχεί με το κορυφαίο του αντικλίνου αλλά και με την επιφάνεια της επίκλυσης του μέσου Πλειοκαίνου.

Το επίπεδο της επίκλυσης είναι κεκλιμένο προς ΝΔ, όπως φαίνεται στην τρισδιάστατη απεικόνιση του Σχ. 4, η οποία κατασκευάστηκε με τη χρήση Γ.Σ.Π. από ψηφιοποιημένους τοπογραφικούς χάρτες της Γ.Υ.Σ. Η κλίση της επιφάνειας επίκλυσης οφείλεται σε τεκτονικό γεγονός που έλαβε χώρα μετά την απόθεση των ιζημάτων του Ανωτέρου Πλειοκαίνου και των Καλαβρίων καλκαρενιτών, που εκάλυπταν την επιφάνεια του οροπεδίου.

Οι καρστικές μορφές που απαντώνται στο οροπέδιο της Βραχιώνας είναι επιμήκεις ξηρές κοιλάδες μήκους 1-3,5 Km και πλάτους 100-400 m. Συνήθως το δάπεδο των κοιλάδων καλύπτεται από ερυθρογαίες. Σε αρκετές παρατηρούνται καταρροφητικές καταβόθρες, οι οποίες πολλές φορές φράσουν και κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων το δάπεδο των κοιλάδων καλύπτεται περιοδικά από νερό. Οι ξηρές καρστικές κοιλάδες που αναπτύσσονται στους κρητιδικούς ασβεστολίθους, έχουν διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, είναι δηλαδή παράλληλες προς τον αντικλινικό άξονα, όπως επίσης και προς το σύστημα ρηγμάτων ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσεως. Παρ' όλο που υπάρχουν αρκετές καρστικές κοιλάδες που ελέγχονται από αυτά τα ρήγματα, οι περισσότερες δεν σχετίζονται με την ύπαρξη ρηγμάτων, αλλά αναπτύσσονται κατά την παράταξη των στρωμάτων. Πρόκειται δηλαδή για δομικό καρστ. Στο νότιο τμήμα της Βραχιώνας, στην περιοχή Φάρου Κερίου και στη λίμνη Κερίου, τα ανθρακικά πετρώματα είναι ασβεστολίθοι του Ηωκαίνου. Στις περιοχές αυτές, αντίθετα από ότι συμβαίνει στο υπόλοιπο τμήμα της Βραχιώνας, οι καρστικές μορφές ελέγχονται από ρήγματα που έχουν διεύθυνση Α-Δ και ΒΒΑ-ΝΝΔ. Κάθετα προς τη διεύθυνση των επιμήκων ξηρών καρστικών κοιλάδων, αλλά και κάθετα προς τον αντικλινικό άξονα, αναπτύσσεται ένα ενεργό υδρογραφικό δίκτυο που ελέγχεται από ρήγματα ΒΒΑ-ΝΝΔ και Α-Δ. Τα ρεύματα του δικτύου αυτού, τα μεν του δυτικού τμήματος φθάνουν με μεγάλες κλίσεις στις ακτές του Ιονίου, τα δε του ανατολικού τμήματος, σκάβουν βαθιά τους ασβεστολίθους και κατέρχονται με μεγάλες κλίσεις προς την κεντρική πεδιάδα, όπου σχηματίζουν ριπίδια.

Β. Κεντρική πεδινή περιοχή:

Σχηματίζεται μεταξύ της ασβεστολιθικής οροσειράς της Βραχιώνας και της λοφώδους περιοχής των ανατολικών ακτών. Η έκτασή της υπερβαίνει τα 80 Km², το ανάγλυφο είναι ομαλό και έχει υψόμετρο από 0 έως 40 m. Το ομαλό ανάγλυφο διακόπτεται από μικρούς λόφους, που αποτελούνται από ανθεκτικούς στη διάβρωση ορίζοντες των μειοκαινικών στρωμάτων, είτε από γύψους. Προς Βορρά η πεδιάδα φθάνει μέχρι τον κόλπο των Αλυκών και προς Νότο μέχρι τον κόλπο του Λαγανά. Και στις δύο περιοχές αναπτύσσονται παράκτιες θίνες. Οι θίνες είναι περισσότερο αναπτυγμένες

στην περιοχή του Λαγανά, όπου έχουν ύψος μέχρι και 12 μέτρα. Οι θίνες καταλαμβάνουν μια ζώνη, που το πλάτος της φθάνει περίπου 800 m από την ακτή έως στην περιοχή των αποξηραμένων βαλτότοπων, όπου σήμερα βρίσκεται το αεροδρόμιο.

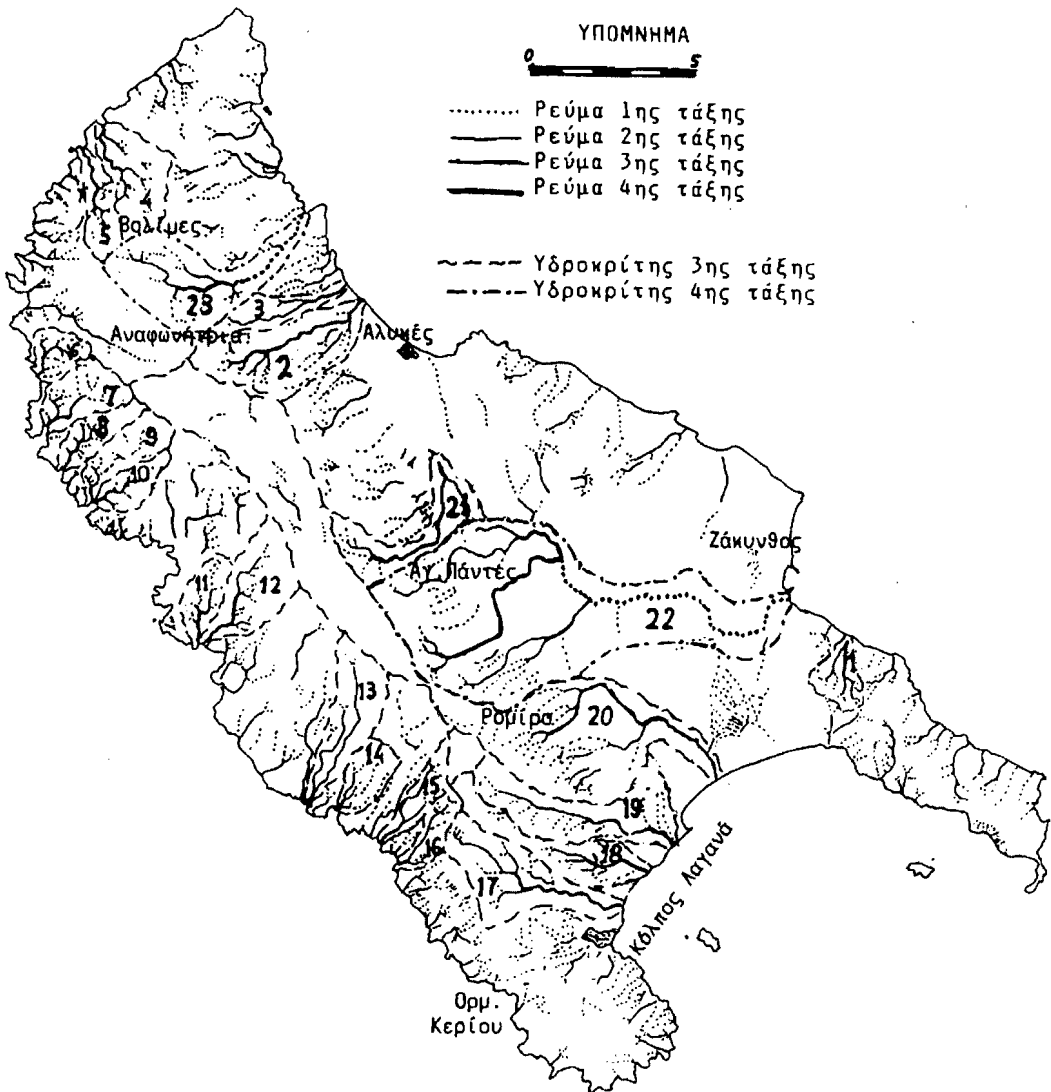
Το δυτικό τμήμα της περιοχής αποτελείται από Μειοκαινικές αποθέσεις (Δερμιτζάκης 1978) και φθάνει μέχρι τις απότομες ασβεστόλιθικές κλιτύες της Βραχιώνας. Η επαφή της Μειοκαινικής σειράς με τους ασβεστόλιθους είναι τεκτονική (Μίρκου 1974, Sorel 1976) και εμφανίζεται από τον όρμο των Αλυκών μέχρι τον όρμο Κερίου σε μήκος 20 Km περίπου. Στην τεκτονική επαφή σχηματίζονται ριπίδια εκεί όπου φθάνουν εποχικά ρεύματα από το οροπέδιο. Τα ριπίδια είναι λίγα γιατί λίγα είναι και τα ρεύματα που φθάνουν στην πεδιάδα. Τα ρεύματα αυτά προέρχονται από τις καρστικές κοιλάδες μήκους 3 έως 5 Km, των οποίων το δάπεδο αποτελείται από ερυθρογαίες. Πρέπει να αναφερθεί ότι μετά την ανάδυση της νήσου, που έγινε μετά την απόθεση των καλαβρίων καλκαρενιτών (Κατ. Πλειστόκαινο), η επιφάνεια του οροπεδίου καλυπτόταν από ιζήματα μεγάλου πάχους της Πλειοκαλαβρίου σειράς. Η διάβρωση αυτών των υλικών τροφοδότησε με υλικό τα ρεύματα και αυτό δείχνει ότι η προσφορά υλικού, αμέσως μετά την ανάδυση, ήταν μεγάλη. Σήμερα τα ριπίδια δεν αναπτύσσονται πλέον, αφ' ενός μεν λόγω κλιματολογικών συνθηκών, αλλά κυρίως λόγω έλλειψης υλικού, εφ' όσον το οροπέδιο μετά τη διάβρωση της Πλειοκαλαβρίου σειράς δεν έχει άλλο υλικό να δώσει, εκτός από τις περιορισμένης έκτασης, ερυθρογαίες. Τα ριπίδια διαυλακώνονται από ρεύματα και σε πολλές περιπτώσεις έχουν απομονωθεί από τις απότομες κλιτύες λόφοι, με υλικό ριπιδίων, όπως συμβαίνει στις περιοχές Παντοκρότωρ, Βουγιάτο, Μαχαιράδο και Αγ. Πάντες. Η έκταση των ριπιδίων πρέπει να ήταν πολύ μεγαλύτερη όπως φαίνεται στην περιοχή Αγ. Πάντων, όπου λόφος με υψ. 80 m αποτελούμενος από υλικό ριπιδίου, απέχει 1,5 Km από την κορυφή του ριπιδίου.

Το κεντρικό τμήμα της πεδιάδας καλύπτεται από αλλουβιακές αποθέσεις μικρού πάχους, κάτω από τις οποίες αναπτύσσονται οι μάργες του νεογενούς. Η πεδιάδα διαρρέεται από ένα ρεύμα με μικρή κλίση, το οποίο εκβάλλει νότια της πόλης της Ζακύνθου. Σε πολλά σημεία λόγω του χαμηλού αναγλύφου της αλλουβιακής πεδιάδας, αλλά και λόγω των αδιαπεράτων υποκειμένων μαργών, δημιουργούνται εκτάσεις με λιμνάζοντα νερά. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η περιοχή Μακρή, όπου είναι το αεροδρόμιο, τα νερά της οποίας με αποστραγγιστικά κανάλια παροχετεύονται στο ρεύμα που εκβάλλει στον όρμο του Λαγανά.

Γ. Λοφώδης περιοχή ονατολικού τμήματος

Καταλαμβάνει το ΒΑ τμήμα της νήσου, από τον Αλικανά μέχρι την πόλη της Ζακύνθου. Έχει υψόμετρο από 70-200 και αποτελείται από ιζήματα της Πλειοκαλαβρίου σειράς. Τα Πλειοκαινικά στρώματα αποτελούνται από ένα κατώτερο ορίζοντα από αργίλους και κυανές μάργες και έναν ανώτερο ορίζοντα από ψαμμίτες και αργιλόμαργες (Μίρκου 1974). Ασύμφωνα επίκεινται Καλάβριες αποθέσεις (Karaudren 1970, Μίρκου 1974), που αποτελούνται από θαλασσογενή πορώδη βιο-

κλαστικό ασβεστόλιθο (καλκαρενίτη). Τα υποκείμενα Πλειοκαινικά στρώματα κλίνουν προς ΒΑ με κλίση 13° - 20° , ενώ τα υπερκείμενα Καλάβρια είναι σχεδόν οριζόντια ή με μικρή κλίση 2° - 3° προς ΝΑ. Η πλειοκαινική σειρά παρουσιάζει μονοκλινή δομή, που κλίνει προς ΒΑ. Λόγω της ύπαρξης οριζόντων με διαφορετική αντοχή στη διάβρωση (Μάργες, Αργιλόμαργες, Ψαμμίτες) σχηματίζονται διαδοχικοί λόφοι με ομαλές κλίσεις προς ΒΑ, που έχουν κλίση ίδια με την κλίση των στρωμάτων (13° - 20°) ενώ οι ΝΔ



Σχ. 6. Χάρτης Υδρογραφικού Δικτύου της Ζακύνθου.

Fig. 6. Map of the drainage systems of Zakynthos island.

κλιτύες είναι απότομες. Η μορφή αυτή του αναγλύφου αντιστοιχεί προς την Cuesta. Οι πλέον χαρακτηριστικές μορφές Cuesta βρίσκονται στην περιοχή Καλλιπάδο-Τραγάκι-Ακρ. Γάιδαρος καθώς και στην πόλη της Ζακύνθου, η οποία ευρίσκεται στους πρόποδες της Cuesta.

Εκτός από τις τρεις κύριες ενότητες διακρίνονται ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά και στον ορεινό όγκο του Σκοπού (υψ. 492), ο οποίος έχει μια σύνθετη τεκτονική και αποτελείται από ιζήματα της Ιονίου ενότητας (Τριαδικό βιτουμενιούχο ασβεστόλιθοι, γύψος, ανυδρίτης). Η περιοχή αυτή εμφανίζει έντονο ανάγλυφο που οφείλεται και στο ευκολοδιάβρωτο των πετρωμάτων, αλλά και στη μεγάλη τεκτονική καταπόνηση.

Υδρογραφικά Συστήματα

Το υδρογραφικό δίκτυο της Ζακύνθου αναπτύσσεται κυρίως στις ανατολικές και δυτικές κλιτύες του όρους Βραχιώνα και του όρους Σκοπός, ενώ ουσιαστικά απουσιάζει από ένα μεγάλο μέρος του ανατολικού τμήματος του νησιού, όπου παρατηρούνται σποραδικά λίγιοι κλάδοι 1ης τάξης (Σχ. 6). Το νησί διασχίζεται από δύο παράλληλους επιμήκεις υδροκρίτες κατά τη διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ οι οποίοι αφορίζουν μια ζώνη μήκους περίπου 15 Km και πλάτους 1,5-2,0 Km, όπου έχουν αναπτυχθεί καρστικές μορφές και δεν παρατηρείται επιφανειακή απορροφή.

Οι κύριοι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου στις ανατολικές και δυτικές κλιτύες, έχουν διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΒΔ, ενώ στο βόρειο και νότιο τμήμα, που καθορίζονται από τη διεύθυνση των κύριων τεκτονικών γραμμών ΒΒΔ-ΝΝΔ. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ρεύματα που αναπτύσσονται στην κεντρική πεδιάδα δεν εκβάλλουν στη θάλασσα, αλλά ένα μεγάλο μέρος απ' αυτά χάνονται στις προσχώσεις, κυρίως κοντά στις Αλυκές, ενώ άλλα κάμπτονται προς νότον, συμβάλλουν με άλλα ρεύματα και αναπτύσσεται μια κοίτη μεγαλύτερης τάξης που τελικά καταλήγει στη θάλασσα.

Η μορφή των κυρίων κλάδων των υδρογραφικών δικτύων είναι υποπαράλληλη (όπως χαρακτηρίζεται από τον Howard, 1967), που δείχνει ότι το δίκτυο ελέγχεται, ως επί το πλείστον, από την τεκτονική δομή της περιοχής και συνδέεται με την ύπαρξη πετρωμάτων με απότομη κλίση. Οι κλάδοι 1ης τάξης των ρευμάτων, καθώς και μερικά ρεύματα στο βορειοανατολικό τμήμα της κεντρικής Ζακύνθου, που αναπτύσσονται σε νεογενείς αποθέσεις, παρουσιάζουν δενδριτική μορφή υδρογραφικού δικτύου ή συνδυασμό δενδριτικής μορφής με διευθυνόμενη κλιμακωτή (Howard, 1967). Η δενδριτική μορφή ευνοείται σε ομαλές περιοχές με ομοιόμορφη κατασκευή, ενώ η διευθυνόμενη κλιμακωτή και η υποπαράλληλη μορφή αναπτύσσονται σε περιοχές που έχουν υποστεί τεκτονισμό και εμφανίζουν πτυχές κεκλιμένα στρώματα ή ρήγματα.

Στη Ζάκυνθο έχουν αναπτυχθεί αρκετές αυτοτελείς λεκάνες 1ης τάξης, περίπου 50 λεκάνες 2ης τάξης, 21 λεκάνες 3ης τάξης και 2 λεκάνες 4ης τάξης. Στατιστική

ανάλυση έγινε στις αυτοτελείς λεκάνες 3ης και 4ης τάξης, τα αποτελέσματα της οποίας παραθέτουμε στους Πίνακες I και II.

Αποτελέσματα Στατιστικής Ανάλυσης

Ο αριθμός των κλάδων των διαφόρων τάξεων στις λεκάνες απορροής είναι ο θεωρητικά αναμενόμενος.

Οι συντελεστές διακλάδωσης (Rb) στο 57% των λεκανών τρίτης τάξης κυμαίνονται μεταξύ 3,0-4,08 και δείχνουν καλά αναπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο, ενώ στις υπόλοιπες λεκάνες καθώς και στις λεκάνες 4ης τάξης οι Rb είναι μικρότεροι του 3 και δείχνουν ότι το υδρογραφικό δίκτυο των λεκανών αυτών δεν είναι ολοκληρωμένο και αυτό οφείλεται στο πολύ νέο στάδιο εξέλιξης.

Όσον αφορά στο μέσο μήκος των κλάδων των λεκανών σχεδόν σε όλες τις λεκάνες και σε όλες τις τάξεις, εκτός εξαιρέσεων, παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις των τιμών προς τα κάτω από τις θεωρητικά αναμενόμενες. Αυτό οφείλεται στις μεγάλες πρωτογενείς κλίσεις και στο ανάγλυφο.

Η υδρογραφική πυκνότητα (D) παρουσιάζει τιμές που περιλαμβάνονται μεταξύ 0,95-6,45. Η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου είναι χομηλή έως μέτριο, παρά το ύψος των βροχοπτώσεων που δέχεται το νησί (973,9 mm Hg/έτος) και πρέπει να αποδοθεί αφ' ενός στη δυσμενή επίδραση της λιθολογίας, γιατί το μεγαλύτερο τμήμα των λεκανών απορροής αναπτύσσεται σε ανθρακικά πετρώματα, που είναι έντονα καρστικοποιημένα, και αφ' ετέρου στην έλλειψη βλάστησης.

Ανάλογη εικόνα προς την υδρογραφική πυκνότητα παρουσιάζει και η υδρογραφική συχνότητα (F) του υδρογραφικού δικτύου με ελαφρά υψηλότερες τιμές που κυμαίνονται από 0,77-9,00. Προκειμένου να καθορίσουμε αν οι διαφορές στην υδρογραφική πυκνότητα των λεκανών προήλθε από την ούξηση ή τη δημιουργία νέων κοιτών ή στην επιμήκυνση των προϋπαρχουσών κοιτών 1ης τάξης μελετήσαμε την πυκνότητα (D_1) και συχνότητα (F_1) των κλάδων 1ης τάξης. Οι τιμές συχνότητας F_1 , είναι σαφώς υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές συχνότητας D_1 και αυτό δείχνει δημιουργία νέων κοιτών 1ης τάξης, που δηλώνει νεαρό στάδιο εξέλιξης του υδρογραφικού δικτύου.

Οι τιμές διοτήρησης της κοίτης (C) είναι γενικά σχετικά υψηλές για τις λεκάνες 3ης τάξης 0,23-1,05 Km²/Km και αυτό πρέπει να αποδοθεί στη λιθολογία, γιατί το μεγαλύτερο ποσοστό των λεκανών ανοιπύσσονται σε ασβεστολιθικά πετρώματα και παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές με τιμές από 0,15 έως 0,61 Km²/Km. Κατά τους Clock (1931, 32) και Parker (1976) (από Αστάρο 1980), σε μια λεκάνη απορροής η υδρογραφική συχνότητα (F) αυξάνει αρχικά καθώς προχωρεί η διάβρωση από το στάδιο νεότητας στο στάδιο ωριμότητας, με αποτέλεσμα να μειώνεται η C. Στο δυτικό τμήμα όμως, η σχέση αυτή μειώνεται και σχηματίζονται λεκάνες σχεδόν κυκλικές. Αυτό οφείλεται στην ταχεία υποχώρηση των οκτών εξαιτίας καταπτώσεων ή ρηγμα-

των, που έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του μήκους του κλάδου της μεγαλύτερης τάξης. Στις λεκάνες 9-10 και 11-12 έχει αποκοπεί ο μεγαλύτερος κλάδος και έχουν δημιουργηθεί ανά 2 λεκάνες μικρότερης τάξης.

Οι λόγοι αναγλύφου (R_h) δείχνουν τον ολικό βαθμό κλίσης των λεκανών απορροής, αλλά δείχνουν και την ένταση των διεργασιών διάβρωσης που έλαβαν χώρα μέχρι σήμερα. Οι μικρές τιμές δείχνουν εντονότερη διάβρωση και μικρότερη κλίση της λεκάνης απορροής. Στις λεκάνες απορροής 3ης τάξης οι τιμές R_h κυμαίνονται από 0,073 έως 0,236. Μικρότερες τιμές παρουσιάζουν οι λεκάνες προς το νότιο τμήμα σε σχέση με τις άλλες που βρίσκονται βορειότερα. Πολύ χαμηλές τιμές έχουν οι λεκάνες απορροής 4ης τάξης.

Η τραχύτητα αναγλύφου (R_n) παρουσιάζει σχετικά χαμηλές τιμές που κυμαίνονται από 0,383 έως 0,718. Τις υψηλότερες τιμές παρουσιάζουν οι λεκάνες απορροής που βρίσκονται στο δυτικό τμήμα και παρουσιάζουν μεγάλες κλίσεις. Από τον τύπο προκύπτει ότι εφ' όσον η υδρογραφική πυκνότητα είναι χαμηλή, οι υψηλότερες τιμές οφείλονται στο εντονότερο ανάγλυφο.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μορφολογία της Ζακύνθου καθορίζεται από την τεκτονική δομή, που είναι ένα ασύμμετρο βραχυαντίκλινο με άξονα ΒΒΔ-ΝΝΑ. Το κορυφαίο του αντικλίνου βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του νησιού στην περιοχή του ορεινού όγκου της Βραχίωνας το ύψος του οπαίου φθάνει τα 750 μέτρα. Η δυτική πλευρά του αντικλίνου, προς το Ιόνιο Πέλαγος, είναι απότομη και σχηματίζει κρημνούς μεγάλου ύψους (Λειβαδίτης 1987), ενώ η ανατολική πλευρά είναι ομαλότερη, έχει μεγαλύτερο μήκος και σχηματίζεται από μια μονοκλινή διαδοχική ακολουθία στρωμάτων από το Κρητιδικό μέχρι το Πλειοκαλάβριο. Η ακολουθία των στρωμάτων είναι σχεδόν συνεχής με μικρές μόνο διακοπές στην ιζηματογένεση (Δερμιτζάκης 1978).

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι ολόκληρη η νήσος αναδύθηκε μόλις κατά το Τεταρτογενές, οπότε άρχισαν οι διαδικασίες διάβρωσης ταυτόχρονα σε όλους τους λιθολογικούς σχηματισμούς. Οι μορφολογικές ενότητες εμφανίζονται σε μια διαδοχική σειρά, παράλληλη προς τον αντικλινικό άξονα και καθορίζονται από το είδος των πετρωμάτων, την κλίση τους, τις κατακόρυφες τεκτονικές κινήσεις και τη σχέση κάθε ενότητας με τις γειτονικές της. Δυτικά του αντικλινικού άξονα, οι κλιτύες κατέρχονται προς τη θάλασσα με μεγάλες κλίσεις και σε παλλές περιπτώσεις σχηματίζουν κρημνούς ύψους 100άδων μέτρων. Το απότομο ανάγλυφο συνεχίζεται και υπό την επιφάνεια της θάλασσας με μεγάλες κλίσεις.

Το κεντρικό τμήμα του αντικλίνου είναι καρστικοποιημένο έντονα. Οι καρστικές μορφές είναι επιμήκεις κοιλάδες που αναπτύσσονται παράλληλα προς την παράταξη και το σύστημα ρηγμάτων BBA-NNA διευθύνσεως. Η καρστικοποίηση, η οποία ακολουθήσε την διάβρωση των πλειοκαλάβριων ιζημάτων, που είχαν αποτεθεί ασύμφωνα στους ασβεστολίθους του αντικλίνου, θα πρέπει να έγινε κατά τα μεσοπαγετώδη στάδια του Μέσου και του Αν. Πλειστοκαίνου.

Κάθετα προς τον αντικλινικό άξονα, στον ορεινό όγκο της Βραχιώνας, αναπτύσσεται ένα ενεργό υδρογραφικό δίκτυο, το οποίο στις Δυτικές απόκρημνες περιοχές προς το Ιόνιο εμφανίζει κλάδους με μεγάλη κλίση. Από τους κλάδους αυτούς άλλοι φθάνουν στη θάλασσα διότι μπόρεσαν να εξελιχθούν συνεχώς, ενώ άλλοι σχηματίζουν κρεμασμένες κοιλάδες, γεγονός που δείχνει ότι οι καταπτώσεις ή τα ρήγματα που απέκοψαν τους κλάδους αυτούς είναι πολύ πρόσφατης ηλικίας. Στις ανατολικές πλευρές του αντικλίνου τα ενεργά ρεύματα σχηματίζουν ριπίδια προς την κεντρική πεδιάδα. Το υλικό που μεταφέρουν τα ρεύματα, μετά τη διάβρωση των πλειοκαλάβριων ιζημάτων, είναι λίγο και η ανάπτυξη των ριπιδίων δεν γίνεται σήμερα.

Στο ανατολικό τμήμα του νησιού, από την περιοχή Αλικανά μέχρι την πόλη της Ζακύνθου, λόγω της μονοκλινούς δομής των πλειοκαινικών στρωμάτων και της ύπαρξης οριζόντων με διαφορετική αντοχή στη διάβρωση σχηματίζεται Cuesta.

Από όσα αναφέρθηκαν προκύπτει ότι οι μορφολογικές ενότητες της νήσου παρουσιάζουν μια ζωνώδη διάταξη παράλληλη προς τον αντικλινικό άξονα, που βρίσκεται στο βουνό Βραχιώνα με διεύθυνση BBA-NNA. Η μόνη περιοχή που δεν ακολουθεί την διάταξη αυτή, είναι η περιοχή του όρους Σκοπός στο ΝΑ τμήμα του νησιού, η οποία αποτελείται από πετρώματα της Ιόνιας ενότητας, που είναι επωθημένη στην ενότητα Παξών. Η περιοχή αυτή εμφανίζει έντονο ανάγλυφο, που είναι αποτέλεσμα της σύνθετης τεκτονικής δομής, του ευκολοδιάβρωτου χαρακτήρα των πετρωμάτων και των φαινομένων διαπηρισμού.

Η μορφή των κυρίων κλάδων των υδρογραφικών δικτύων είναι υποπαράλληλη (Howard, 1967), που δείχνει ότι ελέγχεται επί το πλείστον από την τεκτονική δομή και συνδέεται με την ύπαρξη πετρωμάτων με απότομη κλίση, ενώ οι κλάδοι 1ης τάξης καθώς και ρεύματα του βορειοανατολικού τμήματος της κεντρικής Ζακύνθου, που αναπτύσσονται σε νεογενείς αποθέσεις, παρουσιάζουν συνδυασμό υδρογραφικού δικτύου δενδριτικής μορφής με διευθυνόμενη κλιμακωτή. Η υδρογραφική πυκνότητα (D) καθώς και η συχνότητα (F) είναι γενικά χαμηλές έως μέτριες παρά το ύψος των βροχοπτώσεων, που δέχεται το νησί και αυτό οφείλεται στη λιθολογία (καρστικοποιημένα ανθρακικά πετρώματα) και στην έλλειψη βλάστησης.

Οι τιμές όμως F_1 (συχνότητα κλάδων 1ης τάξης) είναι σαφώς υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές D_1 και δείχνει δημιουργία νέων κοπών 1ης τάξης, που οφείλεται στο νεαρό στάδιο εξέλιξης του υδρογραφικού δικτύου.

Οι τιμές διατήρησης της κοίτης (C) είναι γενικά υψηλές και οι μεταβολές οφείλονται στο στάδιο εξέλιξης που βρίσκεται κάθε λεκάνη και σε λιθολογικά αίτια.

Από τη σχέση $S=L/W$ παρατηρούμε ότι δημιουργούνται επιμήκεις λεκάνες με ασύμμετρη ανάπτυξη κλάδων εκατέρωθεν της κυρίας κοίτης. Στο δυτικό τμήμα όμως, η σχέση αυτή μειώνεται και δημιουργούνται σχεδόν κυκλικές λεκάνες. Αυτό οφείλεται στην ταχεία υποχώρηση των ακτών εξ απίας καταπτώσεων ή ρηγμάτων.

Οι λόγοι αναγλύφου (Rh) δείχνουν ότι εντονότερη διάβρωση έχουν υποστεί και παρουσιάζουν μικρότερες κλίσεις οι λεκάνες απορροής που βρίσκονται στο νότιο τμήμα καθώς και οι λεκάνες απορροής 4ης τάξης.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τους συναδέλφους, κ. Β. Νάκο, που μας διέθεσε το ψηφιοποιημένο τοπογραφικό υπόβαθρο της Ζακύνθου και τον κ. Σ. Πλέσσα που μας βοήθησε στη χρήση των Γ.Σ.Π.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ALEXOULI-LIVADITI A., 1989. Sedimentology of the surficial sediments of Laganas Bay (Zakynthos, Greece). Geobound, 3. Brussels.
- ALEXOULI-LIVADITI A., 1989. Sedimentological and Minerological study of the coastal sediments of Zakynthos island (Greece). Geobound 3, Brussels.
- ΑΣΤΑΡΑΣ Θ., (1980). Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των Δ. πλευρών του όρους Βερτίσκου (Κ. Μακεδονία). Διδ. Διατριβή, Θεσσαλονίκη.
- BIZON G., et MULLER C., 1977. La limite Pliocene - Pleistocene dans l' ile de Zante. La coupe de la Citadelle. C.R. somm. Soc. Geol. Fr. 4, p. 212-216, Paris.
- BIRD E., 1968. Coasts. An introduction to systematic geomorphology, vol. 4 Canverra: Aust. Nat. Univ. Press.
- DERMITZAKIS M., PAPANIKOLAOU D., and KAROTSIERIS Z., 1977. The marine Quaternary deposits of SE Zakynthos island and their paleographic implications. VI Inter. Congress of Aegean Region, Athens.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ Μ., 1978. Στρωματογραφία και Ιστορία ιζηματογένεσης του Μειοκαίνου της νήσου Ζακύνθου. An. Geol. des pays Hell. 29, Αθήνα.
- FLEMMING N.C., 1965. Form and relationship to present sea levels of Pleistocene marine erosion features. I. Geol., 73, p. 799-811.
- GOUDIE A., 1983. Environmental change. Oxford. Univ. Press, London.
- JAKUCS L., 1977. Morphogenetics of karst regions. A. HILGER, Bristol.

- ΛΕΙΒΑΔΙΤΗΣ Γ., 1987. Μορφολογία των ακτών της νήσου Ζακύνθου. Πρακτ. 1ο Πανελ. Γεωγραφ. Συν., σ. 195-203, Αθήνα.
- MARGARITOULIS D., LASKARATOS A., LIVADITIS G., ALEXOULI-LIVADITI A., ARIANOUTSOU M., 1987. Nesting activity and factors affecting breeding of Logger head sea turtle *Caretta Caretta* (L) in Greece. Ministry of Env., Phis. Plan. and Public Works. p. II-1-24, Athens.
- ΜΙΡΚΟΥ-ΠΕΡΙΠΟΠΟΥΛΟΥ Ρ., 1974. Στρωματογραφία και Γεωλογία του Βορ. Τμήματος της Ζακύνθου.
- SOREL D., 1976. Etude Neotectonique dans l' arc Egeen Externe Occidental. Les iles Ioniennes de Kephallinia et Zakynthos 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.

**ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΠΟΓΥΜΝΩΣΗΣ
ΚΑΙ ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΒΔ ΠΑΓΓΑΙΟΥ ΟΡΟΥΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΣΕΡΡΩΝ**

**Α. ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. ΡΟΚΚΑ,
Ε. ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΥ, Μ. ΧΑΤΖΗΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ***

* Τομέας Γεωλογίας και Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας
Αριστοτέλεια Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 540 06 Θεο/νίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή εξετάζονται ποσοτικά στοιχεία των εξωγενών διεργασιών, στην περιοχή του ΒΔ Παγγαίου και του βυθίσματος των Σερρών, τα οποία και οδηγούν στη χρονολόγηση των διεργασιών αυτών. Με βάση γεωμορφολογικά, γεωλογικά, ιζηματολογικά και γεωφυσικά στοιχεία, προσδιορίζονται ποσοτικά, κατά έκταση και όγκο, τα φαινόμενα αποσάθρωσης - διάβρωσης - απόθεσης. Επίσης υπολογίζεται η μέση ταπείνωση του αναγλύφου, που οφείλεται τόσο στη μηχανική όσο και στη χημική αποσάθρωση των μαρμάρων του Παγγαίου.

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο χρόνος που απαιτήθηκε για να γίνει η ταπείνωση αυτή (1.5-2.5 m.y.). Ο χρόνος αυτός δείχνει ότι η ενεργοποίηση των εξωγενών διεργασιών που οδήγησαν στη διαμόρφωση του σημερινού επιφανειακού αναγλύφου στην περιοχή του Παγγαίου, έγινε κατά τη διάρκεια του Βιλλαφραγκίου και του Τεταρτογενούς.

ABSTRACT

This paper deals with certain quantitative parameters of the exogenic processes at the area of NW Mt. Pangeon and the Serres depression, that allow the dating of these processes. On the basis of geomorphological, geological, sedimentological and geophysical criteria, a quantitative estimation of the areal and the volumetric extent of weathering, erosional and depositional processes was made. An estimation also of the mean denudation of the relief was made, separately for the mechanical and for the chemical (solution) weathering of Mt. Pangeon marbles. The derived quantitative data allow the estimation of the time of denudation at this area (1.5-2.5 m.y.). This timing of events indicate that the exogenic processes, responsible for the present relief, were active during the Villafrank and the Quaternary.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έρευνα των εξωγενών διεργασιών περιορίζεται συνήθως σε ποιοτικά στοιχεία

του επιφανειακού αναγλύφου, γιατί η διερεύνηση των ποσοτικών στοιχείων μαρμών και διεργασιών είναι επισφαλής. Στην εργασία αυτή επιχειρείται ο υπολογισμός ποσοτικών στοιχείων σε διεργασίες απογύμνωσης που έλαβαν χώρα στο Δ/ΒΔ Παγγαίο όρος και διεργασίες απόθεσης υλικών στους πρόποδες του όρους και στην περιθωριακή ζώνη του βυθίσματος των Σερρών.

Για να υπολογιστούν τα ποσοτικά στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες 1:5.000 και αεραφωτογραφίες της περιοχής, ενώ μελετήθηκαν με λεπτομέρεια τα γεωλογικά - τεκτονικά, τα γεωμορφολογικά, τα ιζηματολογικά και τα γεωφυσικά στοιχεία του Παγγαίου και της περιθωριακής ζώνης του βυθίσματος των Σερρών (Αγγίτης). Η μελέτη αυτή έγινε στα πλαίσια του Προγράμματος 2496 της Επιτροπής του ΑΠΘ, το οποίο και συνεχίζεται.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ - ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή που ερευνηθήκε έχει σχήμα επίμηκες, με ΝΑ-ΒΔ προσανατολισμό, περιλαμβάνει δε ένα τμήμα του ΒΔ Παγγαίου όρους και των περιθωρίων του Σερραϊκού βυθίσματος μέχρι την κοιλάδα του ποταμού Αγγίτη (σχήμα 1).

Από γεωμορφολογική άποψη η περιοχή αυτή χωρίζεται σε τρεις διακριτές ζώνες:

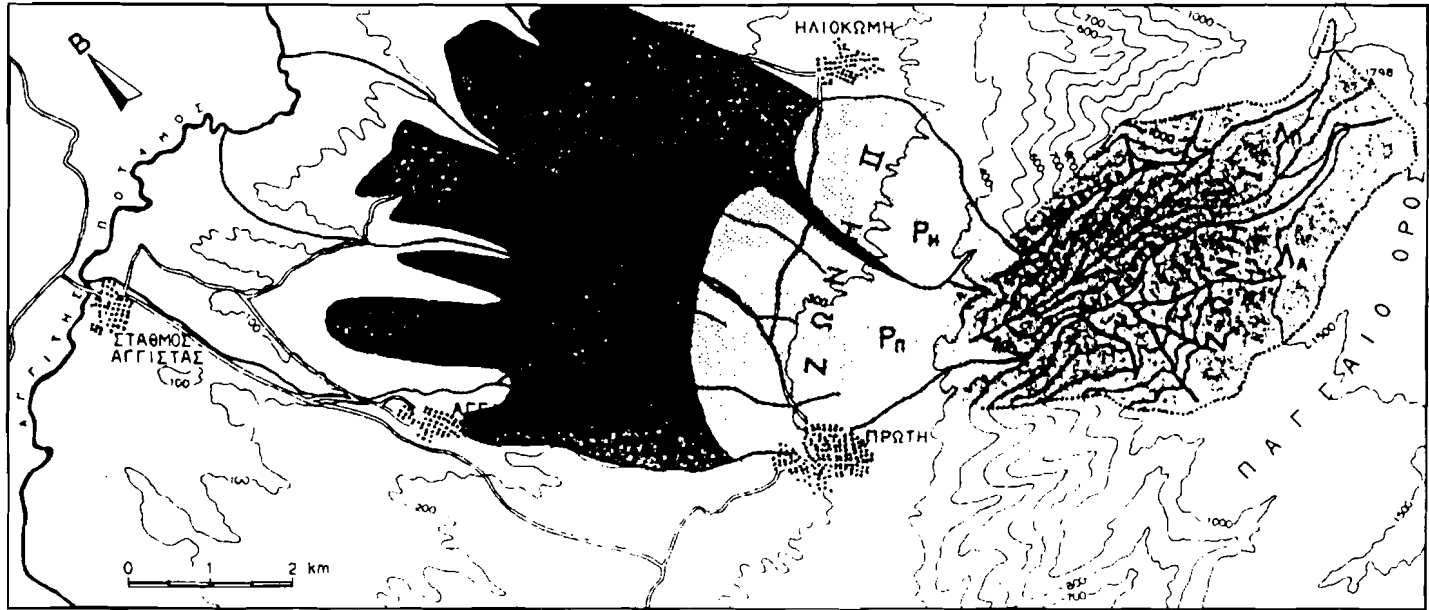
Τη **Ζώνη I**, η οποία περιλαμβάνει τις κοιλάδες Αναλήψεως και Πηγαδίτσας στο Παγγαίο όρος, τις οποίες διαρρέουν οι δυο ομώνυμοι χείμαρροι (υψ. 1920-480 m). Οι κοιλάδες αυτές έχουν διανοιγεί στα μάρμαρα και στους σχιστόλιθους του Παγγαίου, σε σχήμα επίμηκες και με σημαντικό βάθος διάβρωσης.

Τη **Ζώνη II**, η οποία περιλαμβάνει τα αλλουβιακά ριπίδια της Πρώτης και της Ηλιοκώμης, τα οποία σχηματίζουν μια κεκλιμένη ζώνη προπόδων (υψ. 480-230 m) στην έξοδο των χειμάρρων Αναλήψεως και Πηγαδίτσας. Αποτελούνται κυρίως από ασβεστολιθικά ριπιδιοπαγή, προϊόντα διάβρωσης των μαρμάρων και σχιστολίθων του Παγγαίου στις δύο κοιλάδες Αναλήψεως και Πηγαδίτσας.

Τη **Ζώνη III**, η οποία περιλαμβάνει μια σχεδόν πεδινή περιοχή, από τα κατώτερα όρια των αλλουβιακών ριπιδίων, μέχρι τα χείλη της νέας κοιλάδας του Αγγίτη (υψ. 230-120 m). Αποτελείται από ερυθροπηλούς, κατά θέσεις αναμειγμένους με άμμους και κροκαλοπαγή, προϊόντα διάβρωσης του Παγγαίου. Στο χαμηλότερο τμήμα της ζώνης αυτής βρίσκονται τα χείλη και οι πλευρές της κοιλάδας του Νεοαγγίτη (Βαβλιάκης κ.ά., 1986). Κατά μήκος της κοιλάδας αυτής, σε φυσικές τομές, φαίνεται η ασυμφωνία μεταξύ των υποκείμενων πλειοκαινικών μαργών της λεκάνης των Σερρών - με έντονο τεκτονισμό - και των υπερκείμενων ερυθροπηλών (σχήμα 2).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Εφόσον είναι δυνατή η σαφής οριοθέτηση των τριών ζωνών σε χάρτες 1:5.000, στην περιοχή έρευνας, είναι επίσης δυνατή και η μέτρηση της επιφάνειας που κατέχουν οι σχηματισμοί κάθε ζώνης (E , km^2).



Σχήμα 1. Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής έρευνας, στο ΒΔ Παγγαίο όρος και στα περιώρια του βυθίσματος των Σερρών, στον οποίο οριοθετούνται οι τρεις γεωμορφολογικές ζώνες.
 Ζώνη I. Φυσική και χημική αποσάθρωση - κοιλάδες Ανάληψης (Λ_Α) και Πηγαδίτσας (Λ_Π)
 Ζώνη II. Απόθεση ασβεστολιθικών ριπιδιοπαγών - Αλλουβιακά ριπίδια Πρώτης (Ρ_Π) και Ηλιοκόμης (Ρ_Η)
 Ζώνη III. Απόθεση ερυθροπηλών Αγγίστας-Κρηνίδας-Ν. Μπάφρας.

Έτσι σε πρώτο στάδιο μετρήθηκαν:

	km ²		km ²		km ²
E _{ΑΝΑΛΗΨΗΣ}	10	E _{ΡΙΠ. ΠΡΩΤΗΣ}	8.8	E _{ΕΡΥΘΡΟΠΗΛΩΝ}	16
E _{ΠΗΓΑΔΙΤΣΑΣ}	4	E _{ΡΙΠ. ΗΛΙΟΚΩΜΗΣ}	4.35		
E _I	14	E _{II}	13.15	E _{III}	16

Σε δεύτερο στάδιο υπολογίστηκαν τα βάθη διάβρωσης στις κοιλάδες της Ανάληψης και της Πηγαδίτσας, τα πάχη απόθεσης στα αλλουβιακά ριπίδια Πρώτης και Ηλιοκώμης και το πάχος απόθεσης των ερυθροπηλών.

Για μεν τις κοιλάδες Ανάληψης και Πηγαδίτσας έγινε μια σειρά πυκνών, εγκάρσιων προς τους κεντρικούς άξονες, τομών, έτσι ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός των εμβαδών των τομών αυτών και τελικά ο όγκος (V_I) των κοιλάδων αυτών.

	km ³	
V _{ΑΝΑΛΗΨΗΣ}	1.24	V _I = 1.62 km ³
V _{ΠΗΓΑΔΙΤΣΑΣ}	0.38	Ποσοστό 100 % της απογύμνωσης του Παγγαίου
V _I	1.62	

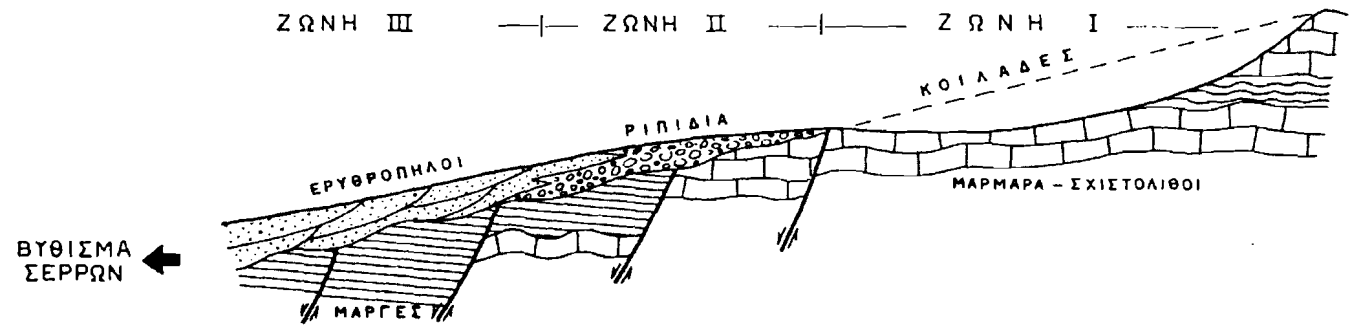
Ο όγκος αυτός αντιστοιχεί σε πετρώματα του Παγγαίου, μάρμαρα και σχιστόλιθους, τα οποία αποσπάστηκαν από τις διεργασίες της αποσάθρωσης (μηχανικής και χημικής) και μεταφέρθηκαν έξω από το στόμιο των κοιλάδων από τις διεργασίες διάβρωσης.

Αν λάβουμε υπόψη ότι από συνολική έκταση της E_I = 14 km² υπήρξε απώλεια συνολικού όγκου V_I = 1,62 km³, τότε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η μέση ταπείνωση του αναγλύφου στη ζώνη I ήταν T_I = 116 m, από τότε που άρχισε η κοιλαδογένεση στο Παγγαίο μέχρι σήμερα.

Είναι γνωστό ότι στις εξωγενείς διεργασίες υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ των προϊόντων διάβρωσης των ορεινών κοιλάδων και των προϊόντων απόθεσης των υλικών στα περιθώρια των ορεινών όγκων (Ψιλοβίκος, 1981). Με βάση αυτή τη γνώση μπορούμε να δεχθούμε ότι τα υλικά που διαβρώθηκαν από τη ζώνη I του Παγγαίου (Κοιλάδες Ανάληψης και Πηγαδίτσας) αποτέθηκαν στη ζώνη II των αλλουβιακών ριπιδίων Πρώτης και Ηλιοκώμης (τα χονδροκλαστικά) και στη ζώνη III των ερυθροπηλών Αγγίστας - Ν. Μπάφρας (τα λεπτοκλαστικά).

Για να επιβεβαιώσουμε αυτή την παραδοχή επιχειρήσαμε να ογκομετρήσουμε τις ζώνες II και III.

Με μια σειρά γεωφυσικών διασκοπήσεων στο χώρο των αλλουβιακών ριπιδίων και των ερυθροπηλών, υπολογίσαμε τα επιμέρους πάχη των ιζημάτων των σχηματισμών



ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΑΙΚΟΤ ΣΕ ΔΙΑ- ΛΥΣΗ (ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ)	ΑΠΟΘΕΣΗ ΕΡΥΘΡΟΠΗΛΩΝ	ΑΠΟΘΕΣΗ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΩΝ ΡΙΠΙΔΙΩΝ ΠΡΩΤΗΣ & ΗΛΙΟΚΩΜΗΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ-ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ- ΚΟΙΛΑΔΟΓΕΝΕΣΗ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΑΝΑΛΗΨΕΩΣ & ΠΗΓΑΔΙΤΣΑΣ
$E_I = 14 \text{ km}^2$	$E_{III} = 16 \text{ km}^2$	$E_{II} = 13.15 \text{ km}^2$	$E_I = 14 \text{ km}^2$
$V_{\Delta} = 0.32 \text{ km}^3$	$V_{III} = 0.8 \text{ km}^3$	$V_{II} = 0.50 \text{ km}^3$	$V_I = 1.62 \text{ km}^3$
$T_{\Delta} = 22.8 \text{ m}$	$D_{III} = 50 \text{ m}$	$D_{II} = 37.6 \text{ m}$	$T_I = 116 \text{ m}$
$\% = 19.9$	$\% = 49.3$	$\% = 30.8$	$\% = 100$
			ΑΠΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ
			$T_M = 93.2 \text{ m}$
			$\% = 80.1$

E = επιφάνεια, V = όγκος, T = Μέση ταπεινώση
D = Μέσο πάχος, % = Συμμετοχή επί τοις εκατό

Σχήμα 2. Σχηματική γεωλογική τομή της περιοχής έρευνας, στο ΒΔ Παγγαίο όρος και στην περιθωριακή ζώνη του βυθίσματος των Σερρών (άνω) και στοιχεία υπολογισμών για τις διεργασίες αποσάθρωσης - διάβρωσης - απόθεσης - απομάκρυνσης υλικών στις τρεις ζώνες της περιοχής αυτής (κάτω).

λοδή οπώλεια όγκου $0,32 \text{ km}^3$ υλικών, τα οποία έχουν μεν αποσπασθεί από τη ζώνη I του Παγγαίου, αλλά δεν έχουν αποτεθεί στις ζώνες II και III των ριπιδίων, και των ερυθροπηλών. Αν λάβουμε υπόψη τις συνθήκες καλής διατήρησης και περιορισμένης διάβρωσης των υλικών στις ζώνες II και III, καθώς επίσης και την παρουσία των μαρμάρων στα Παγγαία, καταλήγαμε στο συμπέρασμα ότι, ο όγκος των $0,32 \text{ km}^3$ θα πρέπει να ανήκαν σε υλικά, τα οποία μεταφέρθηκαν σε κατάσταση διάλυσης (κυρίως CaCO_3) και διαχετεύτηκαν στα βύθισμα των Σερρών και στη θάλασσα.

Στην περίπτωση αυτή: $V_I = V_{II} + V_{III} + V_{\Delta}$

Ο όγκος των εν διαλύσει υλικών $V_{\Delta} = 0,32 \text{ km}^3$, που απομακρύνθηκαν από τα μάρμαρα του Παγγαίου, από μια επιφάνεια $E_I = 14 \text{ km}^2$, αντιστοιχεί σε μια μέση ταπείνωση του αναγλύφου της επιφάνειας αυτής κατά $T_{\Delta} = 22,8 \text{ m}$. Με βάση τα στοιχεία αυτά έχουμε:

ΖΩΝΗ I

ΑΠΟΓΥΜΝΩΣΗ (km^3) $V_I = 1.62$	100 %	ΜΕΣΗ ΤΑΠΕΙΝΩΣΗ (m) $T_I = 116$	100 %
ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ $V_{M1} = 1.30$	80.1 %	$T_M = 93.2$	80.1 %
ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ $V_{\Delta} = 0.32$	19.9 %	$T_{\Delta} = 22.8$	19.9 %

Εφόσον η μέση ταπείνωση του αναγλύφου στο χώρο απογύμνωσης του Παγγαίου, λόγω χημικής αποσάθρωσης (διάλυσης μαρμάρων) υπολογίστηκε σε $T_{\Delta} = 22,8 \text{ m}$, είναι δυνατός ο υπολογισμός του χρόνου που απαιτήθηκε για να γίνει αυτή. Από τις έρευνες της απογύμνωσης σε καρστικές περιοχές (Βαβλιάκης, 1981) είναι γνωστό ότι, λόγω διάλυσης, παρατηρείται ταπείνωση του αναγλύφου της τάξεως των 10-15 mm ανά 1.000 έτη.

Είναι λοιπόν προφανές ότι για μέση ταπείνωση $T_{\Delta} = 22,8 \text{ m}$ λόγω διάλυσης των μαρμάρων στο Παγγαίο, θα πρέπει να απαιτήθηκε χρονικό διάστημα 1,50 - 2,28 m.y. (εκατομμύρια έτη).

Το στοιχείο αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί τοποθετεί τις εξωγενείς διεργασίες της περιοχής μεταξύ Βιλλαφραγκίου και Τεταρτογενούς. Ετσι προσδιορίζεται πλέον και χρονικά το πέρας της απόθεσης των αργιλλομαργών του Πλειοκαινίου (υποκειμένων), η χέρσειση της περιοχής κατά το Βιλλαφράγκιο (επιφάνεια ασυμφωνίας) και η νέα διαμόρφωση του επιφανειακού αναγλύφου (κοιλαδογένεση στο Παγγαίο και απόθεση υλικών στα περιθώρια του βυθίσματος των Σερρών) κατά το Τεταρτογενές.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην εργασία αυτή καταβάλεται προσπάθεια συνδυασμού γεωλογικών, γεωμορφολογικών και γεωφυσικών μεθόδων, με στόχο την επίλυση προβλημάτων που σχετίζο-

αυτών. Ως βάση για τους υπολογισμούς θεωρήσαμε την επαφή των κλαστικών υλικών με τις υποκείμενες λιμναίες μάργες και αργίλλους του Πλειοκαίνου (σχήμα 2). Η επαφή αυτή προσδιορίζεται με απόλυτη ακρίβεια στις διασκοπήσεις, αφού οι τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης μεταξύ των κλαστικών υλικών και των υποκείμενων αργιλλομαργών διαφέρουν σημαντικά (Ψιλοβίκος κ.ά., 1992).

Στοιχεία επίσης για τον προσδιορισμό του πάχους των κλαστικών υλικών στα ριπίδια και στους ερυθροπηλούς προκύπτουν, από ένα πυκνό δίκτυο δειγματοληπτικών γεωτρήσεων του Ι.Γ.Μ.Ε. που εκτελέστηκε στην περιοχή αυτή στα πλαίσια της έρευνας των λιγνιτών (Μπρούσαλης & Γιακκούπης, 1986).

Έτσι, αφού εμβαδομετρήθηκαν με ακρίβεια τα αλλουβιακά ριπίδια, έγινε μια σειρά πυκνών διατομών εγκάρσιων προς τον κεντρικό τους άξονα, υπολογίστηκαν τα επιμέρους εμβαδά τους και στη συνέχεια υπολογίστηκε ο όγκος κάθε ριπίδιου και ο συνολικός όγκος (V_{II}) της ζώνης II.

	km^3	
$V_{\text{ΠΡΩΤΗΣ}}$	0.34	$V_{II} = 0.50 \text{ km}^3$
$V_{\text{ΗΛΙΟΚΟΜΗΣ}}$	0.16	Ποσοστό 30 % της απόθεσης των υλικών διάβρωσης του Παγγαίου
V_{II}	0.50	

Αν λάβουμε υπόψη ότι η συνολική έκταση των αλλουβιακών ριπίδιών είναι $E_{II} = 13,15 \text{ km}^2$, τότε μπορούμε να δεχθούμε ότι ο όγκος $V_{II} = 0.50 \text{ km}^3$, αντιστοιχεί σε ένα ενιαίο στρώμα υλικών μέσου πάχους $D_{II} = 37,6 \text{ m}$.

Ανάλογες μετρήσεις και υπολογισμοί έγιναν και στη ζώνη III των ερυθροπηλών και προέκυψε συνολικός όγκος

$$V_{III} = 0,80 \text{ km}^3 \quad \text{Ποσοστό 49,3\% της απόθεσης των υλικών διάβρωσης του Παγγαίου}$$

Αν λάβουμε υπόψη ότι η συνολική έκταση των ερυθροπηλών είναι $E_{III} = 16 \text{ km}^2$, τότε μπορούμε να δεχθούμε ότι ο όγκος $V_{III} = 0,80 \text{ km}^3$ αντιστοιχεί σε ένα ενιαίο στρώμα υλικών μέσου πάχους $D_{III} = 50 \text{ m}$.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων και των υπολογισμών μας στην περιοχή έρευνας κατέληξαν στους ακόλουθους όγκους των υλικών κατά ζώνες:

$$V_I = 1,62 \text{ km}^3 \text{ προϊόντα αποσάθρωσης - διάβρωσης του Παγγαίου}$$

$$V_{II} = 0,50 \text{ km}^3 \text{ προϊόντα απόθεσης των αλλουβιακών ριπίδιών}$$

$$V_{III} = 0,80 \text{ km}^3 \text{ προϊόντα απόθεσης των περιθωρίων}$$

Με βάση τις αρχές των εξωγενών διεργασιών θα έπρεπε

$$V_I = V_{II} + V_{III}$$

Αλλά στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε $V_I = V_{II} + V_{III} + 0,32 \text{ km}^3$. Εχουμε δη-

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

νται με τις εξωγενείς διεργασίες στην περιοχή του Δ/ΒΔ Παγγαίου όρους και του βυθίσματος των Σερρών.

Η προσπάθεια αυτή έδειξε ότι είναι δυνατός ο υπολογισμός ποσοτικών στοιχείων των εξωγενών διεργασιών και των χρονικών ορίων εντός των οποίων εκδηλώθηκαν οι διεργασίες αυτές. Στη συγκεκριμένη μάλιστα περίπτωση υπολογίστηκαν και οι επιμέρους εξωγενείς διεργασίες μηχανικής-χημικής αποσάθρωσης και κοιλαδογένεσης στο Παγγαίο όρος και η συμβολή τους στη διαμόρφωση του επιφανειακού αναγλύφου της περιοχής. Κατά παρόμοιο τρόπο υπολογίστηκαν και οι διεργασίες απόθεσης των προϊόντων της μηχανικής-χημικής αποσάθρωσης στην περιθωριακή ζώνη του βυθίσματος των Σερρών. Όλες αυτές οι διεργασίες συνέβησαν κατά τη διάρκεια των τελευταίων 1,5-2,5 εκατομμυρίων ετών, δηλαδή κατά την περίοδο Βιλλαφραγκίου-Τεταρτογενούς.

Η περίοδος αυτή φαίνεται ότι ήταν παλύ σημαντική για τη διαμόρφωση του επιφανειακού αναγλύφου της Ελλάδας και για το λόγο αυτό είναι επιβεβλημένη η συνέχιση και η επέκταση της έρευνας σε ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο.

Άξια ιδιαίτερης αναφοράς είναι τα στοιχεία που αφορούν τη διάλυση των μαρμάρων σε περιοχές με έντονο ανθρωπαγενές περιβάλλον, όπως είναι η Θεσσαλονίκη. Σύμφωνα με τους Βαβλιάκη κ.ά., 1990 η καρστική απογύμνωση προσδιορίστηκε σε 24 mm περίπου ανά 1.000 έτη. Η τιμή αυτή είναι περίπου διπλάσια της τιμής των 10-15 mm/1.000 έτη, που αφορά στους αρεινούς όγκους του Παγγαίου και του Μενοικίου και δικαιολογεί πλήρως τη μεγάλη ταχύτητα καταστροφής των αρχαίων μνημείων (μαρμάρινων) στις μεγαλουπόλεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., 1981. Μελέτη των επιφανειών διάβρωσης, καρστικών, παγετωδών και περιπαγετωδών μορφών του όρους Μενοικίου στην Α. Μακεδονία, από γεωμορφολογικής και μαρφογενετικής πλευράς. Διδ. Διατρ. ΑΠΘ, 192 ρ.
- ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α. ΚΑΙ ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ Λ., 1986. Η επιγενετική κοιλάδα του ποταμού Αγγίτη σε σχέση με την εξέλιξη των λεκανών Σερρών και Δράμας. Ειδ. Εκδ. Ι.Γ.Μ.Ε. Γεωλ. & Γεωφ. Μελ., 6,5-14, Αθήνα.
- ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., ΧΑΡΙΣΤΟΣ Δ., ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗΣ Χ., 1990. Συμβολή στη μελέτη των παραγόντων καταστροφής των μαρμάρινων μνημείων στην Ελλάδα. Αηπ. Geol. d' Pays Hell. (Υπό Εκτύπωση).
- ΜΠΡΟΥΣΑΛΗΣ Ι. ΚΑΙ ΓΙΑΚΚΟΥΠΗΣ Π., 1986. Έρευνα λεκάνης Σερρών για λιγνίτη. Κοιτάσματα Κορμίστας, Τομέας Ηλιοκώμης-Πρώτης. Έρευνες ενεργειακών πρώτων υλών, Αρ. 3, Ι.Γ.Μ.Ε. 86 σ., Αθήνα.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., 1981. Γεωμορφολογικές, μορφογενετικές, τεκτονικές, ιζηματολογικές και κλιματικές διεργασίες που οδήγησαν στο σχηματισμό και στην εξέλιξη σύνθετων αλλαυβιακών ριπιδίων στον Ολυμπο. Πραγματεία Υψηγεσίας, Φ.Μ. Σχολή, Πανεπ. Θεσ/νίκης, 158 σ.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., (Ε.Υ.) 1992. Γεωλογικές έρευνες για την αναζήτηση και την εκμετάλλευση υδατικών πόρων σε κοινότητες του Δ/Β.Δ. Παγγαίου και του Ν.Α. Μενοικίου του Νομού Σερρών. Μέρος Δεύτερο: Πρώτη. Πρ. 2496 της Επ. Ερ. του ΑΠΘ, 88 ρ.

ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑΣ

**ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ.,
ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΥ Ε., ΓΕΡΑΜΙΑΝ Α.***

* Τομέας Γεωλογίας και Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 540 06 Θεσ/νίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η καρστική λίμνη Βεγορίτιδα, έχει ως χαρακτηριστικό την αυξομείωση της στάθμης της. Στην εργασία αυτή γίνονται συγκρίσεις μεταξύ της στάθμης της λίμνης και των παραγόντων που καθορίζουν το ισοζύγιο του νερού (ύψος βροχής, εξάτμιση, χρήση νερού από τον άνθρωπο) και διαπιστώθηκε ότι:

Οι διακυμάνσεις της στάθμης της λίμνης πριν από το 1955 πορακολουθούν κατά κανόνα τις αντίστοιχες διακυμάνσεις του ετήσιου ύψους βροχής με εξαίρεση την περίοδο 1928-1930 που μπορεί να αποδοθεί στη λειτουργία πιθανόν περισσότερων καταβοθρών.

Μετά το 1955 (υδροδότηση της τεχνητής λίμνης του Αγρα από τη Βεγορίτιδα) έχουμε συνεχή πτώση της στάθμης. Ακόμα και με τις ευνοϊκότερες φυσικές συνθήκες (μεγάλο ετήσιο ύψος βροχής, μικρό ύψος εξάτμισης) το μεγαλύτερο υψόμετρο της στάθμης της λίμνης μετά το 1955 παραμένει μικρότερο από το χαμηλότερο υψόμετρο της στάθμης πριν το 1955.

Η συνεχής πτώση της στάθμης της λίμνης μετά το 1955 πρέπει να αποδοθεί στην άντληση νερού από τη λίμνη τόσο για τις ανάγκες της ΔΕΗ, όσο και για την άρδευση των παραλιμναίων καλλιεργειών, των οποίων η έκταση στο ΒΑ τμήμα της λίμνης αυξάνει με σημαντική ταχύτητα (ετήσιο πλάτος της νέας ξηράς κατά την περίοδο 1955-1980: 27 m ετησίως).

Η πτώση της στάθμης της λίμνης Βεγορίτιδας που αντιστοιχεί με πτώση του βασικού επιπέδου διάβρωσης της λεκάνης απορροής της, προκάλεσε επιτάχυνση της εξέλξης των φυσικογεωγραφικών παραμέτρων, που οδήγησε αφ' ενός μεν στην ταχύτερη επέκταση των δελταϊκών σχηματισμών στο βόρειο και νότιο τμήμα της λίμνης, αφ' ετέρου δε στην αποκάλυψη υπό μορφή νησίδων τμημάτων του πυθμένα, γεγονός που καθ' όλες τις υπάρχουσες γνωστές πληροφορίες δεν έχει ξανασυμβεί.

SUMMARY

The carstic Lake Vegoritis in the N.W. Macedonia, Greece, is characterized by long-term water-level fluctuations. Data of the last 70 years have been processed, concerning parameters effecting the water-volume budget of the lake.

The time period up to 1956 was characterised by natural fluctuations of the mean annual water-level depended on the mean annual waterfall, evaporation and periodic activation of sinkholes.

The last 35 years (1957-1992) are characterised by an intensive drop of the mean annual water-level. This event coincides with the beginning of the use of lake-water in hydroelectric power stations. The rapid drop of water-level revealed significant areas of the lake bottom, where land cultivation (and intensive irrigation) has started.

Statistical analysis showed that, from 1957 to 1989, 90% responsible of the water-level drop is the use of the water in the power stations.

The continuation of the water-level drop after 1989, where pumping to the power stations has stopped, can be attributed to the change of the physico-geographical equilibrium of the area. Drop of the lake water-level, corresponds with the drop of local base-level producing more erosion on the drainage basins and more deposition on the lake deltas. This event produces more fertile land for cultivation and the cultivation uses more water, pumped from the lake reserves. Thus the rapid drop of the lake water-level is due to the use of the water in power stations. Therefore, a complex physico-geographic mechanism of continuous degradation of the lake was triggered. It can be expected that the lake will evolve to a periodic polje.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην προσπάθειά του ο άνθρωπος να καλύψει ανάγκες ύδρευσης, άρδευσης και ενέργειας από αρχαιοτάτους χρόνους μέχρι και σήμερα εκμεταλλεύεται επιφανειακά και υπόγεια υδάτινα αποθέματα της Γης.

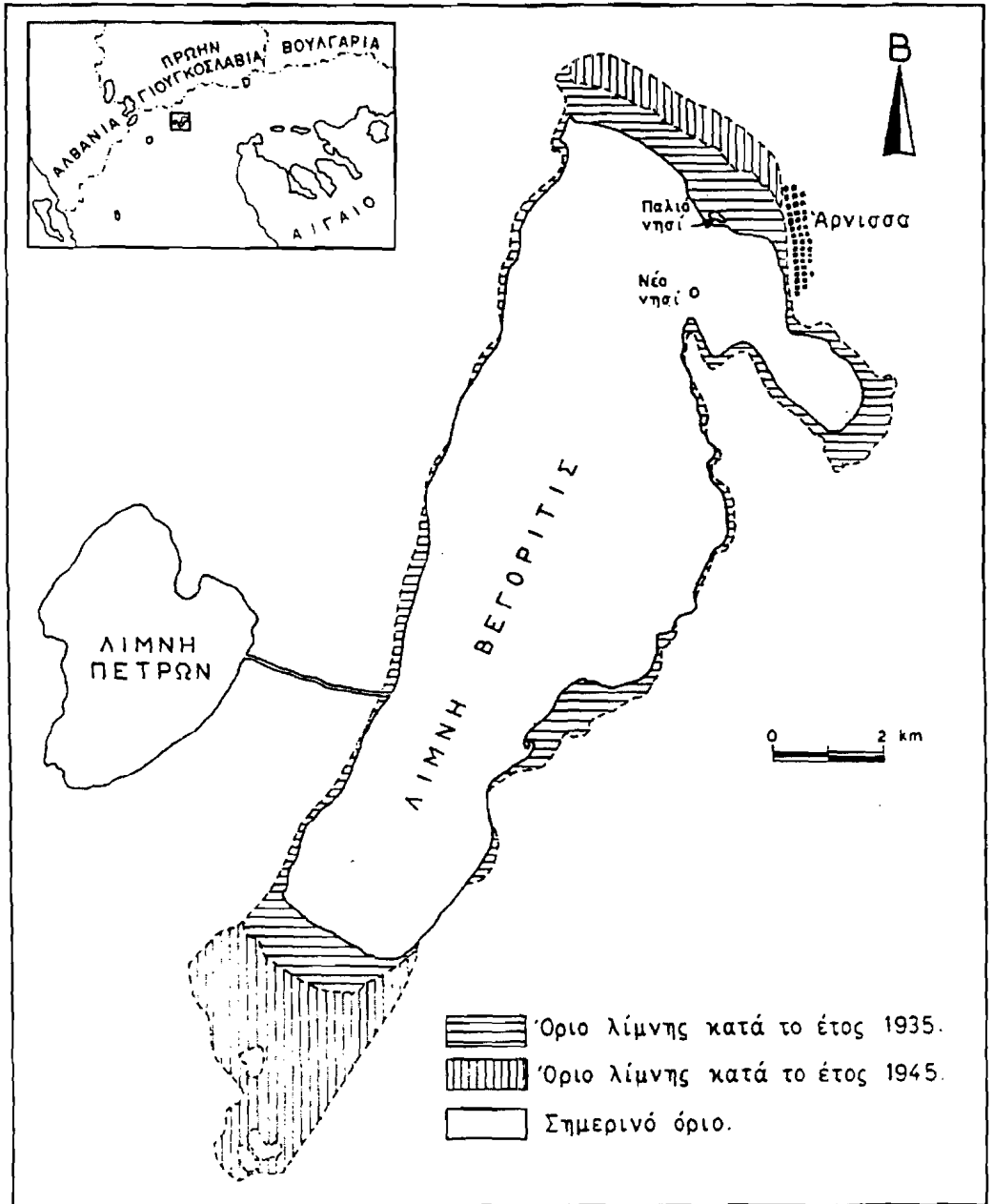
Τα τελευταία 70 χρόνια εκδηλώθηκε μια έντονη τάση εκμετάλλευσης των φυσικών λιμνών της Ελλάδας για την κάλυψη μέρους των παραπάνω αναγκών στην προσπάθεια της χώρας να ξεπεράσει την φάση υπανάπτυξης.

Η μη ορθολογική όμως εκμετάλλευση των φυσικών λιμνών και κυρίως των καρστικών, πολύ γρήγορα οδήγησε στην υποβάθμισή τους με οδυνηρές περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η καρστική λίμνη της Βεγορίτιδας η οποία εξετάζεται στην παρούσα εργασία.

2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ - ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η λίμνη Βεγορίτιδα καταλαμβάνει ένα τεκτονικό βύθισμα στο βόρειο όριο της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας (χαρτ. 1). Η έκτασή της καθορίζεται από τις γεωγρ. συντεταγμένες των σημείων:

$$\begin{array}{ll} 21^{\circ} 47' 13'' & B = 21^{\circ} 51' 21'' \\ A = 40^{\circ} 48' 19'' & 40^{\circ} 45' 23'' \\ \\ \Gamma = 21^{\circ} 43' 26'' & \Delta = 21^{\circ} 45' 13'' \\ 40^{\circ} 41' 30'' & 40^{\circ} 40' 42'' \end{array}$$



ΣΧ. 1. Η θέση της περιοχής έρευνας και τα όρια της λίμνης σε διάφορες περιόδους.

Το υψόμετρο της ελεύθερης στάθμης, σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία της Υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων του Νομού Πέλλας, ήταν το Μάρτιο του 1992 514,38 m.

Το σχήμα της λίμνης, εκτός από το σχηματιζόμενο κολλίσκο στο ΒΑ τμήμα της, είναι ορθογωνικό με τη μεγάλη πλευρά ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης. Οι διαστάσεις των πλευρών είναι: 15 και 4 km.

Τα ιστορικά στοιχεία που αναφέρονται μέχρι τα 1896 σχετικά με την έκταση και κατ' επέκταση με το βάθος της λίμνης είναι αντιφατικά. Σύμφωνα με τον Σιούτη (1989) ο Μερκατόριος το 1585 σημειώνει τη λίμνη σε χάρτη ενώ ο Τόζερ το 1801 ισχυρίζεται την απουσία της λίμνης. Ο Martinleake το 1806 χαρακτηρίζει την λίμνη σαν μια λωρίδα νερού. Αντίθετα ο αυστριακός Ναπ Ηοκκ 1856 αναφέρει ότι η κορυφή του τζαμιού, που βρίσκονται στα νησάκι της Αρνισσας και που σήμερα είναι ενωμένο με τη στεριά, ήταν στην επιφάνεια του νερού.

Την αυξομείωση της έκτασης της λίμνης Βεγορίτιδας επιβεβαιώνουν και αρχαιολογικά ευρήματα της περιοχής. Συγκεκριμένα η ανακάλυψη της αρχαίας πόλης της Λευαίας κάτω από λιμναία ιζήματα αποδεικνύει ότι μετά την ίδρυση της παραπάνω πόλης έλαβε χώρα σημαντική άνοδος της στάθμης της λίμνης. Οι περιοδικές αυξομειώσεις της στάθμης και έκτασης της λίμνης είναι σύνηθες φαινόμενο δεδομένου ότι αυτές παρακολουθούν κατά κανόνα τις αντίστοιχες περιοδικές μεταβολές των βροχοπτώσεων.

Εντονότερες όμως είναι οι αντίστοιχες αυξομειώσεις στις καρστικές λίμνες δεδομένου ότι το βάθος και την έκταση των λιμνών αυτών, εκτός από τους κλιματικούς παράγοντες, επηρεάζει και η περιοδική λειτουργία ή αδρανοποίηση των καταβοθρών στον πυθμένα ή στις όχθες τους.

Αν τώρα στους παραπάνω παράγοντες προστεθεί και η δυναμική άμεση ή έμμεση επίδραση του ανθρώπου κατά τα τελευταία 50 έως 70 χρόνια μπορεί εύκολα να διαπιστώσει κανείς ότι ο προσδιορισμός της εξελεκτικής πορείας της καρστικής λίμνης της Βεγορίτιδας είναι ένα πολυσύνθετο πρόβλημα.

3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑΣ

Τα νερά της Βεγορίτιδας προέρχονται από την επιφανειακή ή υπόγεια απαστράγιση των υδάτων της λεκάνης απορροής της. Δέχεται τα νερά των λεκανών Πταλεμαΐδας και Αμυνταίου. Σύμφωνα με τους Παράκωνσταντινίου et al. (1989) ο κύριος καρστικός υδροφορέας της δυτικής και βορειοδυτικής πλευράς του Βερμίου επικοινωνεί με τη λίμνη.

Εντάς της λεκάνης απορροής της Βεγορίτιδας έχουν κατασκευασθεί δύο φράγματα (Σουλού και Περδίκια), τα οποία συγκρατούν μέρος του νερού που κανονικά θα έφτανε στη λίμνη, για τις ανάγκες των ατμοηλεκτρικών σταθμών της ΔΕΗ. Στη λίμνη καταλήγουν και νερά της λίμνης Πετρών, με την οποία συνδέεται με τεχνικό κανάλι και της λίμνης Χαμαδεΐτιδας. Ακόμα στα ανατολικό τμήμα της λίμνης αποστραγγίζα-

νται τμήματα των περιοχών Αρνίσσας και Βόρρα.

Η λίμνη Βεγορίτιδα δεν έχει φυσική επιφανειακή απορροή. Μέρος των υδάτων που εισρέουν σ' αυτή αποστραγγίζονται υπόγεια με τη βοήθεια καταβοθρών προς άγνωστη όμως μέχρι σήμερα κατεύθυνση.

Τα τελευταία όμως 40 χρόνια ένα μεγάλο μέρος των υδάτων της λίμνης μεταφέρεται για την κάλυψη μέρους των αναγκών του υδροηλεκτρικού σταθμού του Αγρα ή αντλείται για τις ανάγκες των ατμοηλεκτρικών σταθμών της ΔΕΗ Αμυνταίου και Πτολεμαΐδας.

4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η λίμνη και η λεκάνη απορροής της από γεωλογική άποψη ανήκουν στην Πελαγονική Ζώνη. Σύμφωνα με το Μουντράκη (1985) η διαδοχή της Ζώνης αυτής είναι η εξής: Το κρυσταλλασχιστώδες υπόβαθρο παλαιοζωϊκής και προ παλαιοζωϊκής ηλικίας, οι γνευσιωμένοι γρανίτες του Α. Λιθανθρακοφόρου, οι περμοτριάδικές μετακλαστικές ακολουθίες, τα τριαδικοϊαυρασιακά πετρώματα και τα επικλισιγενή ανωκρητιδικά ιζήματα.

Τις τελευταίες φάσεις της αλπικής ορογένεσης ακολούθησε περίοδος έντονων μετακινήσεων και σχηματισμού τεκτονικών λεκανών, μέσα στις οποίες αποτέθηκαν κλαστικά ιζήματα κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές.

Σύμφωνα με τον Παυλίδη (1985) οι νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμοί των λεκανών της ευρύτερης περιοχής είναι οι εξής: i) οι κατώτεροι σχηματισμοί των βασικών κροκαλοπαγών, ii) ο σχηματισμός της Βεγόρας ηλικίας Α. Μειοκαίνου - Κ. Πλειοκαίνου, που αποτελείται από αμμώδεις μάργες, άμμους και λιγνίτες, iii) ο σχηματισμός της Πτολεμαΐδας, πλειοκαίνικης ηλικίας που αποτελείται από αργιλλικά στρώματα, μάργες, άμμους και τυπικά λιγνιτικά στρώματα, iv) ο σχηματισμός του Προαστίου, ηλικίας Κ. Πλειστοκαίνου (Α. Βιλλαφράγκιου), ο οποίος αποτελείται από κροκαλοπαγή, άμμους και κρακάλες χερσοποτάμιας προέλευσης, v) ο σχηματισμός Περδίκας που αποτελείται από χερσαίας προέλευσης κροκαλοπαγή (Μ-Α Πλειόκαινο) καθώς και νεώτερα πλευρικά ριπίδια και αλλουβιακές προσχώσεις.

Σύμφωνα με το Χωραφά (1957) η ανατολική και βορειοδυτική περιοχή της λίμνης περιβάλλεται από ασβεστολιθικά στρώματα του Κρητιδικού τα οποία έχουν ως υποκείμενα στρώματα αδιαπέρατους πυριγενείς σχηματισμούς του Ιουρασικού. Στη βορειότερη πλευρά του Βερμίου, οι κρητιδικοί ασβεστόλιθοι έχουν ως υποκείμενα ασβεστολιθικά στρώματα του Παλαιοζωϊκού.

Από τεκτονική άποψη η λίμνη Βεγορίτιδα ανήκει στην ευρύτερη λεκάνη Φλώρινας - Βεγορίτιδας - Πτολεμαΐδας. Η διεύθυνση ανάπτυξης αυτής της λεκάνης είναι σύμφωνη με αυτή του κύριου ορογραφικού άξονα των Ελληνίδων (ΒΒΔ-ΝΝΑ) και η προέλευσή της είναι τεκτονική (Παυλίδης 1985).

5. ΜΕΣΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Προκειμένου να προσδιοριστεί η εξελεκτική πορεία της λίμνης εκτός των υπαι-

θρίων παρατηρήσεων χρησιμοποιήθηκαν και τα εξής μέσα έρευνας: Τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000 και 1:100.000 έκδοσης 1930, 1955 και 1970. Αεροφωτογραφίες λήψης 1945 και 1980, και κλίμακας 1:40.000 περίπου. Πίνακες στάθμης της λίμνης, ύψους βροχής και εξάτμισης της ΔΕΗ. Εγινε επίσης στατιστική επεξεργασία των στοιχείων από τους πίνακες της ΔΕΗ για να βρεθεί η ευθεία ελαχίστων τετραγώνων της στάθμης της λίμνης με το χρόνο, χωριζόμενη σε δύο περιόδους πριν και μετά την ανθρωπογενή επέμβαση και έγινε συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας νερού που αντλήθηκε από τη λίμνη και της ελάττωσης του όγκου της. Για την εύρεση του όγκου της λίμνης που ελαττώθηκε χρησιμοποιήθηκαν η στάθμη και το αντίστοιχο εμβαδόν, κατά προσέγγιση, που είχε η λίμνη.

6. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Η διακύμανση της στάθμης της λίμνης Βεγορίτιδας καθορίζεται από την αντίστοιχη διακύμανση του ύψους των βροχοπτώσεων και του ύψους εξάτμισης, τη λειτουργία ή αδρανοποίηση καταβοθρών και την υδροληψία για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών και άρδευσης.

Η συνεπίδραση όλων των παραπάνω παραγόντων προκάλεσε μια συνεχή πτώση της μέσης στάθμης της λίμνης κατά τα τελευταία 35 χρόνια περίπου.

Προκειμένου να διαπιστωθεί ποιός από τους παράγοντες είναι αποφασιστικής σημασίας για την παραπάνω πτώση της στάθμης εξετάστηκε η εξελεκτική πορεία της λίμνης σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση καλύπτει την περίοδο 1920-1956 κατά την οποία επιδρούν στη λίμνη σχεδόν αποκλειστικά μόνον οι φυσικοί παράγοντες. Η δεύτερη φάση καλύπτει την περίοδο 1957-1991 κατά την οποία συνεπιδρούν φυσικοί και ανθρωπογενείς παράγοντες.

6.1. Διακύμανση της στάθμης της λίμνης κατά την περίοδο 1920-1956

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα 1 η μέση στάθμη της λίμνης για την περίοδο 1920-1956 δείχνει μια μικρή αλλά σαφή ανοδική τάση. Οι αποκλίσεις από τη γραμμή παλινδρόμησης μπορούν να αποδοθούν είτε στις ετήσιες διακυμάνσεις του ύψους βροχής είτε στην περιοδική λειτουργία ή αδρανοποίηση των καταβοθρών που αποστραγγίζουν υπόγεια μέρος της υδάτινης μάζας της λίμνης.

Η ετήσια διακύμανση των βροχοπτώσεων, η οποία επίσης απεικονίζεται στο διάγραμμα 1, δεν καλύπτει ολόκληρη την περίοδο 1920-1956 αλλά μόνο τα 14 πρώτα έτη (1920-1934).

Από αυτά τα ελλειπή στοιχεία διαπιστώνεται μια μερική σύμπτωση των διακυμάνσεων της στάθμης της λίμνης και των βροχοπτώσεων.

Η ανθρωπογενής άμεση ή έμμεση επίδραση για την περίοδο αυτή είναι ανύπαρκτη γιατί δεν υπήρχαν λάγοι άντλησης νερού από τη λίμνη για ενεργειακούς λόγους ή ανάγκες άρδευσης, δεδομένου ότι την εποχή εκείνη η λίμνη κατελάμβανε μεγαλύτερη

έκταση ως εκ τούτου οι παραλίμνιες καλλιεργούμενες εκτάσεις ήταν πολύ περιορισμένες. Ακόμα και ανάγκες ύδρευσης πόλεων ή χωριών, αν υπήρχαν, η τεχνολογική (και οικονομική) αδυναμία άντλησης και μεταφοράς νερού σε μεγάλες αποστάσεις δεν επέτρεψε στον άνθρωπο να διαταράξει την υπάρχουσα φυσική ισορροπία.

6.2. Διακύμανση της στάθμης της λίμνης κατά την περίοδο 1957-1991

Την περίοδο αυτή κατασκευάζεται η τεχνητή λίμνη του Αγρα όπου καταλήγουν τα νερά του Εδεσσαίου ποταμού και με υπόγεια σύραγγα ένα μέρος των νερών της Βεγορίτιδας προκειμένου να καλυφθούν ενεργειακές ανάγκες της χώρας. Συνεπώς από το 1958 συνεπιδρά και ο άνθρωπος μαζί με τους φυσικούς παράγοντες στη διακύμανση της στάθμης της λίμνης.

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα 1, Πιν. 1 η διακύμανση του ετήσιου ύψους βροχής είναι σχεδόν ίδια για την περίοδο 1920-1934 και 1957-1991.

Στο διάγραμμα 2, Πιν. 2 απεικονίζεται η μεταβολή της εξατμίσσης για την περίοδο 1957-1989. Παρά τις μεγάλες ετήσιες διακυμάνσεις δεν προκύπτει η ύπαρξη συστηματικής μεταβολής. Μπορεί να χωριστεί σε δύο περιόδους 1957-1975 και 1975-1992 όπου το 1975 εμφανίζεται το ελάχιστο. Γενικά μπορεί να διατυπωθεί η παρατήρηση ότι η συνολική ποσότητα που εξατμίστηκε την περίοδο 1957-1975 είναι λίγο περισσότερη από την περίοδο 1975-1989.

Από το διάγραμμα 1 προκύπτει ότι κατά την περίοδο 1957-1991 η μέση στάθμη της λίμνης παρουσιάζει μια έντονη πτωτική τάση. Χαρακτηριστικό της περιόδου αυτής είναι ότι το μεγαλύτερο υψόμετρο της στάθμης της λίμνης είναι μικρότερο από το χαμηλότερο αντίστοιχο υψόμετρο της περιόδου 1920-1956.

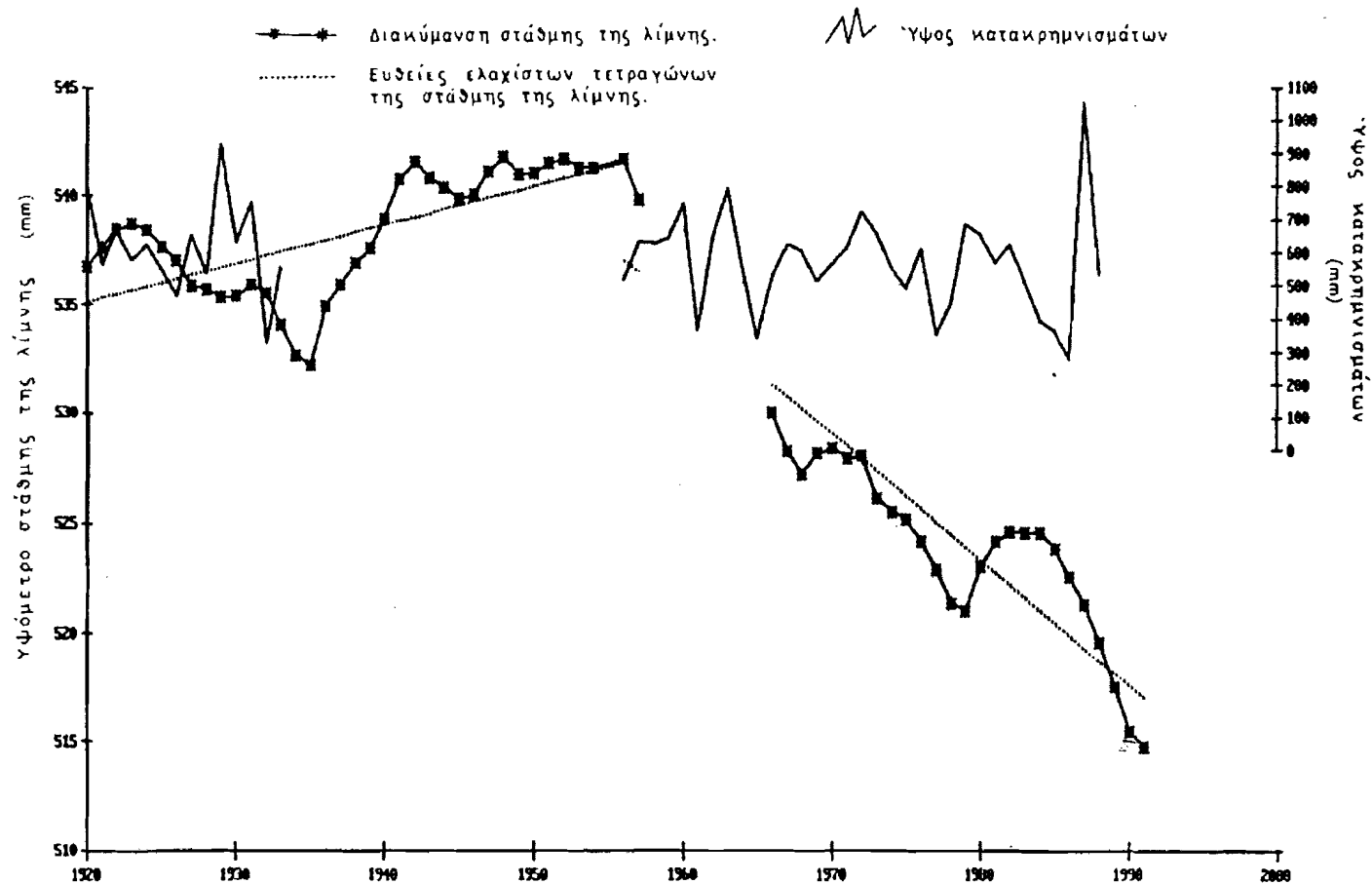
Είναι επίσης αξιοσημείωτο ότι η διακύμανση της στάθμης γύρω από τη γραμμή ελαχίστων τετραγώνων για την περίοδο αυτή είναι ίδιας τάξης μεγέθους με την αντίστοιχη διακύμανση της προηγούμενης περιόδου παρά του ότι οι δύο γραμμές ελαχίστων τετραγώνων έχουν αντίθετες κλίσεις.

7. ΑΙΤΙΑ ΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Στην προσπάθεια για ερμηνεία της διαρκούς πτωτικής πορείας της στάθμης της λίμνης από το 1957 ως σήμερα, η οποία συμπίπτει με την έναρξη της άντλησης νερού από τη λίμνη, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία της ΔΕΗ που αφορούν την ποσότητα νερού που αντλήθηκε και την στάθμη της λίμνης (Πιν. 1).

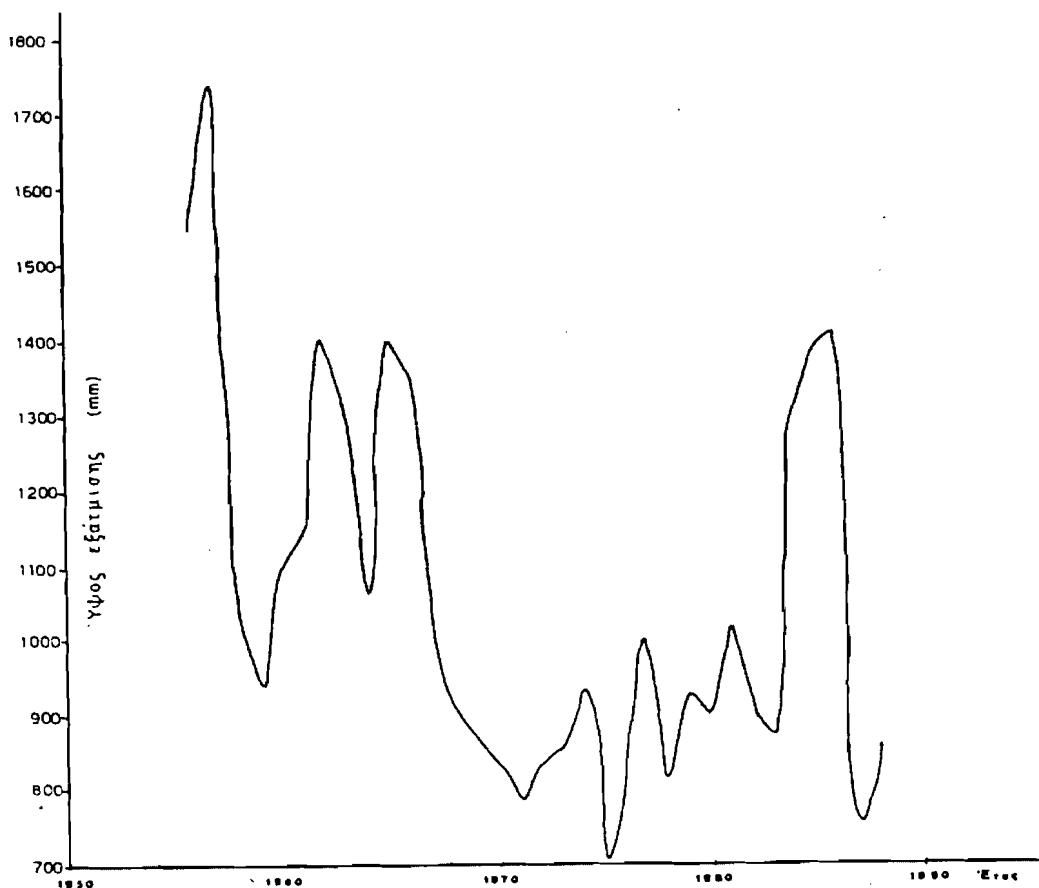
Από τα στοιχεία αυτά κατασκευάστηκε το διάγραμμα 3 που απεικονίζει την αθροιστική ποσότητα νερού που αντλήθηκε από τη ΔΕΗ και την αθροιστική απώλεια όγκου της λίμνης για την περίοδο καθώς και οι ευθείες ελαχίστων τετραγώνων για τις δύο καμπύλες.

Η μεγάλη ομοιότητα στις κλίσεις των ευθειών ελαχίστων τετραγώνων δηλ. του αθροιστικού όγκου που αντλήθηκε και του αθροιστικού όγκου που απωλέστηκε από τη λίμνη μας οδήγησε στην κατασκευή του διαγράμματος 4 που συσχετίζει μεταξύ



Διάγραμμα 1. Μεταβολή της στάθμης της λίμνης κατά την περίοδο 1920 - 1991 και διακύμανση του ύψους των κατακρημιτισμάτων. Στατιστική επεξεργασία έγινε για δύο περιόδους, 1920 - 1956 και 1956 - 1991.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεοφράστου - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



Διάγραμμα 2. Μέσο ετήσιο ύψος εξάτμισης κατά την περίοδο 1956 - 1988.

τους τους δύο αθροιστικούς όγκους. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν την περίοδο 1966-1988. Από το 1957 ως το 1966 δεν υπάρχουν στοιχεία της μεταβολής της στάθμης της λίμνης κατ' έτος, έτσι το χρονικό αυτό διάστημα αντιμετωπίστηκε ενιαία συμβάλλοντας με τις ακραίες του τιμές στο συνολικό αθροιστικό αποτέλεσμα του 1967. Επίσης δεν χρησιμοποιήθηκαν τα έτη μετά το 1988 γιατί είχαν σταματήσει οι αντλήσεις της ΔΕΗ.

Το διάγραμμα 4 δείχνει ότι η συσχέτιση μεταξύ των δύο όγκων δηλ. αυτού που αντλήθηκε και αυτού που απωλέστηκε είναι $r=0,8994$. Αυτό σημαίνει ότι το 90% της απώλειας όγκου της λίμνης μπορεί να αποδοθεί στην άντληση νερού.

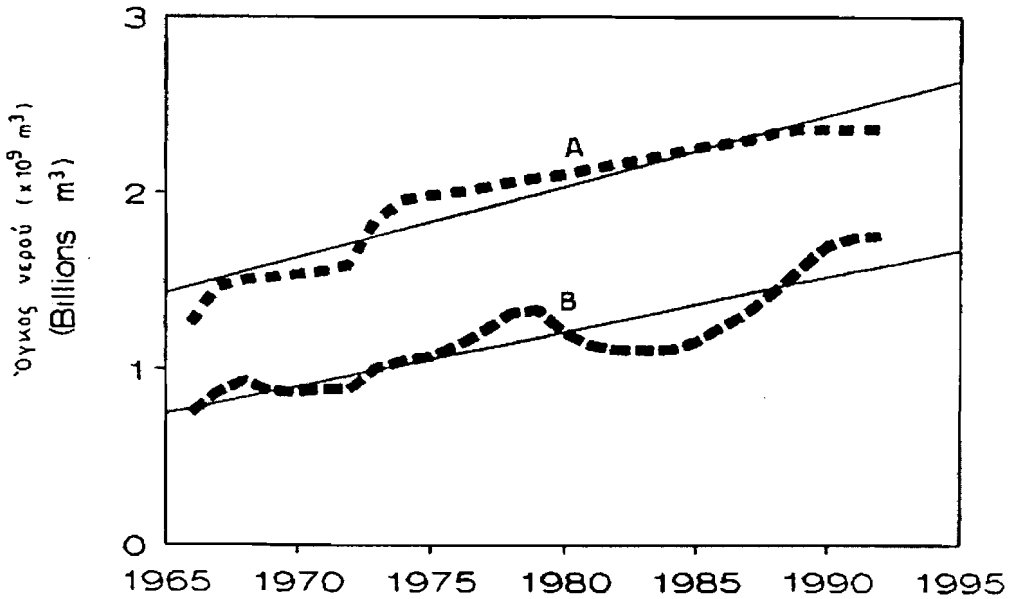
Από τα διαγράμματα 2 και 3 φαίνεται επίσης ότι η ποσότητα νερού που αντλήθηκε είναι κατά $0,72 \times 10^9 \text{ m}^3$ περισσότερη από την αντίστοιχη απώλεια όγκου της λίμνης. Η διαφορά αυτή οφείλεται σε διάφορους παράγοντες και δεν είναι εύκολο να εκτιμηθεί

Πίνακας 1: Χρησιμοποιηθέντα στοιχεία για τον προσδιορισμό ελάττωσης του όγκου της λίμνης εξαιτίας της ανθρωπογενούς επίδρασης κατά την περίοδο 1956 - 1992.

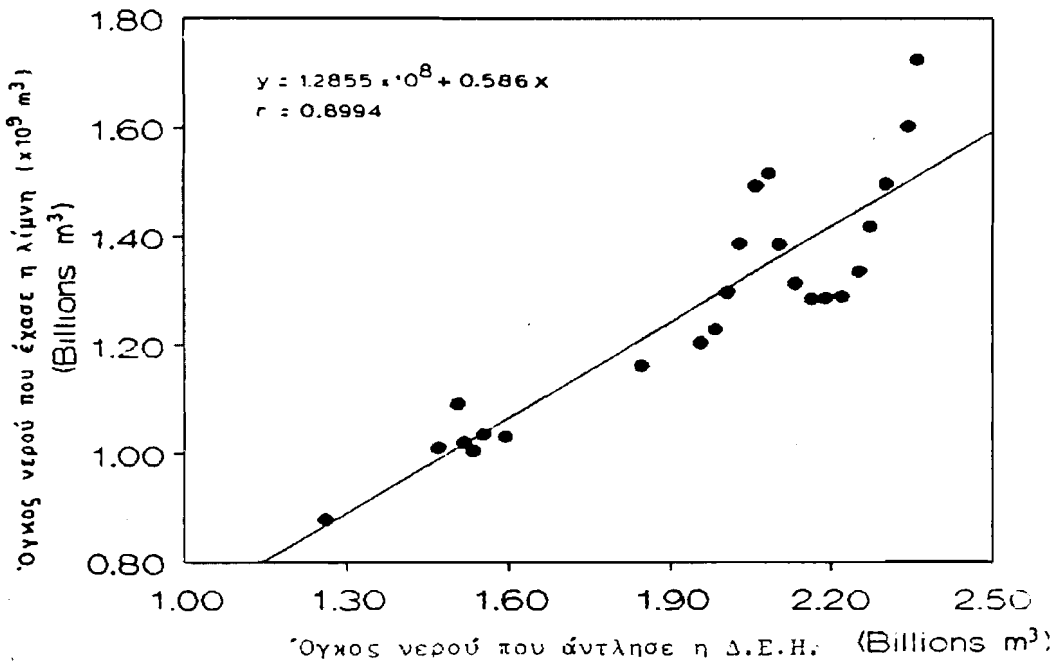
Ετος	Υψόμετρο λίμνης	V αντλ.	Πτώση στάθμης	Σ πτώσης στάθμης	ΣV αντλ. m ³	V λίμνης m ³
1956	541.63	0				
1957	539.79	177000000	-1.84	-1.84	177000000	-1.44E+08
1958		203000000			380000000	
1959		291000000			671000000	
1960		204000000			875000000	
1961		230000000			898000000	
1962		170000000			915000000	
1963		276000000			942600000	
1964		540000000			996600000	
1965		145000000			1.142E+09	
1966	529.99	120291800	-9.8	-11.64	1.262E+09	-7.35E+08
1967	528.23	208859000	-1.76	-13.4	1.471E+09	-1.32E+08
1968	527.15	35940100	-1.08	-14.48	1.507E+09	-81000000
1969	528.09	11609300	0.94	-13.54	1.518E+09	70500000
1970	528.3	16232400	0.21	-13.33	1.535E+09	15750000
1971	527.9	19041700	-0.4	-13.73	1.554E+09	-30000000
1972	527.96	40745300	0.06	-13.67	1.594E+09	4500000
1973	526.09	250183100	-1.87	-15.54	1.845E+09	-1.31E+08
1974	525.5	111679100	-0.59	-16.13	1.956E+09	-41300000
1975	525.14	27867400	-0.36	-16.49	1.984E+09	-25200000
1976	524.16	22968100	-0.98	-17.47	2.007E+09	-68600000
1977	522.88	23269400	-1.28	-18.75	2.03E+09	-89600000
1978	521.35	30058000	-1.53	-20.28	2.06E+09	-1.07E+08
1079	521.02	25196100	-0.33	-20.61	2.086E+09	-23100000
1980	523.03	19420700	2.01	-18.6	2.105E+09	130650000
1981	524.15	31021300	1.12	-17.48	2.136E+09	72800000
1982	524.59	30443200	0.44	-17.04	2.166E+09	28600000
1983	524.56	25008400	-0.03	-17.07	2.191E+09	-19500000
1984	524.51	29182800	-0.05	-17.12	2.221E+09	-32500000
1985	523.81	32848000	-0.7	-17.82	2.253E+09	-45500000
1986	522.52	20505400	-1.29	-19.11	2.274E+09	-83850000
1987	521.3	29352900	-1.22	-20.33	2.303E+09	-79300000
1988	519.55	41210300	-1.75	-22.08	2.345E+09	-1.05E+08
1989	517.52	16505300	-2.03	-24.11	2.361E+09	-1.22E+08
1990	515.47		-2.05	-26.16	2.361E+09	-1.23E+08
1991	514.74	39800	-0.73	-26.89	2.361E+09	-41610000
1992	514.47		-0.27	-27.16	2.361E+09	-15390000
Αντληθείσα ποσότητα (1957 - 1989)		Va = 2.361E+09				-1.91E+09
Ελάττωση όγκου λίμνης (1975 - 1989)		Vλ = -1.73E+09				
Διαφορά όγκων		Va - Vλ = 635908900				

η σημαντικότητα της συμμετοχής του καθενός.

Ο πρώτος παράγοντας είναι ότι κάποια ποσότητα νερού που αντλήθηκε προέρχεται από τους υπόγειους παραλίμνιους υδροφόρους ορίζοντες. Ο δεύτερος παράγοντας είναι ότι κάποιο μέρος αυτής της ποσότητας αντιστοιχεί σε νερό της λίμνης Πετρών. Η τεχνική επικοινωνία της λίμνης Πετρών με τη λίμνη Βεγορίτιδα εδώ και πολλά χρόνια έχει διακοπεί εξαιτίας της πτώσης στάθμης της πρώτης λίμνης. Επίσης



Διάγραμμα 3. Α: Αθροιστική διακύμανση του όγκου νερού που αντλήθηκε από τη ΔΕΗ.
 Β: Αθροιστική διακύμανση της ελάτωσης του όγκου της λίμνης.



Διάγραμμα 4. Συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας του νερού που αντλήθηκε από τη ΔΕΗ και της ελάτωσης του όγκου της λίμνης για το διάστημα 1966 - 1989.

σαν τρίτος παράγοντας πρέπει να θεωρηθεί η χρήση του νερού για άλλους σκοπούς (ορδεύσεις καλλιεργειών) όπως απολογείται αμέσως παρακάτω. Τέλος ο τέταρτος παράγοντας μπορεί να είναι τα ελαφρά θετικό ισοζύγιο του όγκου νερού της λίμνης Βεγορίτιδας που εμφανίστηκε στην προ της ανθρωπογενούς επέμβασης περίοδο, όπως ήδη αναφέρθηκε (διάγραμμα 1).

Αν η σημαντικότητα του πρώτου παράγοντα είναι μεγάλη, ακόμα και να σταματήσει η άντληση νερού από τη λίμνη μια πιθανή άνοδος της στάθμης της λίμνης θα παρουσιάζει υστέρηση εξαιτίας του ότι θα πρέπει να πληρωθούν οι παραλίμνιοι υδροφόροι ορίζοντες.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ενώ η απόληψη νερού της λίμνης από τη ΔΕΗ σταμάτησε το 1989 ενταύταις συνεχίζεται η πτώση της στάθμης της. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι και άλλοι ανθρωπογενείς παράγοντες επηρεάζουν τη διακύμανση της στάθμης της λίμνης, δεδαμένον ότι το ύψος βραχής δεν μεταβλήθηκε σημαντικά. Οι παράγοντες όμως αυτοί συνδέονται έμμεσα με τον αρχικό παράγοντα της ΔΕΗ. Συγκεκριμένα ως συνυπεύθυνος παράγοντας της πτώσης της στάθμης της λίμνης μετά το 1988 είναι η άντληση νερού της λίμνης για την κάλυψη αναγκών άρδευσης των παραλιμναίων εντάσεων είτε απ' ευθείας από τη λίμνη είτε με τη βοήθεια γεωτρήσεων. Αξιόλογες όμως καλλιεργαύμενες εκτάσεις όπως εξηγείται παρακάτω, δημιουργήθηκαν μετά το 1955 με μια καταπληκτική ταχύτητα εξαιτίας της συνεχούς πτώσης της στάθμης της λίμνης. Η αντλούμενη ποσότητα νερού για την κάλυψη αναγκών άρδευσης δεν μπορεί να υπολογιστεί εξαιτίας της έλλειψης στοιχείων. Όμως η έκταση των καλλιεργουμένων επιφανειών (15.000 στρέμματα) και το είδος των καλλιεργειών (καλαμπόκι, οπωροφόρα δένδρα) συνηγορούν με την άποψη ότι η ποσότητα αυτή δεν είναι ασήμαντη.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι ο αρχικός παράγοντας πτώσης της στάθμης της λίμνης που είναι η άντληση νερού από τη ΔΕΗ, σε χρονικό διάστημα 40 περίπου ετών προκάλεσε έμμεσα έναν δεύτερο παράγοντα πτώσης της στάθμης, την άρδευση, επειδή ο πρώτος άμεσα ή έμμεσα αδήγησε στο σχηματισμό σημαντικών παραλιμναίων καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

8. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Εξαιτίας της πτώσης της στάθμης της λίμνης είχαμε τις εξής μορφολογικές συνέπειες.

α. Τη χέρσωση λιμναίων μέχρι το 1955 εκτάσεων.

Η έκταση της χέρσωσης είναι ανάλογη με τη μορφολογία του πυθμένα της λίμνης. Ετσι στο ΒΑ της ΝΔ περιθώρια της λίμνης όπου τα βάθος της λίμνης ήταν μικρό

εξαιτίας της πρόσχωσης από χειμάρρους που αποστραγγίζουν και μη καρστικές περιοχές η έκταση της νέας χέρσου ήταν το 1982, 15.000 στρέμματα (χαρτ.1). Αντίθετα στο δυτικό και ανατολικό περιθώριο της λίμνης δεν αποκαλύφθηκε νέα χέρσος εξαιτίας του μεγάλου βάθους του πυθμένα. Το μεγάλος βάθος του πυθμένα οφείλεται στο γεγονός ότι στο ανατολικό και δυτικό περιθώριο καταλήγουν αφ' ενός μικρότερου μήκους ρέματα αφ' ετέρου τα ρέματα αυτά στερούνται σχεδόν επιφανειακής απορροής νερού επειδή αποστραγγίζουν σχεδόν αποκλειστικά καρστικές περιοχές.

β. Τη δημιουργία νέων θέσεων αλλουβιακών ριπιδίων.

Επειδή η λίμνη αποτελεί το τοπικό βασικό επίπεδο διάβρωσης κάθε διακύμανση της στάθμης της έχει επιπτώσεις στην ταχύτητα και στη θέση εξέλιξης των γεωμορφολογικών φαινομένων της περιοχής.

Η συνεχής πτώση της στάθμης της λίμνης μετά το 1955 είχε σαν αποτέλεσμα τη συνεχή μετατόπιση των θέσεων εκβολής των χειμάρρων στη λίμνη και συνεπώς των θέσεων σχηματισμού των αλλουβιακών ριπιδίων. Είναι αυτονόητο ότι και οι διαστάσεις των ριπιδίων είναι μικρές και η χαρτογράφησή τους σχετικά δύσκολη.

Σύγχρονο αλλουβιακό ριπίδιο χαρτογραφήθηκε από το ΙΓΜΕ το 1970-71 νότια από το χωριό Αρνισσα και σε απόσταση 1 km περίπου από την όχθη της λίμνης κατά την περίοδο του 1955. Το ριπίδιο αυτό είναι πολύ μικρότερων διαστάσεων από τα αντίστοιχα αλλουβιακά ριπίδια που σχηματίστηκαν από το ίδιο ρέμα στα πλειστοκαινικά όρια της λίμνης. Η διαφορά αυτή οφείλεται κατά την άποψή μας στο γεγονός ότι η ταχύτητα χέρσευσης της λίμνης μέχρι και το πρόσφατο παρελθόν ήταν ασύγκριτα μικρότερη απ' αυτή μετά το 1955 και συνεπώς τα προ του 1955 αλλουβιακά ριπίδια στο περιθώριο της λίμνης είχαν περισσότερο χρόνο ανάπτυξης συγκριτικά με τα μεταγενέστερα. Από συγκρίσεις αεροφωτογραφιών του 1945 και 1980 υπολογίστηκε ότι η ταχύτητα χέρσευσης της λίμνης στο ΒΑ περιθώριο είναι 27 m περίπου το χρόνο.

γ. Τη συνένωση νήσων με τη χέρσο και την εμφάνιση νέων.

Όπως φαίνεται και στο χάρτη το νησί που το 1955 απείχε 1 km από την τότε όχθη της λίμνης σήμερα έχει ενωθεί με τη χέρσο.

Στον ίδιο χάρτη, το 1980 εμφανίστηκε νησίδα σε μεγάλη σχετικά απόσταση από τη σημερινή όχθη της λίμνης που εκφράζει το αβαθέστερο τμήμα του πυθμένα της προ του 1955 λίμνης.

Τα αναφερθέντα μορφολογικά στοιχεία που προέκυψαν εξαιτίας της συνεχούς πτώσης της στάθμης σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 40 ετών σηματοδοτούν τη μελλοντική εξέλιξη της λίμνης Βεγορίτιδας.

Εάν συνεχίσουν να δρουν άμεσα ή έμμεσα οι ανθρωπογενείς παράγοντες της πτώσης της στάθμης της λίμνης πολύ γρήγορα θα αποκαλυφθούν νέα τμήματα χέρσου αλλά ταυτόχρονα θα προσχώνονται τμήματα του πυθμένα της λίμνης που σήμερα λόγω του βάθους και της απόστασής τους από την όχθη δεν δέχονται υλικά πρόσχωσης. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατόν σε κάποια φάση να στεγανοποιηθούν κύριες κα-

ταβάθρες της λίμνης και να προκληθεί για ένα χρονικό διάστημα απότομη αύξηση της στάθμης της λίμνης μέχρις ότου το νερό βρει νέους δρόμους υπόγειας διαφυγής. Μια τέτοια εξέλιξη θα είχε οδυνηρές οικονομικές συνέπειες για τον αγροτικό πληθυσμό της ευρύτερης περιοχής.

Μια τέτοια εξέλιξη είναι πολύ πιθανή γιατί σύμφωνα με τους Vaniakakis et al. 1988 εξαιτίας της εκβάθυνσης χειμάρρων στο χώρο της ημιπόλης Κ. Βροντού - Κ. Νευροκοπίου προκλήθηκε αύξηση της ποσότητας των υλικών διάβρωσης, που αποτίθονται στο χώρο των καταβοθρών, με αποτέλεσμα να αδρανοποιηθούν εν μέρει οι καταβόθρες και να αυξηθεί η έκταση και το βάθος της χειμερινής λίμνης που σχηματίζεται στο χώρο των καταβοθρών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- α. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων της στάθμης της λίμνης για την περίοδο πριν από την ανθρωπογενή επίδραση δείχνει μια μικρή αλλά σαφή ανοδική τάση. Η διακύμανση της στάθμης γύρω από τη γραμμή παλλινδρόμησης μπορεί να αποδοθεί τόσο στη διακύμανση των κλιματικών παραγόντων όσο και στην περιοδική λειτουργία ή αδρανοποίηση καταβοθρών της λίμνης.
- β. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων της στάθμης της λίμνης για την περίοδο της ανθρωπογενούς συνεπίδρασης δείχνει μια έντονη πτωτική τάση. Η συσχέτιση μεταξύ του συνολικού όγκου της υδάτινης μάζας και του αντίστοιχου όγκου ελάττωσης της λίμνης δείχνει ότι η άντληση νερού για τις ανάγκες της ΔΕΗ είναι κατά 90% υπεύθυνη για την πτώση της στάθμης της περιόδου 1957-1989.
- γ. Η συνεχιζόμενη και σήμερα πτωτική τάση της στάθμης της λίμνης, παρά το γεγονός ότι η απόληψη νερού της λίμνης από τη ΔΕΗ σταμάτησε το 1989, οφείλεται στην άρδευση παραλιμναίων καλλιεργησίμων εκτάσεων, που σχεδόν στο σύνολό τους είναι έμμεσο δημιούργημα της εξελικτικής πορείας της λίμνης της περιόδου 1957-1992.
- δ. Η ταχύτατη αποκάλυψη του πυθμένα της λίμνης αλλά και η έντονη πρόσχωση κατά θέσεις των παραλιμναίων περιοχών επιβεβαιώνουν την αρνητική εξελικτική πορεία της λίμνης, που σαν τελικό αποτέλεσμα θα έχει τη μετατροπή της σε μια ανθρωπογενή περιοδική πόλη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ Δ., 1985: Γεωλογία της Ελλάδας, Θεσσαλονίκη.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

- PAPAKONSTANTINOU A., MELADIOTIS I., DEMIRIS C., 1989: Karsthydrologische Untersuchungen in den Sudostlichen Randbereich des Amyndeon-Braunkohlenbekens, Griechenland. Braunkohle 41 - Heft 3, 44-50.
- ΠΑΥΛΙΔΗΣ Σ., 1985: Νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Φλώρινας - Βεγορίτιδας - Πτολεμαΐδας. Διδακτ. Διατριβή, Θεσσαλονίκη.
- ΣΙΟΥΤΗΣ Δ., 1989: Υδρολογία της λίμνης Βεγορίτιδας, Διπλωματική εργασία, Ξάνθη.
- ΧΩΡΑΦΑΣ Ν., 1957: Η λίμνη Βεγορίτις - Υδρολογική διερεύνησις και υδροδυναμική αξιοποίησης, Αθήνα.
- VAVLIAKIS E., LABRINOS N., LAGALIS TH., SYRIDIS G., 1988: The Polje of Kato-Vrontou - Kato Nevrokopi the Rila Rhodope Massif. Salzburger Geogr. Arbeiten, Bd 19, (in press).

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΑΡΣΤ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ-ΒΡΥΝΙΩΤΗ Κ.

Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας,
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιόπολις, 157 04 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Ελλάδα λιθολογικά αποτελείται από ασβεστολίθους σε ποσοστό 33%. Από τη διάλυση αυτών έχει δημιουργηθεί ένα χαρακτηριστικό επιφανειακό και υπόγειο καρστικό ανάγλυφο. Στην εργασία αυτή μελετάται ενδεικτικά η σχέση και η επίδραση του καρστικού αναγλύφου στο «περιβάλλον» με τη γενική έννοια του όρου.

Σε καρστικό ανάγλυφο έχουν σχηματιστεί σημαντικά κοιτάσματα όπως οι βωξίτες, οι νικελολατερίτες, τα μικτά θειούχα, καθώς και λατομεία αδρανών υλικών και μαρμάρων. Μεγάλη όμως βαρύτητα πρέπει να δίνεται όχι μόνο στη σωστή εκμετάλλευση αυτών προς όφελος της ελληνικής οικονομίας, αλλά και στην εν συνεχεία αποκατάσταση του περιβάλλοντος ακόμα και για άλλες χρήσεις.

Μέσα σε καρστ έχουν δημιουργηθεί μικρές και μεγάλες πεδιάδες. Πρόκειται για τις «δολίνες» και τις «πόλγες» το εύφορο έδαφος των οποίων προσφέρεται στη γεωργία για ποικίλλες καλλιέργειες. Κοντά σ' αυτές έχουν επίσης αναπτυχθεί αρκετοί πολιτισμοί της αρχαιότητας.

Κάτω από την επιφάνεια του εδάφους έχει δημιουργηθεί το υπόγειο καρστ, όπου έχουν σχηματιστεί τα σπήλαια. Η ορθολογιστική αξιοποίηση τόσο των σπηλαίων, όσο και των νερών καρστικών περιοχών, που παρουσιάζουν ενίοτε και ιαματικές ιδιότητες, μαζί με τις αρχαιότητες θα μπορούσαν να προσφερθούν στον εγχώριο και ξένο τουρισμό ώστε να συνεισφέρουν τα μέγιστα στην ελληνική οικονομία.

Σε νερά που προέρχονται από καρστικά περιβάλλοντα δημιουργούνται συχνά κατάλληλες συνθήκες για τη δημιουργία υδροβιοτόπων και ιχθυοτροφείων. Τα καρστικά επίσης νερά, με τις μεγάλες συνήθως παροχές τους, προσφέρονται για την ύδρευση, την άρδευση μεγάλων εκτάσεων και ακόμα για τη λειτουργία υδροηλεκτρικών έργων. Τέλος θα πρέπει να τονίσουμε ότι τα καρστικά νερά χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή διότι είναι σε θέση να προκαλέσουν σοβαρή μόλυνση στο περιβάλλον.

Από τα παραπάνω είναι φανερό τόσο η πολύπλευρη σχέση του ελληνικού καρστ με το περιβάλλον όσο και η επίδρασή του σ' αυτό.

ZUSAMMENFASSUNG

Griechenland besteht aus Kalkstein ungefähr zu 33%. Durch Korrosion diesen Kalksteine entstand einen charakteristischen oberirdischen und unterirdischen karstrelief. Wir studieren in diesen Arbeit, anzeigend, die Beziehung und den Einfluss des Karstreliefs in die Umgebung.

Wir finden in Karstrelief bedeutenden Lager z.b. Bauxiten, Nickelolateriten, gemischten Schwefel, wie auch Steinbrüche und Marmorbrüche. Für den Gewinn der griechischen Wirtschaft braucht unbedingt die richtige Ausbeutung allen diesen und endlich die Wiederherstellung die Umgebung sehr wahrscheinlich für anderen Nützen.

Die Dolinen und die Pollen, mit ihren fructbaren Boden, sind wirklichen Oasen für den griechische Ackerbau. Sehr oft es gibt in der Nähe solchen karstformen altgriechischen Zivilisatione und die heutigen Bewohner haben einen hohen Lebensstandard. Die Rationaliesierung der Altertümer, der zahlreichen Höhlen und der Mineralwasser vom Karstrelief ist notwendig für den Tourismus und für die griechische Wirtschaft.

Das Karstwasser sind geeignete für Fischzuchten und benutzen wir für Wasserversorgung, Bewässerung, die Wasserkraftwerken in Betrieb zu stellen u.s.w. Manchmal aber gibt das Gefahr der Injektion der Umgebung aus diesen.

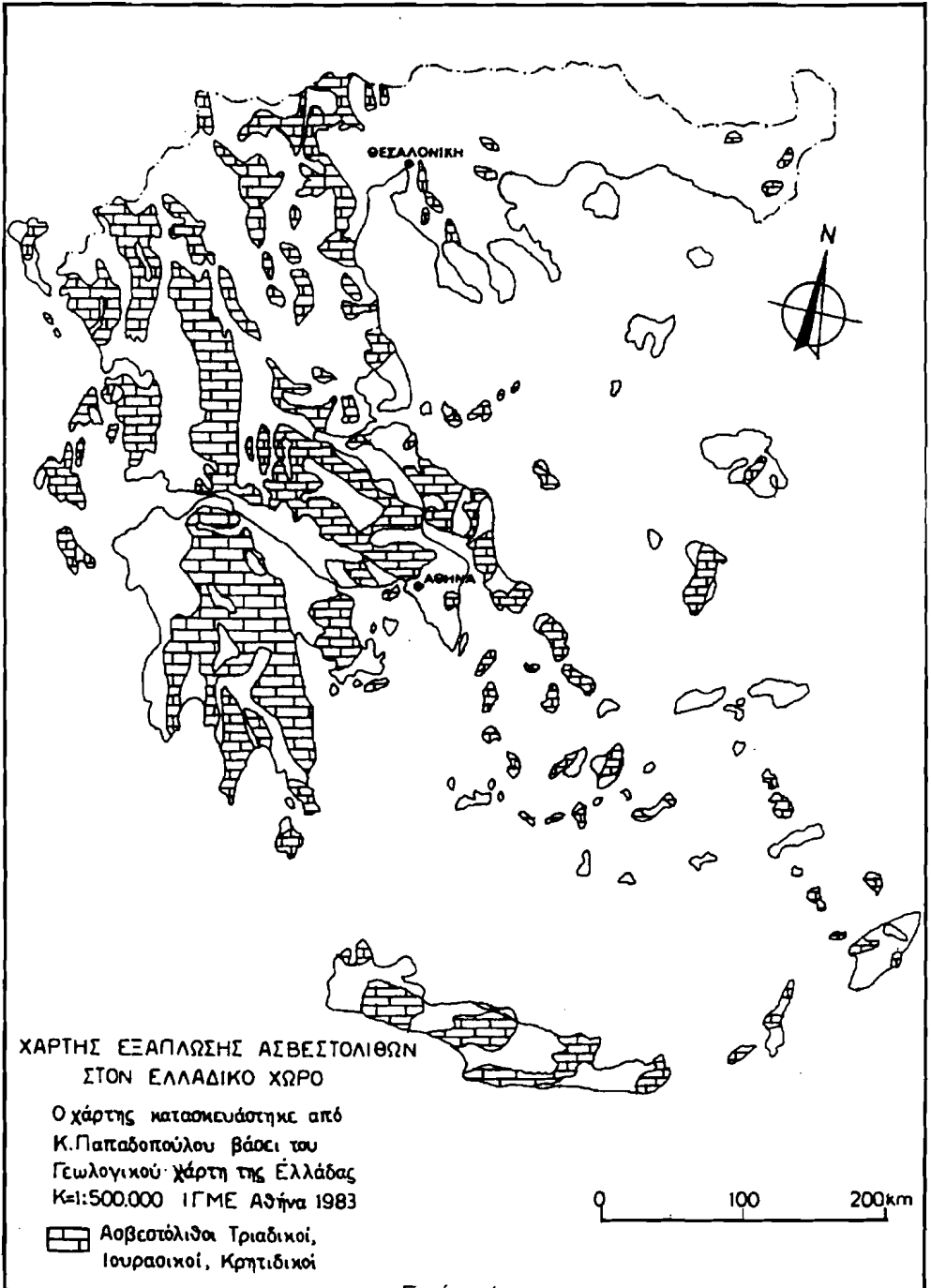
Nach die oberen ist es deutlich die vielseitige Beziehung der griechischen karst mit der Umgebung und der Einfluss der eine in die anderen.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο ΚΑΡΣΤ χαρακτηρίζονται περιοχές δομούμενες από ευδιάλυτα ανθρακικά πετρώματα, κύρια ασβεστολιθικά, οπότε το ανάγλυφό τους δημιουργείται όχι μόνο από τη μηχανική δράση του νερού αλλά ουσιαστικά από τη χημική δράση αυτού σύμφωνα με την απλουστευμένη αμφίδρομη αντίδραση: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Στην εργασία αυτή μελετάται ενδεικτικά η σχέση και η επίδραση του ελληνικού καρστικού αναγλύφου στο «περιβάλλον» με τη γενική έννοια του όρου.

Στον Ελλαδικό χώρο οι ασβεστόλιθοι είναι ευρύτατα εξαπλωμένοι αφού καλύπτουν το 33% περίπου στην όλη του λιθολογία (Εικ. 1). Πρόκειται για μικροκρυσταλλικούς, λεπτοπλακώδεις μέχρι παχυπλακώδεις τριαδικούς, Ιουρασικούς και Κρητιδικούς σχηματισμούς, από τη διάλυση των οποίων έχει δημιουργηθεί ένα χαρακτηριστικό «καρστικό ανάγλυφο» με μεγάλη ποικιλία γεωμορφών, τόσο επιφανειακών (εξωκαρστικών) όσο και υπόγειων (ενδοκαρστικών). Τα νερά, που κυκλοφορούν στους ασβεστολιθικούς όγκους λέγονται «καρστικά» και συχνά αναβλύζουν στην επιφάνεια με τη μορφή «καρστικών πηγών».

Στο Ελληνικό καρστ μπορούμε να διακρίνουμε το «παλαιοκάρστ» που αναπτύχθηκε κατά τις περιόδους Αν. Κρητιδικού και Αν. Μειοκαίνου - Κατ. Πλειοκαίνου με κλιματικές συνθήκες θερμές - υγρές (τύπου Σαβάννας) το οποίο σήμερα δεν εξελίσσεται, είναι ανενεργό απολιθωμένο. Το «νεώτερο» καρστ, δημιουργήθηκε κατά την περίοδο μέσου Πλειστοκαίνου - Ολοκαίνου με κλιματικές συνθήκες, που κατά τις μεσοπαγετώδεις περιόδους ήταν συνήθως θερμότερες και υγρότερες από τις σημερινές. Στο διάστημα αυτό πραγματοποιήθηκε η κύρια καρστικοποίηση του Ελλαδικού χώρου στα πλαίσια δε αυτής έλαβε χώρα η δημιουργία νέων καρστικών μορφών και ενίοτε η επαναδραστηριοποίηση παλαιότερων, που συχνά βρίσκονται εν ενεργεία



μέχρι σήμερα. Τέλος το «σύγχρονα καρστ», το οποίο δημιουργείται με τις σημερινές κλιματικές συνθήκες και χαρακτηρίζεται από μικρές καρστικές μορφές του τύπου των «γλυφών».

Α. ΚΑΡΣΤ - ΓΕΩΡΓΙΑ - ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ

Στην Ελλάδα η συνάρτηση λιθολογίας και ενδογενών εξωγενών παραγόντων επέτρεψε τη δημιουργία μικρού μόνον αριθμού εκτεταμένων πεδιάδων. Οι άφθονες όμως καρστικές μορφές των τύπων «δολίνης» και ιδιαίτερα «πάλης» αποτελούν πραγματικές οάσεις για την γεωργική εκμετάλλευση. Στο εύφορο έδαφός τους γίνονται σύγχρονες καλλιέργειες πολύ σημαντικές για την ελληνική οικονομία.

Ο κάμπος της Κωπαΐδας στην Βοιωτία με έκταση 220 km² αποτελεί τη μεγαλύτερη και πλέον αξιόλογη πάλη, που μετά την αποξήρανση της ομώνυμης λίμνης καλλιεργείται συστηματικά (Παπαδοπούλου - Βруниώτη Κ. 1990). Εξίσου σημαντικές αλλά μικρότερες συναντάμε στην Αν. Μακεδονία την πάλη της Λεκάνης με έκταση 50 km² (Βαβλιάκης Ε. κ.α. 1981), στην Κρήτη του Λασιθίου (40 km²), της Νίδας (3 km²), Καθαρού (5 km²) και Ομαλού (4 km²). Στην Πελοπόννησο τις πόλγες Φενεού (50 km², Βερυκίου Ε. κ.α. 1977), Στυμφαλίας (4 km²), Πολιανής, (2,250 km²). Στην Ακαρνανία τις μικρές πόλγες των Βλυχών, Τριφού, Αγ. Προκοπίου, Αετού κ.λπ., που ανήκουν στο τεκτονικό βύθισμα του Αγρινίου (Fink H., Verginis S. 1974) με όχι τόσο μεγάλα οικονομικό ενδιαφέρον, όπως άλλωστε και τάσες άλλες που συχνά φέρουν το τοπωνύμιο «Λάκκα».

Όπως είναι γνωστό από αρχαιοτάτων χρόνων μεγάλοι πολιτισμοί αναπτύσσονταν σε εύφορες περιοχές γι' αυτό και σε πολλές από τις πόλγες που προαναφέραμε υπήρχαν αξιόλογα αρχαιολογικά ευρήματα τα οποία μαρτυρούν τον πολιτισμό και την ευημερία των τότε κατοίκων. Ο Ορχομενός στην Κωπαΐδα γνωστός από την επαχή των Μινύων (2500 - 1500 π.Χ.), η Φενεός γνωστή από τους Ομηρικούς ακόμα χρόνους και η αρχαία Στύμφαλας με τον εκπληκτικά, κατό των Παιουανία, ναό της Στυμφαλίας Αρτέμιδας στα περιθώρια της ομώνυμης ορεινής περιοδικής λιμνοπόλης. Αλλά και η πάλη του Λασιθίου, σύμφωνα με τους ανευρεθέντες οικισμούς Μινωϊκής εποχής, ευημεραύσε από αρχαιοτάτων χρόνων και σήμερα δεκαπέντε χωριά ζουν από τις εκεί καλλιέργειες (Παπαπέτρου - Ζαμάνη Α. 1973). Δεν θα πρέπει βέβαια να παραλείψουμε το Ιωάννινα με αξιόλογο πολιτισμό, ιστορία και υψηλό βιοτικό επίπεδο στην ομώνυμη λιμνοπόλη, τμήμα της οποίας (περιοχής Λαψίστας) έχει αποξηρανθεί προκειμένου να αξιοποιηθεί καλλίτερα.

Β. ΚΑΡΣΤ ΚΑΙ ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ

Πέρα από τις προηγούμενες μορφές, που προέρχονται από την επιφανειακή διάλυση των ασβεστολίθων, υπάρχουν πολύ σημαντικές καρστικές μορφές, οι οποίες δημιουργούνται υπόγεια με τη βοήθεια του κατεισδύοντος νερού. Πρόκειται για τα

γνωστά σ' όλους μας σπήλαια με τις συχνά θαυμάσιες σπηλαιοσποθέσεις. Στην Ελλάδα υπάρχουν αξιόλογα σπήλαια με υπέροχο διάκοσμο όπως του Δυρού Λακωνίας, Περάματος Ιωαννίνων, Μελιδονίου Κρήτης, Ομαλού Χανίων, Πετραλώνων Χαλκιδικής, Λιμνών Καστριών Αχαΐας, Αγ. Δημητρίου Σελινίτσας Μεσσηνίας, Κουτούκι Υμηττού κ.λπ. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζουν τα πολυάριθμα παράκτια σπήλαια π.χ. Ζακύνθου, Κεφαλληνίας (Θεοδώρου Γ., 1989), Ευβοίας κ.λπ. Τα σπήλαια αυτά αν αξιοποιηθούν σωστά, όπως έχει ήδη γίνει σε ορισμένα, μπορούν να προσφερθούν στην τουριστική εκμετάλλευση και να βοηθήσουν σε μεγάλο βαθμό την ελληνική οικονομία.

Οι ευεργετικές για την υγεία ιδιότητες, που παρουσιάζονται στα νερά καρστικών περιοχών με ορθολογιστική εκμετάλλευση μπορούν επίσης να έχουν σημαντική συνεισφορά στον Ε.Ο.Τ. όπως συμβαίνει τόσο στη λιμνοδολίνη της Βουλιαγμένης (Παπαπέτρου - Ζαμάνη Α. 1968) όσο και στα ιαματικά λουτρά του Καϊφά Ηλείας, τα οποία τροφοδοτούνται από καρστική θερμομεταλλική, υδροθειοχλωρονατρίουχο πηγή.

Γ. ΚΑΡΣΤ - ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ - ΛΑΤΟΜΕΙΑ

Στην εργασία αυτή πρέπει οπωσδήποτε να αναφερθεί και η άρρηκτη σχέση κάποιων κοιτασμάτων με καρστικά περιβάλλοντα, όπως συμβαίνει στους βωξίτες της Μάνδρας, Ελευσίνας, Παρνασσού και Ελικώνα, στους σιδηρονικελιούχους λατερίτες Εύβοιας και Λοκρίδας (Maksimovic Z., Skarpelis and Panto G., 1992), στα μεικτά θειούχα Λαυρίου και Ολυμπιάδας (Kalogeropoulos et al 1989) κ.λπ. Οι βωξίτες λοιπόν του τρίτου βωξιτικού ορίζοντα της ζώνης Παρνασσού - Γκιώνας (Kiskyras D., 1969 και 1978) έχουν σχηματιστεί σε μικρά αστεροειδή καρστικά έγκοιλα του τύπου «cockritdoline». Πρόκειται δηλαδή για ένα παλαιοκάροτ που δημιουργήθηκε με την επίδραση θερμών και υγρών κλιματικών συνθηκών κατά την Κενομάνια περίοδο. Τα μεταλλεύματα επίσης του Λαυρίου ευρίσκονται κατά κανόνα εντός των μαρμάρων και μάλιστα στις επαφές των μαρμάρων με τους σχιστόλιθους (Μαρίνος Γ. - Petrascheck W., 1956). Αλλά και οι σιδηρονικελιούχοι λατερίτες της Ημαθίας αποντούν κατά κανόνα στην επαφή σερπεντινιωμένων περιδοτιτών και ανθρακικών ιζημάτων (Κούκουζα Κ., - Κούβελου Κ., 1974).

Ασφαλώς και δεν είναι απαραίτητο να υπενθυμίσουμε εδώ την τόσο σημαντική συνεισφορά στην ελληνική οικονομία των παραπάνω κοιτασμάτων αλλά ούτε των μαρμάρων και των αδρανών υλικών, τα λατομεία των οποίων βρίσκονται κατά κανόνα σε ανθρακικά πετρώματα. Εκείνο όμως, που θα τονίσουμε είναι ότι πέρα από τη σωστή εκμετάλλευση όλων αυτών, θα πρέπει το αρχικό περιβάλλον να αναπλάθεται και γιατί όχι να τροποποιείται, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί σε άλλες ανάγκες. Δυστυχώς ελάχιστες προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση έχουν γίνει. Το γνωστό σ' όλους μας «Αττικό Άλσος» στα Τουρκοβούνια, που αποτελεί ένα σημαντικό πνεύμονα οξυγόνου στην ασφυκτική πλέον Αθήνα είναι μια τέτοια αξιόλογη προσπάθεια,

αφού έχει δημιουργηθεί εκεί όπου επί χρόνια λειτουργούσαν νταμάρια αδρανών υλικών. Σε τέτοιο επίσης χώρο έχει δημιουργηθεί και το θέατρο Πέτρας στην Πετρούπολη. Μια σημαντική περιβαλλοντική εξόρμηση με ανάπτυξη και αποκατάσταση τοπίου γίνεται τώρα στη Φωκίδα σε παλαιά και νέα ορυχεία βωξίτη από την εταιρεία Α.Ε. Μ. Βωξίτες Παρνασσού.

Δ. ΚΑΡΣΤ ΚΑΙ ΝΕΡΑ

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο Β τα νερά καρστικών περιοχών εμφανίζουν ενίοτε ιαματικές ιδιότητες. Δημιουργούνται επίσης σ' αυτά κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη υδροβιότοπων όπως συμβαίνει στην λίμνη Ιωαννίνων και στη λίμνη Στυμφαλία. Αποτελούν ακόμα θέσεις ευνοϊκές για ιχθυοκαλλιέργειες όπως είναι τα ιχθυοτροφεία πέστροφας, για την ανάπτυξη της οποίας απαιτούνται νερά διαυγή, κρύα, συνεχώς ανανεούμενα σαν τα καρστικά. Έτσι τα καρστικά νερά στα χωριά Αγ. Φλώρος Μεσσηνίας (Smyrniotis Ch., 1982) με παροχή $9,4 \text{ km}^3/\text{h}$ δεν χρησιμοποιούνται μόνο για ύδρευση και άρδευση της περιοχής αλλά και για τη λειτουργία του εκεί ιχθυοτροφείου. Το ίδιο συμβαίνει στις καρστικές πηγές ($Q=109,3 \text{ km}^3/\text{ετησίως}$) του άρους Ακόντιου, που τροφοδοτούν τον ποταμό Μέλα στη Βοιωτία (Παπαδοπούλου Κ., 1987) και αλλαχού.

Τα καρστικά νερά χρησιμοποιούνται συστηματικά για αρδεύσεις και υδρεύσεις. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις αποτελούν η πόλη του Λασηθίου όπου με 8.000 ανεμαντλίες αρδεύεται μια έκταση 40 km^2 (Ψαριανός Π., 1961) και οι καρστικές πηγές του Αγ. Γεωργίου στο Λούρα, μέσω των οποίων υδρεύεται η Αρτα, η Πρέβεζα, η Λευκάδα και πενήντα ακόμα χωριά.

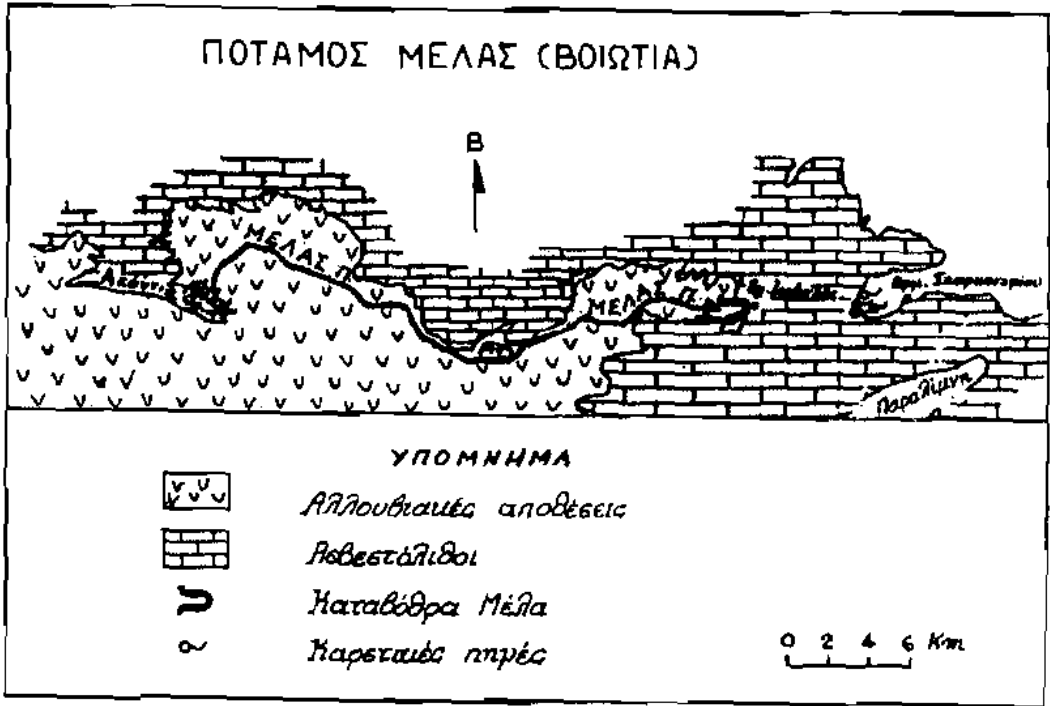
Τα καρστικά νερά μπορούν επίσης να θέσουν σε λειτουργία υδροδυναμικά έργα όπως αυτό του ποταμού Λάδωνα (Ηλεία), που πηγάζει από την καρστική πηγή του Λάδωνα, $Q=7,4 \text{ m}^3/\text{h}$ (Σκαγιάς Σ., 1978) τροφοδοτείται δε πιθανότατα από την πόλη της Φενεού. Για τον ίδιο σκοπό άλλωστε έχουν αξιοποιηθεί οι καρστικές πηγές του Κεφαλόβρυσου Πλανήτερου ($Q=10,8 \text{ m}^3/\text{h}$).

Σε καρστικό ανάγλυφο υπάρχει και η δυνατότητα κατασκευής φραγμάτων για βιομηχανική χρήση, διότι στους ασβεστόλιθους υπάρχουν θέσεις ευνοϊκές για τέτοιες κατασκευές όπως συμβαίνει στο φράγμα του Μέγδοβα στην Καρδίτσα και στο μικρό φράγμα του Γλαύκου στην Πάτρα (Στουρνάρας Γ., 1983). Πριν όμως από την εκπόνηση τέτοιων έργων είναι ευνόητο το πόσο απαραίτητη είναι μια συστηματική μελέτη (Μαρίνος Π., 1981-82) ώστε να μην αχρηστευθεί ένα τόσο πολυδάπανο έργο, όπως συνέβη στο φράγμα Περδίκια στην Πτολεμαΐδα.

Στο κεφάλαιο αυτό θα πρέπει τέλος να πούμε ότι τα νερά που μέσω καταβοθρών ρέουν υπόγεια για να εμφανιστούν μετά από κάποια χιλιόμετρα σαν καρστικές πηγές, συχνά είναι επικίνδυνα για την υγεία και το περιβάλλον γιατί συνήθως μεταφέρουν λήμματα των περιοχών, από τις οποίες διέρχονται. Αυτό το πρόβλημα παρατηρείται στη Μεγάλη Καταβόθρα (Βοιωτία), όπου καταλήγει ο ποταμός Μέλας γιατί πέρα από

τα λήμματα, που φθάνουν στον ποταμό ρίχνονται και τα απόβλητα του οικισμού του Αγ. Ιωάννη (Εικ. 2), οπότε τα νερά τα οποία μετά από μία υπόγεια διαδρομή τουλάχιστον 6 km καταλήγουν στον όρμο Σκροπονέρι σαν καρστικές πηγές είναι μολυσμένα (σε μικρό ευτυχώς βαθμό) και επομένως επικίνδυνα για τον εκεί αναπτυσσόμενο παραθεριστικό οικισμό. Το ίδιο συμβαίνει με τις καταβόθρες του οροπέδιου της Τρίπολης, που τροφοδοτούν τις πηγές του Αργολικού πεδίου Λέρνη, Καταβόθρα και Ανάβαλο καθώς και με τις καταβόθρες της λίμνης των Ιωαννίνων ιδιαίτερα δε τις καταβόθρες, Κατσικά και Δωδώνης. Αυτές επικοινωνούν με τις λεκάνες των ποταμών Καλαμά, Αράχθου και Λούρου, ο οποίος εκβάλλει στον Αμβρακικό κόλπο (Μερτζάνης Α., 1992 - Σμυρνώτης Χ., 1991) με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η διατήρηση της οικολογικής του ισορροπίας.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, τα προβλήματα τα οποία δημιουργούνται είναι



Εικόνα 2.

πολύ σοβαρά και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την επίλυσή τους, ώστε οι δυσάρεστες επιπτώσεις στο περιβάλλον να είναι κατά το δυνατόν μικρότερες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη της πολύπλευρης σχέσης του Ελληνικού καρστικού αναγλύφου με

το περιβάλλον προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Οι μεγάλες επιφανειακές καρστικές μορφές (δολίνες, πόλγες) αποτελούν πραγματικές οάσεις του Ελλαδικού χώρου, οπότε θα πρέπει να αξιοποιηθούν κατά τον καλύτερο τρόπο προς όφελος της γεωργίας και της ευημερίας των κατοίκων.

Η ευημερία αυτή, η οποία συνεπάγεται την άνοδο του βιοτικού επιπέδου και του πολιτισμού εντοπίζεται σε καρστικές περιοχές από αρχαιστάτων χρόνων και φθάνει μέχρι των ημερών μας. Η ορθολογιστική λοιπόν εκμετάλλευση των αρχαιοτήτων αυτών, των υπόγειων καρστικών μορφών (σπήλαια) και των ιαματικών ιδιοτήτων των καρστικών νερών μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην ανάπτυξη τόσο του Ελληνικού όσο και του ξένου τουρισμού.

Η εκμετάλλευση των κοιτασμάτων και των λατομείων, που συνδέονται άμεσα με ασβεστολιθικά πετρώματα δεν πρέπει να διαταράσσει το περιβάλλον, αλλά αντίθετα να στοχεύει στην αποκατάστασή του ή ακόμα στην τροποποίησή του και για άλλες χρήσεις (π.χ. χώροι αναψυχής).

Τα καρστικά νερά αποτελούν συχνά υδροβιότοπους, έχουν δε ιδιαίτερη σημασία και είναι ανυπολόγιστης αξίας διότι χρησιμοποιούνται για υδρεύσεις, αρδεύσεις, εγκαταστάσεις ιχθυοτροφείων καθώς και για τη λειτουργία υδροδυναμικών έργων. Τα φράγματα όμως, που κατασκευάζονται σε καρστικά περιβάλλοντα πρέπει να μελετώνται πολύ προσεκτικά. Ιδιαίτερη τέλος μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για τα νερά, που προέρχονται από καταβόθρες, διότι συχνά μεταφέρουν λήμματα επικίνδυνα για την υγεία και το περιβάλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΛΤΗΓΟΣ Ν., 1948: Τα υδροηλεκτρικά έργα Λάδωνος, Τεχν. χρονικά Τ. 294, σ. 434-445. Αθήνα.
- ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., κ.α. 1981: Η ορεινή πόλγη της Λεκάνης της Αν. Μακεδονίας, ένα αποκαρστωμένο τεκτονικό βύθισμα. Α.Γ.Ρ.Η. Τροχ12, σ. 603-614, Αθήνα.
- ΒΕΡΥΚΙΟΥ Ε., κ.α. 1977: Καρστικά φαινόμενα της Πελοποννήσου. Η πόλγη της Φενεού Πρ. Ακαδ. Αθηνών Τ52, σ. 67-82.
- ΓΑΚΗ-ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Κ., 1991: Γεωμορφολογική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής του Αργολικού πεδίου κατά το τεταρτογενές. Διδ. διατρ., σ. 192, Αθήνα.
- FINK, VERGINIS S., 1976: Karstmorphologische Studien in Mittel Akarnanien (Westgriechenland) Die Höhle 27 J., H1, S. 17-29 Wien.
- ΘΕΟΔΩΡΟΥ Γ., 1983-89: Σπηλαιολογικές έρευνες στην Κεφαλληνία. Δελ. Ελ. Σπ.Ετ. τόμ. XIX, I σ. 33-38, Αθήνα.
- ΙΣΙΓΟΝΗΣ Ι., 1958: Αξιοποίηση του υδάτινου ορεινού πλούτου της χώρας και ειδικώς επί των ορεινών συγκροτημάτων της Κυλλήνης και του Χελμού. Τεχ. χρ. τ. 159-160, σ. 67-71, Αθήνα.
- KALOGEROPOULOS S., et al 1989: Genesis of the Olympias Carbonate - Hosted Pb-

- 2n (Au, Ag) Sulfide Ore Deposit, Eastern Chalkidiki Peninsula, Northern, Greece. Economic geology V84, P.P. 1210-1234.
- KATSIKIS A., 1981: Physische geographie des Beckens von Ioannina (Griechenland) Diss. S. 184, g.l. Un Salzbur.
- KISKYRAS D., 1969, 1978: Geological reports of the bauxite deposits of Helikon and south Parnass. I. G.E.Y. 4th I CSOBA, Athens 1, p. 434-448.
- ΚΟΥΚΟΥΖΑ Κ. - ΚΟΥΒΕΛΟΥ Κ., 1974: Έρευνα επί του ορυκτού πλούτου νομού Ημαθίας, ΕΘΙΓΜΕ Mining Res. 6, Αθήνα.
- ΛΕΟΝΤΑΡΗ Σ., 1972: Η λιμνοδολίνη του Βηρού (Τέροβου - Ιωαννίνων) Α.Γ.Ρ.Η. 24, σ. 192-204, Αθήνα.
- ΜΑΚΣΙΜΟΒΙΤΣ Ζ. - ΣΚΑΡΠΕΛΙΣ Ν. and ΠΑΝΤΟ Γ. 1962: Mineralogy and Geochemistry of the rare earth elements in the Karstic Nickel deposits of Lokris area, Greece. 1 C.J.O.B.A. Balaton, Hungary.
- ΜΑΡΙΝΟΣ Γ. - ΡΕΤΡΑΣΤΣΕΚ Β., 1956: Λαύριο Γεωλογικά και Γεωφυσικά Μελέται, Τ.Ι.Υ., Ι, σ. 246, ΙΓΕΥ, Αθήνα.
- ΜΑΡΙΝΟΣ Π., 1981-82: Προβλήματα από τους καρστικούς ασβεστόλιθους στην κατασκευή φραγμάτων Δελ. ΕΣΕ, Αθήνα.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η., 1974: Συγκριτικά γεωροφικά παρατηρήσεις επί των υδρογραφικών δικτύων του Ερύμανθου και Λάδωνος, ΡΑΑ, 49, σ. 238-250.
- ΜΕΡΤΖΑΝΗΣ Α., 1992: Γεωμορφολογική εξέλιξη του Αμβρακικού κόλπου. Διδ. διατ., σ. 170, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ - ΒΡΥΝΙΩΤΗ Κ., 1990: Γεωμορφολογική μελέτη της περιοχής Κωπαΐδας (Βοιωτία) Διδ. διατ. σ. 145, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ Κ., 1990: Μορφαγενετική μελέτη της πόλγης του Ελικώνα Δελ. Ε.Γ.Ε. Τχλ, σ. 61-70, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ Κ., 1987: Η τυφλή κοιλάδα του Μέλανα ποταμού (Βοιωτία) Δελ. Ελ. Γεωγρ. Ετ. ΤΒ, σ. 20-27, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΚΗ Ν., 1966: Υδρογεωλογική μελέτη πηγών Αγ. Γεωργίου Κιβερίου Αργολίδος, Γεωλογικά και Γεωφυσικά μελέται ΤΧΙ, 3, σ. 240, ΙΓΕΥ, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ-ΖΑΜΑΝΗ Α., 1973: Φυσικογεωροφικά μελέται επί της νήσου Κρήτης. Υψηλοσ. σ. 70, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ-ΖΑΜΑΝΗ Α., 1968: Η λίμνη της Βουλιαγμένης (Αττική) Α.Γ.Ρ.Η. Τ21, σ. 210-216, Αθήνα.
- ΠΑΥΣΑΝΙΟΥ: «Αρκαδικά» και «Βαιωτικά» Εκδόσεις Παπαχατζή, Αθήνα.
- ROSENBERG F., 1984: Geochemie und Mineralogie lateritischer Nickel und Eisenerze in Lokris und auf Euboa, Griechenland Thesis, Un. Hamburg S. 169, Hamburg.
- ΣΚΑΓΙΑ Σ., 1978: Απογραφή καρστικών πηγών Ελλάδος Ι - Πελοπόννησος - Ζάκυνθος - Κεφαλληνία, Υδρολογικά και υδρογεωλογικά έρευναι 28, Ι.Γ.Ε.Υ., Αθήνα.
- ΣΜΥΡΝΙΩΤΗ Χ., 1991: Προκαταρκτική έκθεση υδρογεωλογικής μελέτης του καρστικού συστήματος Λούρου, σ. 50, Ι.Γ.Μ.Ε., Πρέβεζα.
- SMYRNIOTIS CH., 1982: Contribution al' etude des sources Karstiques d' Agios Floros

et Pidima (Taygete Septentrional - Greece), These Academie de Montpellier, p. 135 et Al, All, Montpellier.

ΣΤΟΥΡΝΑΡΑ Γ., 1985: «Το υδρογεωλογικό και υδρολογικό καθεστώς των λεκανών Λούρου και Αράχθου και γειτονικών λεκανών στην διαμόρφωση της ποσότητας και ποιότητας του νερού του Αμβρακικού κόλπου, Επιστημονική ημερίδα για την προστασία και ανάπτυξη του Αμβρακικού, Πρέβεζα, 1985.

ΣΤΟΥΡΝΑΡΑ Γ., 1985: «Μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί στην Ελλάδα, Συμβολή της Γεωλογίας», 1ο Παν. Γεωλ. Διήμ. Δελτ. Ε.Γ.Ε., τ. XVII, Αθήνα.

ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ Ν., κ.α. 1977: Σπήλαιον Αλιστράτης Σερρών Δελ. Ελ. Σπ. Ετ., τ. IXV, 1, σ. 64-31, Αθήνα.

VERGINIS S., LEONTARIS S., 1973: Beitrage zur Morphologie des semipolies Amvrakia (Limni Amvrakia) West Gr. Int. Rev. ges. Hydr., 63, S. 831-839.

ΨΑΡΙΑΝΟΥ Π., 1961: Καρστικά φαινόμενα της Ελλάδος II. Η πόλη του Λασηθίου της νήσου Κρήτης Α.Γ.Ρ.Η. 12, σ. 105-121, Αθήνα.

ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΣΠΗΛΑΙΟΚΑΤΑΒΟΘΡΩΝ ΤΗΣ ΠΡΩΗΝ ΛΙΜΝΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ (ΒΟΙΩΤΙΑΣ)

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ Κ. — ΓΚΟΥΡΝΕΛΜΟ Θ.

Τομέας Γεωγραφίας Κλιματολογίας
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιόπολις, 157 84 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η λίμνη της Κωπαΐδας είχε σχηματιστεί στην ομώνυμη λεκάνη 110 Km βορειοδυτικά των Αθηνών στα 100 περίπου μέτρα και καταλάμβανε έκταση 220 τετρ. χλμ. Η αποστράγγισή της γινόταν υπόγεια μέσα από πολυάριθμες καρστικές μορφές του τύπου καταβόθρες-παράκτια σπήλαια, οι οποίες είχαν διανοιχθεί σε ασθενείς ζώνες των ασβεστολιθικών περιθωρίων αυτής.

Στην πορούσο μελέτη εξετάζεται η κοτανομή των σπηλαιοκαταβοθρών σε σχέση με τη λιθολογία, το υψόμετρο, την οριζόντια ανάπτυξη και τις γεωγραφικές συντεταγμένες. Εγινε ποσοτική ανάλυση των παραπάνω στοιχείων, από την οποία προκύπτει ότι: το μέγιστο της κατανομής των σπηλαιοκαταβοθρών βρίσκεται μεταξύ 105-115 m, το υψόμετρό τους αυξάνει πηγαίνοντας προς βορράν. Οι σπηλαιοκαταβόθρες του βόρειου περιθωρίου είναι παράλληλες προς τη ροή του ποταμού Μέλα. Και τέλος δεν παρατηρείται ομοιόμορφη κατανομή αυτών κατά μήκος των ασβεστολιθικών περιθωρίων της πρώην λίμνης.

ABSTRACT

This paper is a quantitative study of the Katavothres of the former lake of Kopais. We investigate the relationships between the Lithology, the altitude, the horizontal development and the geographical coordinates of the Katavothres of Kopais. The quantitative analysis and the spatial distribution of the Katavothres show the close interrelations of the above main variables.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κάμπος της Κωπαΐδας στο νομό Βοιωτίας 110 Km βορειοδυτικά των Αθηνών με έκταση 220 Km² αποτελεί την κατά το 1931 αποξηραθείσα λίμνη Κωπαΐδα, η οποία είχε σχηματιστεί στην ομώνυμη λεκάνη στα 92-100 m. Από λιθολογική άποψη (Εικ. 1) η λεκάνη της Κωπαΐδας, τμήμα του Φωκικού-Βοιωτικού βυθίσματος έχει αναπτυχθεί σε ασβεστόλιθους του Αν. Τριαδικού - Αν. Κρητιδικού, που απαντώνται στα Δ., Β., Β.Α., Α., Ν.Α., σε φλύσχη Παλαιοκαίνου - Κατ. Μειοκαίνου στα Ν.Δ., Ν. και τέλος Ν.Δ.

στο βοιωτικό φλύσχη Αν. Ιουρασικού - Κατ. Κρητιδικού. Έχει κατά συνέπεια αναπτύχθει σε μια ζώνη ευνοϊκή ως προς τις διαδικασίες καρστικοποίησης.

Η λίμνη κατά τους ιστορικούς χρόνους ήταν περιοδική και παρουσίαζε τη μέγιστη στάθμη των υδάτων της κατά το χειμώνα. Η αποστράγγισή της γινόταν υπόγεια μέσα από πολυάριθμες καταβόθρες, οι οποίες αναπτύσσονται σε διάφορα υψόμετρα στις Β., Β.Α., Α. και Ν.Α. αβεστολιθικές της παρυφές. Μερικές από αυτές εξελίχτηκαν σε οριζόντια σχεδόν παράκτια σπήλαια, μερικά από τα οποία παρουσιάζουν αξιόλογες σπηλαιοσποθέσεις γι' αυτό και είναι καλύτερα να χρησιμοποιούμε τον όρο «Σπηλαιοκαταβόθρες». Από τις 68 σπηλαιοκαταβόθρες, που αναλύονται παρακάτω μόνο λίγες στα Β.Α. είναι σήμερα εν ενεργεία (Παπαδοπούλου, Κ. 1987).

Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται η κατανομή των σπηλαιοκαταβοθρών σε σχέση με τη λιθολογία, το υψόμετρο, την οριζόντια ανάπτυξη και τις γεωγραφικές συντεταγμένες.

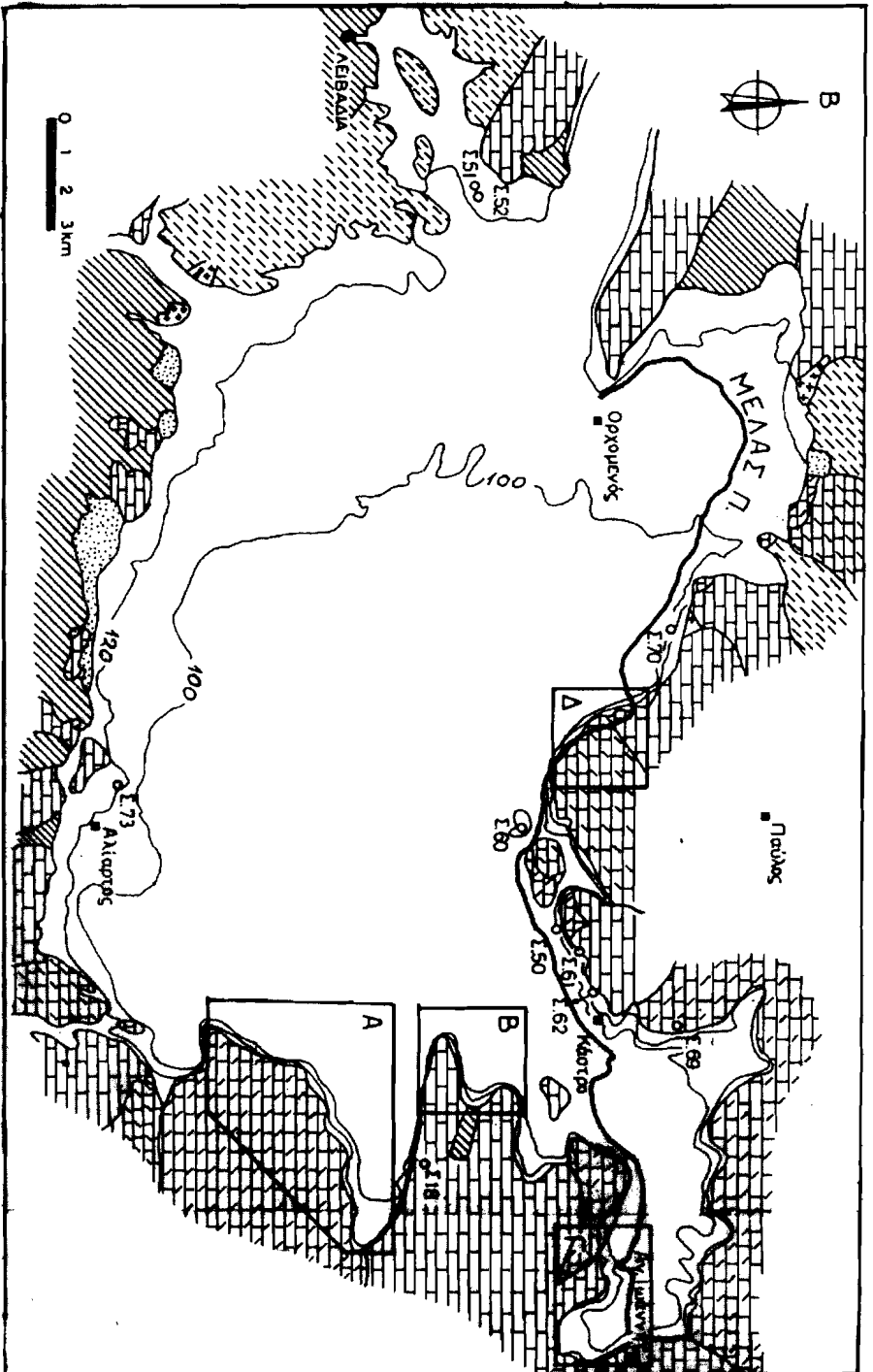
Α. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΠΗΛΑΙΟΚΑΤΑΒΟΘΡΩΝ

Καρστικές μορφές του τύπου «κοτοβόθρες» – «παράκτια σπήλαια» δημιουργούνται γενικά από την προοδευτική διεύρυνση αθηνών ζωνών του πετρώματος όπως είναι οι τεκτονικές ασυνέχειες (διακλάσεις, κατακλώσεις, ρήγματα), οι άξονες των πτυχώσεων (συγκλίτων, αντικλίτων) και οι επιφάνειες στρώσης. Καλά αναπτυγμένες σπηλαιοκαταβόθρες δημιουργούνται επίσης σε πρηνή με μεγάλη κλίση και στις θέσεις όπου η γενική διεύθυνση των στρωμάτων είναι παράλληλη προς την ακτογραμμή.

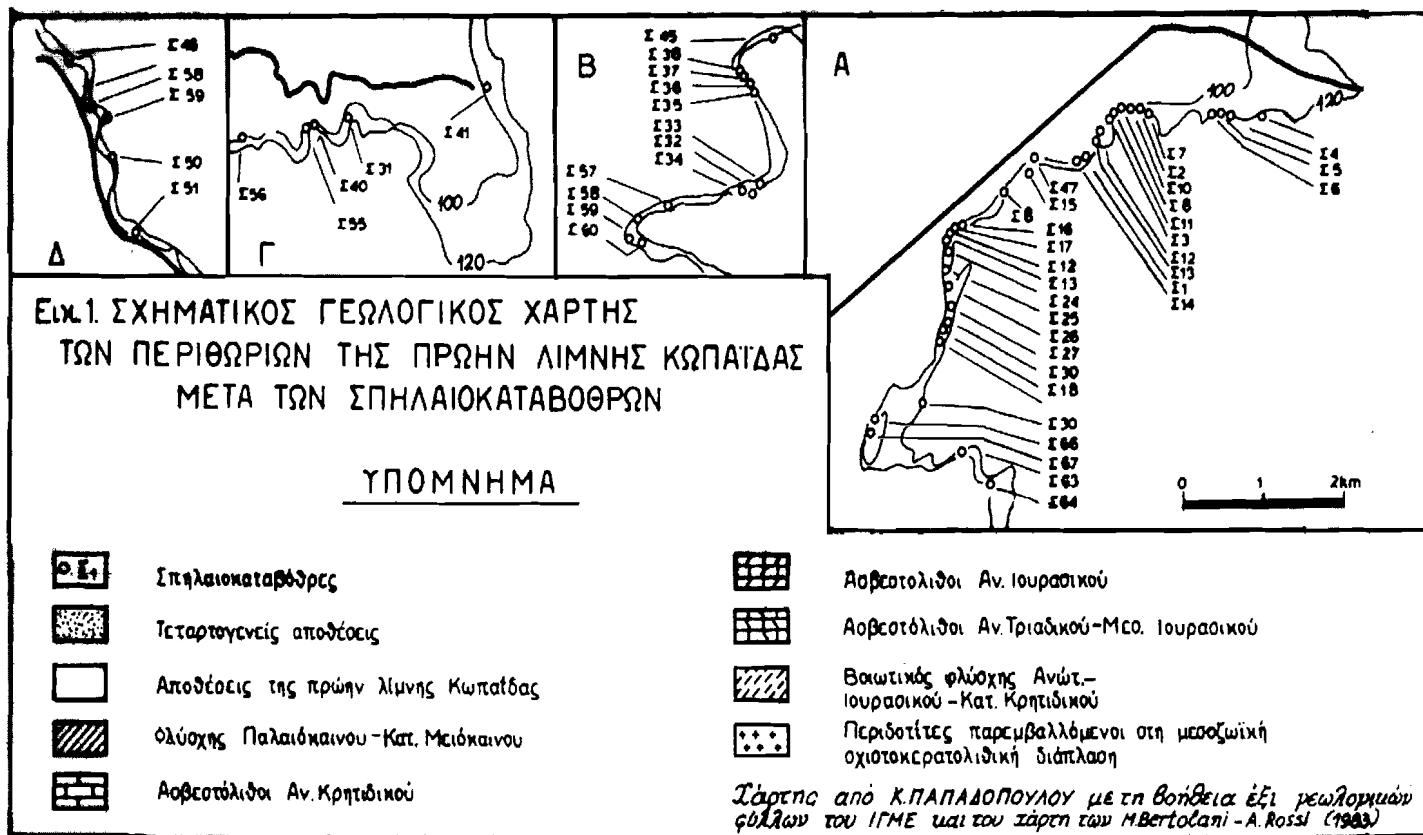
Β. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΠΗΛΑΙΟΚΑΤΑΒΟΘΡΩΝ

Ταξινομήσαμε τις σπηλαιοκαταβόθρες της μελετώμενης περιοχής σε τέσσερις ζώνες Α, Β, Γ, Δ (Εικ. 1). Η ζώνη Α αναπτύσσεται σε αβεστολίθους Αν. Τριαδικού – Μέσου Ιουρασικού και περιλαμβάνει τριάντα τρεις σπηλαιοκαταβόθρες, η ζώνη Β. σε Αν. Κρητιδικούς με δώδεκα, η ζώνη Γ κύρια σε Αν. Κρητιδικούς με πέντε και στη ζώνη Δ σε αβεστολίθους του Αν. Ιουρασικού εμφανίζονται εξ σπηλαιοκαταβόθρες. Ταξινομήσαμε τις σπηλαιοκαταβόθρες αυτές με βάση τον τρόπο της δημιουργίας τους, τη λειτουργία τους και τη μορφή τους ως εξής:

- 1) Καταβόθρες πυλοειδείς (Toikatanothres). Αποτελούν τις συνηθέστερες και συχνότερο αποντώμενες, οι οποίες εμφανίζονται με μορφή πύλης στα αβεστολιθικά περιθώρια της πρώην λίμνης με μεγάλη συνήθως οριζόντια ανάπτυξη στο εσωτερικό του ορεινού όγκου, ήταν δε ουσιαστικά υπεύθυνες για την υπόγεια αποστράγγιση της λίμνης.
- 2) Καταβόθρες καταρροφητικές (Sluckkatabethres). Εντοπίζονται στο πεδινό τμήμα στη ζώνη Β και λειτουργούν σαν ρουφήχτρες, ενίοτε και σήμερα, αποχετεύοντας



Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.



το νερό κατά τις περιόδους των μεγάλων βροχοπτώσεων.

- 3) Καταβόθρες, που ενίοτε εμφανίζουν μια απορροή προς το εσωτερικό της Κωπαΐδας λειτουργούν δηλαδή και σαν πηγές (εσταβέλλες) όπως συμβαίνει με τη Σ35 στα ανατολικά.
- 4) Σπήλαια παράκτια, που δημιουργήθηκαν από τη συνδυασμένη ενέργεια της διαβρωτικής δράσης των νερών της λίμνης και της έστω και μικρής κυματωγής.
- 5) Σπήλαια, που οφείλουν τη δημιουργία τους καθαρά σε τεκτονικά αίτια, όπως στις περιπτώσεις εγκατακρήμισης.
- 6) Σπήλαια, τα οποία προήλθαν αποκλειστικά από τη δράση των ατμοσφαιρικών κατακρημισμάτων που παρατηρούνται σε μεγάλα υψόμετρα.

Γ. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Με βάση τα στοιχεία, που συγκεντρώσαμε για το υψόμετρο, το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, στο οποίο αναπτύσσονται οι σπηλαιοκαταβόθρες καθώς και για την οριζόντια ανάπτυξη τους πραγματοποιήσαμε την ποσοτική ανάλυση αυτών, στα πλαίσια της οποίας κατασκευάσαμε τα παρακάτω διαγράμματα:

1) Διάγραμμα συχνότητας υψομέτρου των σπηλαιοκαταβοθρών (Εικ. 2) το οποίο προσεγγίζει μια λογαριθμική κατανομή όπου φαίνεται ότι το μέγιστο της κατανομής των σπηλαιοκαταβοθρών βρίσκεται μεταξύ 105-115 m.

2) Διάγραμμα υψομέτρου των σπηλαιοκαταβοθρών σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος (Εικ. 3), το οποίο έδωσε μια ευθεία προσαρμογής, που κλίνει προς νότο.

3) Διάγραμμα υψομέτρου - γεωγραφικού μήκους, (Εικ. 4) το οποίο έδωσε μια ευθεία προσαρμογής, που κλίνει προς δυσμάς.

4) Στερεοδιάγραμμα υψομέτρου - γεωγραφικού μήκους - γεωγραφικού πλάτους (Εικ. 5), το οποίο δίνει ένα μέσο επίπεδο με κλίση προς τον άξονα 0,0 δηλαδή νοτιοδυτικά.

5) Διάγραμμα οριζόντιας ανάπτυξης - υψομέτρου (Εικ. 6) απ' όπου προκύπτουν τρεις χαρακτηριστικές ζώνες εξάπλωσης. Η πρώτη χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τεκτονικών και παράκτιων σπηλαιοκαταβοθρών, οι οποίες παρουσιάζουν μικρή οριζόντια ανάπτυξη αφού φθάνουν σε βάθος περίπου 20 m. Η δεύτερη χαρακτηρίζεται από την παρουσία παράκτιων σπηλαιοκαταβοθρών με οριζόντια ανάπτυξη, που φθάνει γύρω στα 65 m και η τρίτη περιλαμβάνει αποκλειστικά καταβόθρες, των οποίων η οριζόντια ανάπτυξη υπερβαίνει τα 140 m. Πρόκειται δηλαδή για τις καταβόθρες που θα πρέπει ουσιαστικά να αποστράγγιζαν την περιοχή μεταφέροντας, όπως είναι επόμενο, τα νερά όσο το δυνατό μακρύτερα.

το νερό κατά τις περιόδους των μεγάλων βροχοπτώσεων.

- 3) Καταβόθρες, που ενίοτε εμφανίζουν μια απορροή προς το εσωτερικό της Κωπαΐδας λειτουργούν δηλαδή και σαν πηγές (εσταβέλλες) όπως συμβαίνει με τη Σ35 στα ανατολικά.
- 4) Σπήλαια παράκτια, που δημιουργήθηκαν από τη συνδυασμένη ενέργεια της διαβρωτικής δράσης των νερών της λίμνης και της έστω και μικρής κυματωγής.
- 5) Σπήλαια, που οφείλουν τη δημιουργία τους καθαρά σε τεκτονικά αίτια, όπως στις περιπτώσεις εγκατακρήμνισης.
- 6) Σπήλαια, τα οποία προήλθαν αποκλειστικά από τη δράση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που παρατηρούνται σε μεγάλα υψόμετρα.

Γ. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Με βάση τα στοιχεία, που συγκεντρώσαμε για το υψόμετρο, το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, στο οποίο αναπτύσσονται οι σπηλαιοκαταβόθρες καθώς και για την οριζόντια ανάπτυξη τους πραγματοποιήσαμε την ποσοτική ανάλυση αυτών, στα πλαίσια της οποίας κατασκευάσαμε τα παρακάτω διαγράμματα:

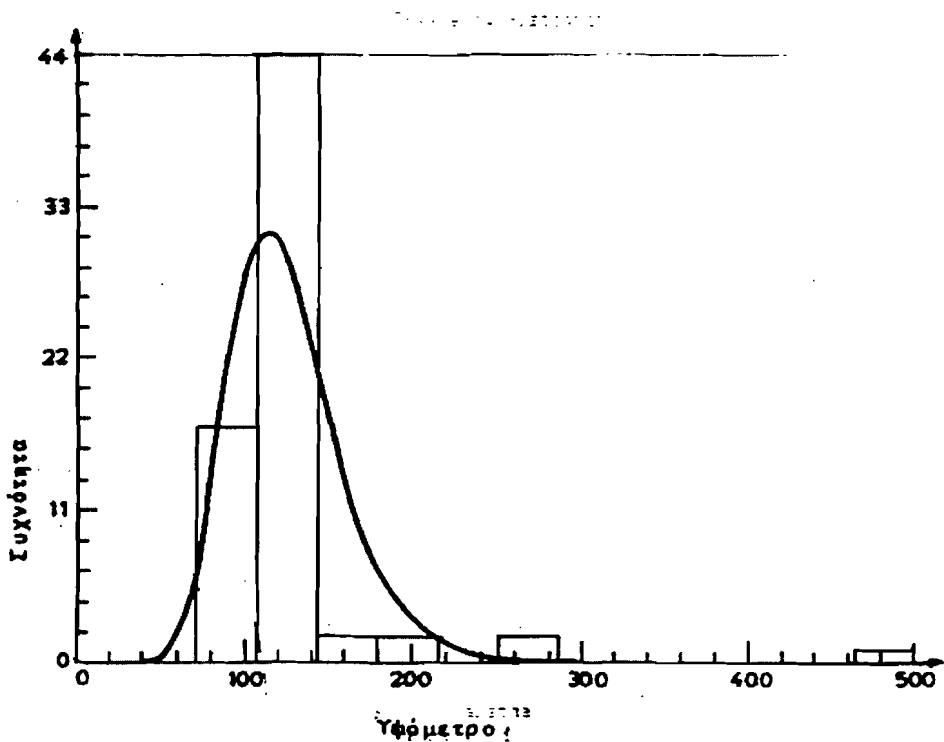
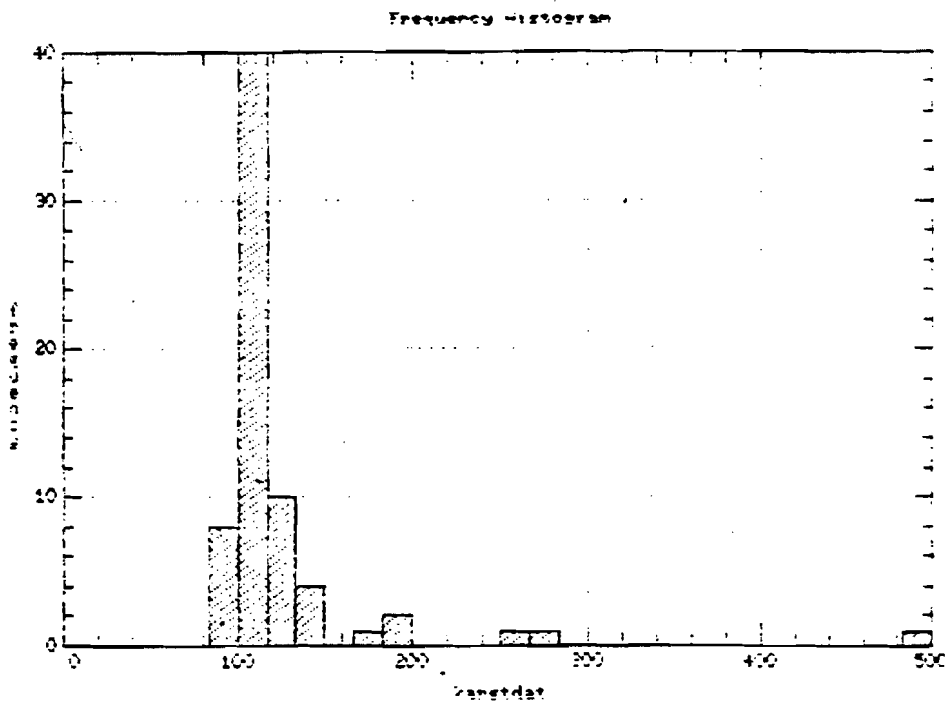
1) Διάγραμμα συχνότητας υψομέτρου των σπηλαιοκαταβοθρών (Εικ. 2) το οποίο προσεγγίζει μια λογαριθμική κατανομή όπου φαίνεται ότι το μέγιστο της κατανομής των σπηλαιοκαταβοθρών βρίσκεται μεταξύ 105-115 m.

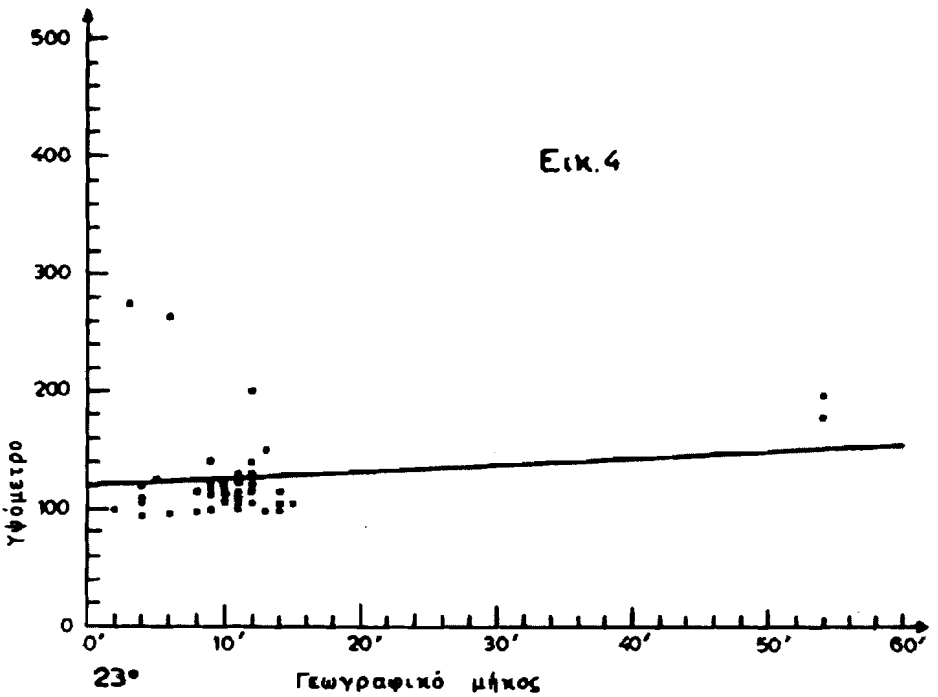
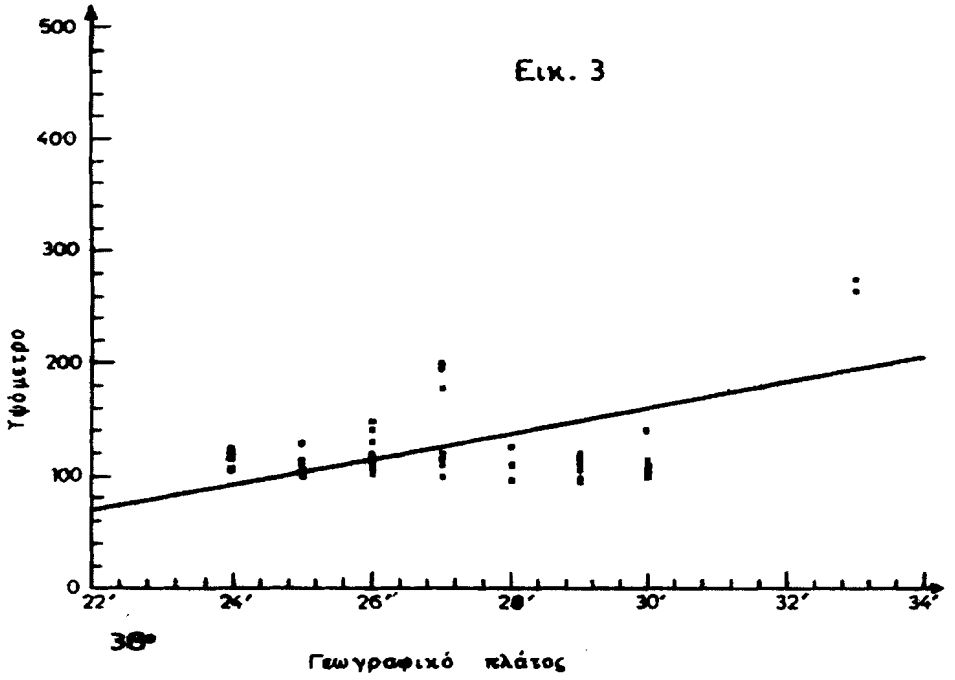
2) Διάγραμμα υψομέτρου των σπηλαιοκαταβοθρών σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος (Εικ. 3), το οποίο έδωσε μια ευθεία προσαρμογής, που κλίνει προς νότο.

3) Διάγραμμα υψομέτρου - γεωγραφικού μήκους, (Εικ. 4) το οποίο έδωσε μια ευθεία προσαρμογής, που κλίνει προς δυσμάς.

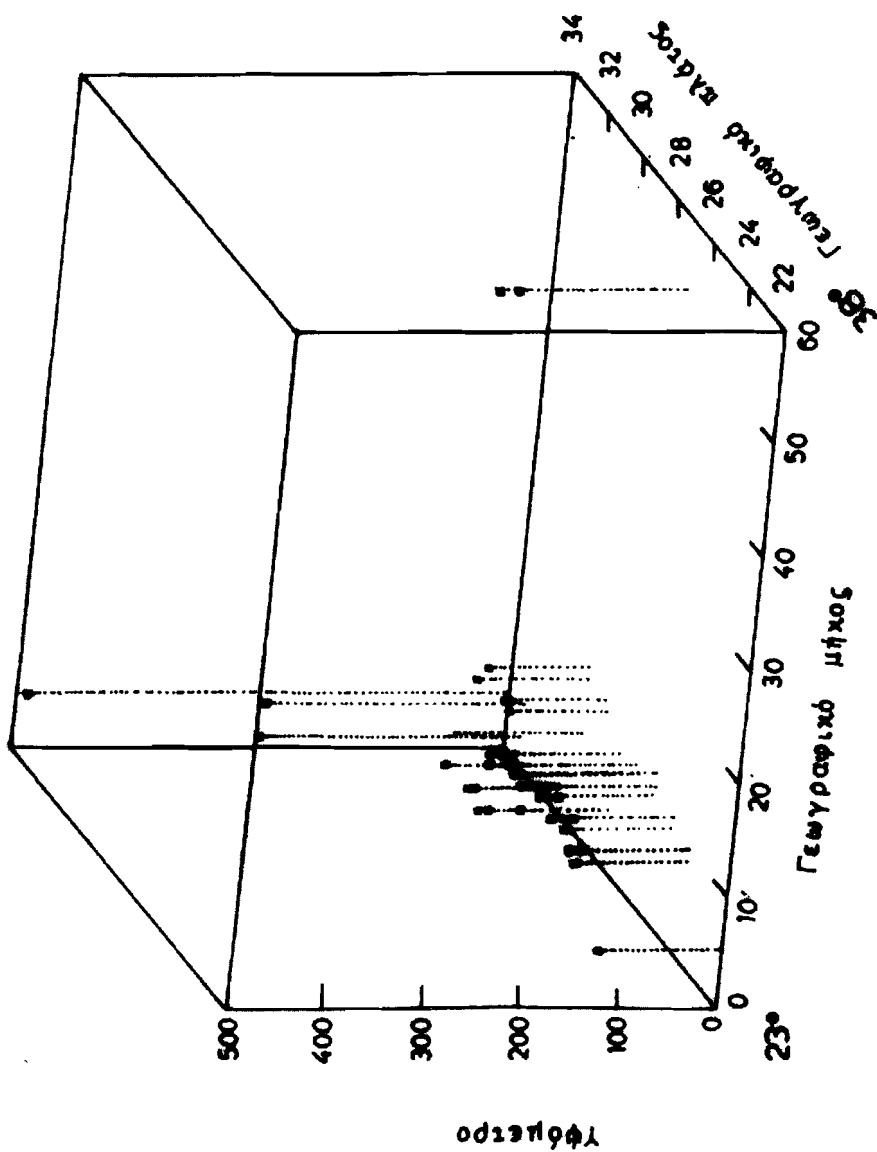
4) Στερεοδιάγραμμα υψομέτρου - γεωγραφικού μήκους - γεωγραφικού πλάτους (Εικ. 5), το οποίο δίνει ένα μέσο επίπεδο με κλίση προς τον άξονα 0,0 δηλαδή νοτιοδυτικά.

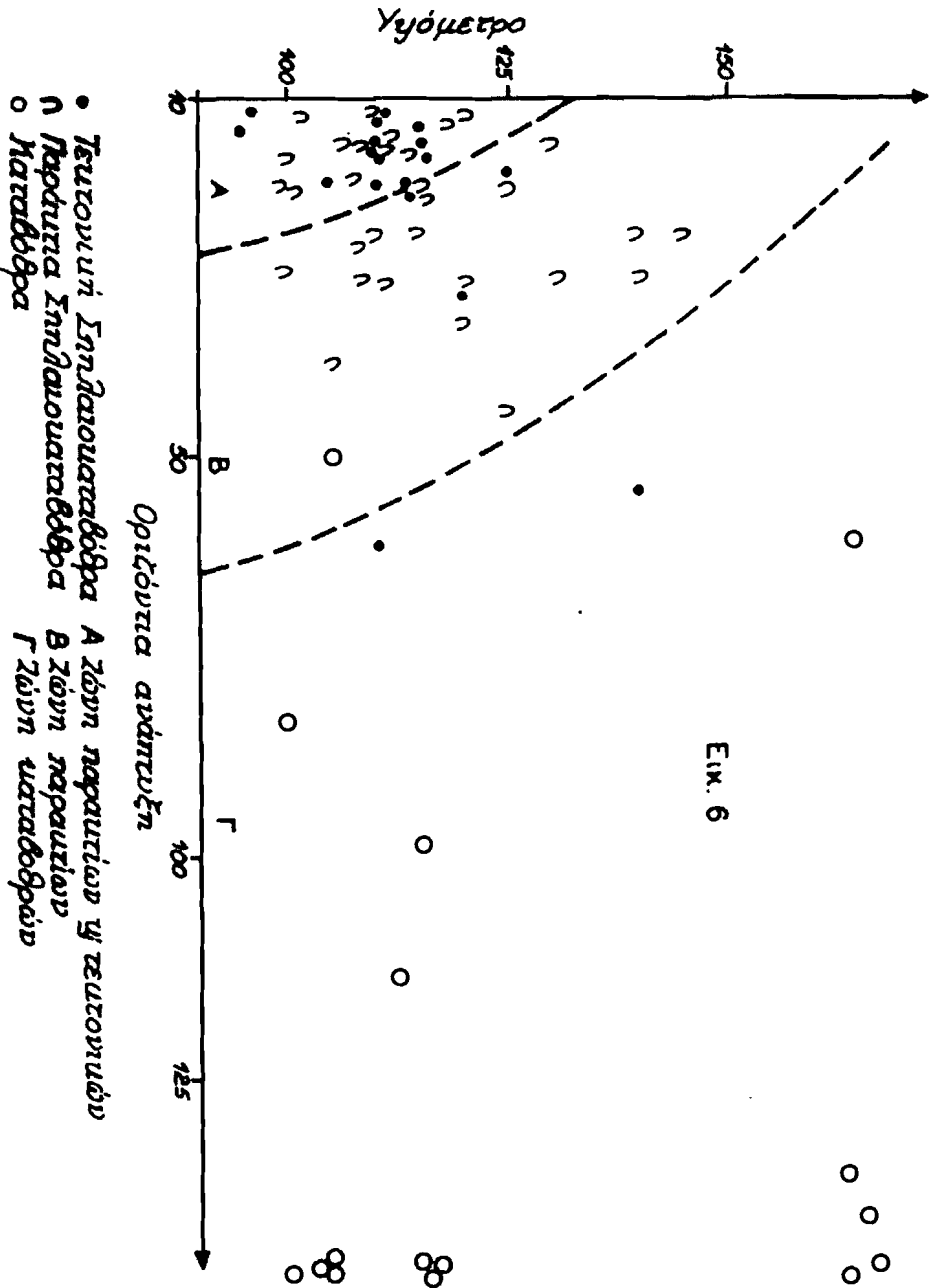
5) Διάγραμμα οριζόντιας ανάπτυξης - υψομέτρου (Εικ. 6) απ' όπου προκύπτουν τρεις χαρακτηριστικές ζώνες εξάπλωσης. Η πρώτη χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τεκτονικών και παράκτιων σπηλαιοκαταβοθρών, οι οποίες παρουσιάζουν μικρή οριζόντια ανάπτυξη αφού φθάνουν σε βάθος περίπου 20 m. Η δεύτερη χαρακτηρίζεται από την παρουσία παράκτιων σπηλαιοκαταβοθρών με οριζόντια ανάπτυξη, που φθάνει γύρω στα 65 m και η τρίτη περιλαμβάνει αποκλειστικά καταβόθρες, των οποίων η οριζόντια ανάπτυξη υπερβαίνει τα 140 m. Πρόκειται δηλαδή για τις καταβόθρες που θα πρέπει ουσιαστικά να αποστράγγιζαν την περιοχή μεταφέροντας, όπως είναι επόμενο, τα νερά όσο το δυνατό μακρύτερα.





Εικ. 5





Σχ. 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Απ' όλα όσα προαναφέρθηκαν μπορούμε να πούμε συμπερασματικά τα ακόλουθα:

Το γεγονός ότι το μέγιστον της κατανομής των σπηλαιοκαβοθρών εντοπίζεται μεταξύ 105-115 m φανερώνει την εξάπλωση της λίμνης στα υψόμετρα αυτά, που σύμφωνα με προγενέστερες μελέτες (Παπαδοπούλου Κ., 1990) χαρακτηρίζει το τελευταίο στάδιο στην εξέλιξη της λεκάνης της Κωπαΐδας, η οποία τοποθετείται στην περίοδο Αν. Πλειστοκαίνου - Ολοκαίνου.

Το ότι η ευθεία προσαρμογής του διαγράμματος υψομέτρου γεωγραφικού πλάτους κλίνει προς νότον φανερώνει πως το υψόμετρο των σπηλαιοκαβοθρών αυξάνει πηγαίνοντας προς βορρά γεγονός που οφείλεται στην ύπαρξη κάποιων προπλειστοκαινιστών σπηλαιοδών μορφών Ν.Δ. του Παύλου, οι οποίες βρίσκονται σε υψόμετρο 150 m.

Η κατανομή των σπηλαιοκαβοθρών σε σχέση με το γεωγραφικό μήκος φανερώνει ότι οι σπηλαιοκαβόθρες του βόρειου περιθώριου είναι βασικά παράλληλες προς τη ροή του ποταμού Μέλα, πράγμα που είναι επόμενο γιατί μέρος των υδάτων του αποστραγγιζόταν υπόγεια προς το βόρειο περιθώριο.

Το ότι το στερεοδιάγραμμα δίνει ένα επίπεδο με κλίση προς τα Ν.Δ. δηλώνει μια πιθανή ανύψωση της περιοχής προς τα Β.Α., η οποία όμως είναι πολύ μικρή και όχι αξιόλογη στην όλη εξέλιξη της λεκάνης.

Το Διάγραμμα οριζόντιας ανάπτυξης - υψομέτρου προσδιορίζει τον τρόπο γένεσης των καταβοθρών έτσι διακρίνονται τρεις ζώνες:

- 1) Η ζώνη παράκτιων και τεκτονικών σπηλαιοκαβοθρών.
- 2) Η ζώνη παράκτιων σπηλαιοκαβοθρών και
- 3) Η ζώνη των καταβοθρών.

Όπως τέλος φαίνεται από τη χωρική, κατανομή των σπηλαιοκαβοθρών στις ζώνες Α, Β, Γ, Δ δεν προκύπτει μια ομοιόμορφη κατανομή αυτών κατά μήκος των ασβεστόλιθων. Η δημιουργία τους επομένως δεν μπορεί να θεωρηθεί τυχαία, αλλά όπως φαίνεται γίνεται επιλεκτικά σε ορισμένες περιοχές, που πέρα από τη λιθολογία χαρακτηρίζονται από μειωμένη αντοχή λόγω της τεκτονικής, της στρωματογραφίας και της υδρολογίας. Η γένεση και η εξέλιξη λοιπόν αυτών ακολούθησε τους γενικούς κανόνες, ενισχύθηκε δε από το άφθονο CO₂ που για μεγάλα χρονικά διαστήματα υπήρχε στην αβαθή λίμνη Κωπαΐδα λόγω της εκτεταμένης της φυτοκάλυψης, η οποία έδωσε κοιτάσματα λιγνίτη και τύρφης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BAHRENBERG, G. — GIESE, E. 1975: Statistische Methoden und ihre Anwendung in Geomorphologie - Stuttgart (Teubner Studienbücher Geographie) S. 308.
BERTOLANI, M. — ROSSI, A. 1938: La zona speleologica de Lago Copaide (Beozia,

- Grecia Centrale). Le Grotte d' Italia (4) XI p. 205-248.
- BÖGLI, A. 1978: Karsthydrographie und physische Spelaologie, Berlin, Heidelberg, N. York, S. 292.
- DEMEK, J. 1972: Handbuch der geomorphologischen Detailkartierung. Academia Prague S. 344.
- KNAUST, J. 1986: Die Melioration des Kopaisbeckens durch die Minyer im 2 Jt. V. Chr. Kopais 2 – Wasserbau und Siedlungsbedingungen in Altertum. Antike Welt 17, 2, S. 15-30.
- MISTARDIS, G. 1967: Recherches (Hydrogeologiques) dans la region de lacs karstique Beotiens. Pub. Ass. Inst. Hydrol. Sci. 74/1, P. 162-170 Dubrovnik.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ, Κ. 1987: Η τυφλή κοιλάδα του Μέλανα ποταμού (Βοιωτία) Δελτ. Ελλ. Γεωγρ. Ετ. τομ. Β', Σ. 20-27, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ - ΒΡΥΝΙΩΤΗ, Κ. 1990: Γεωμορφολογική μελέτη της περιοχής Κωπαΐδας (Βοιωτία). Διδ. διατρ., Σ. 145, Αθήνα.
- SIDERIDES, A. 1911: Les katavothres de Grece, katavothres du lac de Kopais, Spelunga, tome III, No 63f et 64, P. 201-208.
- TRIMMEL, H. 1968: Höhlenkunde S 300 Verlag Friedr, Vieweg and Sohn Braunsweig.
- ZÖTL, J. 1974: Karsthydrogeologie, S. 291, Shringer Verlag, Wien.
- PHILIPPSON, A. 1984: Der Kopaissee in Griechenland und seine Umgebung S.S.G. Erdk. 29, S. 1-90.

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟΝ 20ο ΑΙΩΝΑ

ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ., ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ Λ.*

* Τομέας Γεωλογίας - Φυσικής Γεωγραφίας,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 540 06, Θεσ/νίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά το πρώτο τέταρτο του 20ού αιώνα οι εκβολές του Αξιού ποταμού, ανεπηρέαστες από ανθρωπογενείς επεμβάσεις, σχημάτιζαν εκτεταμένο λοβοειδές δέλτα στα δυτικά παράλια του Κόλπου της Θεσσαλονίκης. Στη δελταϊκή πλατφόρμα, λόγω της μειωμένης ταχύτητας ροής και της απόθεσης ιλύος, ο Αξιός παρουσίαζε έντονο μαιανδρισμό με πολυσχιδείς διακλαδώσεις, πολλαπλά στόμια εκβολών, ελώδεις εκτάσεις με γλυκό ή αλμυρό νερό. Η περιορισμένη κυματική δράση και η αυξημένη παλιρροϊκή δράση, ευνόησαν το σχηματισμό διαύλων στην παράκτια ζώνη των αλμυρών ελών, στους οποίους αναπτυσσόταν κυρίως ο γόνος των ψαριών του πλούσιου τότε Θερμαϊκού Κόλπου.

Κατά τα μέσα του 20ού αιώνα, λόγω της απειλής πρόσχωσης και λιμνοποίησης του Κόλπου της Θεσσαλονίκης από το Δέλτα του Αξιού, εκτελέστηκαν μεγάλα έργα στο χώρο αυτό. Κατασκευάστηκε νέα, μεγάλη, ευθύγραμμη και εγκιβωτισμένη κοίτη του Αξιού στο δυτικό τμήμα του δέλτα και οι εκβολές του ποταμού μετατοπίστηκαν 15 km προς τα ΝΔ, δηλαδή από το Δ. Κόλπο της Θεσσαλονίκης στο Β. Θερμαϊκό Κόλπο. Ταυτόχρονα, στο μέτωπο του λοβοειδούς δέλτα κατασκευάστηκε μεγάλο παράκτιο ανάχωμα προστασίας από την είσοδο της θάλασσας, τα έλη αποστραγγίστηκαν και η έκταση αποδόθηκε στην καλλιέργεια.

Μετά την ολοκλήρωση των έργων, στις νέες εκβολές του Αξιού σχηματίζεται ένα δέλτα πέλματος πτηνού με τρεις προεξοχές. Το νέο δέλτα οφείλεται στις αλλαγές των συνθηκών ροής του νερού, μεταφοράς και απόθεσης των υλικών σε συνδυασμό και προς τις αλλαγές των συνθηκών κυματισμού και πνοής των ανέμων.

Φαίνεται ότι η προώθηση της δελταϊκής πλατφόρμας στη θάλασσα του ΒΔ Θερμαϊκού γίνονταν με ταχείς ρυθμούς αμέσως μετά την εκτροπή του Αξιού, ενώ κατά την τελευταία δεκαετία οι ρυθμοί έχουν μειωθεί εκθετικά. Η διαφορά αυτή οφείλεται στη σταδιακή αποκατάσταση των φυσικών ισορροπιών στις δελταϊκές διεργασίες του Αξιού, αφού το τεχνητό σύστημα εκβολών του ποταμού εξελίσσεται σταδιακά σε φυσικό δελταϊκό σύστημα.

SUMMARY

The human impact on the natural processes of the Axios river, during the first quarter of the 20th century, was insignificant. Axios formed a lobe-shaped delta at the

west side of Thessaloniki Bay characterized by several river-beds in a meandering complex. Frequent floods occurred at the area of that complex, as well as at the extensive fresh and salt water marshes of the deltaic platform. The combination of limited wave activity and relatively high tidal activity, contributed to the development of highly irregular coastline and the formation of creeks on the salt marshes.

The threat of siltation of the Thessaloniki harbour, along with the problems imposed by the floods over the extended marshes to the rural population, made the Greek Authorities to put forward a developing plan for the area. The plan proposal included the drainage of the marshes, the shifting of Axios river channel as well as drastic modification of the irregular deltaic coastline.

When the works completed the river Axios discharged outside the Thessaloniki Gulf. The new mouth was located in the North Thermaikos Bay and over the years the discharge formed a bird foot type delta, with three distinctive fingers.

This was due to the balance of the deltaic factors, from the river and the sea, in the newly established deltaic environment. During the first period of development the delta advanced rapidly south wards, while it followed an exponential reduction in accretion rates up to date.

It is obvious that the imposed human impact upon Axios, caused drastic changes in the deltaic processes, which tend to adjust to the natural processes of a purely deltaic system.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το ΒΔ τμήμα του Θερμαϊκού Κόλπου είναι μια χαμηλή περιοχή το μεγαλύτερο τμήμα της οποίας σχηματίστηκε από τις δελταϊκές αποθέσεις των δύο μεγαλύτερων ποταμών της περιοχής Αξιού και Αλιάκμονα.

Η εξέλιξη της περιοχής αυτής είναι ένα από τα πιο πολυσύνθετα και εντυπωσιακά φαινόμενα, δεδομένου ότι από τους ιστορικούς χρόνους έως σήμερα έχουν προσχωθεί περισσότερα από 40 Km (Μητσόπουλος 1938, Astaras T.A. & Sotiriadis L. 1988).

Στις αρχές του 20ού αιώνα οι δελταϊκές πλατφόρμες του Αξιού, από Β. και του Αλιάκμονα από Ν., είχαν επεκταθεί εγκλωβίζοντας μια αβαθή περιοχή 250 Km², όπου σχηματίστηκαν οι λίμνες των Γιαννιτσών και του Λουδία, οι οποίες επικοινωνούσαν με την θάλασσα με φυσική κοίτη.

Τα έλη που σχηματίστηκαν γύρω από τις λίμνες (300 Km²) και στο χώρο των δελταϊκών αποθέσεων Αξιού και Αλιάκμονα δημιούργησαν μια ελώδη ζώνη 800 Km². Η ελονοσία και οι πλημμύρες ήταν η μάστιγα των κατοίκων της περιοχής. Επιπλέον η ταχύτατη προώθηση των δελταϊκών εκβολών του Αξιού στο δυτικό τμήμα του Κόλπου της Θεσσαλονίκης, δημιουργούσε τις προϋποθέσεις απόφραξης του στομίου του κόλπου και λιμνοποίησης του. Έτσι το 1925 ανατέθηκε στην εταιρεία Foundation η μελέτη και η εκτέλεση εγγειοβελτιστικών - εξυγιαντικών έργων. Μεταξύ των έργων αυτών περιλαμβάνονταν η αποξήρανση του συστήματος των λιμνών Γιαννιτσών και

Λουδία καθώς και όλων των ελωδών εκτάσεων και ο εγκιβωτισμός της κοίτης του Αξιού ποταμού σε μήκος 50 km, από τα οποία τα τελευταία 18 Km αντιστοιχούν στην νέα κοίτη του. Μετά την ολοκλήρωση των έργων (1940) η νέα δελταϊκή εκβολή του Αξιού, βρισκόταν 15 km νοτιοδυτικά από την παλαιά και έξω από τον Κόλπο της Θεσσαλονίκης, στο Β. Θερμαϊκό. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο τα έργα συμπληρώθηκαν με την ευθυγράμμιση της ακτής των παλαιών εκβολών στον ΒΔ τμήμα του κόλπου της Θεσσαλονίκης και την κατασκευή παράκτιου προστατευτικού αναχώματος.

Στην εργασία αυτή γίνεται μια εκτίμηση του πιθανού μηχανισμού ανάπτυξης του παλαιού δέλτα του Αξιού και μια λεπτομερέστερη μελέτη του νέου Δέλτα που άρχισε να σχηματίζεται μπροστά από την τεχνητή κοίτη αμέσως μετά την εκτροπή.

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι παράγοντες που καθόρισαν την εξελικτική πορεία του δέλτα του Αξιού κατά την διάρκεια του 20ού αιώνα, χωρίστηκε αυτή σε δύο κύρες φάσεις. Η πρώτη φάση καλύπτει την περίοδο μέχρι το 1935 και η δεύτερη την περίοδο από το 1935 μέχρι το 1989.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Χρησιμοποιήθηκαν παλαιοί χάρτες εκδόσεως 1918, του Γαλλικού εκστρατευτικού σώματος, κλίμακας 1:50.000 (Κόλπος Θεσσαλονίκης) και 1:20.000 (Δέλτα Αξιού). Χρησιμοποιήθηκαν επίσης χάρτες της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:200.000 εκδόσεως 1927, κλίμακας 1:100.000 εκδόσεως 1928, κλίμακας 1:100.000 εκδόσεως 1945 (από αποτυπώσεις του 1938 και 1941), κλίμακας 1:100.000 εκδόσεως 1971. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν Αεροφωτογραφίες Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:40.000 περίπου, λήψης 1945, 1989 και δορυφορική εικόνα, σε ψηφιακή μορφή, Landsat MSS λήψης 1977.

Ως κλίμακα αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η κλίμακας 1:100.000 στην οποία έχουν αναχθεί όλοι οι χρησιμοποιηθέντες χάρτες, αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες, με την βοήθεια ενός εικονομεταφορέα (zoom transferscope). Με τον τρόπο αυτο κατασκευάστηκαν 5 χάρτες 1:100.000 που αντιπροσωπεύουν τις γεωγραφικές καταστάσεις το 1930, 1935, 1945, 1970 και 1989. Εγινε σύγκριση του προσχωσιγενούς τμήματος του νέου Δέλτα του Αξιού και υπολογίστηκαν οι ρυθμοί ανάπτυξης.

1η ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗ ΦΑΣΗ

Κατά την περίοδο της Φάσης αυτής η μορφολογική κατάσταση του δέλτα του Αξιού εκφράζει το τελικό αποτέλεσμα της συνεπίδρασης όλων των φυσικογεωγραφικών παραγόντων στο χώρο του δέλτα, έτσι ώστε να ακολουθεί φυσική εξελικτική πορεία, χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου.

Κρίνοντας από την μορφολογία της ευρύτερης περιοχής, διαπιστώθηκε ότι η δελταϊκή πλατφόρμα ήταν πολύ χαμηλή με συνέπεια τον έντονο μαιανδρισμό του Αξιού ποταμού. Το γεγονός αυτό δημιουργούσε συνένωση πολλών κλάδων με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζεται ένα πολύπλοκο και πολυσχιδές σύστημα κοιτών που κατέληγε

Λουδία καθώς και όλων των ελωδών εκτάσεων και ο εγκιβωτισμός της κοίτης του Αξιού ποταμού σε μήκος 50 km, από τα οποία τα τελευταία 18 Km αντιστοιχούν στην νέα κοίτη του. Μετά την ολοκλήρωση των έργων (1940) η νέα δελταϊκή εκβολή του Αξιού, βρισκόταν 15 km νοτιοδυτικά από την παλαιά και έξω από τον Κόλπο της Θεσσαλονίκης, στο Β. Θερμαϊκό. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο τα έργα συμπληρώθηκαν με την ευθυγράμμιση της ακτής των παλαιών εκβολών στον ΒΔ τμήμα του κόλπου της Θεσσαλονίκης και την κατασκευή παράκτιου προστατευτικού αναχώματος.

Στην εργασία αυτή γίνεται μια εκτίμηση του πιθανού μηχανισμού ανάπτυξης του παλαιού δέλτα του Αξιού και μια λεπτομερέστερη μελέτη του νέου Δέλτα που άρχισε να σχηματίζεται μπροστά από την τεχνητή κοίτη αμέσως μετά την εκτροπή.

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι παράγοντες που καθόρισαν την εξελικτική πορεία του δέλτα του Αξιού κατά την διάρκεια του 20ού αιώνα, χωρίστηκε αυτή σε δύο κύρες φάσεις. Η πρώτη φάση καλύπτει την περίοδο μέχρι το 1935 και η δεύτερη την περίοδο από το 1935 μέχρι το 1989.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Χρησιμοποιήθηκαν παλαιοί χάρτες εκδόσεως 1918, του Γαλλικού εκστρατευτικού σώματος, κλίμακας 1:50.000 (Κόλπος Θεσσαλονίκης) και 1:20.000 (Δέλτα Αξιού). Χρησιμοποιήθηκαν επίσης χάρτες της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:200.000 εκδόσεως 1927, κλίμακας 1:100.000 εκδόσεως 1928, κλίμακας 1:100.000 εκδόσεως 1945 (από αποτυπώσεις του 1938 και 1941), κλίμακας 1:100.000 εκδόσεως 1971. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν Αεροφωτογραφίες Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:40.000 περίπου, λήψης 1945, 1989 και δορυφορική εικόνα, σε ψηφιακή μορφή, Landsat MSS λήψης 1977.

Ως κλίμακα αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η κλίμακας 1:100.000 στην οποία έχουν αναχθεί όλοι οι χρησιμοποιηθέντες χάρτες, αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες, με την βοήθεια ενός εικονομεταφορέα (zoom transferscope). Με τον τρόπο αυτο κατασκευάστηκαν 5 χάρτες 1:100.000 που αντιπροσωπεύουν τις γεωγραφικές καταστάσεις το 1930, 1935, 1945, 1970 και 1989. Εγινε σύγκριση του προσχωσιγενούς τμήματος του νέου Δέλτα του Αξιού και υπολογίστηκαν οι ρυθμοί ανάπτυξης.

1η ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗ ΦΑΣΗ

Κατά την περίοδο της Φάσης αυτής η μορφολογική κατάσταση του δέλτα του Αξιού εκφράζει το τελικό αποτέλεσμα της συνεπίδρασης όλων των φυσικογεωγραφικών παραγόντων στο χώρο του δέλτα, έτσι ώστε να ακολουθεί φυσική εξελικτική πορεία, χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου.

Κρίνοντας από την μορφολογία της ευρύτερης περιοχής, διαπιστώθηκε ότι η δελταϊκή πλατφόρμα ήταν πολύ χαμηλή με συνέπεια τον έντονο μαιανδρισμό του Αξιού ποταμού. Το γεγονός αυτό δημιουργούσε συνένωση πολλών κλάδων με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζεται ένα πολύπλοκο και πολυσχιδές σύστημα κοιτών που κατέληγε

στην θάλασσα. Διακρίνονται δύο κύριες, πολλές δευτερεύουσες και αρκετές περιδικές κοίτες (Χάρτης 1).

Το χαρακτηριστικό των παλαιών χαρτών που μελετήθηκαν είναι ότι το σχήμα, η θέση και ο αριθμός των δευτερευόντων κοιτών είναι διαφορετικός σε κάθε χάρτη, αλλά οι κύριες κοίτες σε γενικές γραμμές δεν διαφέρουν. Αυτό εξηγείται από το ότι η μικρή κλίση και ο έντονος μαιανδρισμός δεν επέτρεπαν ολόκληρη την ποσότητα του νερού του Αξιού κατά τις πλημμυρικές παροχές να διοχετευτεί από τις κύριες κοίτες προς τη θάλασσα. Αυτό οδηγούσε σε πλημμύρες της δελταϊκής πλατφόρμας και σε συχνή εναλλαγή κοιτών στο χώρο των εκβολών. Τεράστιες εκτάσεις καλυπτόταν από έλη με γλυκό, υφάλμυρο ή αλμυρό νερό, ανάλογα την απόστασή τους από την θάλασσα.

Η κινητική ενέργεια του νερού του ποταμού, που υπήρχε πριν ο ποταμός εισέλθει στην δελταϊκή πλατφόρμα, εκφορτίζοταν κατά την διάρκεια της ροής του μέσα στις πολυσχιδείς κοίτες. Έτσι, όταν έφτανε το νερό στις εκβολές η ταχύτητά του ήταν μικρή. Εξαιτίας του γεγονότος αυτού τα μεταφερόμενα σε αιώρηση κλαστικά υλικά αποτίθονταν στο μέτωπο του δέλτα και μπροστά από τα στόμια των κοιτών εκβολής, έτσι ώστε να δημιουργούν λοβοειδείς προεκτάσεις.

Η χαμηλή παράκτια περιοχή της δελταϊκής πλατφόρμας ευνόησε τον σχηματισμό αλμυρών ελών. Ο συνδυασμός της απουσίας έντονης κυμματικής δράσης και αυξημένης παλιρροϊκής δράσης (μέγιστο εύρος 0,94 μ., επάλλαξη 1,40 μ. Ζώη-Μώρου 1981) ευνόησε τον σχηματισμό διαύλων εισόδου της θάλασσας στην παράκτια ζώνη των αλμυρών ελών. Οι δίαυλοι αυτοί, όπως παρουσιάζονται στους παλαιούς χάρτες, έχουν πολλές μορφολογικές ομοιότητες με τα creeks των αλμυρών ελών που είναι χαρακτηριστικά των μέσο- και μακρο-παλιρροϊκών ζωνών. Η μελέτη τους δεν εξαντλείται στην παρούσα εργασία και ίσως οι μορφές αυτές να συνδέονται με την παλαιογεωγραφική κατάσταση του Θερμαϊκού, όταν ο κόλπος ήταν μεγαλύτερος, όπου πιθανόν τα παλιρροϊκά φαινόμενα ήταν εντονότερα.

Όπως ήδη αναφέρθηκε το περιβάλλον απόθεσης του Δέλτα του Αξιού στον ΒΔ Κόλπο της Θεσσαλονίκης, ήταν αβαθές και προστατευμένο από την έντονη κυματική δράση. Έτσι τα θαλάσσια ρεύματα έπαιζαν σημαντικό ρόλο στην διασπορά των αιωρούμενων ιζημάτων. Τα θαλάσσια ρεύματα στον Κόλπο της Θεσσαλονίκης ακολουθούν το γενικό μοντέλο του Βορείου Αιγαίου χαρακτηρίζεται από περιστροφική κίνηση με φορά αντίθετη των δεικτών του ωρολογίου (Lycousis *at. al.* 1981). Έτσι, τα αιωρούμενα ιζήματα παρασυρόμενα από τα θαλάσσια ρεύματα διασπείρονταν προς τα ΝΔ του κόλπου και δεν δημιουργούσαν προβλήματα πρόσχωσης στον λιμένα και την παραλία της Θεσσαλονίκης. Το μεγαλύτερο πρόβλημα ήταν η ταχύτατη προέλαση των λοβών επέκτασης της δελταϊκής πλατφόρμας, που θα είχε συνέπεια την λιμνοποίηση του Κόλπου της Θεσσαλονίκης, λόγω απόφραξης του στομίου του.

2η ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗ ΦΑΣΗ

Η φάση αυτή χαρακτηρίζει την περίοδο της δυναμικής επέμβασης του ανθρώπου στην εξέλιξη του δέλτα.

Με την ανθρωπογενή επέμβαση, με την οποία ο χώρος εκβολής του Αξιού μετατοπίζεται 15 km ΝΔ της φυσικής του θέσης, άλλαξε το καθεστώς δυναμικής ισορροπίας των φυσικών διεργασιών. Αυτό είχε ως συνέπεια τόσο την αλλαγή των διεργασιών διάβρωσης και μεταφοράς στο χώρο της λεκάνης απορροής, όσο και την αλλαγή των διεργασιών απόθεσης στο νέο μορφολογικό περιβάλλον.

Όπως διαπιστώνεται από τους χάρτες 2 μέχρι 5 το σημερινό δέλτα του Αξιού είναι δημιούργημα των τελευταίων 50 περίπου ετών. Η ανάπτυξη του έχει περάσει από διάφορα μορφολογικά στάδια, που εκφράζουν τις διαφορετικές κατά περιόδους θέσεις, ταχύτητες και σχέσεις των φυσικογεωγραφικών παραγόντων που καθορίζουν την εξέλιξη του.

Η εξελικτική πορεία του δέλτα, όπως φαίνεται από τους χάρτες 2, 3, 4, 5 και 6, είναι η εξής:

- Η ανάπτυξη του προς Ν., στην αρχή με δύο και κατόπιν με τρία σκέλη, σε τυπικό σχήμα πέλματος πτηνού.

- Το κύριο σκέλος της εκβολής παρέμεινε πάντα το κεντρικό, ενώ το δυτικό σκέλος ήταν το μοναδικό δευτερεύον, κατά την περίοδο ως το 1945.

- Από τους χάρτες 1970 και μετέπειτα φαίνεται ότι έχει αναπτυχθεί ένα νέο ανατολικό δευτερεύον σκέλος, ενώ το δυτικό έχει αδρανοποιηθεί ή λειτουργεί μόνο σε πλημμυρικές παροχές.

- Στη θέση Καβούρα υπήρχε πριν από την εκτροπή της κοίτης του Αξιού ένα σκέλος εκβολής (χάρτης 1), όπως διαπιστώσαμε από παλαιούς χάρτες εκδόσεων 1927, 1928. Το σκέλος αυτό ανήκε τόσο στο μεσοδελταϊκό σύστημα των λιμνών Γιανισών και Λουδία, σε σύνδεση με την λίμνη του Λουδία ως κλάδος υπερχειλήσης, όσο και στο σύστημα της δελταϊκής πλατφόρμας του Αξιού, σε σύνδεση με παράπλευρη κοίτη Αξιού κατά την διάρκεια πλημμυρικών παροχών (χάρτης 1). Η παλαιά αυτή εκβολή με την διαμόρφωση της πεδιάδας από τον άνθρωπο αδρανοποιήθηκε (χάρτης 2). Η σημασία της είναι μεγάλη γιατί αποτελεί σημείο αναφοράς για την εξέλιξη του δέλτα και των διεργασιών μεταφοράς των υλικών. Η περιοχή λοιπόν αυτής της παλαιάς εκβολής όχι μόνο δεν προσχώθηκε από τις φερτές ύλες του Αξιού, αλλά παρουσίασε διαρκή διάβρωση (χάρτες 2, 3, 4). Λόγω της εγκατάστασης φάρου στην θέση Καβούρα, κατασκευάστηκαν έργα προστασίας του σκέλους εκβολής από την διάβρωση (χάρτης 5).

Η ταχύτητα εξέλιξης του δέλτα κατά την 2η Φάση

Από τον Χάρτη 6 προσδιορίστηκαν οι εκτάσεις του δέλτα κατά τις περιόδους Α: 1935-1945, Β: 1945-1970 και Γ: 1970-1989 που δίνονται στον Πίνακα 1. Όπως διαπιστώνεται και από το διάγραμμα 1 με την πάροδο του χρόνου, τόσο η επιφανειακή ανάπτυξη του δέλτα, όσο και η ταχύτητα προέλασης του κύριου κλάδου, ακολουθούν εκθετική μείωση. Στην περίοδο Α η αύξηση της επιφάνειας του δέλτα ήταν 3.72×10^6 μ², στην περίοδο Β ήταν 4.5×10^6 μ² και την περίοδο Γ 0.92×10^6 μ². Οι επεκτάσεις

αυτές αντιστοιχούν με ρυθμούς $0.372 \text{ km}^2/\text{έτος}$, $0.180 \text{ km}^2/\text{έτος}$ και $0.0051 \text{ km}^2/\text{έτος}$.

Τα αίτια της παραπάνω μείωσης πρέπει να αποδοθούν:

– Στην σταδιακή μείωση της κλίσης της κοίτης, εξαιτίας της απόθεσης υλικών. Αυτό διαπιστώνεται από τον συνεχώς αυξανόμενο αριθμό εμφάνισης νησίδων κατά μήκος της κοίτης (Χάρτες 4 και 5). Αξίζει να σημειωθεί η έλλειψη αντίστοιχων νησίδων στους χάρτες 1 και 2.

– Στις συνεχώς αυξανόμενες άμεσες ή έμμεσες ανθρωπογενείς επιδράσεις στο χώρο της λεκάνης απορροής του ποταμού. Προκάλεσαν τόσο την μείωση της ποσότητας του νερού, όσο και την αλλοίωση άλλων φυσικογεωγραφικών διεργασιών.

– Στην προέλαση του δέλτα σε συνεχώς βαθύτερες περιοχές του Θερμαϊκού, όπου για την πρόσχωσή τους απαιτούνται αυξημένες ποσότητες φερτών υλών.

Πιθανή μελλοντική εξέλιξη του δέλτα

Από την μελέτη πολλών δορυφορικών εικόνων της περιοχής του Θερμαϊκού κόλπου (Albanakis, 1985) έχει φανεί η τάση τα νερά του ποταμού Αξιού να ακολουθούν μια νότια πορεία, ανεξάρτητα από τις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες. Το συμπέρασμα αυτό είναι σε συμφωνία με ωκεανογραφικές και ιζηματολογικές μελέτες που έγιναν από Hatzikos (1988), Χρόνης (1986), Baloroulos et al. (1986) στο Θερμαϊκό.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε δορυφορική εικόνα με κατάλληλη ψηφιακή επεξεργασία, η οποία υλοποιεί οπτικά αυτά που με άλλες μεθόδους διάφοροι συγγραφείς έχουν καταδείξει. Έτσι στην εικόνα 1 φαίνεται μια πιθανή μελλοντική μορφολογική πορεία του Θερμαϊκού Κόλπου.

Το χαρακτηριστικό της εικόνας αυτής είναι η προς νότο προέλαση των εκβολών, έτσι ώστε να αφήνει ανέπαφο το στενό πέρασμα στο στόμιο του Κόλπου της Θεσσαλονίκης, μεταξύ Καβούρας και Μεγάλου Εμβόλου. Αυτό προκύπτει επίσης και από την κατάσταση διάβρωσης που περιγράψαμε για το σκέλος εκβολής της Καβούρας. Ένα άλλο επίσης χαρακτηριστικό είναι η μετατροπή σε λιμνοθάλασσα της μεσοδελταϊκής περιοχής μεταξύ των εκβολών Αξιού και Αλιάκμονα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την εργασία αυτή προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

α) Ο μηχανισμός ανάπτυξης του παλαιού φυσικού δελταϊκού συστήματος του Αξιού επέτρεπε την συγκράτηση σημαντικών ποσοτήτων φερτών υλών στο χώρο των εκβολών. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό και με την απουσία έντονων κυμματικών διεργασιών στο αβαθές κλειστό θαλάσσιο περιβάλλον του Κόλπου της Θεσσαλονίκης, δημιούργησε ένα δέλτα με λοβοειδή ανάπτυξη. Τα υλικά της στερεομεταφοράς θα έπρεπε να ενσωματώνονταν στον κορμό της δελταϊκής πλατφόρμας υπό μορφή λοβών ανάπτυξης.

β) Μετά την ανθρωπογενή επέμβαση, η εκβάθυνση, η ευθυγράμμιση και ο εγκιβωτισμός της νέας κοίτης, είχαν σαν αποτέλεσμα την άφιξη των υδάτων στο χώρο των εκβολών του ποταμού με μεγαλύτερη ταχύτητα από ότι στις παλαιές φυσικές εκβολές. Το γεγονός αυτό προκαλούσε και προκαλεί διασπορά σημαντικών ποσοτήτων φερτών υλών στο χώρο του δελταϊκού μετώπου και της προδελταϊκής πλατφόρμας. Ο μηχανισμός αυτός ευνόησε την κατά μήκος επέκταση των κλάδων εκβολής, δίνοντας έτσι στο Δέλτα μια τυπική ανάπτυξη πέλματος πτηνού. Ίσως μάλιστα διευκολύνθηκε και από γεγονός ότι στη νέα θέση, η διεύθυνση ροής του ποταμού συμπίπτει με την διεύθυνση του επικρατούντος ανέμου.

γ) Κατά την πρώτη δεκαετία μετά την ανθρωπογενή επέμβαση ο ρυθμός ανάπτυξης της δελταϊκής πλατφόρμας ήταν $0.370 \text{ Km}^2/\text{έτος}$, κατά την επόμενη 25ετία ήταν $0.180 \text{ Km}^2/\text{έτος}$ και κατά τα τελευταία 18 χρόνια $0.051 \text{ Km}^2/\text{έτος}$. Η εκθετική αυτή μείωση πρέπει να οφείλεται κυρίως στη σταδιακή αποκατάσταση των φυσικών ισορροπιών, που αφορούν τις δελταϊκές διεργασίες, αφού το τεχνητό σύστημα εκβολών του ποταμού εξελίσσεται σταδιακά σε φυσικό δελταϊκό σύστημα.

δ) Η μελλοντική επέκταση του σημερινού δέλτα προβλέπεται να γίνει προς Νότο, αφήνοντας ανέπαφο το στόμιο εισόδου στον Κόλπο της Θεσσαλονίκης. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα επίσης να σχηματιστεί λιμνοθάλασσα στη μεσοδελταϊκή περιοχή, μεταξύ των εκβολών Αξιού και Αλιάκμονα.

Μισό αιώνα μετά την ανθρώπινη επέμβαση μπορούμε να πούμε ότι, η επιλογή της νέας θέσης εκβολής του Αξιού από κοινωνικο - οικονομική άποψη ήταν η ενδεδειγμένη, δεδομένου ότι αποφεύχθηκε οριστικά η πρόσχωση και η λιμνοποίηση του Κόλπου της Θεσσαλονίκης που θα είχε συνέπεια την αχρήστευση του λιμένα της.

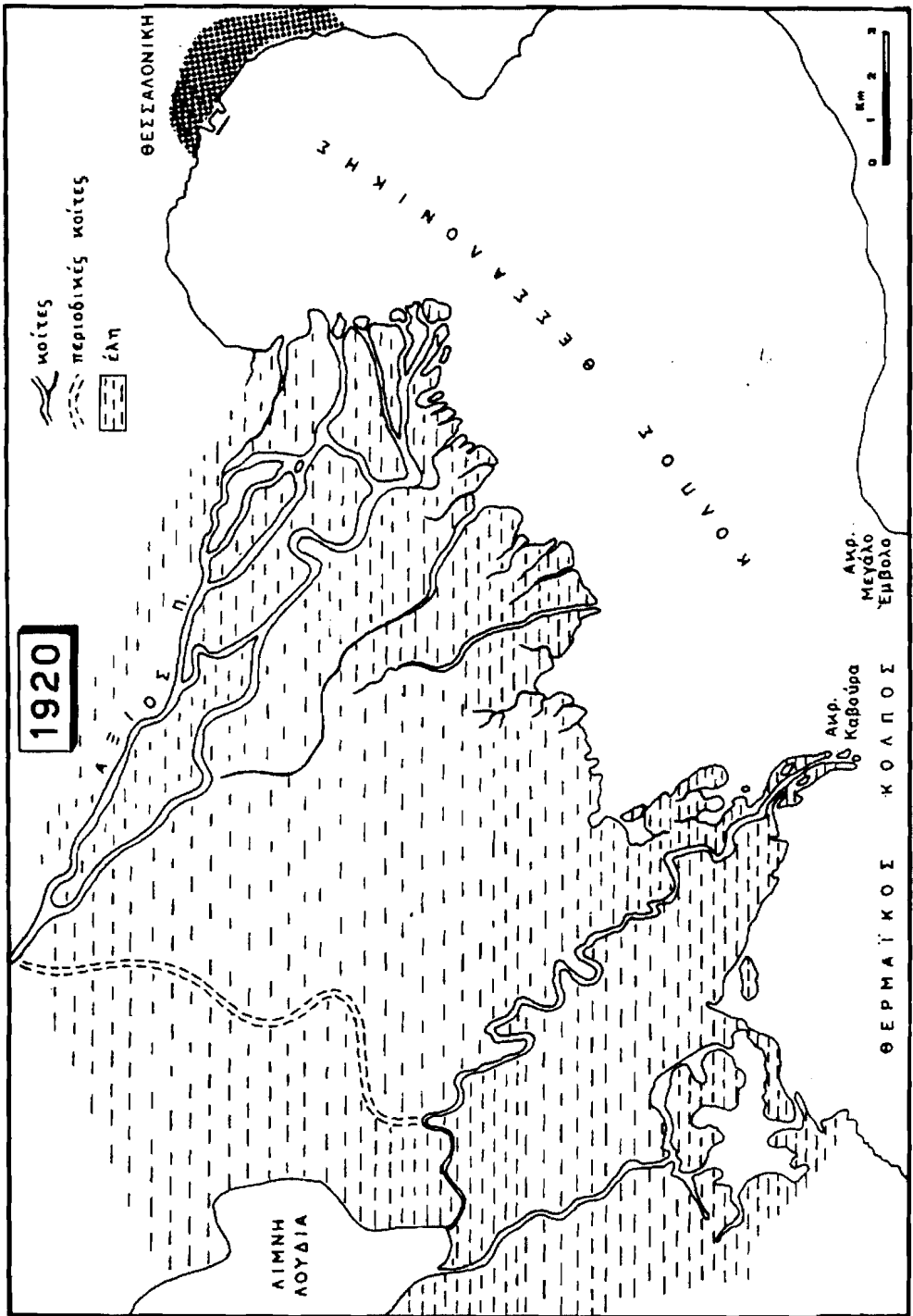
Τα εξυγιαντικά έργα που έγιναν στη ΒΔ ακτή του Κόλπου της Θεσσαλονίκης (ευθυγράμμιση ακτής, κατασκευή παράκτιου αναχώματος) προκάλεσαν μη επιθυμητές οικολογικές και οικονομικές συνέπειες. Συγκεκριμένα, η καταστροφή των προϋπαρχόντων αβαθών κολπίσκων και διαύλων και η αποξήρανση των αλμυρών ελών, εξαφάνισαν τους προϋπάρχοντες φυσικούς χώρους ανάπτυξης του γόνου των ψαριών και διατάραξαν την οικολογική ισορροπία.

Από όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα διαπιστώνεται ότι ο άνθρωπος κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα συνεπιδρά με τους φυσικούς παράγοντες στην φυσικογεωγραφική εξέλιξη των περιοχών που επεμβαίνει και είναι ο δυναμικότερος ίσως παράγοντας που καθορίζει την γεωμορφολογική εξέλιξη των παράκτιων περιοχών.

Η ερευνητική μας ομάδα έχει διαπιστώσει ότι η επέμβαση του ανθρώπου στα ποτάμια και δελταϊκά συστήματα (Νέστος, Στρυμόνας, Αξιός, Αλιάκμονας, Ψιλοβίκος κ.α., 1986, Ψιλοβίκος & Χαχαμίδου 1987, Ψιλοβίκος 1990) προκαλεί μεγάλες και ταχύτατα εξελισσόμενες αλλαγές με δυσάρεστες και πολλές φορές μη αναστρέψιμες περιβαλλοντικές συνέπειες. Το γεγονός αυτό επιβάλλει τη συστηματική μελέτη των φαινομένων, έτσι ώστε να διαμορφωθούν προτάσεις για οικολογικά και οικονομικά συμφέρουσες ανθρώπινες επεμβάσεις στα φυσικά αυτά οικοσυστήματα.

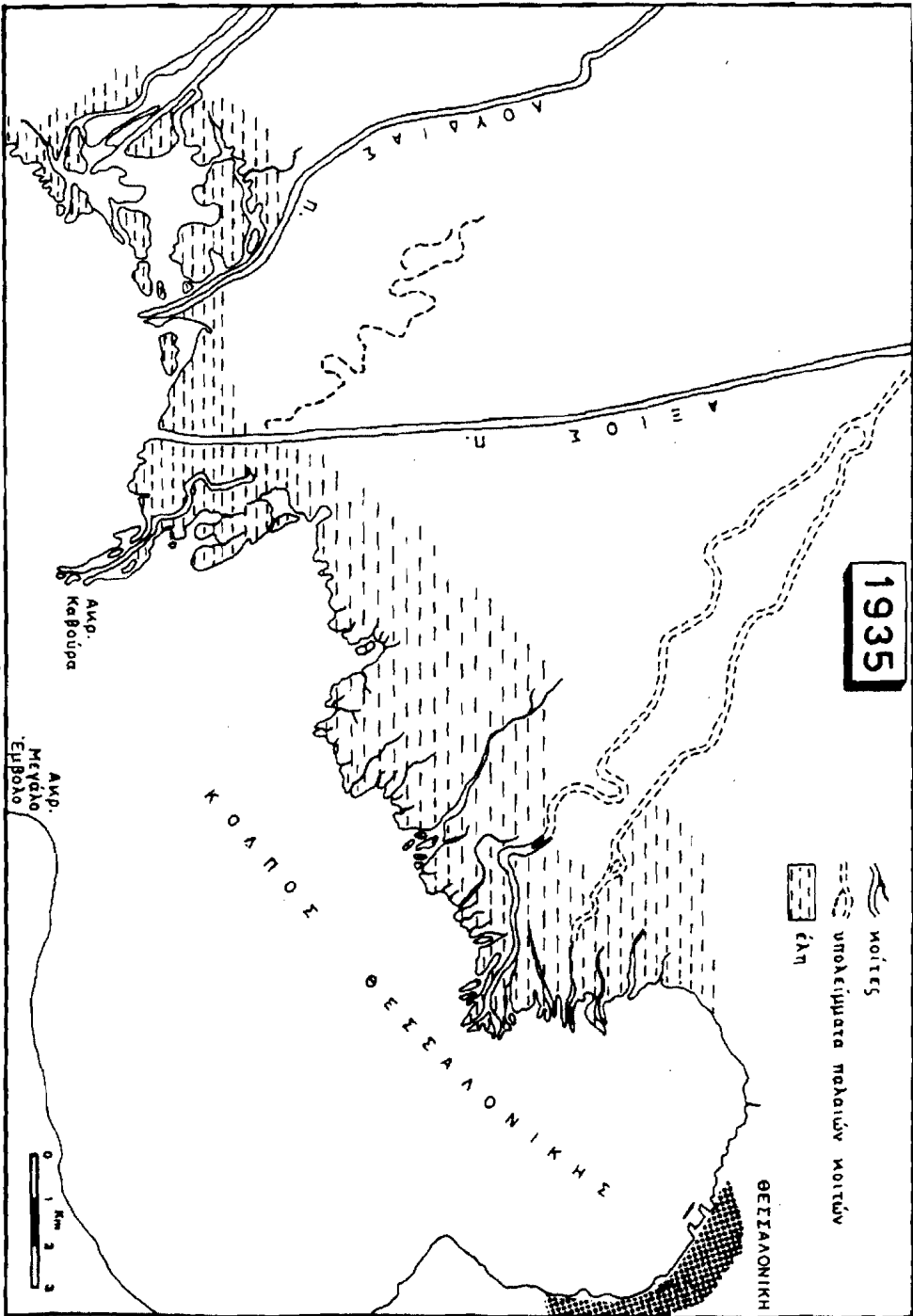
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

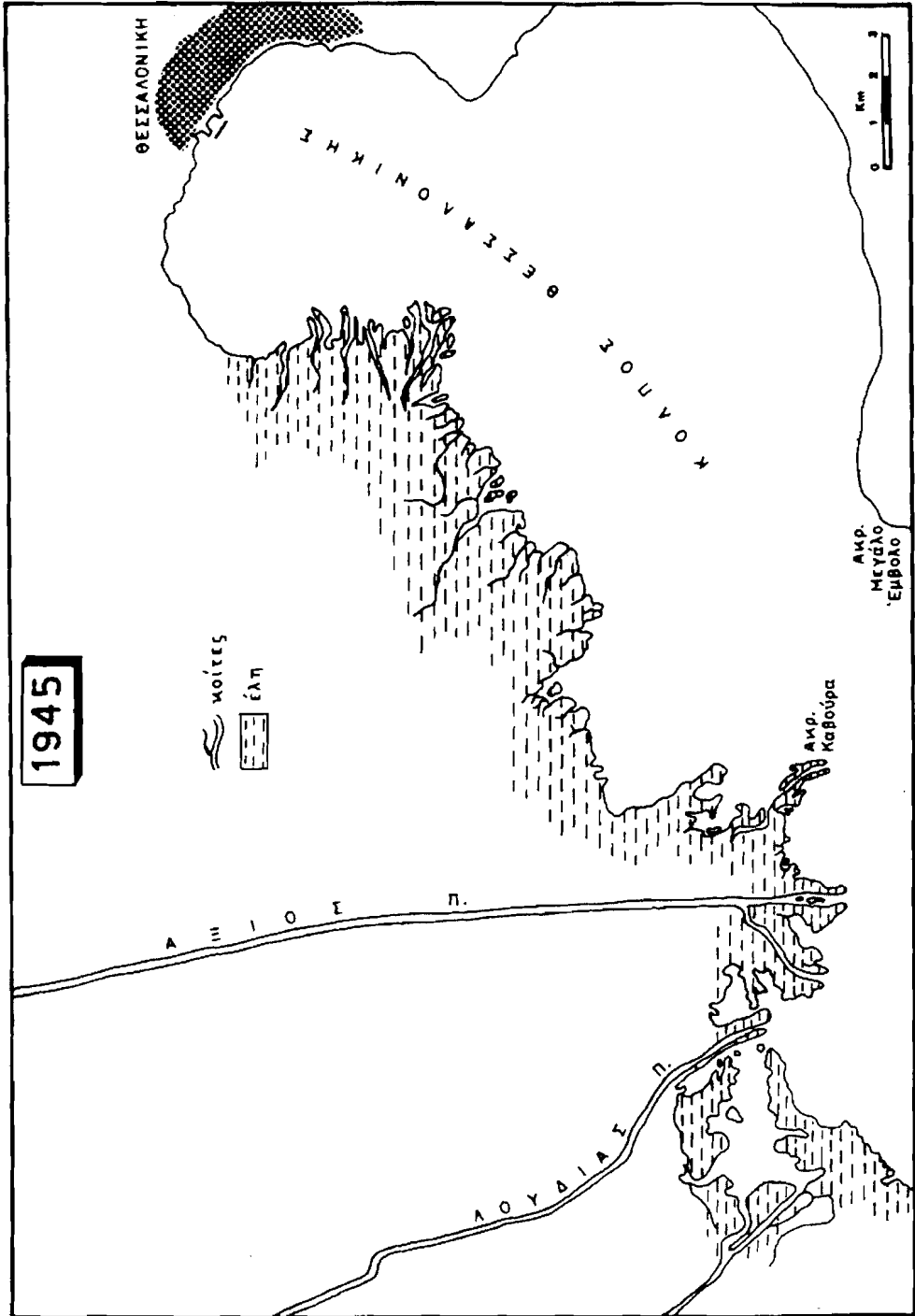
- Albanakis K., 1985. Monitoring of suspended sediment concentration using optical methods and Remote Sensing. Ph. D. Thesis. University of Nottingham.
- Astaras T.A. & Sotiriadis L., 1988. The evolution of the Thessaloniki - Giannitsa plain in northern Greece during the last 2.500 years from Alexander the Great area until today. In: Lake, Mire and River Environments, Lang & Schluchter (eds). Balkema, Rotterdam.
- Balopoulos E.T., Collins M.B. and James A.E. 1986. Satellite images and their use in the numerical modelling of coastal processes. Int. J. Remote Sensing, Vol. 7. No 7, 905-919.
- Ζώη-Μώρου Α. 1981. Στοιχεία παλίρροιας Ελληνικών λιμένων. Υδρογραφική Υπηρεσία. Ωκ. Μελέτη Νο 13. Αθήνα.
- Lycousis V., Collins M.B. & Ferentinos G. (1981), Modern sedimentation in the N.W. Aegean Sea. Marine Geology, 43, pp. 111-130.
- Μητσόπουλος Μ. 1938. Γεωλογικά και Παλαιοντολογικά έρευναι των μετατριογενών αποθέσεων της πεδιάδας Θεσ/νίκης. Πραγμ. Υφηγεσίας. ΑΠΘ 36 σελ.
- Hatzikos T., 1988. Physical oceanographic observations of the Axios river delta, Thermaikos Bay, NW Aegean Sea. MSci Thesis, University of Wales.
- Χρόνης Γ., 1986. Η σύγχρονη δυναμική ιζηματογένεση και η πρόσφατη ολοκαινική ιζηματογένεση στο εσωτερικό πλατώ του Θερμαϊκού Κόλπου. Διδ. Διατριβή Παν. Αθηνών, 228 σελ.
- Ψιλοβίκος Α., Ε. Βαβλιάκης και Θ. Λάγκαλης, 1986. Φυσικές και ανθρωπογενείς διεργασίες της πρόσφατης ανάπτυξης του δέλτα του Ποταμού Νέστου. Δελτίο Ελλην. Γεωλ. Εταιρείας 20: 313-324.
- Ψιλοβίκος Α., και Ε. Χαχαμίδου. 1987. Συμβολή στη μελέτη των ελληνικών ολοκαινικών δέλτα. Δεύτερο Πανελλ. Συμπ. Ωκεανογρ. & Αλιείας. Αθήνα 456-463.
- Ψιλοβίκος Α. 1990. Μεταβολές στους Ελληνικούς υγράτοπους κατά τον 20ο Αιώνα: Οι περιπτώσεις των εσωτερικών υδάτων της Μακεδονίας και των ποτάμιων δέλτα των ακτών του Αιγαίου και του Ιονίου πελάγους. Πρακτικά συνάντησης εργασίας για τους ελληνικούς υγράτοπους, Θεσσαλονίκη 17-21 Απριλίου 1989. Συντ. Εκδ.: Π.Α. Γεράκης, Τμ. Γεωπονίας, ΑΠΘ, σελ. 179-209.



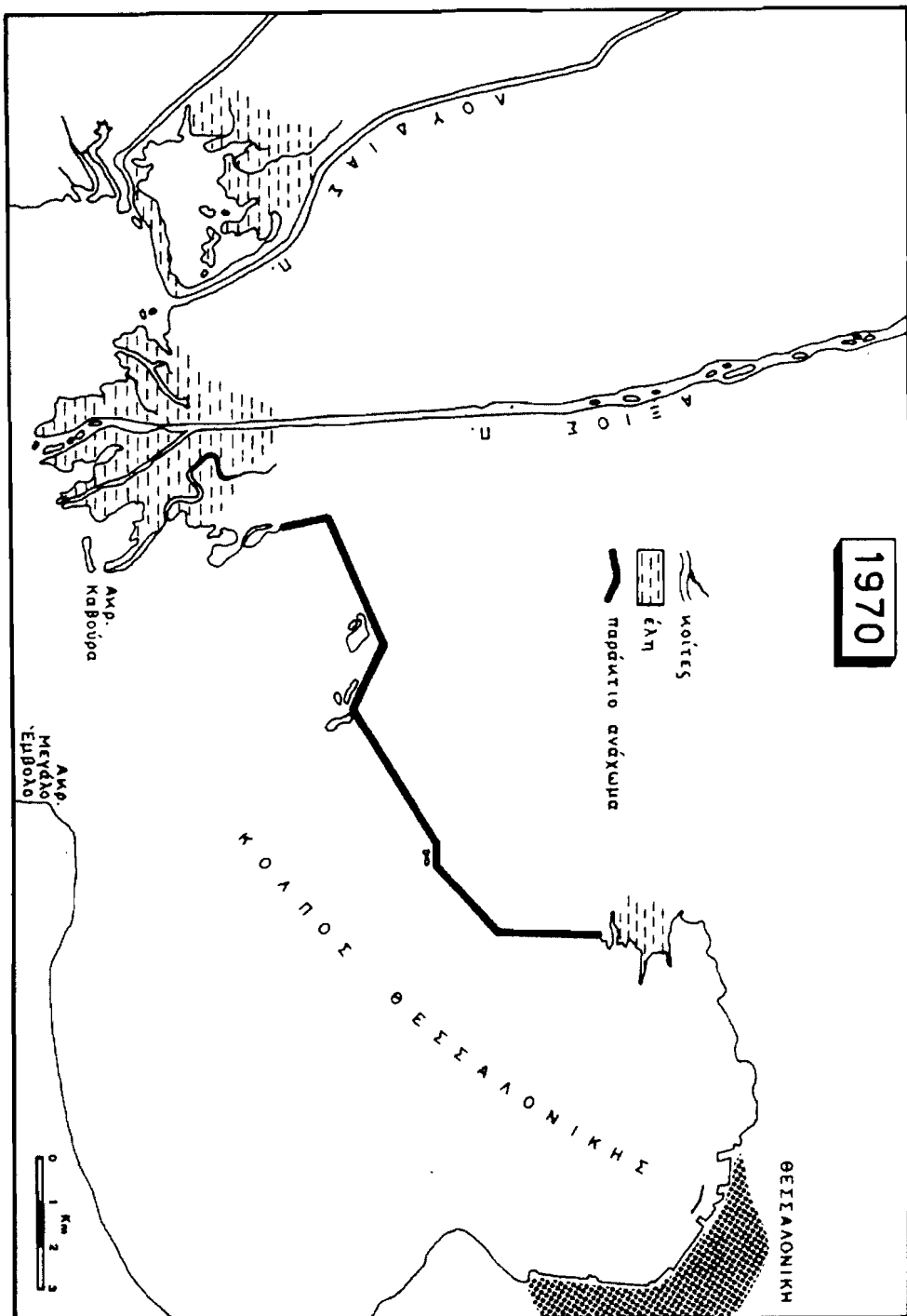
Χάρτης 1. Το Δέλτα του Αξιού ποταμού το 1920

Χάρτης 2. Το Δέλτα του Αξιού ποταμού το 1935

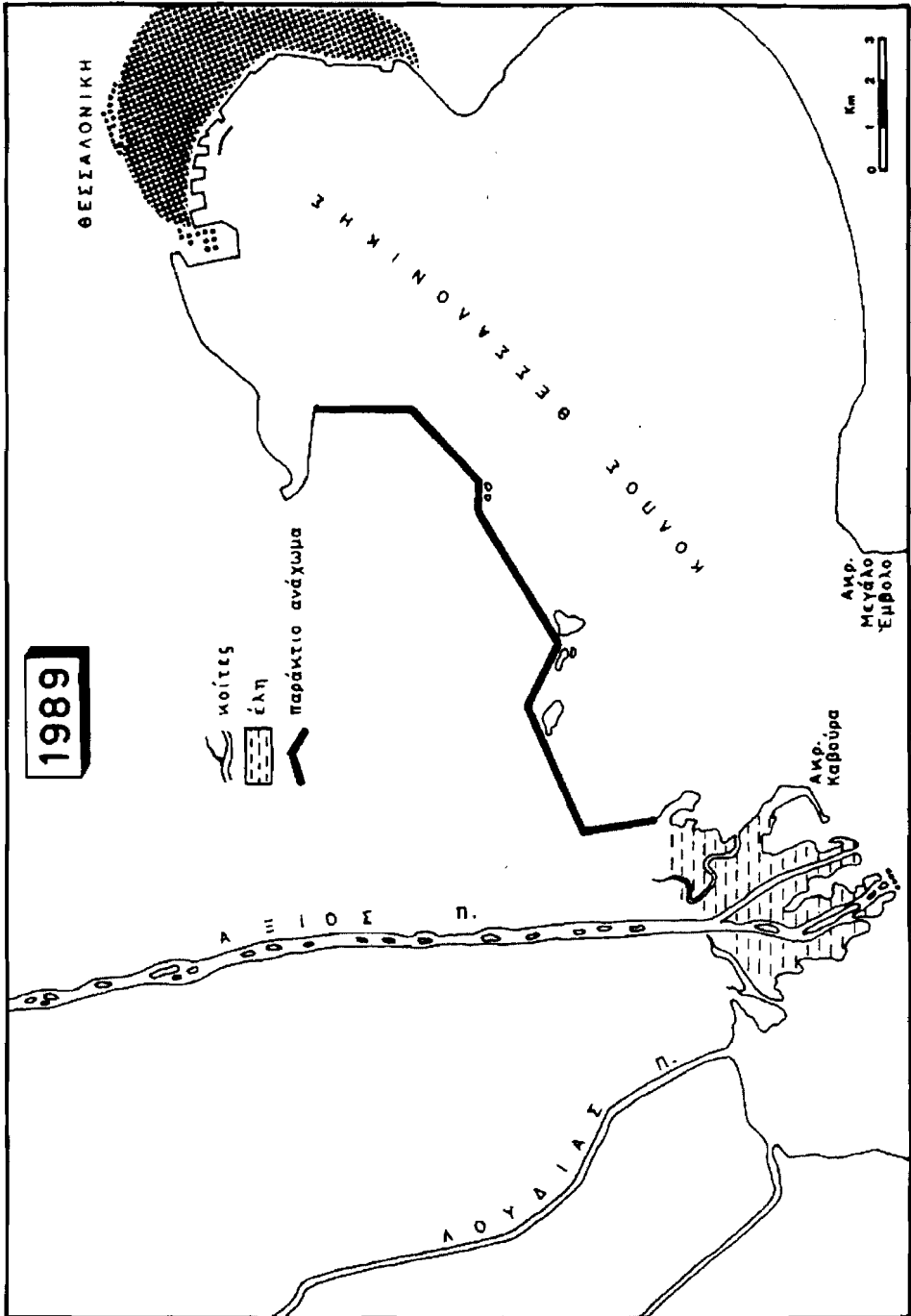




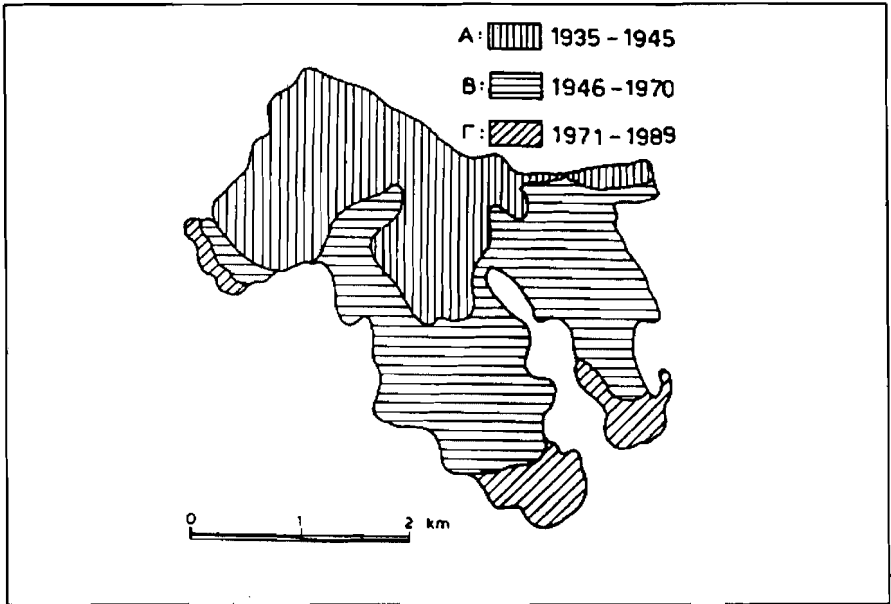
Χάρτης 3. Το Δέλτα του Αξιού ποταμού το 1945



Χάρτης 4. Το Δέλτα του Αξιού ποταμού το 1970



Χάρτης 5. Το Δέλτα του Αξιού ποταμού το 1989

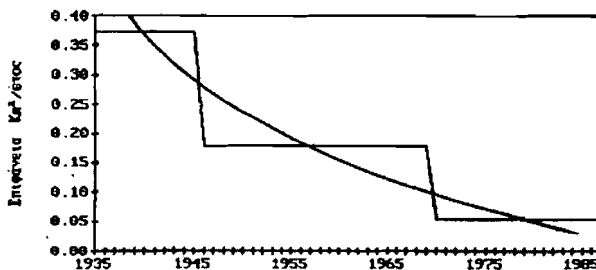


Χάρτης 6. Προέλαση της νεοσχηματισμένης ξηράς του Δέλτα του Αξιού ποταμού

Πίνακας 1. Εμβαδά, μήκη και ρυθμοί επέκτασης του Δέλτα του Αξιού

Επιφάνεια			Μήκος	
A	3.720.000 m ²	0.372 km ² /έτος	2 km	200 m/έτος
B	4.500.000 m ²	0.180 km ² /έτος	1.5 km	60 m/έτος
Γ	920.000 m ²	0.051 km ² /έτος	0.6 km	35 m/έτος
Σύνολο	9.140.000 m ²		4.1 km	

Διάγραμμα 1.
 Προέλαση της δελταϊκής πλατφόρμας





Εικόνα 1. Πιθανή μελλοντική εξέλιξη της δελταϊκής πλατφόρμας του Αξιού.

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΕΡΑΤΕΑΣ - ΘΟΡΙΚΟΥ (ΝΟΤΙΑ ΑΤΤΙΚΗ) ΑΠΟ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΟΓΕΝΟΥΣ ΜΕΧΡΙ ΣΗΜΕΡΑ

ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ Κ. — ΖΑΜΑΝΗ Α. — ΜΑΡΟΥΚΙΑΝ Χ.

Τομέας Γεωγραφίας - Κλιματολογίας,
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιόπολις, 157 04 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η περιοχή της Κερατέας - Θορικού αποστραγγίζεται σήμερα από το σύνθετο υδρογραφικό δίκτυο του Αδάμι-Ποτάμι. Η περιοχή Κερατέας Δασκαλιού, Κακής Θάλασσας αποτελούσε κατά την περίοδο του Ανωτέρου Πλειοκαίνου μια λεκάνη ιζηματογέννησης έχοντας τη μορφή μιας λίμνης που περιοδικά επικοινωνούσε με την θάλασσα.

Στην περίοδο του Κατωτέρου - Μέσου Πλειοκαίνου εξαιτίας τεκτονικών κινήσεων έχουμε βύθιση των ανατολικών περιοχών της Κακής Θάλασσας, Δασκαλιού, Βιέθι. Σαν αποτέλεσμα τα τότε υδρογραφικά δίκτυα στην περιοχή της Κακής Θάλασσας διαβρώνει τους σχηματισμούς του Φυλλιτικού καλύματος και περνώντας στα Ανώτερα μάρμαρα και στους σχιστόλιθους, δημιουργεί το φαράγγι της Κακής Θάλασσας. Η διεύθυνση του τότε υδρογραφικού δικτύου ήταν από δυτικά προς τα ανατολικά.

Κατά την περίοδο του Μέσου-Ανωτέρου Πλειστοκαίνου η κατάσταση διαφοροποιείται εξαιτίας της οπισθοδρομούσας διάβρωσης που αναπτύχθηκε στο υδρογραφικό δίκτυο Αδάμι, με αποτέλεσμα να εμφανιστεί το φαινόμενο πειρατίας (σύλληψης) του άνω τμήματος του Ποτάμι Κερατέας από το Αδάμι.

Η παράκτια ζώνη της περιοχής αυτής παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά μιας υποχωρούσας ακτογραμμής κατά την διάρκεια του Ανωτέρου Πλειστοκαίνου-Ολοκαίνου. Επικρατούν οι παράκτιες γεωμορφές των Beachrocks τόσο των παράκτιων όσο και των βυθισμένων μέχρι και βάθη - 4,70 m περίπου, που αποτελούν ενδείξεις θαλάσσιας επίκλισης στο δεύτερο μισό του Ολοκαίνου. Παρατηρούνται επίσης μορφές Tombolo και παρακτίων θινών σταθεροποιημένων με βλάστηση. Σημαντικές είναι και οι εμφανίσεις αιολιανιτών που δίνουν πολύτιμες πληροφορίες για την μορφή του αναγλύφου και του κλίματος που επικρατούσε κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο-Ολόκαινο.

Σε όλο το μήκος της ακτής η ανθρωπογενής επέμβαση είναι έντονη και καθορίζει πολλές φορές τη μορφή της ακτογραμμής (DOW-ΔΕΗ).

ABSTRACT

The Keratea - Thorikos area is drained today by the complex drainage network of

Adami-Potami. The region of Keratea, Daskalio and Kaki Thalassa comprised a sedimentation basin during the Late Pliocene in the form of a lake which periodically connected to the sea.

During the Early to Middle Pleistocene, as a result of tectonic movements, we have sinking of the eastern parts of Kaki Thalassa, Daskalio and Viethi. Consequently, the drainage network in the area of Kaki Thalassa cuts through the phyllitic nappe, the upper marbles and the schists, forming the gorge of Kaki Thalassa. The direction of the drainage system at that time was from west to east.

During the Middle to Late Pleistocene the situation changes due to the headward erosion which developed in the drainage network of Adami. Consequently, we have the phenomenon of stream piracy of the upper section of Potami Kerateas by Adami.

The coastal zone of this region presents all the characteristics of a retreating coastline during the Late Pleistocene and Holocene. In this region, we find both coastal and underwater beachrocks down to a depth of about -4,70 m which constitute indications of marine transgression in the second half of the Holocene. Tombolos and coastal dunes stabilized by vegetation are also observed. The presence of old aeolianites is significant as it provides information about the terrain and the climate that prevailed during the Late Pleistocene and Holocene.

Along the whole length of the coastline human intervention is intense and often determines its configuration (DOW-ΔΕΗ).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή της νότιας Αττικής αποτελεί μια μεταβατική γεωμορφολογική ενότητα μεταξύ της ηπειρωτικής Ελλάδας και των βορείων Κυκλάδων (Σχ. 1). Παράλληλα παρουσιάζει τις τελευταίες δεκαετίες έντονη τουριστική και αναπτυξιακή κίνηση.

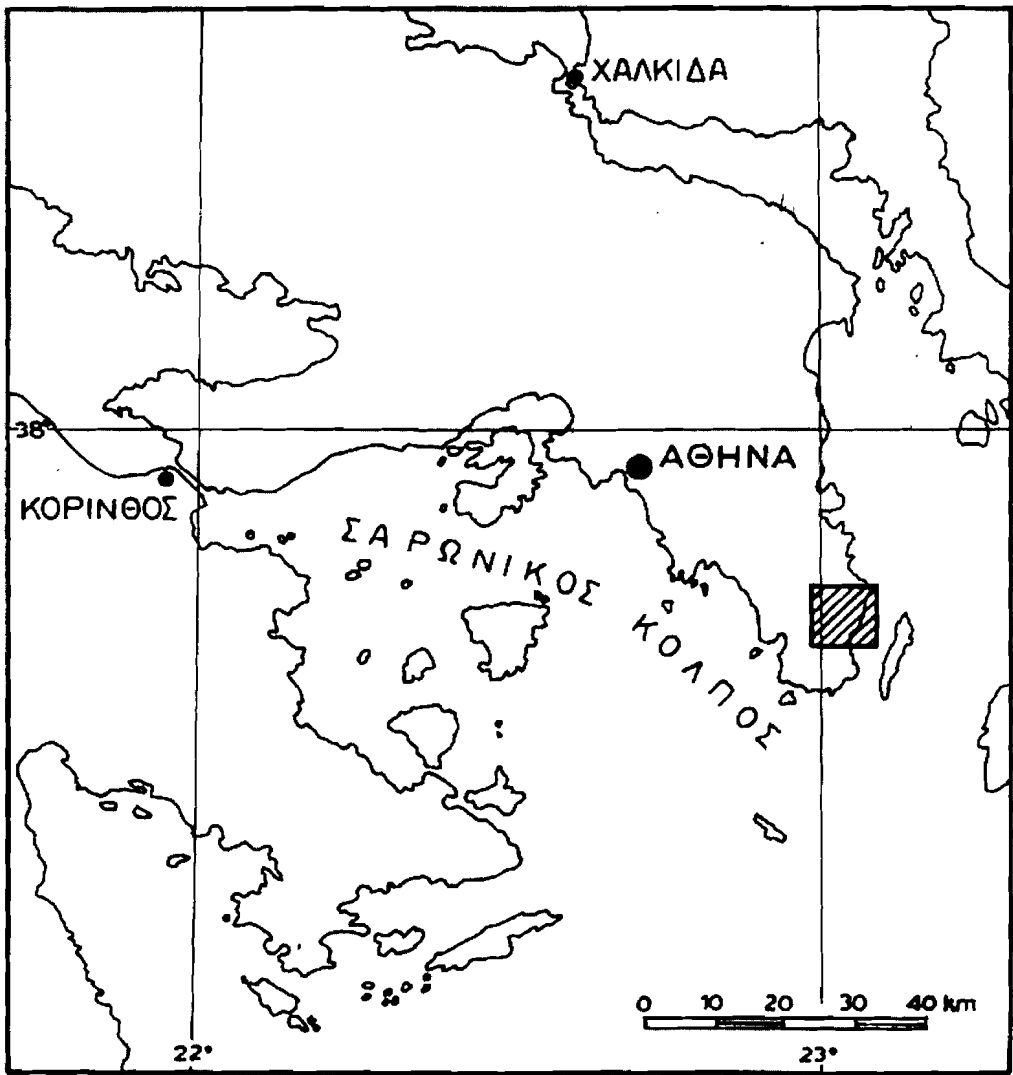
Σκοπός της μελέτης είναι να εξεταστούν οι γεωμορφικές διεργασίες που επέδρασαν στο ανάγλυφο της περιοχής και να προσδιοριστούν οι παράγοντες και οι συνθήκες που το διαμορφώνουν και ταυτόχρονα καθορίζουν και την εξέλιξη του κατά την διάρκεια της Τεταρτογενούς περιόδου.

Η νότια Αττική παρουσιάζει μια σύνθετη γεωμορφολογική εξέλιξη τόσο εξαιτίας της πολύπλοκης γεωλογικής της δομής όσο και εξαιτίας των κλιματικών και τεκτονικών μεταβολών του Ανωτ. Πλειοκαίνου και Πλειστοκαίνου (Σχ. 2).

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι κυρίως η γεωμορφολογική χαρτογράφηση των γεωμορφών, η ταξινόμησή τους, καθώς και η δειγματοληψία ορισμένων αποθέσεων για περαιτέρω εργαστηριακή ανάλυση, με σκοπό να προσδιοριστούν οι συνθήκες του παλαιοπεριβάλλοντος απόθεσης και σχηματισμού τους (Σχ. 3).

Γεωλογία:

Σε γενικές γραμμές η γεωλογία της περιοχής Κερατέας - Θορικού και κατ' επέ-



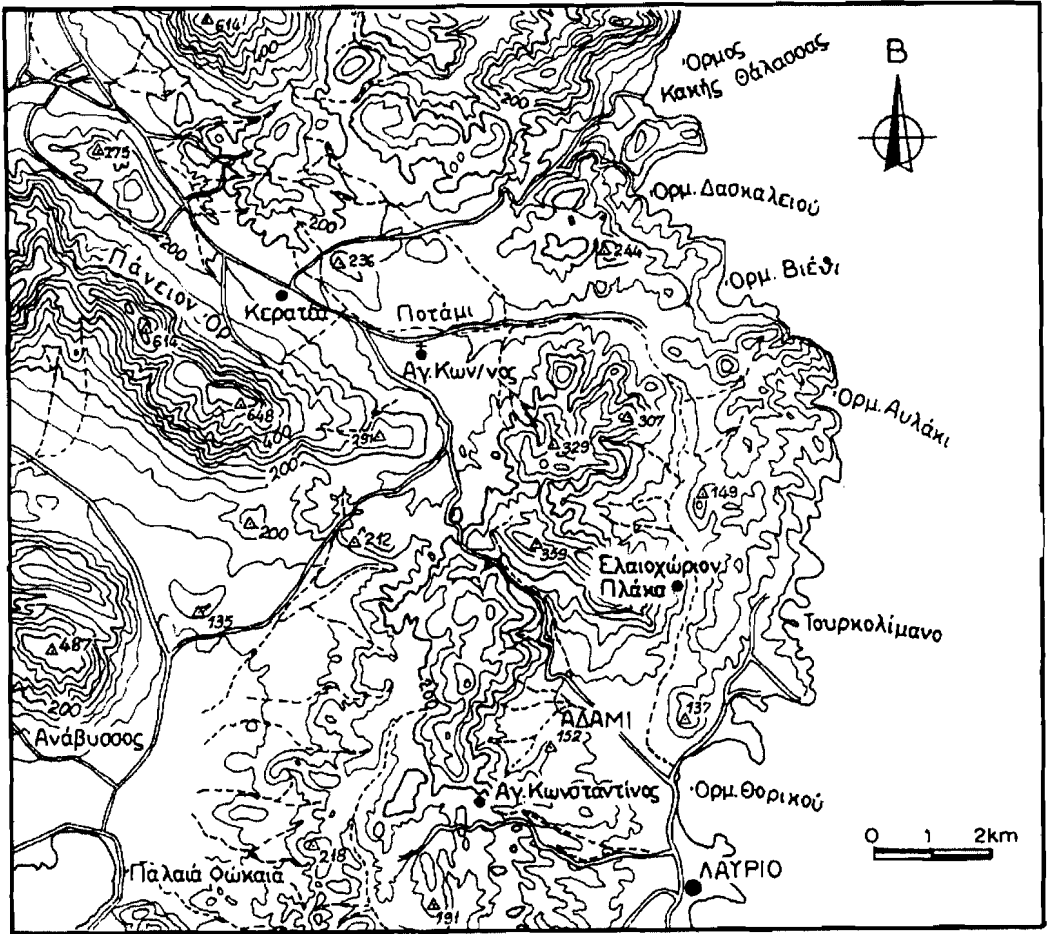
Σχ. 1 Θέση περιοχής μελέτης



κταση της νότιας Αττικής αποδίδεται σύμφωνα με τις απόψεις των Μαρίνου - Petrascheck (1956) και Κατσικάτσου (1976), ως εξής:

Διακρίνονται τρεις κύριες λιθοστρωματογραφικές ενότητες.

- i) Η κατώτερη γεωτεκτονική ενότητα της Αττικής, που θεωρείται αυτόχθονη και αποτελείται από μάρμαρα, δολομίτες και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους σε εναλλαγές, Τριαδικής - Ιουρασικής ηλικίας.
- ii) Η αλλόχθονη ενότητα του επωθημένου συστήματος των φυλλιτών με λέπη και



Σχ. 2. Τοπογραφικός χάρτης περιοχής μελέτης.

παρεμβολές μαρμάρων, χαλαζιτών και μεταμορφωμένων βασικών εκρηξιγενών.

- iii) Η ακολουθία των Νεογενών και Τεταρτογενών σχηματισμών που επίκειται σύμφωνα πάνω στις προηγούμενες. Τα νεογενή στρώματα αποτελούνται από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες και μαργαίλους ασβεστολίθους. Είναι κυρίως λιμναία ιζήματα γλυκού και υφάλμυρου υδάτινου περιβάλλοντος. Οι Τεταρτογενείς σχηματισμοί διακρίνονται σε αποθέσεις αλλουβιακών ριπιδίων, κώνων, πλευρικών κορημάτων, αναβαθμίδων, ασβεστιτικών ψαμμιτών και ποταμοχειμάρριων αποθέσεων.

Γεωμορφολογική εξέλιξη:

Κατά την περίοδο του Ανωτ. Πλειοκαίνου η περιοχή αποτελούσε λεκάνη υποδοχής ιζημάτων λιμναίας και υφάλμυρης φάσης, κροκαλοπαγών, ψαμμιτών, μαργών με την

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΕΡΑΤΕΑΣ-ΘΟΡΙΚΟΥ

Υπόμνημα

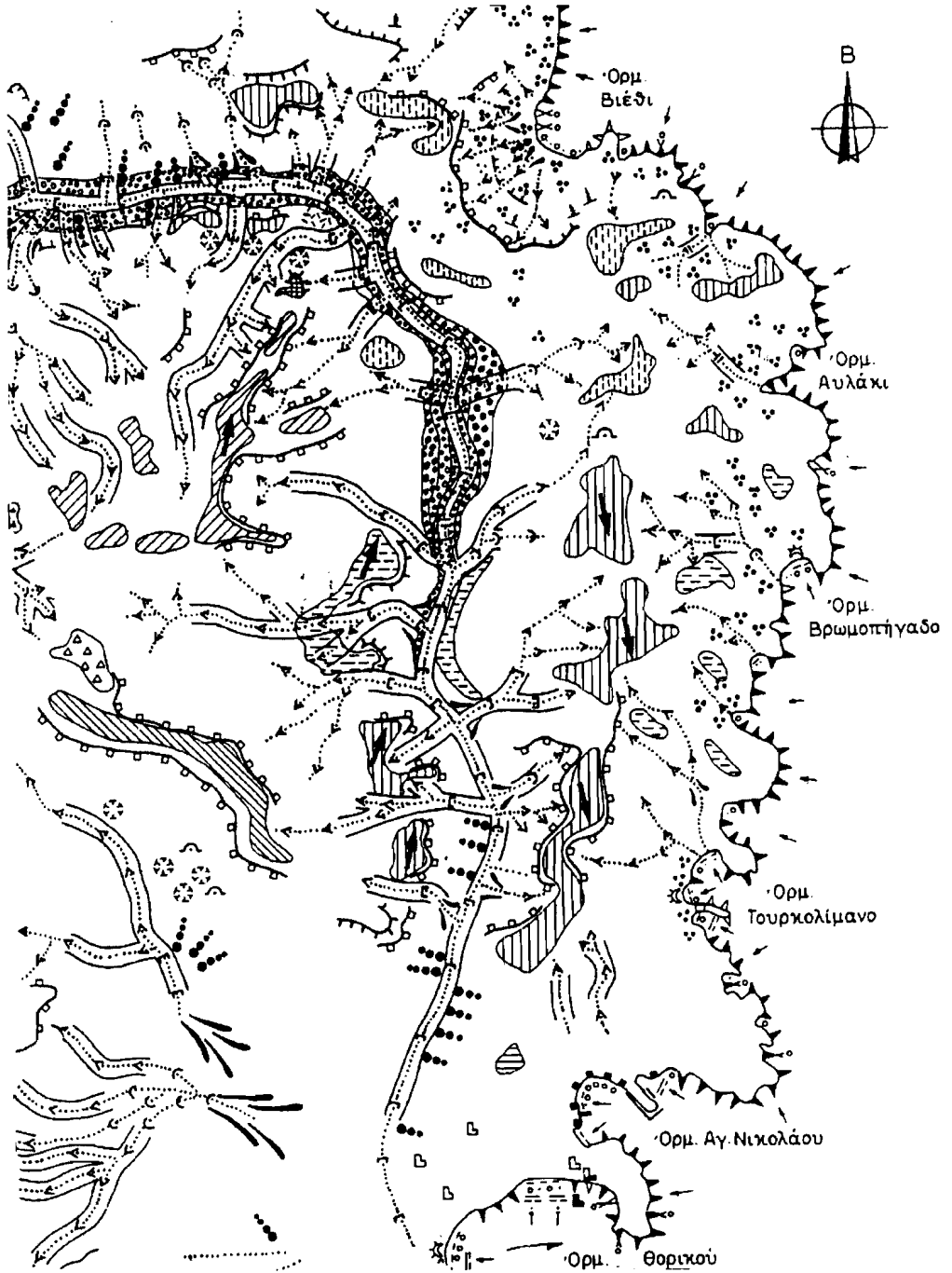
	Περιωστιακή ροή		Ασβεστιτικοί φαιμίτες
	Τεταρωματώση		Συνορί υποκατωμάτων μεταλλευτικών εργασιών
	Κοιλώδες σχήματος V		Μεταλλευτικό θύθωμα
	Κοιλώδες σχήματος U		Ισιτά μεταλλεύου
	Κοιλώδες σχήματος ω		Ακτή με μέση κλίση 10%.
	Κοιλώδες με κατά βάθος διάβρωση		Ακτή με μέση κλίση 10-30%.
	Αποτομή αλλαγής στη κλίση >40%		Ακτή με μεγάλη κλίση >30%.
	Ομαλή αλλαγή στη κλίση <40%		Ακτή με μέση κλίση με ύψος
	Επιμείο κορυφής της κοίτης		Ακτή με μεγάλη κλίση η γκρεμιάς με ύψος
	κλίση επιφάνειας ισοπέδωσης		Ακτή που υποχωρεί
	Επιφάνεια ισοπέδωσης 20-60m		Ακτή με άμμο
	Επιφάνεια ισοπέδωσης 60-80m		Ακτή με κοραλλίες
	Επιφάνεια ισοπέδωσης 100-140m		Ακτή με ανάμικτο υλικό
	Επιφάνεια ισοπέδωσης 140-160m		Βασκίνοια στην ακτή
	Επιφάνεια ισοπέδωσης 160-180m		Βασκίνοια υποθαλάσσια
	Επιφάνεια ισοπέδωσης 180-220m		Παράκτιο ρεύμα
	Επιφάνεια ισοπέδωσης 240-280m		Τάμπιλο
	Επιφάνεια ισοπέδωσης 280-320m		Παράκτιες όψεις με πρόσφατη σταθεροποιημένες
	Επιφάνεια ισοπέδωσης 320-380m		Χερσαίες-παράκτιες-υποθαλάσσιες αρχαιότητες
	Παλαιές συνεικτικές αναβαθμίσεις		Τεχνητά πληρωμένα ακτή
	Αναβαθμίσεις ενδιάμεσης ηλικίας συνεκτικές		Τεχνητή ακτή
	Μειώστες αναβαθμίσεις		Προβλήτα, κώλες
	Κόμμη απόθεσης		
	Κορήματα		

0 1km

μορφή κλειστής λίμνης που κατά περιόδους επικοινωνούσε με την θάλασσα. Το υδρογραφικό δίκτυο του Ποτάμι δεν υφίσταται την περίοδο εκείνη με την μορφή που έχει σήμερα. Πιθανόν ένα τμήμα του Αδάμι να λειτουργούσε και να είχε τις εκβολές του στον όρμο του Θορικού.

Στην περίοδο του Κατ. Πλειστοκαιίνου εξαιτίας τεκτονικών κινήσεων έχουμε βύθιση των ανατολικών περιοχών της Κακής Θάλασσας, Βιέθι, Τουρκολίμανου. Αυτό επιβεβαιώνεται και από την διαφορετική κλίση που παρουσιάζουν οι επιφάνειες ισοπέδωσης των 100-120 m προς Α-Ν.Α. στις παραπάνω περιοχές σε αντίθεση με την γενική κλίση προς τα Β.Α. που εμφανίζουν οι αντίστοιχες επιφάνειες στην υπόλοιπη περιοχή. Τότε το υδρογραφικό δίκτυο του Ποτάμι δημιουργείται και μεταφέρει τα προϊόντα διάβρωσης των δυτικών της Κερατέας περιοχών εκβάλλοντας προς τα ανατολικά.

Πιθανότατα είχε τις εκβολές του ανατολικότερα από τον σημε-



νεται από τις εξής παράκτιες γεωμορφές:

α) Τομβολο στην περιοχή του Τουρκολίμανου.

Πρόκειται για μια λωρίδα άμμου που συνδέει μια νησίδα με την στεριά. Μετά από δειγματοληπτική γεώτρηση που έγινε, διαπιστώθηκε πάχος θαλασσίων ιζημάτων 40-70 cm και από κάτω χερσαίες αποθέσεις. Σήμερα η μορφή αυτή καταστρέφεται υπό την επίδραση των θαλασσίων διεργασιών και την ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης.

β) Από εμφανίσεις beachrocks παράκτιες καθώς και υποθαλάσσιες, σε διάφορα βάθη κάτω από την σημερινή στάθμη της θάλασσας στα -1,20, -2,10, 3,40, -4,70 m βάθος. Εμφανίζουν ρωγματώσεις και ασυνέχειες παράλληλες και κάθετες ως προς τη διεύθυνση ανάπτυξής τους. Η δημιουργία τους οφείλεται κύρια στην μηχανική δράση των κυμάτων και στην βαρύτητα. Η ύπαρξη υποθαλάσσιων εμφανίσεων beachrocks τεκμηριώνει την σταδιακή ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης στην περίοδο του Ολοκαίνου.

Σημαντικό ρόλο στην επιδείνωση της κατάστασης του παράκτιου περιβάλλοντος παίζουν και οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις, που παρατηρούνται σε όλο το μήκος της ακτής και ιδιαίτερα όπου υπάρχει έντονη οικιστική ανάπτυξη. Τεχνητά διαμορφωμένες και πληρωμένες ακτές, εργοστασιακές - βιομηχανικές εγκαταστάσεις στον όρμο του Αγ. Νικολάου - Θορικού της ΔΕΗ και της ΔΩΥ.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η γεωμορφολογική χαρτογράφηση, η ανάλυση των γεωμορφών και του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής Κερατέας - Θορικού απεικονίζει την σύνθετη γεωμορφολογική εξέλιξη του χώρου αυτού της νότιας Αττικής γενικότερα.

Διαπιστώνεται ότι το ενιαίο σήμερα υδρογραφικό δίκτυο του Αδάμι-Ποτάμι, αποτελούσε δυο ανεξάρτητα σε εξέλιξη υδρογραφικά δίκτυα. Η διεργασία ενοποίησής τους τοποθετείται στην περίοδο του Ανωτέρου Πλειστοκαίνου εξαιτίας της οπισθοδρομούσας διάβρωσης, οδηγώντας σε ένα φαινόμενο σύλληψης «Πειρατίας» ενός τμήματος του υδρογραφικού δικτύου.

Τα κυριότερα αίτια της δράσης της οπισθοδρομούσας διάβρωσης πιστεύεται ότι είναι η ύπαρξη τεκτονικής ασυνέχειας (ρήγμα) διεύθυνσης Β.Α.-Ν.Δ., κατά μήκος της κεντρικής κοίτης, καθώς και πτώση της θαλάσσιας στάθμης κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο λόγω ευστατισμού.

Η ύπαρξη αιολιανιτών πιστοποιεί την ύπαρξη ψυχρού και ξηρού κλίματος με ισχυρούς ανέμους βόρειας και βορειοανατολικής διεύθυνσης κατά την περίοδο του τέλους του Ανωτέρου Πλειστοκαίνου, αρχές κατωτέρου Ολοκαίνου.

Η παράκτια ζώνη της περιοχής μελέτης υποχωρεί κατά την διάρκεια του Ολοκαίνου υπό την επίδραση της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των επακόλουθων θαλασσίων διεργασιών. Αυτό προκύπτει τόσο από τις υποθαλάσσιες εμφανί-

ρινό κόλπο της Κακής Θάλασσας - Δασκαλιού, με κατεύθυνση ροής από δυτικά προς τα ανατολικά. Αρχίζει παράλληλα να διαβρώνει τους σχηματισμούς του φυλλιτικού συστήματος και περνώντας στους σχηματισμούς του Αν. Μαρμάρου και σχιστολίθου δημιουργεί το φαράγγι της Κακής Θάλασσας.

Κατά την περίοδο του Ανωτ. Πλειστοκαίνου η κατάσταση διαφοροποιείται εξαιτίας της οπισθοδρομούσας διάβρωσης που αναπτύχθηκε στο υδρογραφικό δίκτυο του Αδάμι, που τελικά οδήγησε στο φαινόμενο της σύλληψης (Πειρατίας) του άνω τμήματος του Ποτάμι Κερατέας από τα Αδάμι. Ενοποιημένα πλέον το υδρογραφικό δίκτυο εκβάλλει στον όρμο του Θορικού. Τα αίτια της έντονης δράσης της οπισθοδρομούσας διάβρωσης πιστεύεται ότι είναι τόσο τεκτονικά, ύπαρξη ρήγματος κατά μήκος της κεντρικής κοίτης, όσο και ευστατικά με την πτώση της θαλάσσιας στάθμης κατά την περίοδο της τελευταίας παγετώδους περιόδου του Ανωτ. Πλειστοκαίνου.

Αποτέλεσμα αυτής της προσάρτισης και του ενοποιημένου δικτύου τελικά ήταν η αύξηση της στερεοπαροχής του δικτύου και κατά συνέπεια των αποθέσεων του στην πεδιάδα του Θορικού.

Κατά την περίοδο Ανωτ. Πλειστοκαίνου - Ολοκαίνου εξαιτίας των κλιματικών μεταβολών και της κατά βάθος διάβρωσης που ακολούθησε, δημιουργήθηκαν τρία συστήματα αναβαθμίδων, που παρατηρούνται κατά μήκος της κοίτης του Αδάμι - Ποτάμι.

Ασβεστιτικοί ψαμμίτες:

Σε αρκετές παράκτιες θέσεις καθώς και σε ενδοχωρικές περιοχές συναντώνται αποθέσεις ασβεστιτικών ψαμμιτών - αιολιανιτών με την μορφή πάγκων το πάχος των οποίων κυμαίνεται από 0,5-7 m περίπου, ανάλογα με τη θέση και συναντώνται μέχρι υψόμετρο 100 m και πλέον.

Πρόκειται για αιολικές αποθέσεις παρακτίων ιζημάτων του Ανωτ. Πλειστοκαίνου - Κατ. Ολοκαίνου. Παρουσιάζουν ομοιόμορφη κοκκομετρική σύσταση προς λεπτή άμμο και περικλείουν πλούσια πανίδα από τρηματοφόρα και ελασμοτοβράγχια υφάλμυρου περιβάλλοντος, ρηχών νερών. Τα συνδετικό υλικό των κόκκων είναι Mg-ούχος ασβεστίτης (3-11% πολ) και αραγωνίτης κυρίως, που η παρουσία του επιβεβαιώνει την πρόσφατη ηλικία διαγένεσης.

Το γεγονός ότι εμφανίζονται 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 πηγή τροφοδοσίας των αποθέσεων αυτών. Η διαγένεσή τους έγινε σε χερσαία και παράκτια περιβάλλοντα χαμηλής ενέργειας στη θέση όπου είχαν αποτεθεί.

Παράκτια περιβάλλον:

Η παράκτια ζώνη της περιοχής μελέτης από Κακή Θάλασσα μέχρι Θορικό παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά μιας χερσαίας ενάτητας που υποχωρεί υπό την επίδραση των θαλασσιών διεργασιών κατά την διάρκεια του Ολοκαίνου. Αυτό τεκμηριώ-

σεις beachrocks καθώς και από τις εμφανίσεις μορφών Tombolo που σήμερα καταστρέφονται.

Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις επιφέρουν σημαντικές αλλοιώσεις στην ακτογραμμή και στο παράκτιο περιβάλλον, καθορίζοντας σε αρκετές περιοχές τη μορφή της ακτογραμμής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bird E. (1984): *Coasts: An introduction to coastal geomorphology*. 3rd edition, Basil Blackwell, Oxford, 320 p.
- Fytrolakis N., Papanikolaou D. (1977): Some new occurrences of Quaternary sandstones in the Cyclades and their palaeogeographic importance. *VI Coll. Geol. of the Aegean Region.*, vol. II, pp. 459-466, Athens.
- Goudie A., Anderson M., Burt T., Lewin J., Richards K., Whalley B., Worsley P. (1981): *Geomorphological Techniques*. Ed. for British Geomorphological Research Group, G. Allen and Unwin, London, 395 p.
- Katsikatsos G. (1976): La structure tectonique de l' Attique et de l' ile d' Eubee. *Bull. Soc. Geol. France*, vol. 19, pp. 75-80, Paris.
- Μαρίνος Γ., Petrascheck W. (1956): Λαύριον. Ινστιτούτον Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους, τομ. 4, Αθήναι.
- Μηστάρδης Γ. (1961): Παλαιοτεταρτογενείς επιφανειακοί σχηματισμοί (εξ αδρομερών ίδια υλικών) εν Ανατολική Αττική. *Δελτίο Ε.Γ.Ε.*, τομ. 4, σελ. 50-65.
- Paepe R., Deraymaeker D. (1975): *Geomorphological and Quaternary mapping of the Adami-Potami area*. Thorikos VI 1969, pp. 79-98. Bruxelles, 1973.
- Παυλόπουλος Κ. (1992): Γεωμορφολογική εξέλιξη της νότιας Αττικής. Διδακτορική διατριβή, σελ. 275, χαρτ. 3, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Vandenven G. (1973): *Description geologique du site archeologique de Thorikos et ses environs*, Thorikos VI 1969, pp. 115-128, Bruxelles, 1973.

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΚΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ ΤΟΥ ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

ΓΚΙΩΝΗΣ Γ.

Εργαστήριο Θαλάσσιες Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας,
Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 261 10 Ρίο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παράκτια ζώνη του Κυπαρισσιακού κόλπου παρατηρείται μεγάλη ποικιλία ρυθμικών γεωμορφών που κυμαίνονται από beach cusps μέχρι υποθαλάσσιες ράχες και ρυθμικές ακτογραμμές. Λεπτομερείς υδροδυναμικές και μορφοδυναμικές μετρήσεις υπαίθρου και θεωρητική ανάλυση χρησιμοποιούνται για τη μελέτη του τρόπου δημιουργίας τους και την εξήγηση της επιλεκτικής εμφάνισής τους σε συγκεκριμένες θέσεις κατά μήκος της ακτογραμμής. Η περιοδικότητα των ρυθμικών γεωμορφών αποδίδεται στην αλληλεπίδραση του εισερχόμενου κυματισμού με κύματα ακμής για τις μορφές μικρής κλίμακας και με κύματα infragravity για τις μορφές μεγάλης κλίμακας.

ABSTRACT

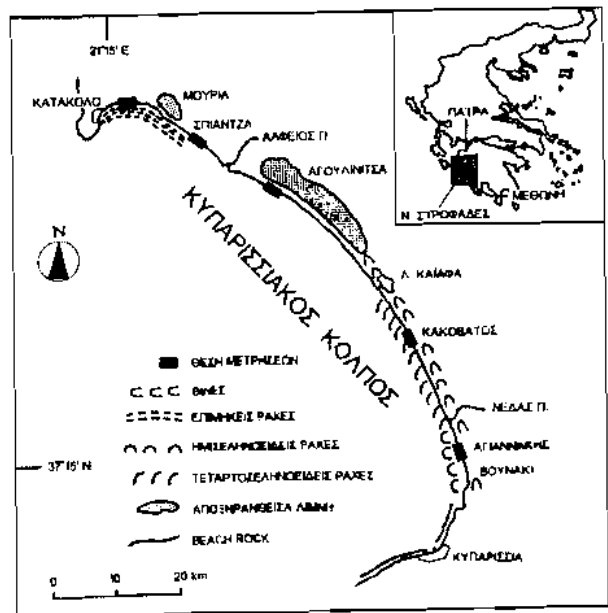
A large variety of rhythmic shoreline features, ranging from beach cusps to underwater bars and rhythmic shorelines, appear along the coast of the gulf of Kyparissia. Detailed hydrodynamic and morphodynamic measurements as well as theoretical analysis are used to study their mode of formation and to explain their selective appearance at specific sites along the coastline. The periodicity of the rhythmic forms is attributed to the interaction between the incident waves and edge waves for the smaller forms and to the interaction with infragravity waves for the larger forms.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Κυπαρισσιακός κόλπος βρίσκεται στη δυτική ακτή της Πελοποννήσου, έχει ημισεληνοειδές σχήμα και μήκος ακτογραμμής 63 km περίπου. Σημαντικά γεωμορφολογικά στοιχεία κατά μήκος της ακτής είναι η λίμνη του Καϊάφα, οι αποξηρανθείσες λίμνες της Αγουλινίτσας και της Μουριάς και η ζώνη από παράκτιες θίνες σε όλο σχεδόν το μήκος του κόλπου.

Οι σημαντικότερες γεωμορφές που εμφανίζονται στην παράκτια ζώνη του Κυπαρισσιακού κόλπου είναι οι επιμήκεις, ημισεληνοειδείς και τεταρτοσεληνοειδείς υποθαλάσσιες ράχες, οι ρυθμικές ακτογραμμές και τα beach cusps στο μέτωπο της

ακτής. Κάθε μία από τις γεωμορφές αυτές εμφανίζεται επιλεκτικά σε συγκεκριμένες θέσεις κατά μήκος της ακτογραμμής (σχ. 1). Κοινά χαρακτηριστικά όλων των γεωμορφών είναι η σταθερότητα της θέσης τους και η σταθερότητα των αποστάσεων μεταξύ διαδοχικών γεωμορφών του ίδιου τύπου. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο προσδιορισμός των μορφοδυναμικών χαρακτηριστικών των γεωμορφών, ο συσχετισμός τους με τις παράκτιες υδροδυναμικές συνθήκες και ο εντοπισμός των γεωμορφολογικών διεργασιών που ευθύνονται για τη δημιουργία τους.



Σχήμα 1. Συνολτικός γεωμορφολογικός χάρτης και θέσεις μετρήσεων.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων απαιτήθηκαν εκτεταμένες μετρήσεις στο ύπαιθρο καθώς και θεωρητική ανάλυση με βάση τα συλλεχθέντα και άλλα υπάρχοντα στοιχεία για την περιοχή.

Οι μετρήσεις υπαίθρου έγιναν κατά τα έτη 1988 έως 1992 σε πέντε θέσεις κατά μήκος της ακτογραμμής του Κυπαρισσιακού (σχ. 1), επιλεγμένες έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν όλες τις υπό μελέτη γεωμορφές και τα παράκτια περιβάλλοντα που εμφανίζονται στον κόλπο. Οι μετρήσεις έγιναν κυρίως τους χειμερινούς μήνες που είναι οι μήνες της εντονότερης κυματικής δράσης και συμπληρώθηκαν με μετρήσεις και παρατηρήσεις κατά τους υπόλοιπους μήνες. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε ώστε οι μετρήσεις να είναι αντιπροσωπευτικές των ανεμογενών κυμάτων όλων των δυνατών διευθύνσεων και χαρακτηριστικών στον κόλπο.

Οι μεγάλης κλίμακας μεταβολές της τομής της ακτής και της θέσης της ακτογραμμής προσδιορίστηκαν με επανειλημμένες τοπογραφικές μετρήσεις με ταχύμετρο και σταδία. Οι μικροτοπογραφικές μεταβολές του μετώπου της ακτής που σχετίζονται με τη δημιουργία των ρυθμικών γεωμορφών μετρήθηκαν με τη βοήθεια ενός δικτύου από 200 χαλύβδινες βέργες διαμέτρου 5 mm και μήκους 2 m που τοποθετήθηκαν

στο μέτωπο της ακτής στη θέση Κακόβατος και κάλυπταν επιφάνεια 1.200 m². Συμπληρωματικά δίκτυα από 50 βέργες το καθένα τοποθετήθηκαν στις θέσεις Σπιάντζα και Αγιαννάκης. Διαδοχικές μετρήσεις του εκτεθειμένου ύψους των βεργών κατά την διάρκεια των μετρήσεων υπαίθρου επέτρεψαν την καταγραφή των μεταβολών του μετώπου της ακτής και τον υπολογισμό του ρυθμού στερεομεταφοράς και του ιζηματολογικού ισοζυγίου του μετώπου της ακτής. Η χρήση του μικροτοπογραφικού δικτύου προσέφερε άριστη επαναληψιμότητα ως προς τα σημεία μέτρησης και ταχύτατη τοπογραφική αποτύπωση του μετώπου της ακτής (λιγότερο από 20 λεπτά για τη μέτρηση των 200 βεργών του δικτύου στον Κακόβατο). Κατ' αυτό τον τρόπο, εξασφαλίστηκε και η απαίτηση για σταθερές υδροδυναμικές συνθήκες κατά τη διάρκεια μέτρησης του δικτύου.

Ταυτόχρονα με τις μετρήσεις των μεταβολών της ακτής προσδιορίζονταν και οι υδροδυναμικές συνθήκες στην παράκτια ζώνη. Για τον προσδιορισμό των κυματικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκαν κυματογράφοι συνεχούς αντιστάσεως ελεγχόμενοι από ηλεκτρονικό υπολογιστή με συχνότητα δειγματοληψίας 2 Hz και διάρκεια κάθε περιόδου μετρήσεων 20 min. Η διεύθυνση, το ύψος και η περίοδος των κυμάτων προσδιορίστηκαν από τις καταγραφές των κυματογράφων με ανάλυση χρονοσειρών.

Η κίνηση του νερού στο μέτωπο της ακτής μελετήθηκε με χρονοφωτογράφιση (time-lapse photography).

Η διεύθυνση και η ταχύτητα των παράκτιων ρευμάτων και η κυκλοφορία του νερού στην παράκτια ζώνη προσδιορίστηκαν με τη βοήθεια ειδικών πλωτήρων. Συμπληρωματικά στοιχεία προέκυψαν από τη μελέτη της διασποράς χρωστικής ουσίας (fluoresceine sodium) που απελευθερώθηκε σε επιλεγμένα σημεία της παράκτιας ζώνης.

Τέλος, έγινε συστηματική δειγματοληψία των επιφανειακών 2 cm των ιζημάτων της ακτής για τον προσδιορισμό των κοκκομετρικών τους χαρακτηριστικών. Τα δείγματα αναλύθηκαν με ξηρό κοσκίνισμα ανά 0.5 φ και υπολογίστηκαν οι κοκκομετρικές παράμετροι με τη μέθοδο των ροπών.

Η θεωρητική ανάλυση συνίστατο κατ' αρχήν στην επεξεργασία υπαρχόντων ανεμολογικών στοιχείων (της Ε.Μ.Υ.) για τον εντοπισμό των επικρατουσών ταχυτήτων και διευθύνσεων πνοής των ανέμων στον κόλπο. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την πρόγνωση των αναμενόμενων κυματικών χαρακτηριστικών με τη μέθοδο SMB. Για κάθε αναμενόμενο κυματισμό κατασκευάστηκαν διαγράμματα διάθλασης από την ανάλυση των οποίων προέκυψαν οι γενικές διευθύνσεις των παράκτιων ρευμάτων και της παράκτιας στερεομεταφοράς. Τέλος υπολογίστηκαν τα «μήκη κύματος» των ρυθμικών γεωμορφών που προβλέπονται από τη θεωρία των κυμάτων ακμής (edge wave theory) και συγκρίθηκαν με τις μετρημένες στο ύπαιθρο αποστάσεις των γεωμορφών αυτών.

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗΣ

α) Ρυθμικές γεωμορφές

Στον Κυπαρισσιακό κόλπο εμφανίζονται και τα τρία βασικά είδη υποθαλάσσιων ράχων, οι επιμήκεις (longitudinal), οι προσκολλημένες τεταρτοσεληνοειδείς (welded oblique) και οι ημισεληνοειδείς (crescentic). Οι ράχες αυτές αποτελούν μόνιμες γεωμορφές της παράκτιας ζώνης του Κυπαρισσιακού κόλπου όπως αποδεικνύεται από τη μελέτη αεροφωτογραφιών και από μετρήσεις υπαίθρου. Οι επιμήκεις ράχες είναι πολλαπλές (συνήθως 2-5 ράχες παράλληλες μεταξύ τους), εμφανίζονται στο βόρειο άκρο του κόλπου και οι μεταξύ τους αποστάσεις κυμαίνονται από 16 m ως 170 m. Οι τεταρτοσεληνοειδείς ράχες εντοπίζονται στο κεντρικό τμήμα του κόλπου, από τη λίμνη του Καϊάφα μέχρι τις εκβολές του Νέδα και απέχουν μεταξύ τους από 110 m ως 330 m. Οι ημισεληνοειδείς ράχες περιορίζονται στο νότιο τμήμα του κόλπου και οι μεταξύ τους αποστάσεις κυμαίνονται από 110 m ως 520 m.

Σε όλο σχεδόν το μήκος του κόλπου εμφανίζονται beach cusps με αποστάσεις που κυμαίνονται από 3 m ως 50 m, αν και στο βόρειο τμήμα (Κατάκολο) είναι εξαιρετικά σπάνια. Επίσης σε όλο το μήκος του κόλπου εμφανίζονται ρυθμικές ακτογραμμές (κυρίως νότια των εκβολών του Αλφειού) με «μήκη κύματος» της τάξης των 100-250 m.

Από τη θεωρητική ανάλυση με τη βοήθεια διαγραμμάτων διάθλασης κυματισμού και από τις μετρήσεις υπαίθρου προέκυψε ότι η επιλεκτική εμφάνιση αυτών των γεωμορφών σε συγκεκριμένες θέσεις οφείλεται σε διαφορές των μέσων υδροδυναμικών συνθηκών στην παράκτια ζώνη και σε διαφορές των χαρακτηριστικών των παράκτιων ιζημάτων.

β) Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά

Στην παράκτια ζώνη του Κυπαρισσιακού κόλπου μπορούν να διακριθούν τρεις ιζηματολογικές περιοχές με βάση τα κοκκομετρικά χαρακτηριστικά των ιζημάτων: 1) στο νότιο άκρο επικρατούν χονδρόκοκκα ιζήματα (χαλικούχοι άμμοι έως αμμούχοι χάλικες) με μέτρια διαβάθμιση (σχ. 2, περιοχή Α), ενώ κοντά στην Κυπαρισσία υπάρχει και beach rock, 2) στο κεντρικό τμήμα η ακτή αποτελείται από μέση άμμο καλά διαβαθμισμένη (σχ. 2, περιοχή Β) και 3) στο βόρειο άκρο (περιοχή Κατακόλου) η ακτή αποτελείται από λεπτή άμμο καλά διαβαθμισμένη (σχ. 2, περιοχή Γ).

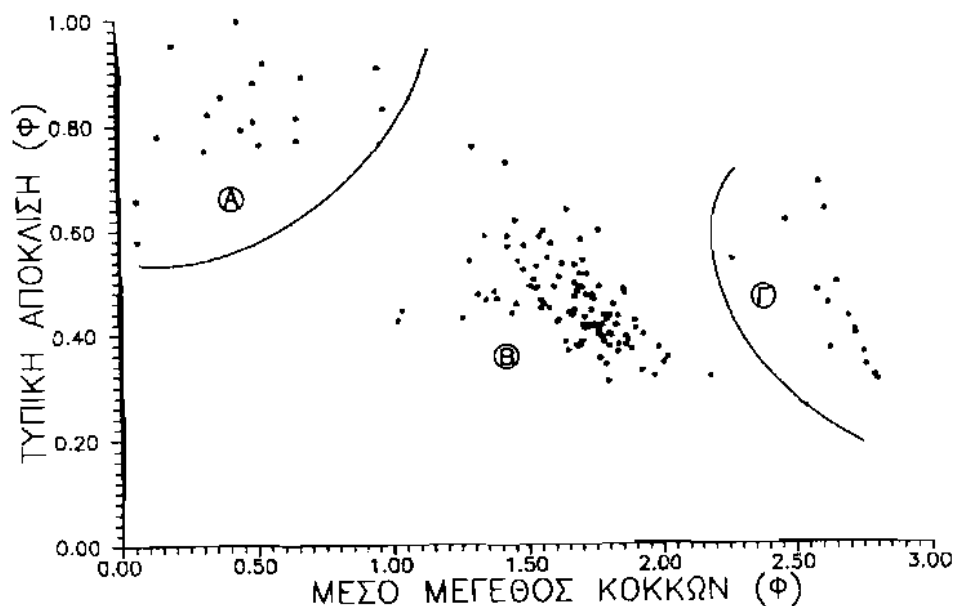
γ) Μορφοδυναμικά και υδροδυναμικά χαρακτηριστικά

Η μέση κλίση ακτής στο νότιο άκρο του κόλπου κυμαίνεται από 7° ως 13°, στο κεντρικό τμήμα από 6° ως 11° και στο βόρειο άκρο από 1° ως 4°. Από την ανάλυση των ανεμολογικών στοιχείων και την πρόγνωση των αναμενόμενων κυματισμών προκύπτει ότι ο Κυπαρισσιακός κόλπος επηρεάζεται κυρίως από κύματα NW, W, SW και S προέλευσης με μέγιστες περιόδους 7.2 s, 10.7 s, 11.4 s και 10.4 s αντίστοιχα. Με βά-

ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑΚΟΣ 1988 - 1990

143 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ

ΣΕΙΡΕΣ : C,F,G,H,I,J,P,U



Σχ. 2. Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά των παράκτιων ιζημάτων του Κυπαρισσιακού κόλπου.

A: νότιες, B: κεντρικές, Γ: βόρειες ακτές.

ση τα στοιχεία αυτά, οι νότιες ακτές του Κυπαρισσιακού κόλπου χαρακτηρίζονται έντονα ανακλαστικές ($\xi=0.1-0.7$) από υδροδυναμική άποψη. Οι ακτές του κεντρικού τμήματος είναι ανακλαστικές ($\xi=1-2$). Οι ακτές στο βόρειο άκρο του κόλπου συμπεριφέρονται ως ακτές απόσβεσης της κυματικής ενέργειας ($\xi>20$) ή ως ενδιάμεσες ακτές ($\xi=2.5-20$) ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εισερχόμενου κυματισμού. Σε ειδικές περιπτώσεις πολύ έντανου κυματισμού οι ακτές αυτές μεταπίπτουν σε ανακλαστικές ($\xi=2.3-2.5$).

ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΡΥΘΜΙΚΩΝ ΓΕΩΜΟΡΦΩΝ

α) Επιμήκειες ράχες

Οι επιμήκειες ράχες σχηματίζονται σε περιβάλλον απόσβεσης της κυματικής ενέργειας και οι αποστάσεις μεταξύ τους συσχετίζονται με το ύψος των εισερχομένων κυμάτων. Στην περίπτωση του Κατακόλου μια τυπική τομή της ακτής περιλαμβάνει τρεις παράλληλες επιμήκειες ράχες. Κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλού κυματισμού παρατηρείται αργή μεταφορά υλικού προς την ακτή από τις δύο ράχες που βρίσκονται πλησιέστερα προς την ακτογραμμή. Συνέπεια αυτής της στερεομεταφοράς είναι η βαθμιαία μείωση της κλίσης της ακτής και η σταδιακή προέλαση της ακτογραμμής.

β) Beach cusps

Τα beach cusps έχουν αποτελέσει αντικείμενο πολλών μελετών και στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν υποστηριχθεί διαφορετικές απόψεις για τον τρόπο δημιουργίας τους. Οι κυριότερες διαφορές εστιάζονται στο αν οι γεωμορφές αυτές είναι αποτέλεσμα διάβρωσης ή απόθεσης υλικού στο μέτωπο της ακτής και στο αίτιο που προκαλεί τη δημιουργία πολλαπλών τέτοιων γεωμορφών με σταθερές αποστάσεις μεταξύ τους.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται οι ταυτόχρονες μετρήσεις των υδροδυναμικών συνθηκών στην παράκτια ζώνη, των επακόλουθων μικροτοπογραφικών μεταβολών και του ρυθμού στερεομεταφοράς στο μέτωπο της ακτής για τον προσδιορισμό του τρόπου δημιουργίας των beach cusps. Από τη μελέτη του μέσου ρυθμού ολικής στερεομεταφοράς ATVF (Average Total Volume Flux) προκύπτει ότι τα beach cusps σχηματίζονται και αναπτύσσονται πάντα κατά τη φάση μείωσης του ολικού όγκου κινητοποιημένων ιζημάτων που έπεται μιας περιόδου έντονου κυματισμού (σχ. 3). Όπως προκύπτει από τον μέσο καθαρό ρυθμό στερεομεταφοράς ANVF (Average Net Volume Flux), κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των beach cusps η ακτή συνολικά μπορεί είτε να διαβρώνεται είτε να προσχώνεται. Αυτά καθ' εαυτά τα beach cusps όμως σχηματίζονται με ανακατανομή των ιζημάτων του μετώπου της ακτής, όπως αποδεικνύεται από τις μικροτοπογραφικές μετρήσεις.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό του σχήματος 4, όπου η μετάβαση από την αρχικά επίπεδη κατώτερη ακτή στην τελική ακτή με beach cusps γίνεται με διάβρωση ιζημάτων από τις θέσεις των κόλπων των beach cusps και απόθεσή τους στις θέσεις των ακρωτηρίων. Όταν η ένταση του εισερχόμενου κυματισμού και ο επακόλουθος ρυθμός στερεομεταφοράς μειωθούν πολύ, η κίνηση του νερού στο μέτωπο της ακτής δεν είναι ικανή να συντηρήσει την ανάπτυξη των beach cusps που παραμένουν πλέον αμετάβλητα ως εγκαταλελειμμένες γεωμορφές. Η αρχή μιας νέας περιόδου έντονου κυματισμού έχει ως συνέπεια την απότομη αύξηση του μέσου ρυθμού ολικής στερεομεταφοράς που οδηγεί στην επιπέδωση του ενεργού τμήματος της ακτής και την καταστροφή των γεωμορφών που υπήρχαν σε αυτό (σχ. 3).

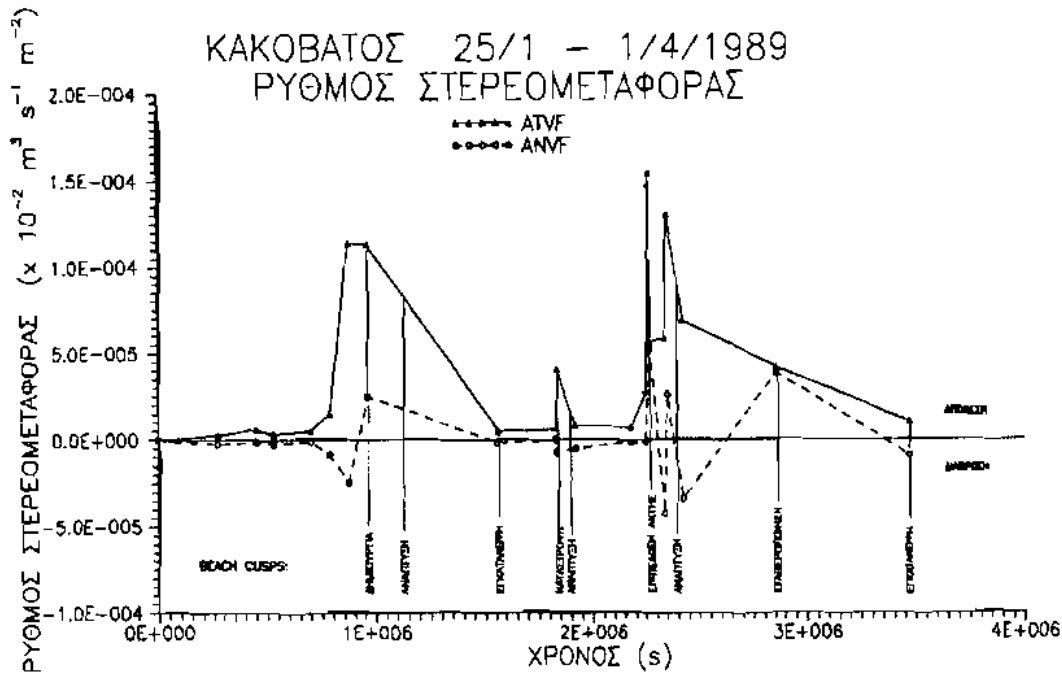
Οι σταθερές αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών «ακρωτηρίων» των beach cusps υποδεικνύουν την ύπαρξη μιας διεργασίας σχηματισμού με περιοδικότητα κατά μήκος της ακτής. Ως τέτοια διεργασία έχει προταθεί η παρουσία κυμάτων ακμής (edge waves) στην παράκτια ζώνη. Τα κύματα ακμής είναι δευτερογενείς ταλαντώσεις που εξαιτίας της διάθλασης παραμένουν παγιδευμένες κοντά στην ακτή. Τό πλάτος τους μεταβάλλεται ημιτονοειδώς κατά μήκος της ακτής και μειώνεται εκθετικά από την ακτογραμμή προς τα βαθειά νερά.

Το μήκος κύματος των κυμάτων ακμής δίνεται από τη σχέση:

$$L_e = \frac{g}{2\pi} T_e^2 \sin [(2n+1)\beta] \quad (1)$$

όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, T_e η περίοδος του κύματος ακμής, n ένας ακέραιος που δείχνει τον αριθμό διελεύσεων από τη θέση ισορροπίας πριν η ταλάντωση αποσβεσθεί στη διεύθυνση κάθετα προς την ακτογραμμή και β η μέση κλίση της ακτής.

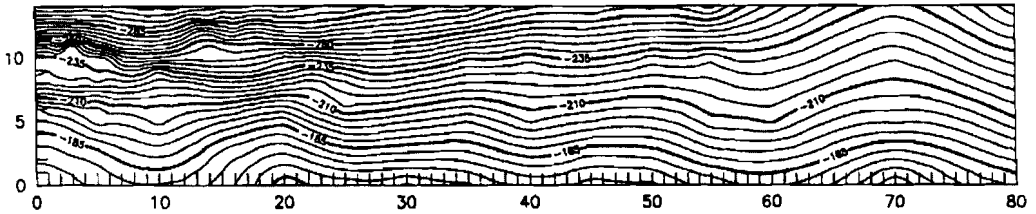
Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ των κυμάτων ακμής και του εισερχόμενου κυματισμού μπορεί να δημιουργήσει beach cusps σε εργαστηρια-



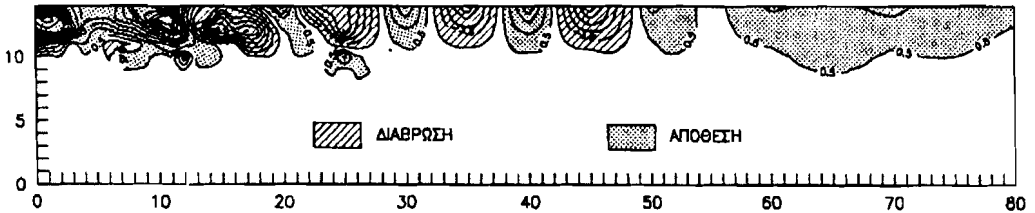
Σχ. 3. Μεταβολή του ρυθμού στερεομεταφοράς στο μέτωπο της ακτής κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

κές ακτές. Τα beach cusps αυτά έχουν μεταξύ τους αποστάσεις ίσες με το μήκος κύματος του κύματος ακμής αν οφείλονται σε σύγχρονα κύματα ακμής ή ίσες με το μισό του μήκους κύματος αν οφείλονται σε υποαρμονικά κύματα ακμής. Στην περίπτωση του Κυπαρισσιακού κόλπου υπάρχει πολύ καλή συσχέτιση μεταξύ των προβλεπόμενων από τη θεωρία των κυμάτων ακμής και των μετρηθέντων «μηκών κύματος» των beach cusps που βρίσκονταν στη φάση της δημιουργίας τους (πίνακας 1, γ και δ). Από τη φασματική ανάλυση των καταγραφών των κυματογράφων προκύπτει ότι στις περισσότερες περιπτώσεις υπήρχε στην παράκτια ζώνη υπαρμονική ταλάντωση κατά τη φάση της δημιουργίας των beach cusps (σχ. 5, α). Το γεγονός ότι κατά τις ίδιες περιόδους παρατηρήθη εναλασσόμενη κίνηση του νερού στους κόλπους των beach cusps οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η υποαρμονική ταλάντωση στην παράκτια ζώνη ήταν ένα υποαρμονικό κύμα ακμής.

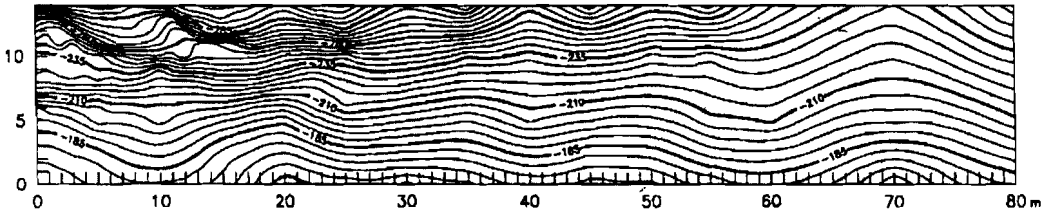
ΚΑΚΟΒΑΤΟΣ 1989:02:01:16:40 – ΑΡΧΙΚΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ



ΚΑΚΟΒΑΤΟΣ 1989:02:01:16:40–03:17:08 – ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΑΚΤΗΣ



ΚΑΚΟΒΑΤΟΣ 1989:02:03:17:08 – ΤΕΛΙΚΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ



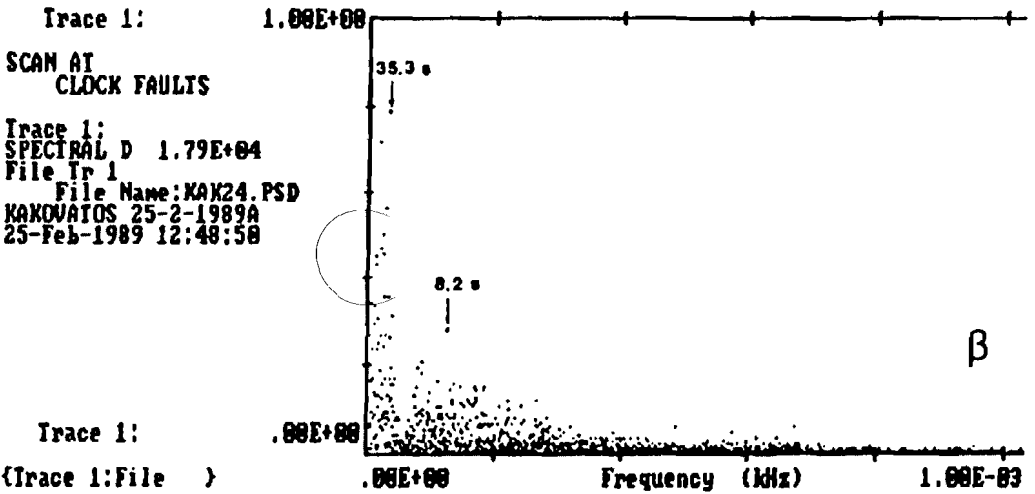
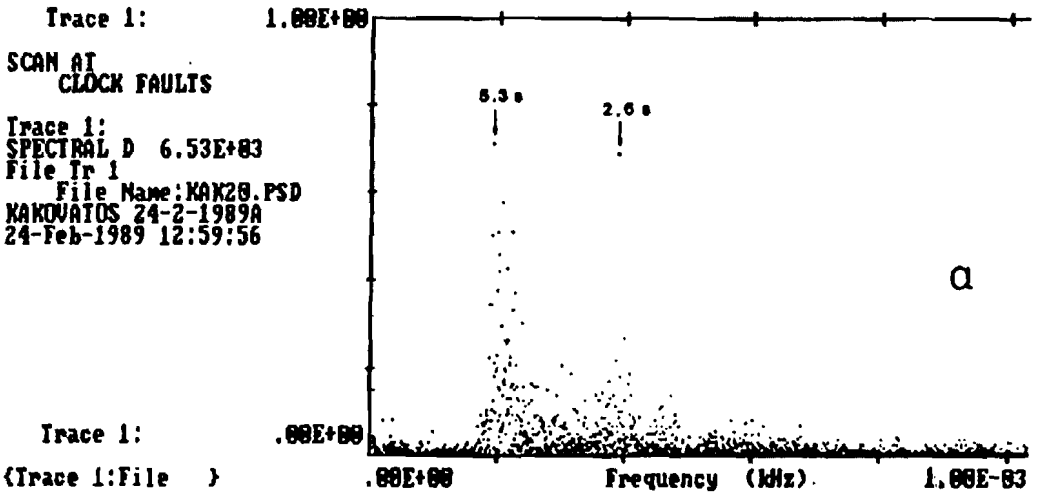
Σχ. 4. Τοπογραφικές μεταβολές της ακτής σχετιζόμενες με τη δημιουργία beach cusps.

Αντίθετα δεν υπάρχει συσχέτιση των θεωρητικά υπολογιζόμενων με τα μετρηθέντα «μήκη κύματος» των beach cusps που βρίσκονται στη φάση ανάπτυξης (πίνακας 1, α και β). Από τη θεωρητική ανάλυση (Guza and Bowen, 1981) προκύπτει ότι για να συτηρηθεί η δράση των κυμάτων ακμής θα πρέπει:

όπου β είναι η κλίση της ακτής, a_T είναι το ύψος και λ_c το «μήκος κύματος» των

$$\frac{a_T}{\lambda_c \tan \beta} \leq 0.13 \quad (2)$$

beach cusps. Στην περίπτωση των beach cusps σε φάση ανάπτυξης η τιμή του λόγου της σχέσης (2) κυμαίνεται από 0.14 ως 0.18 αποκλείοντας έτσι την ύπαρξη κυμάτων ακμής.

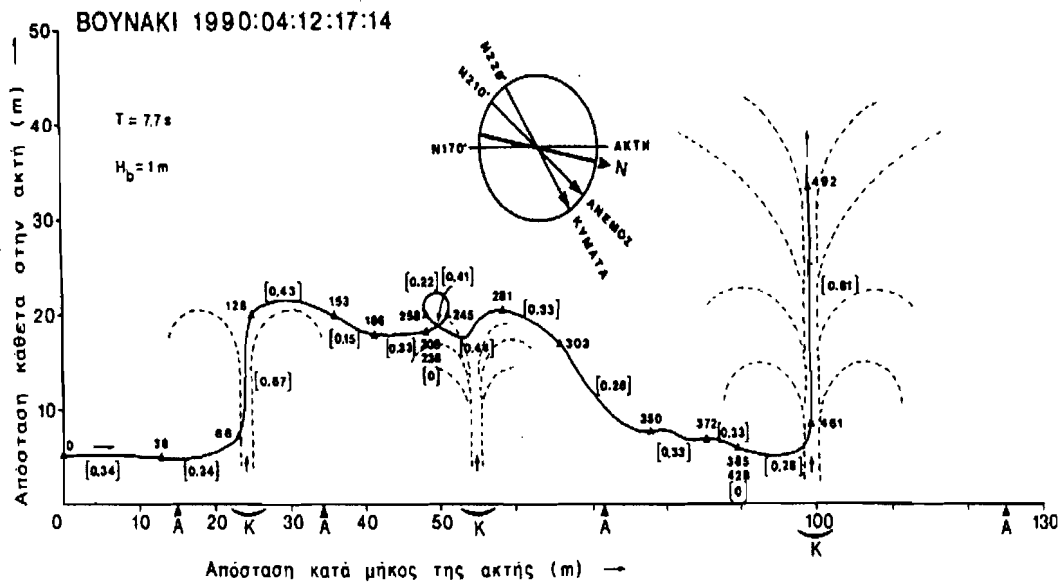


Σχ. 5. Κυματικά φάσματα με α) υποαρμονική ταλάντωση του εισερχόμενου κυματισμού και β) κύματα infragravity.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1
Μετρηθείσες και θεωρητικά προβλεπόμενες αποστάσεις beach cusps

ΘΕΣΗ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΩΡΑ	ΚΛΙΣΗ ΑΚΤΗΣ (°)	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΜΑΤΩΝ ΑΚΜΗΣ				ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ BEACH CUSPS (m)			
		ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ T_e (s)	ΜΟΔΕ n	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ λ_e (m)	ΠΡΟΒΛΕ- ΠΟΜΕΝΕΣ λ_c	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ		
							ΕΛΑΧ.	ΜΕΣΗ	ΜΕΓ.
ΓΙΑΝΙΤΣΟΧΩΡΙ 1988:05:03 14:27	11.86	ΣΥΓΧΡΟΝΟ	3.20	0	3.286	3.286	3.650	5.605	7.300
				1	9.302	9.302			
		ΥΠΟΑΡΜΟΝΙΚΟ	6.40	0	13.143	6.572			
				1	37.209	18.605			
ΚΑΚΟΒΑΤΟΣ 1988:11:11 10:50	9.45	ΣΥΓΧΡΟΝΟ	3.70	0	3.509	3.509	8.390	11.819	23.800
				1	10.150	10.150			
		ΥΠΟΑΡΜΟΝΙΚΟ	7.40	0	14.038	7.019			
				1	40.599	20.299			
ΚΑΚΟΒΑΤΟΣ 1989:02:06 16:02	9.20	ΣΥΓΧΡΟΝΟ	6.21	0	9.627	9.627	8.780	9.430	9.930
				1	27.895	27.895			
		ΥΠΟΑΡΜΟΝΙΚΟ	12.42	0	38.506	19.253			
				1	111.581	55.791			
ΚΑΚΟΒΑΤΟΣ 1989:02:24 14:20	10.88	ΣΥΓΧΡΟΝΟ	3.84	0	4.346	4.346	7.320	8.340	9.350
				1	12.417	12.417			
		ΥΠΟΑΡΜΟΝΙΚΟ	7.68	0	17.382	8.691			
				1	49.669	24.835			

Συμπεραίνεται επομένως ότι τα beach cusps σχηματίζονται από την αλληλεπίδραση του εισερχόμενου κυματισμού και κυμάτων ακμής, τα οποία καθορίζουν τις αποστάσεις μεταξύ των «ακρωτηρίων», και στη συνέχεια αναπτύσσονται με αλληλεπίδραση του εισερχόμενου κυματισμού και των ήδη διαμορφωμένων εμβρυϊκών γεωμορφών. Το συμπέρασμα αυτό υποστηρίζεται και από τα αποτελέσματα των πειραμάτων με πλωτήρες και χρωστική για τη μελέτη της παράκτιας κυκλοφορίας ύδατος. Τα πειράματα αυτά δείχνουν την ύπαρξη ισχυρών εγκάρσιων ρευμάτων (rip currents) στις θέσεις των κόλπων (σχ. 6) τα οποία τροφοδοτούνται από ασθενέστερα ρεύματα κατά μήκος της ακτής (longshore currents). Κατ' αυτό τον τρόπο η παράκτια κυκλοφορία συνίσταται από κύτταρα (circulation cells) με διεύθυνση μεταφοράς από τα βαθιά νερά προς την ακτή στις θέσεις των ακρωτηρίων, κατά μήκος της ακτής μέχρι τις θέσεις των κόλπων και από εκεί προς τα βαθιά νερά για να επαναληφθεί ο κύκλος. Η ειδική αυτή κυκλοφορία είναι ικανή να συντηρήσει την ανάπτυξη των beach cusps μεταφέροντας ίζημα προς τα ακρωτήρια και απομακρύνοντας ίζημα από τους κόλπους.



Σχ. 6. Μέτρηση παράκτιων ρευμάτων. Οι αριθμοί δίπλα στα σημεία δείχνουν τον χρόνο σε δευτερόλεπτα και οι αριθμοί σε αγκύλες την ταχύτητα του ρεύματος σε m/s.

γ) Ημισεληνοειδείς και τεταρτοσεληνοειδείς ράχες και ρυθμικές ακτογραμμές.

Με τον ίδιο τρόπο μπορεί να εξηγηθεί και η δημιουργία των ημισεληνοειδών και τεταρτοσεληνοειδών ράχων και των ρυθμικών ακτογραμμών. Απαιτούνται όμως περιοδοί πολύ μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες που προέκυψαν από την πρόγνωση με τη μέθοδο SMB.

Πράγματι σε ορισμένα φάσματα από κυματικές καταγραφές που ελήφθησαν μετά από περιόδους ιδιαίτερα έντονου κυματισμού, παρατηρούνται περίοδοι infragravity (32 s - 54 s) που μάλιστα είναι και οι επικρατούσες ταλαντώσεις στην παράκτια ζώνη (σχ. 5, β). Η ύπαρξη αυτών των infragravity ταλαντώσεων αφ' ενός μεν εξηγεί τα μήκη κύματος των ημισεληνοειδών και τεταρτοσεληνοειδών ράχων και των ρυθμικών ακτογραμμών, αφ' ετέρου δε εξηγεί τη μονιμότητα των μεγάλων αυτών γεωμορφών. Φαίνεται έτσι ότι οι μεγάλης κλίμακας ρυθμικές γεωμορφές σχηματίζονται κατά τη διάρκεια ιδιαίτερα έντονων κυματικών επεισοδίων και μετά οι μεν υποθαλάσσιες γεωμορφές μένουν ανεπηρέαστες από τα πολύ μικρότερα κύματα μέχρι το επόμενο επεισόδιο έντονου κυματισμού, οι δε ρυθμικές ακτογραμμές συντηρούνται με αλληλεπίδραση των γεωμορφών με τον εισερχόμενο κυματισμό ακριβώς όπως και τα beach cusps.

Η ομοιότητα στον τρόπο δημιουργίας και ανάπτυξης των beach cusps και των

ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΑΚΤΩΝ

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η αδυναμία κατάταξης των ακτών του Κυπαρισσιακού με βάση τα διάφορα μοντέλα ταξινόμησης των ακτών. Στον πίνακα 2, παραδείγματος χάριν, δίνεται από τον Carter (1988) μια συνοπτική παρουσίαση των διαφόρων μορφοδυναμικών και υδροδυναμικών χαρακτηριστικών μιας ακτής με βάση το βελτιωμένο μοντέλο των Wright and Short (1983). Η ταξινόμηση των ακτών σε ανακλαστικές, ενδιάμεσες και απόσβεσης γίνεται με βάση το μορφοδυναμικό δείκτη ξ (surf scaling parameter). Βάσει αυτού, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι κεντρικές και νότιες ακτές του Κυπαρισσιακού κόλπου θεωρούνται ανακλαστικές, ενώ η ακτή του Κατακόλου στο βόρειο άκρο είναι είτε ενδιάμεση είτε απόσβεσης, ανάλογα με τις κυματικές συνθήκες, και σε εξαιρετικά σπάνιες περιπτώσεις μεταπίπτει σε ανακλαστική. Με βάση τα μορφοδυναμικά και υδροδυναμικά χαρακτηριστικά όμως, οι κεντρικές και νότιες ακτές ταξινομούνται είτε ως ενδιάμεσες (αριθμός κυμάτων στη ζώνη απόσβεσης, εγκάρσια ρεύματα, υποθαλάσσιες ράχες, μέσο μέγεθος κόκκων) είτε ως ανακλαστικές (τύπος θραύσης, κλίση ακτής, κάτοψη ακτής). Αντίθετα, η ακτή του Κατακόλου κατατάσσεται στις ακτές απόσβεσης βάσει όλων των μορφοδυναμικών και υδροδυναμικών χαρακτηριστικών με εξαίρεση τη μέση κλίση και την περίοδο παλινδρόμησης που την κατατάσσουν στις ενδιάμεσες ακτές.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, η αδυναμία ταξινόμησης των ακτών του Κυπαρισσιακού που εμφανίζουν όλα τα μοντέλα οφείλεται στις μεγάλες αλλαγές κλίσης και κοκκομετρίας που υφίστανται οι ακτές του Κυπαρισσιακού κατά τη διάρκεια μιας θύελλας με συνέπεια την πρόσκαιρη μετάβαση σε άλλο τύπο παράκτιου περιβάλλοντος. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του Κατακόλου όπου υπό την επίδραση ιδιαίτερα έντονου κυματισμού το λεπτόκοκκο υλικό τίθεται σε αιώρηση με αποτέλεσμα η ακτή να αποτελείται από χάλικες, πράγμα που συνεπάγεται αύξηση της κλίσης σε περίπου 9° και αλλαγή του παράκτιου περιβάλλοντος σε ανακλαστικό με συνέπεια τη δημιουργία ρυθμικών ακτογραμμών και storm cusps.

Με τη μείωση του ύψους και της περιόδου των κυμάτων κατά τη φάση εξασθένησης της θύελλας, αποτίθεται το λεπτόκοκκο υλικό μειώνοντας την κλίση της ακτής και δημιουργώντας παράλληλες ράχες. Οι ρυθμικές γεωμορφές όμως παραμένουν και συντηρούνται από την αλληλεπίδρασή τους με τον εισερχόμενο κυματισμό, μέχρι να καταστραφούν από την αργή μετατόπιση υλικού από τις υποθαλάσσιες ράχες προς την ακτογραμμή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρουσία διαφορετικών γεωμορφών κατά μήκος της ακτογραμμής του Κυπαρισσιακού κόλπου οφείλεται στη διαφοροποίηση των κοκκομετρικών και υδρο-

ΠΙΝΑΚΑΣ 2
Γενετική ταξινόμηση ακτών κατά Wright and Short (1983)
(από Carter, 1988)

	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ή ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		
		ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ	ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ	ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ
ΜΟΡΦΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ	Surf scaling, ξ	0.1 – 2.5	2.5 – 20	20 – 200
	Surf similarity, lr	> 1.0	1.0 – 0.23	< 0.23
ΚΥΜΑΤΑ	Αριθμός κυμάτων στη ζώνη απόσβεσης	1	1 – 3	> 3
	Πλάτος ζώνης απόσβεσης (m)	< 10	10 – 100	100 – >1000
	Τύπος θραύσης	Plunging - Collapsing	Spilling - Plunging	Spilling
	Γωνία πρόσπτωσης στην ακτή	Εντόνως πλάγια 90° – 10°	Κάθετα - Ελαφρώς πλάγια 10° - 0°	Κάθετα 0°
	Τύπος και περίοδος Edge waves	Σύγχρονα και υποαρμονικά < 16 s	Ανάμικτα 5 – 30 s	Infragravity 30 – 70 s
	Περίοδος παλινδρόμησης	5 – 10 s	10 – 30 s	Μέχρι 60 s
ΡΕΥΜΑΤΑ	Παράκτια κυματογενή	Γραμμικά / παράλληλα με την ακτή	Μαιανδρικά - Ελικοειδή	Rip cells
	Εγκάρσια (Rips)	Ανύπαρκα ή ασθενή εφήμερα και μετακινούμενα	Ανάμικτα	Ισχυρά, μεγάλης διάρκειας και σταθερής θέσης
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	Υποθαλάσσιες ράχες	Ανύπαρκες	1 ή 2 ημισεληνιοειδείς, συχνά προσκολλημένες στην ακτή	Πολλαπλές, παράλλη- λες ως ημισεληνιοειδείς Τεταρτοσεληνοειδείς σε ακτές χαμηλής ενέργειας
	Κλίση ακτής	> 3°	3° – 1°	< 1°
	Τομή ακτής	Κοίλη με σκαλοπάτι	Ελαφρά κοίλη	Ευθύγραμμη
	Κάτοψη ακτής	Cusps στη ζώνη διαβροχής	Υβώματα και κοιλώματα	Surf Cusps
ΙΖΗΜΑΤΑ	Είδος και μέσο μέγεθος (Φ)	Χονδρή άμμος, χάλικες και κροκάλες < 0	Μέση άμμος 0 έως +2	Ιλύς ως λεπτή άμμος > +2
	Διαβάθμιση κατά μήκος της ακτής	Συχνή σε όλο το μήκος της ακτής, ιδιαίτερα σε χονδρόκοκκα ιζήματα	Συχνή σε τμήματα της ακτής	Σπάνια
ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ	Τρόπος μετακίνησης Dean's $s \Omega$ (1973)	Κύλιση < 1	Αναπήδηση 1 – 6	Αιώρηση > 6
	Επικρατούσα διεύθυνση	Κατά μήκος της ακτής	Ανάμικτη	Κάθετα στην ακτή
	Λόγος ρυθμού μεταφοράς / κυματική ισχύ	Μεγάλος (εκτός από διαβαθμισμένες ή πολύ χονδρόκοκκες ακτές)	Μέσος	Μικρός

Με τη μείωση του ύψους και της περιόδου των κυμάτων κατά τη φάση εξασθένησης της θύελλας, αποτίθεται το λεπτόκοκκο υλικό μειώνοντας την κλίση της ακτής και δημιουργώντας παράλληλες ράχες. Οι ρυθμικές γεωμορφές όμως παραμένουν και συντηρούνται.

δυναμικών συνθηκών. Οι μικρής κλίμακας ρυθμικές γεωμορφές σχηματίζονται κατά την φάση μείωσης του ρυθμού στερεομεταφοράς που έπεται μιας περιόδου έντονου κυματισμού, με ανακατανομή των ιζημάτων της ακτής λόγω αλληλεπίδρασης του εισερχόμενου κυματισμού με κύματα ακμής. Η ανάπτυξη των γεωμορφών γίνεται με αλληλεπίδραση του εισερχόμενου κυματισμού και των εμβρυϊκών γεωμορφών. Οι μεγάλης κλίμακας ρυθμικές γεωμορφές δημιουργούνται από την αλληλεπίδραση του εισερχόμενου κυματισμού με κύματα *infragravity* κατά τη διάρκεια ιδιαίτερα έντονων κυματικών επεισοδίων. Η παρουσία κυμάτων *infragravity* στην παράκτια ζώνη είναι ιδιαίτερα σηματική, γιατί εκτός των άλλων έχουν τη δυνατότητα να μετακινήσουν τεράστιες ποσότητες ιζημάτων δημιουργώντας προβλήματα σε παράκτια τεχνικά έργα. Η συνύπαρξη στο ίδιο τμήμα ακτής γεωμορφών που σχηματίζονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα οφείλεται σε προσωρινές αλλαγές της ανακλαστικότητας της ακτής κατά τη διάρκεια περιόδων έντονου κυματισμού. Για να χρησιμοποιηθούν τα διάφορα μοντέλα ταξινόμησης για τη μελέτη ακτών των οποίων τα μορφοδυναμικά και υδροδυναμικά χαρακτηριστικά υφίστανται έντονες μεταβολές, απαιτούνται λεπτομερείς και μακροχρόνιες μετρήσεις των συνθηκών που επικρατούν στην παράκτια ζώνη.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Carter, R.W.G. (1988). *Coastal environments*. Academic Press, London, 617 pp.
- Φερεντίνος, Γ. και Γκιώνης, Γ. (1992). *Γεωμορφολογία ακτών*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 141 pp.
- Ghionis, G. (1986). *The morphodynamics of beach cusps*. Unpubl. M.Sc. Thesis, University of Toronto, Canada, 130 pp.
- Ghionis, G. and Ferentinos, G. (1992). *The morpho- and hydrodynamics of the coastal zone of the gulf of Kyparissia*. 33rd Congress-Plenary Assembly of SIESM, Trieste, Italy.
- Guza, R.T. and Bowen, A.J. (1981). *On the amplitude of beach cusps*. *J. Geophys. Res.*, v. 86, 4125-4132.
- Kristensen, P.J., Ghionis, G. and Christiansen, C. (1992). *Beach cusp granulometry: A study of beach cusp sediment grain-size statistics*. *Proc. Int. Coastal Congr.*, Kiel, Germany, 661-670.
- Wright, L.D. and Short, A.D. (1983). *Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia*. In «*Handbook of Coastal Processes and Erosion*» (P.D. Komar, ed.), 35-64, CRC Press, Boca Raton.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ ΠΑΥΣΑΝΙΑ

Κ. ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ* - Κ. ΚΟΥΛΗ*

*Πανεπιστήμιο Αθηνών - Τομέας Ιστορικής Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας
Πανεπιστημιόπολις, 157 84 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια εξερευνησεως των θεματικών προεκτάσεων της Γεωλογίας γεννήθηκε η ιδέα της διερευνησεως του έργου του Πausανία, ιδιαίτερα των γεωλογικών αναφορών του. Προσπαθήσαμε να τις εντοπίσουμε χωρίς πάντοτε να ακολουθήσουμε τη φιλολογική, αλλά τη φυσική έννοια που συνάδει προς τις γνώσεις της εποχής που έγραψε ο Πausανίας. Η σημερινή ανακοίνωση αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια, η οποία ελπίζουμε να διευρυνθεί μελλοντικά ούτως ώστε να είναι έτοιμη για το προσεχές Διεθνές Συνέδριο, οπότε θα επιχειρηθεί μια ιχνηλάτηση των διαφόρων περιοχών που αναφέρονται στα έργα του Πausανία. Οι γεωλογικές επισημάνσεις είναι πολλές και ποικίλες και για διευκάλυνση τις εντάξαμε σε τομείς των γεωεπιστημών, όπως στην Παλαιοντολογία, στην Υδρογεωλογία, στην Πετρολογία - Καϊτασματολογία και τέλος στη Σεισμολογία.

Από τη γεωλογική διερεύνηση του έργου του Πausανία διαπιστώθηκε ότι αυτό δεν ήταν μόνο γεωγραφικό, αλλά παρέχει πλήθος σημαντικών γεωλογικών γνώσεων, π.χ., μια πηγή που αναφέρεται στον Πausανία και η οποία δεν υπάρχει σήμερα, αποτελεί χρήσιμο ενδεικτικό στοιχείο υδροφορίας στην περιοχή.

Για την εποχή του ο Πausανίας υπήρξε εξαιρετος γεωγράφος και ακούραστος ταξιδιώτης που περιέλαβε στα έργα του όλες τις μέχρι τότε γνώσεις. Πολλές φορές επικρίθηκε ότι διέπραξε λάθη, αλλά αυτό είναι φυσικό για όποιον γράφει. Αν λάβουμε υπ' όψιν τις συνθήκες των ταξιδιών του, και μάλιστα τις περιοχές που επισκέφθηκε, μπορούμε να πούμε ότι μια τέτοια περιήγηση αποτελεί πραγματικά έναν άθλο.

ABSTRACT

The idea of looking at Pausanias work in general and his geological references in particular was given in the framework of studying Geology implications.

We have tried to recognize them not always following the literary meaning but more the natural meaning taken under consideration the available at his time knowledge.

This is a preliminary report which will be enlarged in the future for the next International Congress also recognizing the various localities Pausanias is mentioning.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

The geological references are many and varied and to facilitate things we classified them in the Earth Sciences sub-divisions like Paleontology, Hydrogeology, Mineralogy and Seismology.

Pausanias' work was not only geographic but contains a number of important geological information e.g. a spring referred by Pausanias which does not exist today is a valuable element for the hydrogeological conditions of the area.

For his time, Pausanias was an excellent geographer and traveller who included in his work all the available knowledge.

He has been accused for mistakes but this is natural for any author. If we consider the travel conditions and even more the areas that he visited we can safely say that this was an achievement.

Στον Τομέα Ιστορικής Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, στα πλαίσια μιας περαιτέρω εξερευνήσεως των θεματικών προεκτάσεων της γεωλογίας, γεννήθηκε η ιδέα μιας διερευνήσεως του έργου του Πausanias, ιδιαίτερα όσον αφορά στις γεωλογικές αναφορές του. Προσπαθήσαμε να τις εντοπίσουμε χωρίς να ακολουθούμε πάντοτε κατά γράμμα τη φιλολογική, αλλά τη φυσική ερμηνεία, που αυνάει προς τις γνώσεις της εποχής που έγραφε ο Πausanias.

Μια πρώτη προσπάθεια αποτελεί η σημερινή πρόδρομη ανακοίνωση, η οποία ελπίζουμε να διευρυνθεί μελλοντικά, ούτως ώστε να είναι έτοιμη στο προσεχές Διεθνές Συνέδριο για το Παγκόσμιο Λεξικό του Πausanias. Θα επιχειρήσουμε λοιπόν μια ιχνηλάτηση των διαφόρων περιοχών που αναφέρονται στα έργα του Πausanias.

Έτσι ξεκινάμε τις γεωλογικές επιστημονικές κατά τομείς των γεωεπιστημών όπως παρακάτω:

A. ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑ

Στην Παλαιοντολογία σήμερα είναι γενικά παραδεκτή η εξελικτική πορεία των γένων, ειδών και υποειδών στη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου. Η ιδέα της καταγωγής του ανθρώπου από τη στάχτη των Τιτάνων ή από το αίμα των Γιγάντων και, ως ένα βαθμό, από τερατογονικές μορφές όπως ο Ερεχθίας (άνθρωπος-όφις), ο Κένταυρος (άνθρωπος-άλογο), ο Μινώταυρος (άνθρωπος-ταύρος), είναι πολύ παλιά και αποκρυσταλλώνεται στους μύθους. Ο Πausanias είναι γνώστης αυτών των αρχαίων θεωριών, αλλά δεν τις αποδέχεται, όπως φαίνεται από το παρακάτω απόσπασμα:

«Η παράδοση πως οι γίγαντες έχουν δράκοντες αντί για πόδια αποδείχτηκε ανόητη και από πολλά άλλα, αλλά και από το εξής: Στον ποταμό της Συρίας Ορόντη, ο οποίος δεν έρρεε καθ' ολοκληρίαν σε πεδινό τόπο ως τη θάλασσα, αλλ' έρχονταν και

σε γκρεμό απότομο και κατόπιν σε κατωφέρεια θέλησε ο αυτοκράτωρ να τον κάνει πλωτό από τη θάλασσα ως την πόλη Αντιόχεια: έσκαψε κανάλι με κόπο και πολλά έξοδα, κατάλληλο για τον ανάπλου, και εξέτρεψε το ρεύμα του ποταμού στο κανάλι. Όταν ξεράθηκε η αρχαία κοίτη, βρέθηκε μέσα σ' αυτή φέρετρα πήλινο, μήκους πάνω από έντεκα πήχες και μέσα νεκρός αναλόγου μήκους του οποίου το σώμα ήταν καθ' όλα ανθρώπινο. Στους Σύριους που συμβουλευτήκαν το μαντείο της Κλάρου ο θεός είπε πως ο νεκρός αυτός ήταν ο Ορόντης, Ινδός εκ καταγωγής. Αν τους πρώτους ανθρώπους τους παρήγαγε ο ήλιος θερμαίνοντας τη γη, η οποία τον παλιό καιρό ήταν ακόμη υγρή και γεμάτη υδρατμούς, ποια άλλη χώρα είναι φυσικό να παράγει τους ανθρώπους είτε νωρίτερα από την Ινδία, είτε πιο μεγαλόσωμους, αφού και επί των ημερών μας η χώρα αυτή τρέφει ζώα που διαφέρουν από το άλλα, και για την αλλόκοτη εμφάνισή τους και για το μέγεθος;» (VIII, 29, 3-4).

Οι αρχαίοι Έλληνες με τη μυθολογία προσπάθησαν να ερμηνεύσουν εντυπωσιακά γεωλογικά φαινόμενα. Υπάρχουν μεταφυσικές και κοσμογονικές κρυμμένες κάτω από τις αλληγορίες και τους μύθους. Ο μύθος της Λερναίας Υδρας (II, 37, 5-6) είναι από τους πιο παλιούς. Σ' αυτόν περιγράφει ένα τερατόμορφο ον το οποίο σύμφωνα με τον Ησίοδο, γεννήθηκε από τον Τυφωέα και την Εχιδνα, χωρίς όμως να αναφέρει ότι είχε πολλά κεφάλια, άποψη που συμμερίζεται και ο Πλουταρχός. Ο τελευταίος μάλιστα υποστηρίζει πως η παρουσία της Υδρας με πολλά κεφάλια (9 σύμφωνα με τον Απολλόδωρο τον Αθηναίο, οκτώ θνητά και ένα αθάνατο) οφείλεται στον ποιητή Πείσιονδρο από την Κάμειρο, ο οποίος βρήκε αυτόν τον τρόπο για να κάνει το ποίημά του πιο εντυπωσιακό.

Σύμφωνα με το μύθο η Υδρα ζούσε στα έλη της Λέρνης απ' όπου έβγαινε για να λεηλοτήσει τις γειτονικές περιοχές και να αποδεκατίσει τα κοπάδια. Στην πάλη του με τη Λερναία Υδρα, όπως και σε πολλούς άλλους άθλους του, ο Ηρακλής είχε βοηθό του τον πιστό σύντροφό του Ιόλαο. «Εχοντας βρει την Υδρα», λέει ο Απολλόδωρος ο Αθηναίος, «πάνω σ' ένα μικρό ύψωμα, κοντά στην πηγή Αμμύωνη, όπου ήταν το καταφύγιο της, ο Ηρακλής την ανάγκασε να βγει από μέσα, ρίχνοντάς της αναμμένα βέλη. Κατόπιν χτυπούσε τα κεφάλια της με το ρόπαλο, μότσια κόπιαζε όμως, γιατί στη θέση κάθε κεφαλιού που συνέτριβε, φυτρώνανε δύο. Ο Ιόλαος για να βοηθήσει, έβαλε φωτιά σ' ένα γειτονικό δάσος και έκαιγε με αναμμένα δαυλιά τα κεφάλια, μόλις ξεφυτρώνανε και δεν τα άφηγε να ξαναγεννηθούν. Έχοντας έτσι ο Ηρακλής καταφέρει να καταστρέψει τις αναγεννώμενες εκείνες κεφαλές, έθαψε το αθάνατο κεφάλι στη δημιουργία Λέρνης-Ελούντας και έβαλε ένα τεράστιο λιθάρι από πάνω».

Η συναρπαστική αυτή μυθική ιστορία των αρχαίων Ελλήνων μπορεί να ερμηνευθεί με βάση τα υπάρχοντα γεωλογικά δεδομένα της περιοχής της Αργολίδος (Dermitzakis et al, 1988). Έτσι στην πολυκεφαλή, τερατόμορφη Υδρα της Λέρνης μπορεί να αναγνωρίσει ένας γεωλόγος τις πολλαπλές καρστικές πηγές της περιοχής με τη δαιδαλώδη επικοινωνία μεταξύ τους. Οι πηγές αυτές και τα κεφαλάρια είχαν δημιουργήσει έλη, όπου η ελονοσία και άλλες ασθένειες αφάνιζαν τους κατοίκους (Angel 1971). Ο Ηρακλής, με τη βοήθεια του Ιόλαου, έβαλε φωτιά και κατέκαυσε τα έλη,

εντοπίζοντας έτσι τα κεφάλια των πηγών. Αλλά όταν απέκοπτε, ή μάλλον έφραζε ένα κεφάλι, λόγω της καρστικής επικοινωνίας, το νερό εμφανιζόταν από άλλες διεξόδους με νέες πηγές. Η όλη ιστορία καταλήγει στο θάψιμα του κυρίου κεφαλαριού ώστε τα νερά που δημιουργούσαν τα έλη διαχετεύθηκαν από τις υπόγειες καρστικές διακλαδώσεις στη θάλασσα, οπότε και η περιοχή ανακουφίστηκε.

Σχετικά στοιχεία έχουν αποδειχτεί για τα παραπάνω κι από την γεωλογική και αρχαιολογική εργασία των Fipke και Malz (1988) οι οποίοι μετά από μελέτη φωτογραφιών από δορυφόρο και πανίδος οστρακωδών από πυρήνες γεωτρήσεων κατέληξαν στα παρακάτω συμπεράσματα:

«Οι πλούσιες καρστικές πηγές του δυτικού περιθωρίου του Αργολικού πεδίου μετέτρεψαν την περιοχή σε άβατο βάλτο για χιλιάδες χρόνια. Μάλιστα κατά τις περιόδους από το 7000 ως το 2000 π.Χ. (χρόνος που συμπίπτει με την τελευταία μεγάλη ευστατική ανύψωση της στάθμης της θάλασσας) και από το 100-400 μ.Χ. ο βάλτος ήταν πλημμυρισμένος. Η Λέρνα ήταν μια λιμνοθάλασσα που διαχωριζόταν από υλικά μεταφερμένα από τον Ιναχο ποταμό στα δυτικά και απλωνόταν παράλληλα στην ακτή. Η διάμετρός της ήταν περίπου 4,5 km και το βάθος της 7 m. Η τροφοδότηση της λίμνης με νερό γινόταν από την εκβολή των νερών του Ερασίνου ποταμού σ' αυτήν».

Το ενδιαφέρον του Πausανία προκάλεσαν και τα οστά των θηλαστικών που ανευρίσκονται στη λεκάνη της Μεγαλοπόλεως. Όπως παρατηρούσε τα υπερμεγέθη απολιθωμένα οστά των ελεφάντων *Archidiskodon meridionalis*, *Paleoloxodon* (*Elephas*) *antiquus* με μήκος χυαλιόδοντα 2,90 m, καθώς και τα υπολείμματα των ελαφιών, βοοειδών κ.α., τα θεώρησε και τα ερμήνευσε ως οστά γιγάντων που έπεσαν κατά τις γιγαντομαχίες στη διάρκεια που ο Κρόνος κατεδίωκε την έγκυο Ρέα. Όταν η Ρέα ήταν έγκυος στο Δία, πήγε σε ένα σπήλαιο στην υψηλότερη κορυφή Τζελάτη (1.875 m) του Μαινάλου για να γεννήσει. Είχε όμως προετοιμάσει τον Οπλάδαμο και τους γίγαντες του να σπεύσουν σε βοήθειά της, όταν ο Κρόνος επιτεθεί. Ο Πausανίας περιγράφει τα παρατηρούμενα οστά που ξεπερνούν στο μέγεθος τα κοινά ανθρώπινα και για τα οποία η παράδοση αναφέρει πως ανήκαν στους παραπάνω γίγαντες.

«Ανάκεινται δε αυτόθι και οστά υπερηρκότα ή ως ανθρώπου δοκείν και δη και ελέγετο επ' αυτοίς είναι των γιγάντων ενός, ους ες την συμμαχίαν της Ρέας ήθρασεν Οπλάδαμος...» (VIII, 32, 5).

Επίσης σε πολλές περιπτώσεις τα απολιθωμένα οστά θηλαστικών τα θεωρούσε ως υπολείμματα ανθρώπων - γιγάντων. Έτσι τα οστά που απαντούν στο Ιερό του Φιλολάου Ασκληπιού στην πόλη του Ασωπού, παρ' όλο που παρατηρεί ότι είναι υπερμεγέθη, τα θεωρεί ανθρώπινα (II, 22, 9).

Όμως η παρατηρητικότητα του Πausανία διαφαίνεται και στην επόμενη παραπομπή όπου αναφέρει στο Ιερό της Αρτέμιδος στη Σικυώνα οστό τεράστιου θαλάσσιου κήτους (II, 10, 2). Αυτό προφανώς ανήκει στα απολιθωμένα οστά των Σειρηνίων (θαλάσσια κήτη) που απαντούν στα Πλειο-Πλειστοκαινικά στρώματα της Κορινθίας. Στην ίδια περιοχή περιγράφει κυρτό υπερμεγέθες δόντι ως ανήκοντα στον Ερυμάνθειο κάπρο που εφόνευσε ο Ηρακλής. Από την περιγραφή και τις διαστάσεις που παραθέτει

τόσο αυτός όσο και οι μεταγενέστεροι περιηγητές, συνάγεται ότι το δόντι ανήκε σε απολιθωμένο ιπποπόταμο από τα Πλειστοκαινικά ιζήματα της Μεγαλοπόλεως.

Β. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η παρατηρητικότητα του Πausανίας μας δίνει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τα γεωλογικά φαινόμενα που αφορούν το υδρολογικό και αποστραγγιστικό δίκτυο των περιοχών που επισκέφθηκε.

Κατά το πέρασμά του από την περιοχή της Τροιζήνας αναφέρεται σε μια τοπική δοξασία σύμφωνα με την οποία ο δυσαρεστημένος με τους κατοίκους Ποσειδώνας έκανε άγωνα τη χώρα τους φέροντας αλμυρό νερό στις καλλιέργειές τους (II, 32, 8). Στην πραγματικότητα πρόκειται για υφάλμυρα έλη που δημιουργούνται συχνά κοντά σε ακτές όταν το ύψος του υδροφόρου ορίζοντα της ξηράς συναντά θαλάσσιο νερό που εισχωρεί κάτω από τη χέρσο.

Στη διάκριση των ταξιδιών του ο Πausανίας επισημαίνει αρκετές φορές τα απατελέσματα της μεταφορικής και προσχωματικής ενέργειας των ποταμών. Έτσι αναφέρει το παράδειγμα του Μαιάνδρου ποταμού στη Μ. Ασία, ο οποίος ρέοντας σε σμαλό και καλλιεργούμενο έδαφος, μετέφερε ιζήματα στις εκβολές του, μεταβάλλοντας την απόσταση της πόλης Πριήνης από τη θάλασσα. Ενώ αρχικά αυτή ήταν παραλιακή, την εποχή του Στράβωνα, βρισκόταν σε απόσταση 40 σταδίων από την ακτή (VIII, 24, 11).

Η προσχωματική ενέργεια του Μαιάνδρου όμως είχε πιο σοβαρές επιπτώσεις στη ζωή των κατοίκων της Μιουσιίας χώρας. Αυτοί αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν την πόλη τους μετά τη μετατροπή του κόλπου που προϋπήρχε σε λιμνοθάλασσα από τα μεταφερόμενα ιζήματα. Πρόκειται για ένα συνηθισμένο φαινόμενο σε ποταμούς με μεγάλη μεταφορική ικανότητα. Αρκετές φορές μάλιστα η επικοινωνία με τη θάλασσα διακόπτεται τελείως με αποτέλεσμα τη δημιουργία παρακτίων αλμυρών τελμάτων μέσα στην παλιρροιακή ζώνη που εξελίσσονται προοδευτικά σε τέλματα με γλυκό νερό. Αυτά συχνά είναι εστίες μόλυνσεως και απειλούν την υγεία των κατοίκων των γύρω περιοχών, όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση (VII, 2, 11).

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της Πελοποννήσου είναι κατά κύριο λόγο ασβεστολιθικοί. Οι ασβεστόλιθοι είναι πετρώματα τα οποία εύκολα προσβάλλονται από τη χημική διεργασία των υδάτων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία πρωτότυπων επιφανειακών και υπογείων αναγλύφων μορφών, που είναι γνωστές ως «καρστικές μορφές». Χαρακτηριστικά φαινόμενα κάρστ είναι τα σπήλαια, οι δολίνες και οι καταβόθρες. Αυτές προχωρούν στο εσωτερικό των πετρωμάτων και σχηματίζουν ένα λαβυρινθώδες σύστημα αγωγών, στοών και σπηλαίων, μέσω των οποίων γίνεται η αποστράγγιση των νερών της περιοχής.

Οι δαιδαλώδεις αυτές μορφές αποτέλεσαν την απαρχή μύθων και δοξασιών που τις ήθελαν να είναι περάσματα για τον Αδη. Μια απ' τις καρστικές καταβόθρες στην περιοχή της Ερμιόνης ήταν, όπως αναφέρει ο Πausανίας, το χάσμα από το οποίο ο

Ηρακλής έφερε στον πάνω κόσμο το φοβερό Κέρβερο, φύλακα των Πυλών του Αδη (II, 35, 10).

Ο ρόλος που έπαιζαν οι καταβόθρες στην αποστράγγιση των πεδιάδων από τα νερά ήταν γνωστός στον αρχαίο κόσμο και αναφέρεται αρκετές φορές στο έργο του Πausanías. Για παράδειγμα έγραφε για το λεγόμενο «Αργόν Πεδίο» ότι θα είχε μεταβληθεί σε λίμνη από τα όμβρια ύδατα αν απουσίαζαν οι καταρροφητικές καταβόθρες της περιοχής. Το νερό που εξαφανιζόταν εκεί, εμφανίζεται κατά τον Πausanías, στη θέση Γενέθλιο της Αργολίδας, ως πηγή πόσιμου μέσα στη θάλασσα. (VIII, 7, 1-2). Είναι όμως πιθανόν το νερό που αναβλύζει στη θέση εκείνη να προέρχεται από τα κεφαλάρια που εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή της Λέρνης, πολύ κοντά στο Γενέθλιο. Στην ίδια περιοχή αναφέρεται από τον Πausanías και η λίμνη Αλκυονία, που αποτελεί άλλη μια απόδειξη για την ύπαρξη καρστικών μορφών. Πρόκειται για μια λιμνοδολίνη, της οποίας το βάθος ήταν ανεξακρίβωτο («πέρας του βάθους ουκ έστιν») πράγμα που πιθανόν να εξηγείται με την ύπαρξη καταβόθρας στον πυθμένα της. Αξίζει να σημειωθεί ότι από δω κατέβηκε ο Διώνυσος στον Αδη προκειμένου να επαναφέρει στη ζωή τη μητέρα του, Σεμέλη. Διαπιστώνουμε ότι και εδώ η ύπαρξη καρστικών φαινομένων συνδέεται με τον Κάτω Κόσμο.

Σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων οι καταβόθρες δεν επαρκούσαν για την αποστράγγιση πεδιάδων όπως συνέβη στη Φενατική πεδιάδα, η οποία κατακλύστηκε από νερά (VIII, 14, 1). Για το νερό αυτό υπήρχε η άποψη ότι, μετά την εξαφάνισή του μέσα στις πυλσειδείς καταβόθρες των βουνών και μετά τη μεταφορά του μέσω υπογείων αγωγών, εμφανιζόταν ξανά και σχημάτιζε τις πηγές του Λάδωνα. Ο Πausanías όμως εκφράζει τις αμφιβολίες του για την ορθότητα αυτής της άποψης (VII, 20, 1).

Αλλά και για τη διάβρωση και την αποσάθρωση εκφράζει τη γνώμη του όταν αποφαίνεται ότι οι Εχινάδες νήσοι δεν συνενώθηκαν με την ηπειρωτική χέρσο επειδή μεταξύ των άλλων το έθνος των Αιτωλών εγκατέλειψε την Αιτωλία και η χώρα ερημώθηκε, έμεινε ακαλλιέργητη και ο Αχελώος δεν μετέφερε τόσα ιζήματα, όσα θα μετέφερε εάν η περιοχή καλλιεργείτο. Ως απόδειξη των λεγομένων του επικαλείται το παράδειγμα του Μαιάνδρου, ο οποίος ρέοντας μέσα στη χώρα των Φρυγών και των Καρών κατέκλυσε με τις προσχώσεις του τον κόλπο της Πριήνης και έτσι ενώ αρχικά η πόλις ήταν παραλιακή βρέθηκε να απέχει 40 στάδια από τη θάλασσα.

Γ. ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ - ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Τα πετρολογικά στοιχεία που υπάρχουν στο έργο του Πausanías δεν αναφέρονται προκειμένου να περιγράψουν πετρολογικούς χαρακτήρες. Παρόλα αυτά πρέπει να παρατηρηθεί ότι ο Πausanías κατείχε τις βασικές πετρολογικές γνώσεις, που εν πολλοίς είχαν ήδη αναφερθεί στα έργα του Θεόφραστου, του Αριστοτέλη και άλλων συγγραφέων.

Πιο συγκεκριμένα, αναφερόμενος στο ήλεκτρο, διακρίνει το φυσικό από το κοινό ήλεκτρο (V, 12, 7).

Το «κοινό», κατά τον Πausανία, ήλεκτρο ήταν το φυσικό ή τεχνητό μεταλλικό κράμα που συνίστατο από 4 μέρη χρυσού και 1 μέρος αργύρου, και που ονομαζόταν λευκόχρυσος ή χρυσάργυρος. Το ήλεκτρο αυτό χρησιμοποιήθηκε για την κοπή των πρώτων νομισμάτων τον 7ο αιώνα, στη Λυδία. Πρόκειται για φυσικό κράμα που απαντά στις όχθες του Πακτωλού ποταμού, καθώς αυτός το μεταφέρει από το χρυσοφόρο κοίτασμα του όρους Τρώλου.

Αντίθετα το φυσικό ήλεκτρο, για το οποίο αναφέρει ο Πausανίας ότι βρίσκεται στην άμμο του ποταμού Ηριδανού, είναι πολύ σπάνιο και πολύτιμο (V, 12, 7) και προέρχεται από τη ρητίνη των κωνοφόρων δέντρων που αναπτύχθηκε κατά την Νεοτριτογενή και την Τεταρτογενή περίοδο (23 εκ. χρόνια μέχρι σήμερα).

Σύμφωνα με την Ελληνική μυθολογία το ήλεκτρο παρήχθη από τα δάκρυα των αδελφών του Φαέθοντα. Ο Φαέθων οδήγησε το άρμα του Ηλιου, παρεξέκλινε από την κανονική τροχιά και αφού προκάλεσε στη γη πολλές καταστροφές, κεραυνοβολήθηκε τελικά από το Δία και κατέπεσε στις όχθες του Ηριδανού ποταμού. Οι αδελφές του, οι Ηλιάδες, μεταμορφώθηκαν από τη λύπη τους σε λεύκες και τα άφθονα δάκρυα τα οποία έχυσαν έπηξαν και μετατράπηκαν σε ήλεκτρο.

Οι αρχαίοι συγγραφείς είχαν ασχοληθεί αρκετά με το ήλεκτρο, αφ' ενός μεν λόγω της αξίας του, αφ' ετέρου δε λόγω της ιδιότητάς του να έλκει διάφορα αντικείμενα, κατόπιν προστριβής του σε ύφασμα. Στην προσπάθεια να εξηγηθεί αυτή του η ιδιαιτερότητα, ο Θαλής ο Μιλήσιος θεώρησε ότι αυτό είχε ψυχή και η ψυχή κινητικές ιδιότητες. Ο Πλάτων δε, θεωρεί ότι αυτή η έλξη δεν προέρχεται από αυτά καθαυτά τα σώματα, αλλά από την τάση που γενικότερα υπάρχει στη φύση να λάβει το κάθε σώμα την αρμόζουσα σ' αυτό θέση. Ο Αριστοτέλης κατατάσσει το ήλεκτρο στα φυσικά εκκρίματα των φυτών, ο δε Πλίνιος αναφέρει πιο συγκεκριμένα ότι παράγεται από τη ρητίνη των πεύκων. Διακρίνει μάλιστα σ' αυτό διάφορες ποικιλίες ανάλογα με τη διάφανεια και τη χροιά του.

Το ήλεκτρο απαντούσε κύρια στις ακτές της Βαλτικής θάλασσας καθώς και στη Σικελία, Ρουμανία, Ινδία, Κίνα και Σιβηρία. Το ήλεκτρο της Βαλτικής θάλασσας έχει αυξημένη περιεκτικότητα σε ηλεκτρικό οξύ (περίπου 6%). Από χημικές αναλύσεις γνωρίζουμε ότι αυτό είναι που χρησιμοποιείτο, ως επί το πλείστον, στην αρχαιότητα. Από το ήλεκτρο της Βαλτικής είχε φιλοτεχνηθεί και η πλαστική εικόνα του Αυγούστου που βρισκόταν στην Ολυμπία (V, 12, 7).

Περιγράφοντας τους ναούς και τα κτίσματα της Ολυμπίας ο Πausανίας αναφέρει ότι οι τοίχοι και οι κίονες είναι κατασκευασμένοι από το λεγόμενο «πώρο». Πρόκειται για το μαργαϊκό ασβεστόλιθο τραβερτινώδους υφής με πλήθος εγκλεισμένων απολιθωμάτων ηλικίας Πλειοκαίνου, (5-2 εκατ. έτη πριν) που αφθονεί σ' αυτήν την περιοχή. Το υλικό αυτό δεν είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό, γεγονός που επιβεβαιώνεται σήμερα από την καταστροφή που έχουν υποστεί τα κτίσματα. Μιλώντας για την κατασκευή της στέγης των παραπάνω κτισμάτων, ο Πausανίας σημειώνει ότι τα κεραμίδια δεν ήταν

πλίνθινα, όπως συνέβαινε συνήθως, αλλά μαρμάρινα. Στην αρχαιότητα ο όρος «μάρμαρο» αποδιδόταν σε κάθε λίθο που ήταν σκληρός και επιδεκτικός στυλβώσεως. Αυτός είναι και ο λόγος που στους αρχαίους συγγραφείς αναφέρονταν αμέτρητες ποικιλίες μαρμάρου. Αντίθετα, σήμερα αυτός ο όρος αποδίδεται στον κρυπτοκρυσταλλοφυή ασβεστίτη.

Αλλά και τις ιδιότητες και τον τρόπο λατόμευσης του γνωστού κροκεάτη λίθου περιγράφει ο Πausανίας, όταν τον συναντά κοντά στην κώμη των Λακεδοimoniών, τις Κροκεές. Πέραν της κανονικής εξορύξεως των μεγάλων τεμαχίων βράχων που χρησιμοποιούνταν για να διακοσμήσουν λουτρά και κρηνικές κατασκευές, όπως εκείνες στην πόλη της Κορίνθου από τον αυτοκράτορα Αδριανό (II, 3, 5), αναφέρει και φακοειδείς εμφανίσεις κροκεάτη λίθου, που μοιάζουν με ποτάμιες κροκάλες (III, 21, 4). Αυτές, λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε σερπεντίνη, επεξεργάζονται πιο δύσκολα, αν όμως επεξεργαστούν κατάλληλα, μπορούν να αποτελέσουν διακοσμητικά και σκεύη, ταιριαστά για ιερά θεών.

Από την οξυδερκή παρατήρηση του Πausανία δεν ξέφυγαν και οι λίμνες της Πισσασφάλτου, τις οποίες επίσης περιγράφει με τις αποχρώσεις τους και τη χαρακτηριστική οσμή τους (IV, 35, 8-12). Παράλληλα με τις λίμνες Πισσασφάλτου, αναφέρει και θερμές πηγές, όπως εκείνες στην Ολυμπία (VI, 22, 7) – προφανώς του Καϊάφα, – στη Δασκύλου κώμη στην Καρία (IV, 35, 11) στα Αστυρα αντίκρυ στη Λέσβο κ.α. Σ' αυτές τις περιπτώσεις τα θερμά ύδατα δικαιολογούνται είτε με την παρουσία υδρογονογονθράκων, είτε λόγω της ηφαιστειότητας της περιοχής και είναι γνωστά για τις ιαματικές (VI, 22, 7), αλλά και για τις διαβρωτικές τους ιδιότητες (IV, 35, 12).

Στο έργο του Πausανία συναντούμε και μισή πρώτη μαρτυρία για την παρουσία των οικονομικά εκμεταλλεύσιμων σήμερα λιγνιτών της Μεγαλόπολης. Συγκεκριμένα περιγράφεται η ανάφλεξη των αερίων που προέρχονται απ' αυτούς αφού αναφέρει ότι κοντό στην πηγή Ολυμπιάδα βγαίνει από το έδαφος φωτιά (VIII, 29, 1).

Γ. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ

Η γεωλογική κατασκευή της Ελλάδος είναι τέτοια ώστε διάφορες περιοχές της χώρας να παρουσιάζουν έντονη σεισμική δραστηριότητα. Αυτό, τα ανεξήγητα για τους αρχαίους, φυσικά φαινόμενα οδήγησαν στην δημιουργία της δοξασίας ότι ο Ποσειδώνας, όταν θύμωνε με τους θνητούς, έστελνε σεισμούς για να τους τιμωρήσει (VII, 24, 5) (VII, 25, 3). Οι συχνές σεισμικές δονήσεις δεν άφησαν ασυγκίνητη την αρχαία επιστημονική σκέψη. Έτσι από νωρίς οι σεισμοί είχαν διαχωριστεί σε ομάδες, ανάλογα με τη μορφή της δονήσεως, τα αποτελέσματά της και το πώς γινόταν αυτή αισθητή. Συγκεκριμένα ο Πausανίας οποδέχεται τρία είδη σεισμών:

Στο πρώτο περιγράφει μια παλινδρομική κίνηση του εδάφους που μπορεί να ξανασηκώσει μια πεσμένη κολώνα ή και να ξανακλείσει ένα ρήγμα (VII, 24, 9). Οι κινήσεις

αυτές οφείλονται σε οριζόντιες ωθήσεις, που δημιουργούνται όταν το σεισμικά κύματα συναντούν την επιφάνεια της γης με μικρή γωνία.

Στο δεύτερο περιγράφει απλώς έναν καταστρεπτικό σεισμό χωρίς να δίδει περισσότερες λεπτομέρειες (VII, 24, 10).

Στο τρίτο είδος σεισμού, όπου «η δύναμη του σεισμού είναι σαν να χώνεται κατευθείαν κάτω από τα οικοδομήματα και να τινάζει πάνω τα θεμέλιά τους» (VII, 24, 11), μπορούμε να αναγνωρίσουμε τις χαρακτηριστικές κατακόρυφες εδαφικές κινήσεις, πάνω από την εστία του σεισμού.

Για τον καταποντισμό και εξαφάνιση της αρχαίας πόλης της Ελικής η περιγραφή και η ερμηνεία που σποδίζει στο φαινόμενο δεν απέχει πολύ από τη σημερινή επιστημονική αποδοχή. Συνδυασμός σεισμικής δραστηριότητας και ολίσθησης επέφεραν το σταδιακό καταποντισμό της Ελικής, έτσι ώστε όταν ο Πausanίος επισκέφθηκε την περιοχή εξείχαν της στάθμης των υδάτων οι κορυφές των δέντρων του ιερού άλσους του Ποσειδώνα.

Κλείνοντας τέλος αυτή τη γεωλογική διερεύνηση του έργου του Πausanία, διαπιστώνουμε ότι αυτό δεν είναι μόνο γεωγραφικό, αλλά παρέχει και πλήθος γεωλογικών γνώσεων, μεγάλης αξίας. Για την εποχή του, ο Πausanίος υπήρξε εξαιρετος γεωγράφος και ακούραστος ταξιδιώτης που περιέλαβε στα έργα του όλες τις μέχρι τότε γνώσεις. Πολλές φορές επικρίθηκε ότι διέπραξε λάθη, αλλά αυτό είναι φυσικό για όποιον γράφει. Αν λάβουμε υπ' όψιν τις συνθήκες των ταξιδιών του, και μάλιστα τις περιοχές που επισκέφθηκε, μπορούμε να πούμε ότι μια τέτοια περιήγηση αποτελεί πραγματικά έναν άθλο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Angel J.L., 1971, The people of Lema, Smithsonian institution press was hington, 159 p.
- Bousquet B & Pechoux P.-Y., 1977, La sismicite du Bassin Egéen pendant l' Antiquité, *Bull. Soc. Geol. France*, XIX, 3, p. 679-684.
- Γάκη-Παπαναστασίου Κ. - 1991. Γεωμορφολογική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής του Αργολικού πεδίου κατά το Τεταρτογενές. *Διδακτορική Διατριβή Παν/μιο Αθηνών*, 194 σελ. ΑΘΗΝΑ.
- Γαλανόπουλος Α., 1955, Σεισμική Γεωγραφία της Ελλάδος, *Ann. Geol. Pays Hell.*, 6, p. 83-121.
- Comninakis P.E. & Papazachos B.C., 1982, A catalogue of historical Earthquakes in Greece and Surrounding Area, *University of Thessaloniki, Geophysical Laboratory Publ. No 5*.
- Van Andel. Tj., Zangger E. & Perissoratis C. (1990). Quaternary Transgressive/Regressive Cycles in the Gulf of Argos, Greece, *Quaternary Research*, 34, 317-329.

- Δερμιτζάκης Μ.Δ. σε συνεργ. Παπαδοπούλου Ε. (1988). Γίγαντες Δράκοντες, Άγιοι και Γεωλογικό Φαινόμενο. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.* XXIII/2, 75-100, Αθήνα.
- Finke E. & Malz H. (1988). Der Lernaische see. *Natur und Museum*, 118 (7), 213-222, Frankfurt.
- Παπαχατζής Ν. (1976). Πausανίου Ελλάδος Περιήγησις, Κορινθιακά Λακωνικά, *Εκδοτική Αθηνών*, Αθήνα.
- Παπαχατζής Ν. (1979). Πausανίου Ελλάδος Περιήγησις, Μεσσηνιακά Ηλιακά, *Εκδοτική Αθηνών*, Αθήνα.
- Παπαχατζής Ν. (1980). Πausανίου Ελλάδος Περιήγησις, Αχαϊκά Αρκαδικά, *Εκδοτική Αθηνών*, Αθήνα.
- Zangger E. & Malz H. (1989). Late Pleistocene, Holocene and Recent ostracods from the Gulf of Argow, Greece, *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 113, 159-175, Frankfurt.

ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΛΑΚΩΝΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

ΚΟΝΙΣΠΟΛΙΑΤΗΣ Ν.* ΒΑΡΝΑΒΑΣ Σ και ΠΑΝΑΓΟΣ Α.***

* Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Πατησίων 42, Αθήνα

** Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 261 10 Πάτρα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αφορά στη μελέτη των ιζηματολογικών και ορυκτολογικών χαρακτηριστικών των παράκτιων υποθαλάσσιων ιζημάτων του Λακωνικού Κόλπου. Εγινε συστηματική δειγματοληψία και ακολούθησε η σχετική διερεύνηση του υλικού (μικροσκοπική παρατήρηση, κοκκομετρική ανάλυση, ορυκτολογική ανάλυση και τέλος ακτινογραφική μελέτη του). Ακολούθησε ο προσδιορισμός των λιθολογικών χαρακτήρων των δειγμάτων με βάση την περιεκτικότητα σε άμμο, πηλό και άργιλο. Μελετώνται η μορφολογική ποικιλία των ακτών, που αποτελεί το αποτέλεσμα δράσης ενδογενών αλλά και εξωγενών μορφογενετικών παραγόντων. Τα παράκτια ιζήματα του Λακωνικού κόλπου χαρακτηρίζονται ως άμμοι, πηλούχοι άμμοι, ιλυώδεις άμμοι και αμμούχοι πηλοί. Δίδονται αντιπροσωπευτικές αθροιστικές κοκκομετρικές καμπύλες δειγμάτων ιζημάτων του κόλπου και συνάγονται σχετικά συμπεράσματα. Υπολογίστηκαν στη συνέχεια οι παράμετροι «μέσο μέγεθος» και «σταθερή απόκλιση» των ιζημάτων. Τα κύρια ορυκτολογικά συστατικά των παράκτιων ιζημάτων του Λακωνικού κόλπου είναι ο χαλαζιός, οι μαρμαρυγίες, ο ασβεστίτης και ο μαγνησιούχος ασβεστίτης, ο δολομίτης και οι άστριοι. Η προσφορά ιζημάτων από βιογενείς παράγοντες (κελύφη μαλακίων, κ.λπ.) είναι σημαντική ιδιαίτερα στις περιοχές που βρίσκονται μακριά από τις εκβολές του Ευρώτα και των ποταμοχειμμάρων, όπου δηλαδή το ποσοστό του κλαστικού υλικού χερσαίας προέλευσης είναι χαμηλό.

ABSTRACT

This paper deals with the study of the sedimentological and mineralogical characteristics of the nearshore submarine sediments of Laconicos Gulf. Sediment samples were systematically collected and analysed (microscopic observation, grain-size analysis, mineralogical analysis). The lithological characters of the sediments were determined on the basis of their concentrations in sand, silt and clay. The morphological variety of the coasts is also examined. The nearshore sediments of Lakonicos Gulf are sands, silty sands, muddy sands and sandy silts. Representative grain-size cumulative frequency curves are given and the statistical parameters mean

ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΛΑΚΩΝΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

ΚΟΝΙΣΠΟΛΙΑΤΗΣ Ν.* ΒΑΡΝΑΒΑΣ Σ και ΠΑΝΑΓΟΣ Α.***

* Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Πατησίων 42, Αθήνα

** Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 261 10 Πάτρα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αφορά στη μελέτη των ιζηματολογικών και ορυκτολογικών χαρακτηριστικών των παράκτιων υποθαλάσσιων ιζημάτων του Λακωνικού Κόλπου. Εγινε συστηματική δειγματοληψία και ακολούθησε η σχετική διερεύνηση του υλικού (μικροσκοπική παρατήρηση, κοκκομετρική ανάλυση, ορυκτολογική ανάλυση και τέλος ακτινογραφική μελέτη του). Ακολούθησε ο προσδιορισμός των λιθολογικών χαρακτήρων των δειγμάτων με βάση την περιεκτικότητα σε άμμο, πηλό και άργιλο. Μελετώνται η μορφολογική ποικιλία των ακτών, που αποτελεί το αποτέλεσμα δράσης ενδογενών αλλά και εξωγενών μορφογενετικών παραγόντων. Τα παράκτια ιζήματα του Λακωνικού κόλπου χαρακτηρίζονται ως άμμοι, πηλούχοι άμμοι, ιλυώδεις άμμοι και αμμούχοι πηλοί. Δίδονται αντιπροσωπευτικές αθροιστικές κοκκομετρικές καμπύλες δειγμάτων ιζημάτων του κόλπου και συνάγονται σχετικά συμπεράσματα. Υπολογίστηκαν στη συνέχεια οι παράμετροι «μέσο μέγεθος» και «σταθερή απόκλιση» των ιζημάτων. Τα κύρια ορυκτολογικά συστατικά των παράκτιων ιζημάτων του Λακωνικού κόλπου είναι ο χαλαζίας, οι μαρμαρυγίες, ο ασβεστίτης και ο μαγνησιούχος ασβεστίτης, ο δολομίτης και οι άστριοι. Η προσφορά ιζημάτων από βιογενείς παράγοντες (κελύφη μαλακίων, κ.λπ.) είναι σημαντική ιδιαίτερα στις περιοχές που βρίσκονται μακριά από τις εκβολές του Ευρώτα και των ποταμοχειμμάρων, όπου δηλαδή το ποσοστό του κλαστικού υλικού χερσαίας προέλευσης είναι χαμηλό.

ABSTRACT

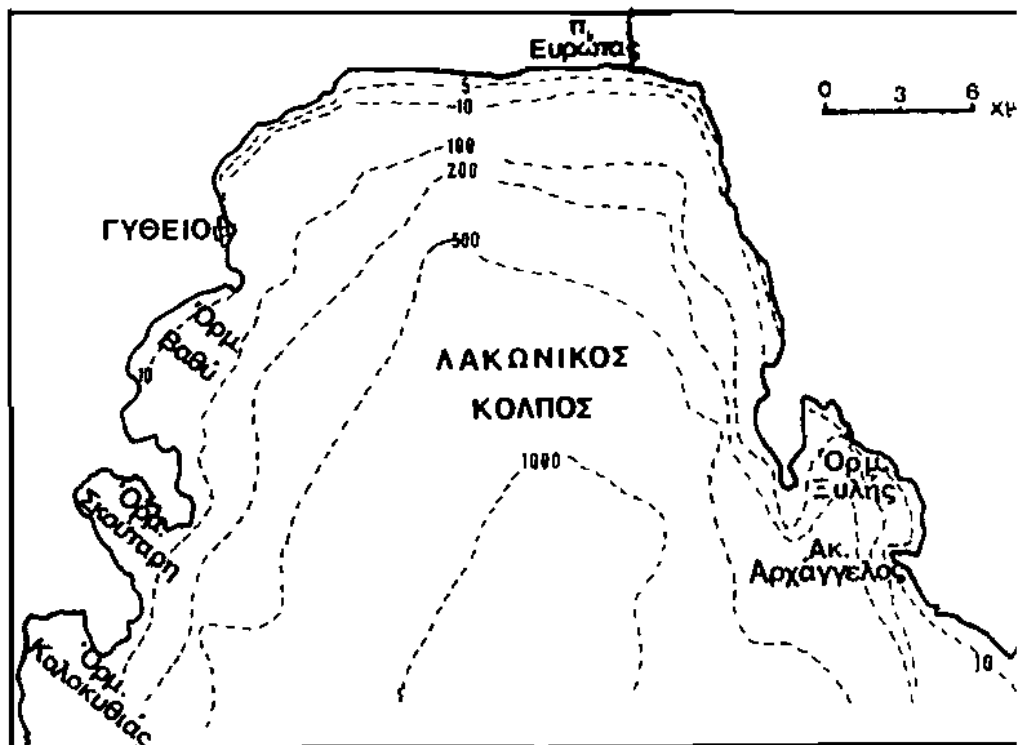
This paper deals with the study of the sedimentological and mineralogical characteristics of the nearshore submarine sediments of Laconicos Gulf. Sediment samples were systematically collected and analysed (microscopic observation, grain-size analysis, mineralogical analysis). The lithological characters of the sediments were determined on the basis of their concentrations in sand, silt and clay. The morphological variety of the coasts is also examined. The nearshore sediments of Lakonicos Gulf are sands, silty sands, muddy sands and sandy silts. Representative grain-size cumulative frequency curves are given and the statistical parameters mean

size and inclusive graphic standard deviation are studied. The main minerals of sediments are quartz, mica, calcite, Mgcalcite, dolomite and feldspars. The biogenic contribution in the sediments (shells of mollusks ext) is important especially in areas away from the river Evrotas mouth and the streams where the concentration of biogenic derived clastic material is low.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη των ιζηματολογικών και ορυκτολογικών χαρακτηριστικών των υποθαλάσσιων παράκτιων ιζημάτων του Λακωνικού Κόλπου. Κατ' επέκταση γίνονται παρατηρήσεις σχετικές με τη φυσική ωκεανογραφία, ευστατικές κινήσεις της θάλασσας και τη μορφολογία των ακτών.

Ο Λακωνικός Κόλπος (Σχ. 1) είναι σχηματισμός των τελευταίων γεωλογικών χ



Σχήμα 1. Ο Λακωνικός Κόλπος

ων στο χώρο της Αιγίδος, και αποτελεί τεκτονικό βύθισμα που σχηματίστηκε κ...
το ανώτερο Διλούβιο του τεταρτογενούς.

Το μήκος του είναι 14 χλμ., το πλάτος του 42 χλμ. και το μέγιστο βάθος

ξεπερνά τα 10.000 μέτρα.

Τα πετρώματα που κυριαρχούν στη γεγονική ξηρά που περιβάλλει τον κόλπο ανήκουν στο κρυσταλλοσχιστώδες της Κεντρ. Πελοποννήσου - Κρήτης και είναι κυρίως:

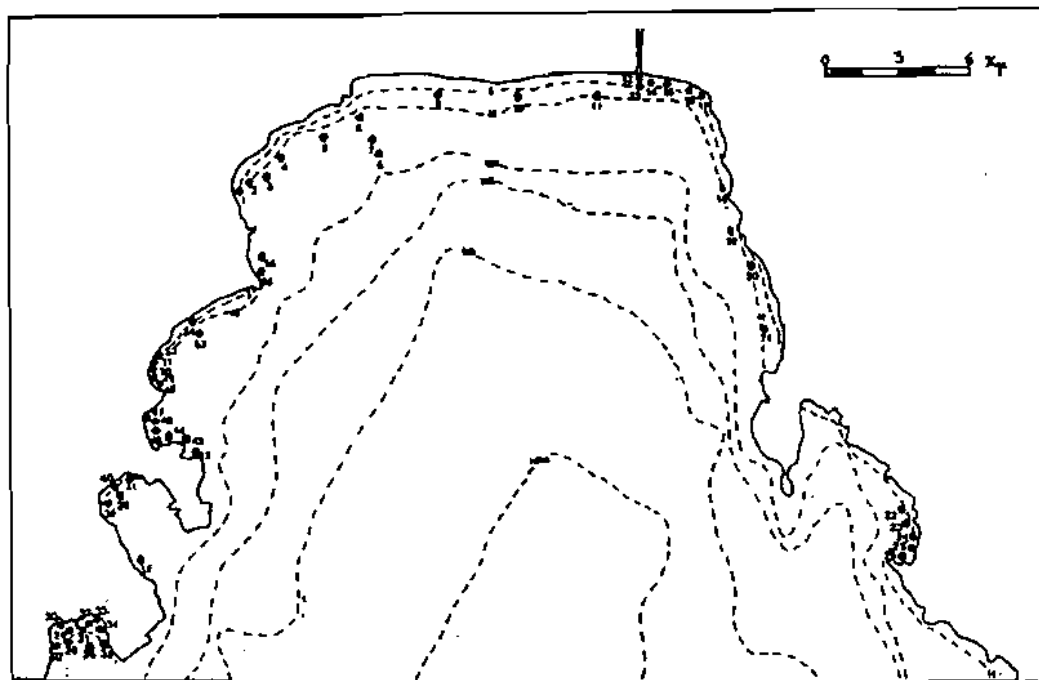
1. Προαλπικοί φυλλίτες, σερικτιτικοί σχιστόλιθοι, χαλαζίτες και ημιμεταμορφωμένοι ασβεστόλιθοι (μάρμαρα) με ενστρώσεις πυριτιολίθων.
2. Ασβεστόλιθοι και δολομίτες του μέσου-ανώτερου τριαδικού και
3. Νεογενείς και σύγχρονες αποθέσεις (κροκαλοπαγή, άμμοι, άργιλλοι, κ.λπ.).

Ο ποταμός Ευρώτας, που εκβάλλει στο μυχό του Κόλπου, έχει σχηματίσει το ομώνυμο δέλτα του ενώ πολυάριθμοι ποταμοχείμματοι εκβάλουν κατά μήκος των ανατολικών και δυτικών ακτών.

Το δέλτα του Ευρώτα είναι τοξοειδούς-λοβοειδούς τύπου και έχει έκταση 53 Km² (Ψιλοβίκος-Χαχαμίδου, 1987). Σύμφωνα με τους πιο πάνω ερευνητές το δέλτα του Ευρώτα έχει υποστεί την επίδραση των ανθρωπογενών παρεμβάσεων με συνέπεια αλλαγές της κοίτης του, εκτροπές, εγκιβωτισμό καναλιών στο χώρο της δελταϊκής διασποράς, αποξήρανση λιμνοθαλασσών, αποστραγγίσεις ελών με στόχο κυρίως την καλλιέργεια της δελταϊκής πεδιάδας.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στις υποθαλάσσιες παράκτιες περιοχές του Λακωνικού Κόλπου πραγματοποιή-



Σχήμα 2. Σταθμοί δειγματοληψίας ιζημάτων του Λακωνικού Κόλπου

θηκε συστηματική δειγματοληψία. Ο αριθμός των συλλεγέντων και εξετασθέντων δειγμάτων είναι 56 και οι τοποθεσίες τους παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.

Οι δειγματοληψίες έγιναν με δειγματολήπτη πυθμένα από μικρό σκάφος και ο καθορισμός της θέσεώς του γινόταν με τη βοήθεια εξάντα.

Οι εργαστηριακές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στα συλλεγόμενα δείγματα περιελάμβαναν κοκκομετρικές και ορυκτολογικές αναλύσεις.

Για τις κοκκομετρικές αναλύσεις ακολουθήθηκε η μέθοδος με «ξηρό κοσκίνισμα» όπως περιγράφεται στο γνωστό σύγγραμμα του FOLK (1974). Οι χάλικες και η άμμος διαχωρίστηκαν σε κλάσματα με τη χρήση δονητή και κοσκίνων δκαμέτρου οπής πλέγματος 0,063, 0,088, 0,125, 0,177, 0,250, 0,354, 0,350, 0,707, 0,000, 1,412, 2,000, 2,828 και 4,000 χιλιοστών και για την κοκκομετρική ανάλυση των λεπτόκοκκων ιζημάτων, δηλαδή του πηλού (silt) και της αργίλου (clay) ακολουθήθηκε η μέθοδος καθίζησης με πιπέττα. Στο λεπτόκοκκο υλικό είχε προστεθεί απεσταγμένο νερό το οποίο περιείχε μικρή ποσότητα διαλύματος υδροξειδίου του αμμωνίου (NH_4OH) το οποίο παρεμποδίζει την κροκιδωση των αργίλων.

Οι ορυκτολογικές αναλύσεις έγιναν με ακτινοσκόπηση των δειγμάτων με περιθλασίμετρο ακτίνων Χ. Για το σκοπό αυτό παρασκευάστηκαν δείγματα κόνεως για κάθε δείγμα χωριστά, και έγινε ο ημιποσοτικός προσδιορισμός των κύριων ορυκτών σύμφωνα με τη μέθοδο NORRISH και TAYLOR (1962).

Το περιθλασίμετρο ακτίνων Χ ήταν τύπου Phillips με ακτινοβολία $\text{CuK}\alpha$ και με παρεμβολή φίλτρου Ni. Το διάστημα 2 θ κυμαινόταν από 4° έως 40°. Η ταχύτητα του γωνιομέτρου ήταν 1°/λεπτό και η λυχνία εκπομπής των ακτίνων λειτουργούσε με ισχύ 800W (40KW, 20mA).

Ακολούθησε η μικροσκοπική παρατήρηση των κόκκων της άμμου και η αναγνώριση των διαφόρων συστατικών της. Αναγνωρίστηκαν τόσο χερσογενή κλαστικά υλικά, όσο και ουσιατικά της βιογενούς φάσης.

Έγινε επίσης διαχωρισμός των βαρέων ορυκτών με βρωμοφόρμιο (CHBr_3) σε επιλεγμένα δείγματα και μικροσκοπική παρατήρηση.

3. ΦΥΣΙΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ

Ελάχιστες πληροφορίες έχουν καταγραφεί σχετικά με τη φυσική ωκεανογραφία του Λακωνικού Κόλπου. Μία ωκεανογραφική μελέτη της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Π. Ναυτικού (ΖΩΗ, 1981) αναφέρει ότι το μέσο εύρος παλίρροιας στο λιμάνι του Γυθείου είναι 0,04 μ. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η ταχύτητα των παλιρροιακών ρευμάτων στην περιοχή του Κόλπου είναι πολύ μικρή και η διάβρωση την οποίαν υφίσταται ο πυθμένας και οι παράκτιες περιοχές από τα παλιρροιακά ρεύματα είναι ασθενής. Εν τούτοις σε περιόδους νηνεμίας, όταν δρουν μόνο αυτά, μεταφέροντας αιωρούμενο υλικό και ιδιαίτερα όταν επιταχύνονται από ανέμους που πνέουν από παρόμοιες κατευθύνσεις, ο ρόλος των παλιρροιακών ρευμάτων γίνεται πιο σημαντικός.

Οι κύριες υδροδυναμικές διεργασίες που δρουν στο Λακωνικό Κόλπο είναι κυματισμοί και επιφανειακά ρεύματα, που σχηματίζονται από τη δράση των ανέμων. Τα επιφανειακά ρεύματα ρέουν προς διάφορες κατευθύνσεις, διαρκούν όσο διαρκούν οι άνεμοι που τα προκαλούν και έχουν προσωρινό χαρακτήρα.

Στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Πίνακας 1) που αναφέρονται σε μετρήσεις ανέμων στη γειτονική πόλη της Σπάρτης, δείχνουν ότι οι επικρατέστεροι άνεμοι στην ευρύτερη περιοχή του Κόλπου είναι οι βόρειας κατεύθυνσης και ακολουθούν οι νοτιοδυτικής κατεύθυνσης.

Πίνακας 1: Μηνιαία συχνότητα διεύθυνσεως και δυνάμεως ανέμου % των επικρατουσών διευθύνσεων.

Μήνες/ Διευθύνσεις	Ιον.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μά.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.
Βορράς (N)	30,5	29,9	25,4	28,2	27,5	29,1	26,5	29,0	28,1	25,1	28,7	29,8
Νότος (S)	8,2	7,2	8,5	8,4	5,9	5,3	6,2	8,2	8,7	5,8	4,2	8,3
Νοτιοδ. (SW)	10,8	15,2	13,7	12,0	13,2	14,0	13,4	4,9	16,0	14,9	14,0	12,2
Βορειοδ (NW)	7,8	7,8	8,3	8,0	6,5	6,1	6,5	6,9	7,2	8,0	5,6	5,9

Οι άνεμοι βόρειας κατεύθυνσης πνέουν από τον μυχό προς το στόμιο του κόλπου, παράλληλα δηλαδή προς τον μεγάλο άξονά του και δημιουργούν έντονους σχετικά κυματισμούς και επιφανειακά ρεύματα. Λόγω της δράσης της δύναμης Coriolis επηρεάζουν ιδιαίτερα τις δυτικές ακτές οι οποίες είναι εκτεθειμένες επίσης και στην επίδραση των ανέμων ανατολικής κατεύθυνσης.

Οι άνεμοι που πνέουν από νοτιοδυτικές κατευθύνσεις επιδρούν σημαντικά στις ανατολικές ακτές καθώς και στο μυχό του Κόλπου όπου σχηματίζουν παράκτια ρεύματα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, οι άνεμοι οι οποίοι πνέουν από νότιες κατευθύνσεις αν και δεν είναι ιδιαίτερα ισχυροί, εντούτοις σχηματίζουν έντονους κυματισμούς λόγω της μεγάλης έκτασης θαλάσσιας επιφάνειας (fetch distance) στην οποία πνέουν. Έτσι τα θαλάσσια κύματα τα οποία σχηματίζονται νοτιώτερα, στην θαλάσσια περιοχή των Κυθήρων, εισέρχονται και επιδρούν στα πιο ρηχά νερά του Λακωνικού Κόλπου με αποτέλεσμα να αυξάνει η δραστηρότητά τους καθώς το ύψος του κύματος αυξάνει.

Όταν οι κυματισμοί προσπίπτουν με οξεία γωνία στην ακτογραμμή σχηματίζονται παράκτια ρεύματα (longshore currents) κατά μήκος της ακτής, τα οποία παίζουν σπουδαίο ρόλο στην παράκτια μετακίνηση των ιζημάτων.

4. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΑΚΤΩΝ

Οι ακτές του Λακωνικού Κόλπου παρουσιάζουν μορφολογική ποικιλία που είναι το

αποτέλεσμα της δράσης των ενδογενών και των εξωγενών δυνάμεων. Ιδιαίτερα έχουν επηρεασθεί από τις μεγάλης κλίμακας ευστατικές κινήσεις της στάθμης της θάλασσας οι οποίες συνέβησαν σχετικά πρόσφατα.

Όπως είναι γνωστό, στο χρονικό διάστημα πριν από 35.000 έως 17.000 χρόνια υπήρξε ταπείνωση της στάθμης της θάλασσας κατά 90 έως 150 μέτρα. Το φαινόμενο αυτό, που υπήρξε παγκόσμιο και συνδυάζεται με την παγετώδη περίοδο του ανωτέρου Πλειστόκαινου, ακολουθήθηκε από μία μεγάλης κλίμακας θαλάσσια επίκλυση, τη Φλάνδρα επίκλυση. Αποτέλεσμα αυτής υπήρξε η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η είσοδος της στις εξόδους των κοιλάδων και ο σχηματισμός όρμων, ακρωτηρίων, νησίδων καθώς επίσης και η θαλάσσειση εκτεταμένων επιφανειών διάβρωσης της πρώην ξηράς.

Όπως έχει διαπιστωθεί από την αρχαιολογική έρευνα στην περιοχή των Τρινησίων, βορειοανατολικά του Γυθείου και στην ξηρά, υπάρχουν λείψονα θεμελίων αρχαίας οικίας όπου το δάπεδό της βρίσκεται 0,5 μ. κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Σύμφωνα με τον ΚΡΑΦΤ (1971) η στάθμη της θάλασσας θα ευρίσκετο 1 με 2 μέτρα κάτω από το δάπεδο της οικίας την εποχή που κτίστηκε. Ο FLEMMING (1968) υποστηρίζει την άποψη ότι στην περιοχή αυτή του Κόλπου, η στάθμη της θάλασσας ανέβηκε λόγω των ευστατικών κινήσεων με ρυθμό 1 μέτρο ανά 1.000 χρόνια.

Οι ακτές του Λακωνικού Κόλπου μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες γενικές κατηγορίες: τις ακτές χαμηλού ανάγλυφου (πεδινές) και τις ακτές έντονου ανάγλυφου (σπόκκριμνες). Στις ακτές χαμηλού ανάγλυφου υπάγονται οι ακτές του μυχού του Κόλπου και μέρος των ακτών των όρμων.

Ο μυχός του Κόλπου καταλαμβάνεται κατά ένα μεγάλο μέρος από τις δελταϊκές αποθέσεις του ποταμού Ευρώτα. Ο ΚΡΑΦΤ (1971) πιστεύει ότι η περιοχή του δέλτα ήταν καλυμμένη από τη θάλασσα κατά την αρχή του Ολόκαινου μέχρι τις περιοχές Σκόλα και Αστέριο (Σχ. 1) βορειοανατολικά του Γυθείου. Στη συνέχεια ακολούθησε προέλαση της ξηράς σε βάρος της θάλασσας λόγω απόθεσης των μεταφερόμενων από τον ποταμό Ευρώτα υλικών.

Κύριο χαρακτηριστικό στοιχείο της ακτής στο μυχό του Κόλπου αποτελεί η σχεδόν ευθύγραμμη ακτογραμμή (Σχ. 2) η οποία έχει σχηματισθεί από την επίδραση των υδροδυναμικών διεργασιών (κυματισμοί, ρεύματα) στις αποθέσεις του ποταμού.

Οι όρμοι βρίσκονται συχνά στα στόμια κοιλάδων που διαρρέονται από ποταμοχειμάρους και στο μυχό τους αναπτύσσονται καλώς διαμορφωμένες παραλίες.

Οι ακτές με έντονο ανάγλυφο (σπόκκριμνες) εντοπίζονται κυρίως κατά μήκος των 2 χερσονήσων του Κόλπου οι οποίες αποτελούν τεκτονικά κέρατα και οριοθετούνται από ομάδες ρηγμάτων σχεδόν καθέτων ή παράλληλων προς την ακτογραμμή.

5. ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Η κύρια πηγή τροφοδοσίας με ιζήματα του Λακωνικού Κόλπου είναι ο ποταμός Ευρώτας με έκταση λεκάνης απορροής 2.000 χλμ.² και μέση ετήσια απορροή 54,10⁶ μ³ (ΘΕΡΙΑΝΟΣ, 1974).

Η απορροή του, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2, εμφανίζει μικρές σχετικά εποχιακές διακυμάνσεις λόγω του γεγονότος ότι τροφοδοτείται εκτός από τα υδατικά κατακρημνίσματα και από πηγές.

Ο Ευρώτας όπως έχει αναφερθεί στα προηγούμενα έχει σχηματίσει χαρακτηριστικό δέλτα στο μυχό του Κόλπου το οποίο καλύπτεται κυρίως από τις αποθέσεις πλημμύρας του.

Το δέλτα του Ευρώτα αποτελεί μια εύφορη πεδιάδα μέσα στην οποία είναι ορατές ακόμη οι παλιές κοίτες του ποταμού.

Η προσφορά ιζημάτων από τον ποταμό Ευρώτα προς τον Λακωνικό Κόλπο φαίνεται να είναι και σήμερα σημαντική.

Πίνακας 2: Μέσες μηνιαίες παροχές σε $\mu^3/\delta\lambda.$, του Ευρώτα

Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβρ.	Μαρ.	Απρ.	Μαϊ.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπτ.
1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,2	2,2	2,1	1,9	1,6	1,4	1,1

Δευτερεύουσες πηγές τροφοδοσίας ιζημάτων αποτελούν: α) οι διάφοροι ποταμοχείμαρροι, β) η διάβρωση των ακτών και γ) οι βιογενείς παράγοντες.

Ιδιαίτερα οι ποταμοχείμαρροι οι οποίοι εκβάλλουν στις δυτικές ακτές φαίνεται να είναι πιο σημαντικοί από άποψη τροφοδοσίας σε σύγκριση με τους ποταμοχείμαρρους που εκβάλλουν στις ανατολικές ακτές. Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι οι δυτικές περιοχές του Λακωνικού Κόλπου δέχονται υψηλότερα ποσά βροχής (600-800 χλσμ.) από τις ανατολικές (400-600 χλσμ.) (ΚΑΡΑΠΙΠΕΡΗΣ, 1974).

Η διάβρωση των ακτών από τις θαλάσσιες υδροδυναμικές διεργασίες (κυματισμοί, ρεύματα) εμφανίζει τοπική σημασία και είναι πιο έντονη στα ακρωτήρια του Κόλπου. Εν τούτοις τα σκληρά πετρώματα που απαρτίζουν τα ακρωτήρια (πυριτόλιθοι-ασβεστόλιθοι, χαλαζίτες, κ.λπ.) είναι μάλλον ανθεκτικά στη θαλάσσια διάβρωση με αποτέλεσμα η υποχώρηση της ακτής στις περιοχές αυτές να πραγματοποιείται με πολύ αργούς ρυθμούς.

Η προσφορά ιζημάτων από βιογενείς παράγοντες (κελύφη μαλακίων, κ.λπ.) είναι σημαντική ιδιαίτερα στις περιοχές που βρίσκονται μακριά από τις εκβολές του Ευρώτα και των ποταμοχειμμάτων, όπου δηλαδή τα ποσοστά του κλαστικού υλικού χερσαίας προέλευσης είναι χαμηλό. Αυτό επιβεβαιώνεται από την μικροσκοπική παρατήρηση του υλικού.

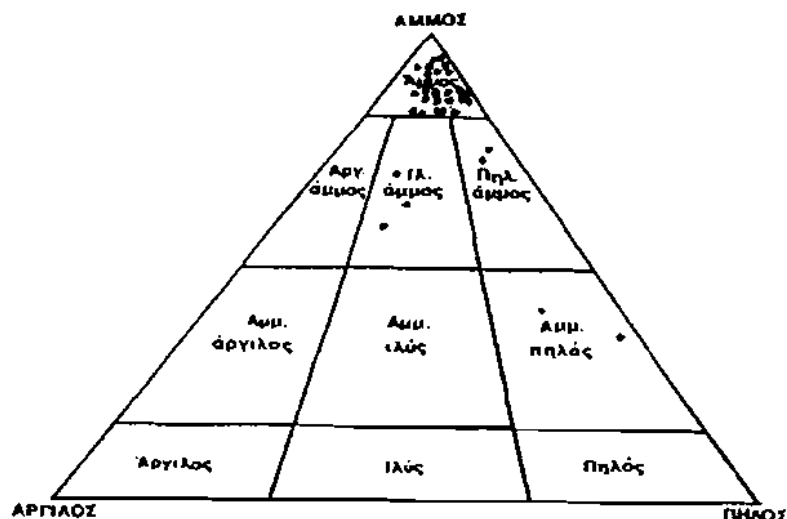
Τέλος όσον αφορά την πιθανότητα τροφοδοσίας των παράκτιων περιοχών του Κόλπου από την υφαλοκρηπίδα, πρέπει να λεχθεί ότι η πιθανότητα είναι μικρή, λόγω του αυξανόμενου βάθους και των αδύνατων σχετικά ρευμάτων. Εν τούτοις δεν αποκλείεται κατά τη διάρκεια τρικυμίων και σε περιόδους ισχυρών ανέμων λίγα υλικά της υφαλοκρηπίδας να μεταφέρονται στις παράκτιες περιοχές.

6. ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε άμμο, πηλό και άργιλο, οι λιθο-

λογικοί χαρακτήρες και οι κοκκομετρικές παράμετροι των παράκτιων ιζημάτων του Λακωνικού Κόλπου.

Οι λιθολογικοί χαρακτήρες των διαφόρων δειγμάτων προσδιορίστηκαν με βάση την περιεκτικότητά τους σε άμμο, πηλό και άργιλο σύμφωνα με το διάγραμμα του FOLK (1974) (Σχ. 3).



Σχήμα 3. Θέση των ιζημάτων στο διάγραμμα άμμος - πηλός - άργιλος (FOLK, 1974)

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3 τα παράκτια ιζήματα του Λακωνικού Κόλπου χαρακτηρίζονται ως άμμοι, πηλούχοι άμμοι, λυώδεις άμμο και αμμούχοι πηλοί.

Στα Σχήμα 4 παρουσιάζεται η κατανομή των λιθολογικών τύπων των παράκτιων ιζημάτων στον Κόλπο.

Η ενότητα της άμμου η οποία περιλαμβάνει άμμους και μερικές φορές άμμους και χάλικες (όπως στα δείγματα G18, G19, G22, G31, G51, G52) βρίσκεται σε όλες σχεδόν τις παράκτιες περιοχές και η εξάπλωσή της ποικίλλει. Πιο συγκεκριμένα:

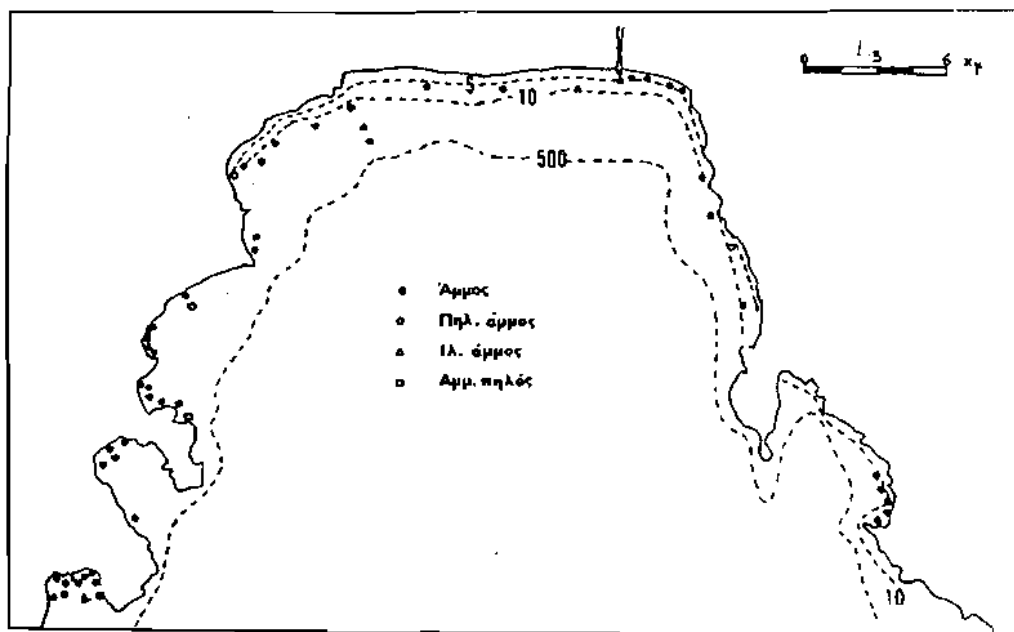
Στους **όρμους Κολοκυθιάς και Σκούταρη** οι παράκτιες περιοχές καλύπτονται από άμμο. Σ' αυτό συμβάλλει και το γεγονός ότι οι ποταμοχειμάρροι που εκβάλλουν στους όρμους αυτούς διέρχονται κυρίως από ημιμεταμορφωμένα πετρώματα και ακόμη ότι ο βυθός στις περιοχές αυτές εμφανίζει μικρή σχετικά κλίση (Σχ. 4).

Ετσι τα υλικά που μεταφέρονται στη θάλασσα από τους ποταμοχειμάρρους, είναι κυρίως αδρομερή και κατανέμονται στη συνέχεια από τους υδροδυναμικούς παράγοντες (κυματισμοί, παράκτια ρεύματα) κατά μήκος της ακτογραμμής.

Στον όρμο Βαθύ όλες οι παράκτιες περιοχές καλύπτονται με άμμο. Εξάιρεση αποτελεί το δείγμα G42 που πάρθηκε από το νοτιοδυτικό άκρο, στο στόμιο του μικρού όρμου και είναι αμμούχος πηλός. Η ξηρά η οποία περιβάλλει τον όρμο Βαθύ περιλαμβάνει ημιμεταμορφωμένους σχηματισμούς, φυλίες και πλειοκαινικές αποθέσεις τα προϊόντα αποσάθρωσης των οποίων διοχετεύονται στον όρμο δια μέσου ποταμοχει-

μάρρων. Μετά από την παράκτια ζώνη άμμου τα ιζημάτα φαίνεται να μεταπίπτουν σε πηλούχο άμμο όπως υποδηλώνει το δείγμα G53.

Στο μυχό του Κόλπου η ενότητα της άμμου εντοπίζεται στις παράκτιες περιοχές και η εξάπλωσή της ποικίλλει. Ετσι στην περιοχή των εκβολών του ποταμού Ευρώτα η



Σχ. 4. Κατανομή των λιθολογικών τύπων των παράκτιων ιζημάτων του Λακωνικού Κόλπου

ζώνη της άμμου εμφανίζει πολύ μικρή ανάπτυξη όπως υποδεικνύει η ύπαρξη ιλυώδους άμμου (δείγμα 611) κοντά στην ακτογραμμή και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι άφθονο λεπτόκοκκο υλικό εισέρχεται στον Κόλπο από τις εκβολές του ποταμού.

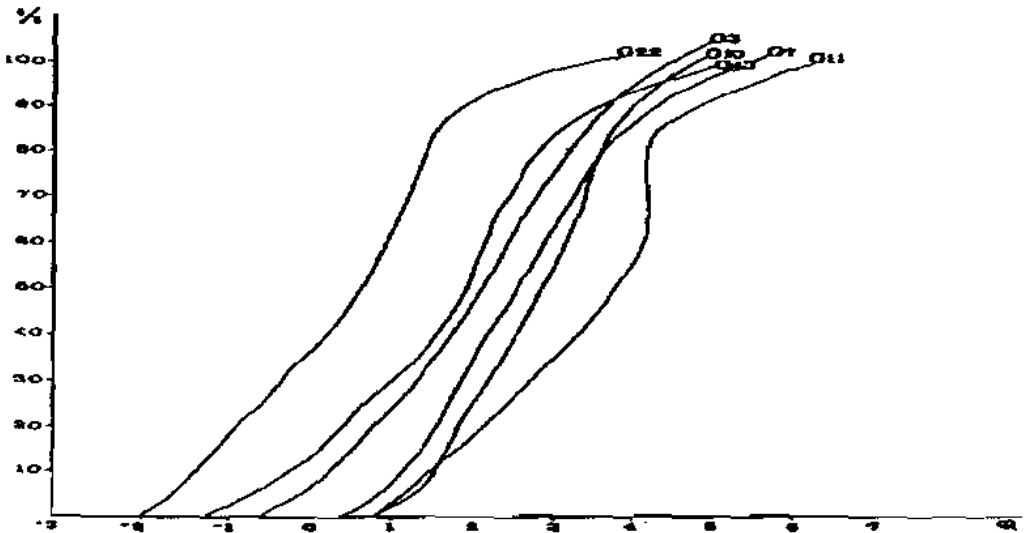
Στην περιοχή του Γυθείου η παράκτια περιοχή καλύπτεται εκτός από τη ζώνη της άμμου και από αμμούχο πηλό (δείγμα G61). Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην περιοχή του Γυθείου εισάγονται τα λύματα από την οικιστική περιοχή και τις άλλες εγκαταστάσεις της ευρύτερης περιοχής και ότι τα τεχνικά έργα κατασκευής των προβλητών του λιμανιού εμποδίζουν την παράκτια μετακίνηση των ιζημάτων με αποτέλεσμα την επικράτηση χαμηλών ενεργειών στα θαλασσινά περιβάλλον. Ετσι διευκολύνεται η απόθεση λεπτόκοκκου υλικού.

Κατά μήκος των ανατολικών ακτών του Κόλπου τα παράκτια ιζημάτα είναι άμμοι, με εξαίρεση το δείγμα G20 που είναι πηλούχος άμμος. Από τους σχηματισμούς της ξηράς οι πλειοκαινικές αποθέσεις (άμμοι, κροκαλαπαγή, κ.λπ.) και οι φυλίτες προσφέρουν αδρομερή προϊόντα αποσάθρωσης τα οποία με τη βοήθεια ποταμοχειμάρρων διοχετεύονται στη θάλασσα και κατανέμονται στη συνέχεια κατά μήκος της ακτής με τους κυματισμούς και τα παράκτια ρεύματα.

7. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Για την καλύτερη μελέτη των παράκτιων ιζημάτων κατασκευάστηκαν οι αθροιστικές καμπύλες συχνότητας.

Στο Σχήμα 5, παρουσιάζονται έξι αντιπροσωπευτικές αθροιστικές κοκκομετρικές καμπύλες για ισάριθμα δείγματα των ιζημάτων του Λακωνικού Κόλπου.



Σχ. 5. Αθροιστικές κοκκομετρικές καμπύλες αντιπροσωπευτικών δειγμάτων ιζημάτων του Λακωνικού Κόλπου

Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, οι αθροιστικές καμπύλες εμφανίζουν σε γενικές γραμμές μεγαλύτερη κλίση στην περιοχή των μεγαλύτερων διαμέτρων των κόκκων του ιζήματος σε σύγκριση με τις περιοχές των μικρότερων διαμέτρων. Το γεγονός αυτός υποδηλώνει ότι το αδρομερές υλικό των ιζημάτων είναι καλύτερα διαβαθμισμένο από το υπόλοιπο λεπτομερές υλικό, λόγω των υδροδυναμικών διεργασιών που επικρατούν στο θαλασσινό περιβάλλον.

Με βάση τις αθροιστικές κοκκομετρικές καμπύλες υπολογίστηκαν οι πιο κάτω στατιστικές παράμετροι:

7.1. Μέσο μέγεθος του ιζήματος (Graphic mean size).

Η πιο πάνω παράμετρος υπολογίστηκε με βάση τον μαθηματικό τύπο του FOLK (1974):

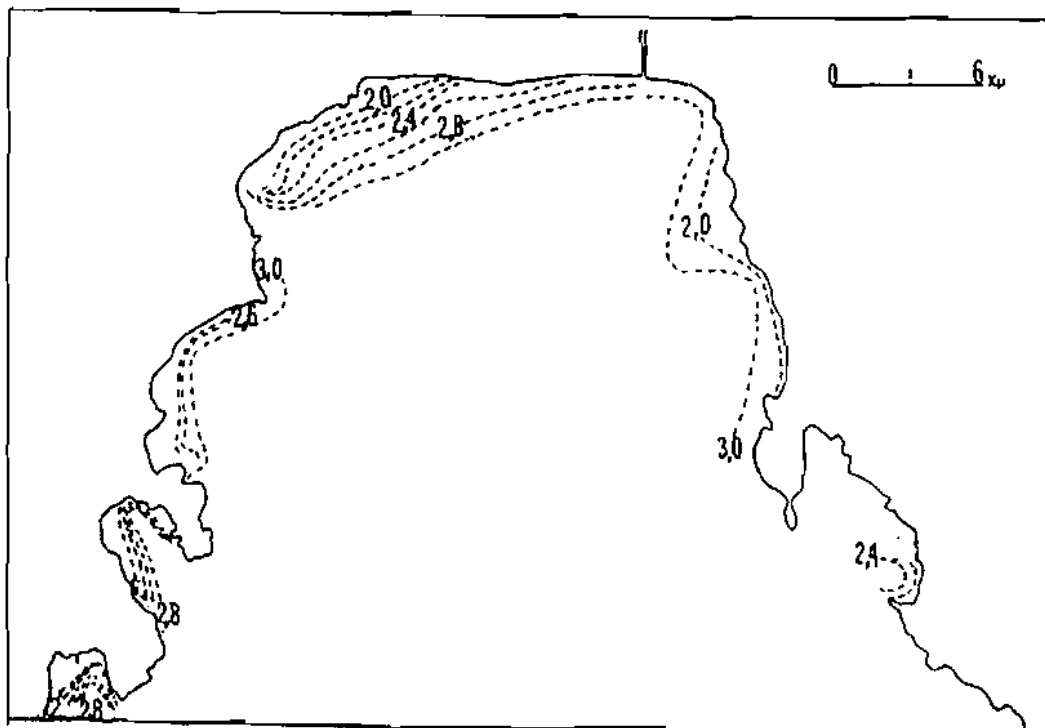
$$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

Σύμφωνα με τον WENTWORTH (1922) για το μέσο μέγεθος ισχύουν τα ακόλουθα:

- 1,0-0,0φ πολύ χονδρόκοκκος άμμος
- 0,0-1,0φ χονδρόκοκκη άμμος
- 1,0-2,0φ μέτρια άμμος
- 2,0-3,0φ λεπτόκοκκη άμμος
- 3,0-4,0φ πολύ λεπτόκοκκη άμμος

Το μέσον μέγεθος των κόκκων ενός ιζηματος εξαρτάται από δύο βασικούς παράγοντες: α) από τα μεγέθη των υλικών τα οποία μεταφέρονται στο περιβάλλον της ιζηματογένεσης και β) από το ποσό της ενέργειας που επέδρασε στα υλικά αυτά.

Στο σχήμα 6 παρουσιάζεται η κατανομή της τιμής του μέσου μεγέθους των παράκτιων ιζημάτων του Κόλπου. Από τη μελέτη του Πίνακα 3 και της κατανομής, προκύπτει ότι, οι παράκτιες περιοχές καλύπτονται από ιζήματα μέσου μεγέθους από -0,5φ (δείγμα G19) έως 5,2φ (δείγμα G42).



Σχ. 6. Κατανομή του μέσου μεγέθους κόκκων των παράκτιων ιζημάτων του Λακωνιζού Κόλπου

Από την κατανομή του μέσου μεγέθους (Σχ. 6) παρατηρείται ότι στο μυχό επικρατεί λεπτόκοκκη άμμος, όπως και στον όρμο Ξυλής. Αντίθετα, στον όρμο Κολοκυθιάς επικρατεί πολύ χονδρόκοκκη έως λεπτόκοκκη άμμος, στον όρμο Σκούταρη μέτρια έως λεπτόκοκκη άμμος και στον όρμο Βαθύ χονδρόκοκκη έως λεπτόκοκκη άμμος.

Νοτιώτερα από τις εκβολές, κατά μήκος της ανατολικής ακτής επικρατεί πολύ χονδρόκοκκη έως λεπτόκοκκη άμμος.

Πιο συγκεκριμένα, τα παράκτια ιζήματα του όρμου Κολοκυθιάς παρουσιάζουν μεγάλο εύρος τιμών μέσου μεγέθους από -0,4φ έως 2,4φ. Σύμφωνα με την ταξινόμηση του WENTWORTH (1922) τα ιζήματα του όρμου αυτού με βάση το μέσο μέγεθός τους χαρακτηρίζονται ως πολύ χονδρόκοκκη άμμος (μέσο μέγεθος -1,0φ έως 0,0φ) μέτρια άμμος (1,0φ έως 2,0φ) και λεπτόκοκκη άμμος (2,0φ έως 3φ).

Στον όρμο Σκούταρη τα παράκτια δείγματα εμφανίζουν τιμές μεσαίου μεγέθους από 1,8φ (δείγμα G40) έως 2,7 (δείγμα G41), δηλαδή χαρακτηρίζονται ως μέτρια άμμος και ως λεπτόκοκκη άμμος.

Στον όρμο Βαθύ τα ιζήματα εμφανίζουν μεγάλο σχετικά εύρος τιμών μέσου μεγέθους και χαρακτηρίζονται ως χονδρόκοκκη άμμος, μέτρια άμμος, πολύ λεπτόκοκκη άμμος και μέτριος πηλός.

Από την μελέτη της κατανομής του μέσου μεγέθους (Σχ. 6) προκύπτει ότι, τα πλέον χονδρόκοκκα παράκτια δείγματα του όρμου Βαθύ, εμφανίζονται στην κεντρική παράκτια περιοχή του όρμου, και μεταπίπτουν σε πιο λεπτόκοκκα προχωρώντας από το κέντρο του όρμου προς τα δύο άκρο του, ανατολικό και δυτικό. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην μετακίνηση των παράκτιων υλικών, που στην περίπτωση του όρμου Βαθύ φαίνεται να έχει διεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά και αντίστροφα.

Στην περιοχή του Γυθείου, όπως έχει ειπωθεί στα προηγούμενα, επικρατούν χαμηλές υδροδυναμικές ενέργειες με αποτέλεσμα την απόθεση λεπτόκοκκης άμμου και χονδρόκοκκου πηλού.

Στον μυχό του Κόλπου δηλαδή από την περιοχή βόρεια του Γυθείου έως και ανατολικά της εκβολής του Ευρώτα, τα ιζήματα, με βάση το μέσο μέγεθός τους, χαρακτηρίζονται ως μέτρια άμμος, λεπτόκοκκη άμμος, πολύ λεπτόκοκκη άμμος και χονδρόκοκκος πηλός.

Από τη μελέτη της κατανομής του μέσου μεγέθους των παράκτιων ιζημάτων στην περιοχή του μυχού του κόλπου, προκύπτει ότι, υπάρχει σαφής τάση τα δείγματα να γίνονται πιο λεπτόκοκκα προχωρώντας από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Το γεγονός αυτό πιθανόν υποδηλώνει ότι υπάρχει στην περιοχή αυτή επικρατούσα παράκτια μετακίνηση των ιζημάτων από δυσμάς προς ανατολάς.

Τα παράκτια δείγματα των ανατολικών περιοχών του Κόλπου χαρακτηρίζονται, με βάση το μέγεθός τους, ως πολύ χονδρόκοκκη άμμος, χονδρόκοκκη άμμος και λεπτόκοκκη άμμος. Όσον αφορά την παράκτια μετακίνηση των υλικών κατά μήκος της ανατολικής ακτογραμμής του Κόλπου, φαίνεται ότι η επικρατούσα διεύθυνση είναι από βορρά προς νότο και αντίστροφα, όπως υποδηλώνει η βαθμιαία μείωση του μέσου μεγέθους προς αυτές τις κατευθύνσεις.

7.2. Σταθερά απόκλιση (Inclusive Graphic Standard Deviation).

Η σταθερά απόκλιση υπολογίστηκε από τον μαθηματικό τύπο του FOLK (1974):

$$\sigma_1 = \frac{\varphi_{85} - \varphi_{15}}{4} + \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{6.6}$$

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

κτά των παράκτιων ιζημάτων του Λακωνικού Κόλπου είναι ο χαλαζίας, οι μαρμαρυγίες, οι άστριοι, ο ασβεσίτης, ο μαγνησιούχος ασβεσίτης και ο δολομίτης. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές συγκέντρωσης των πιο πάνω ορυκτών, πλην των μαρμαρυγιών, στα ιζήματα των παράκτιων περιοχών, ενώ στο Σχήμα 8 γίνεται η σχηματική απεικόνιση των συγκεντρώσεων.

Πίνακας 4: Μέσες τιμές συγκέντρωσης των κύριων ορυκτών.

Περιοχή	Χαλαζος %	Αστριοι %	Ασβεσίτης%	Mg Ασβεσίτης	Δολομίτης%
Ορμος Κολοκυθιάς	24,8	5,8	66,6	2,8	—
Ορμος Σκούταρι	44,4	32,5	19,0	4,1	—
Ορμος Βαθύ	69,6	19,3	1,3	1,3	8,4
Γύθειο (Λιμάνι)	65,0	23,2	9,2	1,4	1,3
Δέλτο υποθαλάσσιο	74,2	10,2	12,1	0,9	2,6
Ορμος Ξιλής	73,6	17,8	2,8	2,9	2,9

Με βάση τον Πίνακα 4 και το Σχήμα 8 στον Λακωνικό Κόλπο μπορούν να διακριθούν οι πιο κάτω ενότητες:

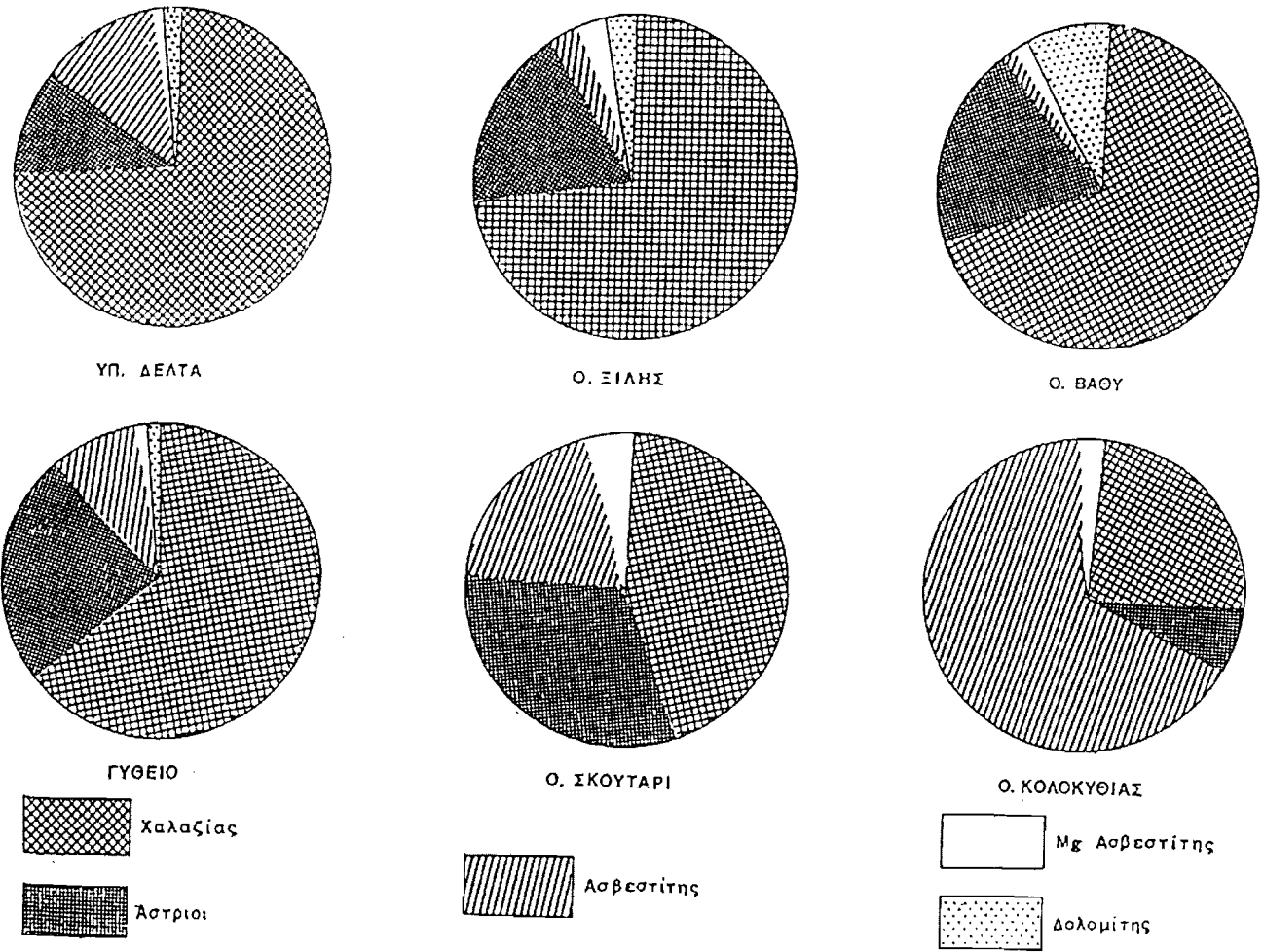
— Ορμος Κολοκυθιάς: Χαρακτηρίζεται από παράκτια ιζήματα με πολύ υψηλές συγκεντρώσεις ασβεσίτη και σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις μαγνησιούχου ασβεσίτη. Ο χαλαζίας και οι άστριοι απαντώνται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις ενώ δεν εντοπίστηκε δολομίτης.

Σ' ό,τι αφορά στον Mg-Ασβεσίτη ειδικότερα είναι γνωστό ότι στους σύγχρονους βιότοπους των θαλασσών τα σκελετικά στοιχεία των οργανισμών που αποτελούνται από ασβεσίτη, περιέχουν και Mg-ασβεσίτη σε στερεά παράμειξη (solid solution). Τέτοιοι οργανισμοί είναι κυρίως τα μαλάκια, τα εχινοειδή, τα κοράλια, κ.ά.

Οι MULLER και SIGL (1977) αναφέρουν ότι σε βαθιές περιοχές του νοτ. Αιγαίου εντόπισαν αυτόχθονους μικρούς κονδύλους μαγνησιούχου ασβεσίτη μέσα στα ιζήματα.

Η ύπαρξη του Mg-ασβεσίτη στα παράκτια ιζήματα του Λακωνικού Κόλπου θεωρείται ότι σχετίζεται με την ύπαρξη ανθρακικών σκελετικών στοιχείων των πιο πάνω οργανισμών καθώς επίσης και με την πρσσφορά ασβεστιτικού και δολομιτικού υλικού από την γύρω ξηρά.

Ο σχηματισμός Mg-ασβεσίτη αυθιγενώς στην παράκτια αβαθή ζώνη του Λακωνικού Κόλπου μάλλον πρέπει ν' αποκλειστεί, αφού σύμφωνα με τους MILLIMAN και MULLER (1973) ο Mg-ασβεσίτης σχηματίζεται αυθιγενώς στις βαθιές περιοχές των θαλασσών.



Σχ. 8. Σχηματική απεικόνιση των κυριότερων ορυκτολογικών φάσεων στα παρακτικά ιζημάτα του Λακωνικού Κόλπου.

Οι πολύ αυξημένες συγκεντρώσεις ασβεστίτη στα παράκτια δείγματα του Ορμου Κολοκυθιάς οφείλονται, αφ' ενός στην προσφορά τεμαχιδίων πετρωμάτων από τους Ηκκαινικούς ασβεστολίθους της γειτονικής Ξηράς δια μέσου των ποταμοχειμάρρων, και αφ' ετέρου στα κελύφη των μαλακίων τα οποία διαβιώνουν στην περιοχή αυτή. Η υψηλή εξ' άλλου παρουσία του μαγνησιούχου ασβεστίτη ενισχύει την άποψη, ότι στην περιοχή, υπάρχει μεγάλη σχετικά βιοκοινωνία βενθονικών οργανισμών η οποία συνεισφέρει με τα σκελετικά της στοιχεία στην αύξηση της συγκέντρωσης του Mg-ασβεστίτη.

— **Ορμος Σκούταρη:** Τα παράκτια ιζήματα του όρμου χαρακτηρίζονται από υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις αστρίων και ασβεστίτη και πολύ υψηλές συγκεντρώσεις μαγνησιούχου ασβεστίτη. Ο χαλαζίας αποτελεί το πιο άφθονο ορυκτό με τιμές συγκέντρωσης μεγαλύτερες από εκείνες του ασβεστίτη και των αστρίων. Η πολύ υψηλή σχετικά συγκέντρωση μαγνησιούχου ασβεστίτη πιστοποιεί την παρουσία βιοκανωνίων βενθονικών οργανισμών ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις αστρίων και χαλαζία αποδίδεται στις νεογενείς αποθέσεις και στις αλλουβιακές προσχώσεις της γειτονικής Ξηράς.

— **Ορμος Βαθύ και περιοχή Γυθείου:** Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται από παράκτια δείγματα με πολύ υψηλές συγκεντρώσεις χαλαζία και μαγνησιούχου ασβεστίτη. Ο δολομίτης στην περιοχή του Ορμου Βαθύ εμφανίζει τις μεγαλύτερες του συγκεντρώσεις, γεγονός το οποίο οφείλεται στην παρουσία δολομιτικών ασβεστολίθων στη γειτονική Ξηρά.

— **Υποθαλάσσιο δέλτα του Ευρώτα:** Εδώ ο χαλαζίας εμφανίζει τις πιο υψηλές του συγκεντρώσεις ενώ τα άλλα κύρια ορυκτά (άστριοι, ασβεστίτης, μαγνησιούχος ασβεστίτης και δολομίτης) εμφανίζονται με μικρές έως πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Σύμφωνα με τους Panagos, Pe και Gerouki (1974) 4 δείγματα άμμου από την κοίτη του Ευρώτα και κοντά στις εκβολές του, εμφανίζουν την ακόλουθη ορυκτολογική σύσταση:

Χαλαζίας 48%-62%, άστριοι 1%-11%, ασβεστίτης 6%-16% και δολομίτης 0%-2%.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4 τα δείγματα από το υποθαλάσσιο δέλτα του Ευρώτα εμφανίζουν σαφώς υψηλότερες συγκεντρώσεις χαλαζία (74%) και περίπου ίδιες συγκεντρώσεις των άλλων ορυκτών, με τα δείγματα της κοίτης του. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο χαλαζίας είναι πολύ ανθεκτικό στη διάβρωση ορυκτό με αποτέλεσμα να ανθίσταται στην πολύ ισχυρή διαβρωτική δράση των θαλάσσιων υδροδυναμικών παραγόντων που δρουν κατά μήκος της ευθύγραμμης ακτογραμμής του δέλτα, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα κύρια ορυκτά.

— **Ορμος Ξυλής και ανατολική ακτή:** Όπως και στην περίπτωση του υποθαλάσσιου δέλτα, τα παράκτια δείγματα του Ορμου Ξυλής και της ανατολικής ακτής γενικότερα, εμφανίζουν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις σε χαλαζία. Οι άστριοι και ο ασβεστίτης εμφανίζουν μικρές συγκεντρώσεις ενώ ο μαγνησιούχος ασβεστίτης και ο δολομί-

της εμφανίζουν σχετικά αυξημένες τιμές συγκέντρωσης. Ιδιαίτερα για τον δολομίτη πρέπει να λεχθεί ότι στην ανατολική ακτή απαντώνται πετρώματα δολομίτη Τριαδικής ηλικίας, τα οποία λόγω της αποσάθρωσής τους θεωρούνται υπεύθυνα για την αυξημένη συγκέντρωση δολομίτη στα παράκτια υποθαλάσσια ιζημάτα.

– **Βαρέα ορυκτά:** Βρίσκονται με μικρές συγκεντρώσεις (γύρω στο 0,5%). Αντιπροσωπεύονται κυρίως από κερασίλιβη, ζirkόνιο, επίδοτο και αδιαφανή ορυκτά. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις τους παρατηρήθηκαν σε ιζήματα του όρμου Ξυλής και του μυχού του κόλπου.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο χώρος μελέτης περιλαμβάνει την παράκτια υποθαλάσσια περιοχή του Λακωνικού Κόλπου.

Ο χώρος αυτός παρουσιάζει ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον επειδή βρίσκεται στο νότιο τμήμα της χώρας και επικοινωνεί με τις ανασκτές θάλασσες της περιοχής.

Κατά την ανάπτυξη της έρευνας αυτής η προσοχή μας στράφηκε α) στην αναζήτηση ωκεανογραφικών στοιχείων, β) στη μορφολογία των ακτών, στις πηγές τροφδοσίας του κόλπου με ιζήματα κυρίως όμως στον καθορισμό των λιθολογικών χαρακτηρισμών των παράκτιων ιζημάτων, στον καθορισμό των στατιστικών παραμέτρων τους (μέσο μέγεθος, σταθερή απόκλιση) και στην αρυκτολογική σύστασή τους.

Στις υποθαλάσσιες παράκτιες περιοχές του Λακωνικού Κόλπου πραγματοποιήθηκε συστηματική δειγματοληψία 56 δειγμάτων ιζημάτων. Από την μελέτη των ιζηματολογικών χαρακτηριστικών τους φάνηκε ότι τα 85,7% των παράκτιων ιζημάτων εμπίπτουν στην κατηγορία των άμμων, 5,3% είναι πηλούχοι άμμοι 5,3% είναι ιλυώδεις άμμοι και 3,6% είναι ομμούχοι πηλοί. Οι άμμοι εμφανίζονται από πολύ ασθενώς έως πολύ καλά ταξινομημένοι με τα περισσότερα δείγματά τους να είναι μέτρια έως πολύ καλά τοξινομημένα. Οι πηλούχοι άμμοι είναι μέτρια καλό έως ασθενώς ταξινομημένοι, οι ιλυώδεις άμμοι από ασθενώς έως πολύ ασθενώς ταξινομημένοι ενώ οι αμμούχοι πηλοί είναι ασθενώς ταξινομημένοι.

Τα κύρια ορυκτά των ιζημάτων είναι ο χαλαζίας, οι μορμαρυγίες, οι άστριοι, ο οσβεσίτης και ο μαγνησιούχος ασβεστίτης και ο δολομίτης και βρίσκονται σε συμφωνία με την πετρολογία της ξηράς. Επιπλέον βενθονικοί οργανισμοί συνεισφέρουν με τα κελύφη τους στην αύξηση των συγκεντρώσεων των ορυκτών, ιδιαίτερα του ασβεστίτη και του μαγνησιούχου ασβεστίτη.

Οι διαφορές στην ορυκτολογική σύσταση των παράκτιων ιζημάτων που παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα στους όρμους του Κόλπου αποδίδονται κυρίως στη διαφορετική

Παράρτημα 3: Περιεκτικότητα σε άμμο, πηλό και άργιλο, Λιθολογικός Χαρακτήρας και Κοκκομετρικές Παράμετροι των παράκτιων ιζημάτων του Λακωνικού Κόλπου.

Αρ. Δείγμ.	Άμμος %	Πηλός %	Άργιλος %	Λιθολογ. Χαρακτ.	Μέσο Μέγεθος (φ)	Σταθερή Απόκλιση (φ)
G1	30,3	50,1	19,6	αμ. πηλός	4,3	1,45
G2	91,6	5,3	3,1	άμμος	1,8	0,61
G3	90,8	4,1	5,1	»	2,0	0,75
G4	92,3	3,4	4,3	»	2,2	0,72
G5	95,6	2,3	2,1	»	2,4	0,83
G6	90,3	4,1	5,6	»	2,9	1,21
G7	93,9	3,3	2,8	»	2,6	0,92
G8	97,2	1,7	1,1	»	2,2	0,46
G9	98,6	0,9	0,5	»	2,6	0,38
G10	96,5	2,2	1,3	»	2,8	0,42
G11	79,4	8,9	11,7	ιλ. άμμος	3,3	1,50
G12	93,8	3,8	2,4	άμμος	2,9	0,63
G13	90,3	6,2	3,5	»	3,0	0,74
G14	91,6	5,2	3,2	»	3,0	0,72
G15	97,4	1,8	0,8	»	2,9	0,36
G16	97,0	1,7	1,3	»	2,8	0,49
G17	97,7	1,8	0,5	»	2,9	0,68
G18	95,4	3,5	1,1	»	0,6	0,98
G19	92,8	4,6	2,6	»	-0,5	3,41
G20	86,4	7,2	6,4	πηλ. άμμος	3,0	0,66
G21	77,3	14,5	8,2	»	2,7	0,48
G22	93,6	3,7	2,7	άμμος	0,4	1,12
G23	92,6	4,9	2,5	»	2,2	0,62
G24	91,9	4,7	3,4	»	2,4	0,55
G25	93,1	3,8	3,1	»	2,3	1,14
G26	90,6	5,2	4,2	»	2,4	1,47
G27	91,3	4,8	3,9	»	2,1	1,13
G28	90,9	5,6	3,5	»	2,0	1,04
G29	93,5	4,1	2,4	»	1,6	0,54
G30	97,6	1,8	0,6	»	1,4	0,37
G31	94,5	3,3	2,2	»	-0,4	2,65
G32	95,4	2,7	1,9	»	1,1	1,41
G33	92,1	4,6	3,3	»	1,2	0,89
G34	94,7	3,3	2,0	»	2,4	0,49
G35	93,5	4,3	2,2	»	2,2	1,13
G36	66,3	17,8	15,9	ιλ. άμμος	2,8	3,11
G37	92,4	4,9	2,7	άμμος	2,1	0,86
G38	93,2	4,5	2,3	»	1,9	0,65
G39	90,2	4,9	4,9	»	2,2	0,47
G40	95,4	3,2	1,4	»	1,8	0,77
G41	92,6	4,6	2,8	»	2,7	0,49
G42	47,8	38,9	13,3	αμ. πηλός	5,2	1,62
G43	90,7	5,8	3,5	άμμος	1,7	0,69
G44	92,2	5,2	2,6	»	2,3	0,95
G45	94,6	3,3	2,1	»	1,7	0,87
G46	93,1	4,3	2,6	»	1,3	1,33
G47	96,6	2,4	1,0	»	1,0	1,85
G48	95,2	3,1	1,7	»	1,7	0,87
G49	95,6	3,1	1,3	»	1,6	0,76
G50	94,6	2,8	2,6	»	1,3	1,35
G51	96,9	2,6	0,5	»	0,9	1,66
G52	95,0	3,9	1,1	»	0,5	1,51
G53	87,3	8,8	3,9	πηλ. άμμος	3,1	1,04
G54	92,4	4,7	2,9	άμμος	2,7	0,38
G55	90,4	6,1	4,5	»	2,3	0,63
G56	63,5	18,3	18,2	ιλ. άμμος	4,5	1,31

πετραλογία των πετρωμάτων της γεγονικής Ξηράς.

Τέλος, οι κύριες διευθύνσεις στις οποίες συμβαίνει παράκτια μετακίνηση υλικών φαίνεται να είναι από δυσμών προς ανατολάς για την περιοχή του μυχού και από βορρά προς νότο και αντίστροφα κατά μήκος των ανατολικών και δυτικών ακτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- FLEMMING N.C., (1968): Holocene Earth Movements and Eustatic Sealevel Change in the Peloponnese, *Nature*, v. 217, p. 1031-1032.
- FOLK R.L., (1974): *Petrology of Sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Co., Austin, Texas.
- ΚΑΡΑΠΙΠΕΡΗΣ Ν.Δ., (1974): Η κατανομή των βροχοπτώσεων εις τον Ελληνικόν χώρο. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, Τομ. XI, τεύχος 1, 3-27.
- KRAFT C.S., (1972): A reconnaissance of the Geology of the sandy coastal areas of Eastern Greece and the Peloponnese. College of Mat. Studies, Univ. of Delaware, Technical Report No. 9, 155 p.p.
- MILLIMAN I. and MULLER J. (1973): Precipitation and lithification of MgCaCO₃ in deep sea sediments of the Eastern Mediterranean Sea. *Sedimentology*, 20, p. 29-45.
- MULLER J. and SIEGL W. (1977): Aspects of sedimentation in the S. Aegean Sea. VI Coll. on the Geology of the Aegean Region, I, 377-378.
- NORRISH K., and TAYLOR R.M., (1962): Quantitative analysis by X-ray diffraction. *Clay Miner. Bull.* 5, p. 98-109.
- PANAGOS G.A., PE, G.G., and GEROUKI F., (1978): Detrital mineralogy of river sands, Peloponnese, Greece. *N. Jb. Miner. Mon.* p. 447-454.
- SAHU B.K., (1964): Depositional mechanismus from the size analysis of clastic sediments. *J. Sed. Petr.*, 34, p. 73-83.
- ΘΕΡΙΑΝΟΣ Α.Δ., (1974): Η διάπλα και η γεωγραφική κατανομή των απορροών του Ελλην. Χώρου. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, Τόμος XI, σ. 28-57.
- WENTWORTH C.K., (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.*, 30, p. 377-392.
- ΖΩΗ Α., (1981): Στοιχεία παλίρροιας ελλην. λιμένων. Υδρ. Υπηρεσία, Ωκεαν. μελέτη, No 13.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ και ΧΑΧΑΜΙΔΟΥ (1987): Συμβολή στην έρευνα των Ολοκαινικών Ελλην. Δέλτα. Β' Πανελλ. Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, σ. 456-463.

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΩΝ ΠΡΑΝΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
ΑΛΜΥΡΗΣ - ΚΑΤΑΚΑΛΙΟΥ (Ν. ΚΟΡΙΝΘΟΥ),
ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ - ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ**

ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ Α.* — ΣΑΧΠΑΖΗΣ Κ.**

*Τομέας Γεωλογικών Επιστημών Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου 157 80

**Μάρνης 32, 104 32 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή διερευνάται η ευστάθεια των πρανών της κοιλάδας Κατακαλίου-Αλμυρής (Ν. Κορινθίας). Εντοπίστηκαν υπάρχοντα προβλήματα αστοχιών και προτείνονται μέτρα πρόληψης ή αναχαίτησης φαινομένων κατολισθήσεων και γενικότερων αστοχιών (καθιζήσεις, ερπυσμοί, κ.λπ.).

Η περιοχή γεωτεκτονικά εντάσσεται στην Πελαγονική ζώνη και καλύπτεται από καρστικοποιημένους Τριαδικούς ασβεστολίθους και Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις από μάργες, αργίλους, ιλυόλιθους, ψαμμίτες, κώνους κορημάτων, κ.λπ. Στην περιοχή διαπιστώθηκαν παλιές και νέες ερπυστικές κινήσεις, καταπτώσεις και κατολισθήσεις, που οφείλονται στη μεγάλη περιεκτικότητα σε λιαμιγή υλικά, την παρουσία φρεάτιου υδραφάρου αρίζοντα υπό μορφή θυλάκων μέσα στα κορήματα μέχρι το βάθος των ιλυομαργαϊκών σχηματισμών και τους κραδασμούς από τη μεγάλη κυκλαφάριακή κίνηση στο δρόμο.

Προτείνονται μέτρα αναχαίτισης και σταθεροποίησης των υπαρχουσών αστοχιών, για τις κατασκευές που υπάρχουν και μέτρα πρόληψης αστοχιών, για τις καινούργιες κατασκευές.

ABSTRACT

This paper deals with the investigation of both artificial and natural slope stability problems, in the area of Katakali-Almyri Valley (District of Corinth). There were identified existing failure problems and there are suggested prevention or stabilization measure of landslide phenomena and other kinds of failure (e.g. settlements, creeping, etc.).

The studied area belongs geotectonically in the Plagonic zone, consists of karstified Triassic Limestones, as well as Neogene and Quaternary deposits including marls, and new creeping movements, topplings and landslides, which are attributed to the a) substantial participation of silty particles, b) presence of high phreatic piezometric

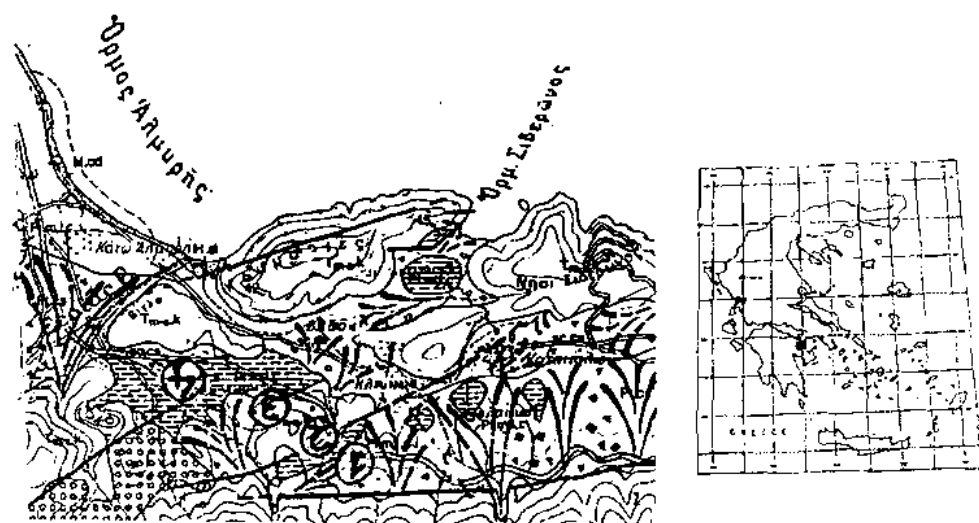
surface of underground water in form of pockets in screes, up to the depth of the contact with silty and marly formations, and c) vibration of ground in the vicinity to National Road, due to increased traffic loads.

Finally, certain proposals and special measures are suggested for the restraint and stabilization of existing failures in various constructions, as well as failure measures for future constructions to be built in this geotechnically unstable area.

ΣΚΟΠΟΣ - ΘΕΣΗ

Η εργασία αφορά στη διερεύνηση της ευστάθειας των πρανών της κοιλάδας Κατακαλίου-Αλμυρής, προκειμένου να εντοπισθούν τυχόν προβλήματα και να προταθούν μέτρα πρόληψης ή αναχαίτησης φαινομένων κατολισθήσεων και γενικότερων ασαθειών (καθιζήσεις, ερπυσμοί, κ.λπ.).

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται 11 Km νότια του Ισθμού της Κορίνθου, στο βάρειο τμήμα του αρεινού όγκου της Τραπεζώνας (Σχ. 1).



Σχ. 1. Γεωλογικός χάρτης περιοχής (Σοφικό, ΙΓΜΕ 1985). Σημειώνονται οι θέσεις που παρατηρήθηκαν οι κυριότερες αστοχίες και έγιναν οι γεωφυσικές διασκαπήσεις.

Πη-σκ Ασβεστόλιθοι Πελαγονικής ζ. (Limestones), Πι, μ, σ, ε.τ.ε. Πλειοκαινικοί σχηματισμοί (Pliocene), Πι, εσ Παλ. κώνοι κορημάτων (old talus cones), εε, εε Σύγχρονα άλετο. κορήματα (Recent serrec).

Fig. 1. Geological map of the investigated area (Sofiko, IGME. 1985). The places with the failure problems are noted.

ΓΕΝΙΚΑ

Γεωτεκτονικά η περιοχή εντάσσεται στην Πελαγονική ζώνη (γεωλογικός χάρτης, φύλλο Σοφικό, ΙΓΜΕ, 1:50.000). Συναντώνται ασβεστόλιθοι Μέσου - Ανωτ. Τριαδικού, Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

έντονα καρστικοποιημένοι και πάνω σ' αυτούς έχουν αποθεθεί 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 ψαμμπικών μαργών που μεταπίπτουν κατά θέσεις σε ελαφρώς κυανότεφρες ασβεστολιθικές μάργες.

Οι τεταρτογενείς αποθέσεις περιλαμβάνουν Παλαιοδουβιακά ιζήματα χερσαίας προέλευσης (συνεκτικά ή ημιχαλαρά κροκαλοπαγή, ιλυόλιθους, κ.λπ.), Τυρρήνιες αποθέσεις και νεότερους τεταρτογενείς σχηματισμούς (κώνους κορημάτων, κ.λπ.), πλευρικά κορήματα και ποταμοχεμάρριες αποθέσεις.

Οι κύριαι τεκτονικοί χαρακτήρες της περιοχής (άξονες πτυχών, μέτωπα εφιπτεύσεων) έχουν διεύθυνση Α-Δ. Επίσης ολόκληρη η περιοχή της λοφώδους Κορινθίας κατατέμνεται από μεγάλες ταφροειδείς καταβυθίσεις με διεύθυνση Α-Δ, των οποίων η γένεση αποδίδεται στο Τριτογενές ή και μεταγενέστερα. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από υψηλή σεισμικότητα που οφείλεται στην ενεργό τεκτονική δραστηριότητα που παρατηρείται στην περιοχή. Σύμφωνα με τον Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό η ευρύτερη περιοχή κατατάσσεται στην ζώνη ΙΙΙ, υψηλής σεισμικής επικινδυνότητας και τα συναντώμενα εδάφη κατατάσσονται κύρια στην κατηγορία Β και τοπικά στην Γ.

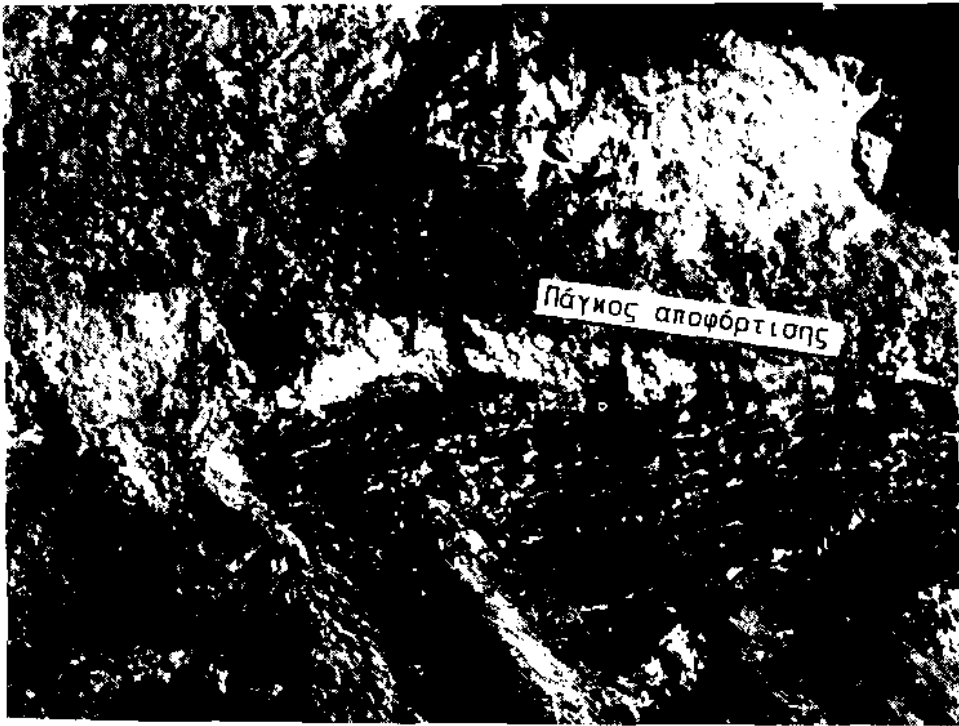
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η περιοχή που μελετήθηκε είναι τμήμα της λεκάνης απορροής του ρεύματος Κατακαλίου-Αλμυρής και αποτελεί μια σχετικά χαμηλή εσωτερική λεκάνη, που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Τραπεζώνας. Το υδρογραφικό δίκτυο είναι ασύμμετρα αναπτυγμένο στη λεκάνη απορροής, που διασχίζεται από την κύρια κοίτη μήκους 3 Km στο βόρειο τμήμα. Όλοι σχεδόν οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου αναπτύσσονται στις νότιες κλιτύες της λεκάνης, ενώ απουσιάζουν ουσιαστικά από τις βόρειες κλιτύες, οι οποίες απατελούνται αποκλειστικά από καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους. Τα υψηλότερα σημεία της υδροκριτικής γραμμής, στο νότιο τμήμα φθάνουν τα 664 m (κορυφή Ρεματιά) και 600 m (κορυφή Προφήτης Ηλίας), ενώ στο βόρειο τμήμα είναι πολύ χαμηλότερα και φθάνουν τα 163 m και 153 m. Η μέση κλίση των νοτίων πρηνών της κοιλάδας είναι 32%, δηλαδή 18°. Οι μεγαλύτερες κλίσεις παρατηρούνται στα ασβεστολιθικά τμήματα και φθάνουν έως 83% ή 40°, ενώ στις νεογενείς αποθέσεις είναι ηπιότερες και κυμαίνονται γύρω στο 13% ή 8°. Η μέση κλίση των βορείων πρηνών είναι 32% ή 18°.

Εξ αιτίας της μεγάλης κλίσης των πρηνών και της σχετικά νεαρής ηλικίας του υδρογραφικού δικτύου παρατηρούνται πολλοί και μεγάλου μήκους κλάδοι 1ης τάξης, ενώ μόνο πέντε κλάδοι είναι 2ης τάξης. Η κυρία κοίτη του ρεύματος είναι 3ης τάξης και ένα μεγάλο τμήμα της προς τις εκβολές είναι ανενεργό και δεν εκβάλλει στη θάλασσα, ενώ ανατολικότερα, στη θέση Βλασαίικα παρατηρείται μεγάλη κατά βάθος διόβρωση της κοίτης. Τα χαρακτηριστικά αυτά οφείλονται στην ενεργό τεκτονική που

χαρακτηρίζει την περιοχή.

Στις νότιες κλιτύες πάνω στους ασβεστόλιθους έχουν αποθεθεί νεογενή στρώματα (ιλυομιγείς μάργες), και πάνω σ' αυτά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων. Τα πλευρικά κορήματα αποτελούνται από γωνιώδεις λατύπες διαφόρων μεγεθών από 5-20 cm με αργιλομαργαϊκό συνδεδετικό υλικό. Επίσης παρατηρήθηκαν κολλούβια με τη



Σχ. 2. Τεχνητό πλάνης όπου διακρίνονται οι ρωγμές εξέλκτισμού και παλιές κατολισθήσεις.
Fig. 2. Artificial Slope showing tension cracks and old landslides.

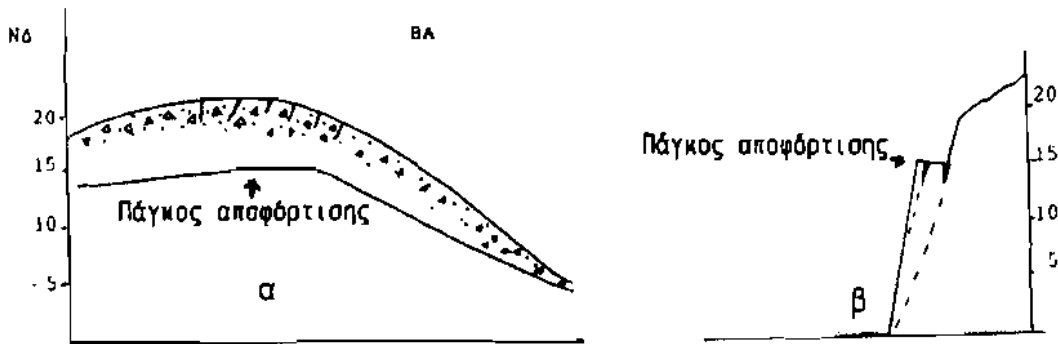
μορφή τεταρτογενών αργιλικών υλικών με στρώματα κυανών μαργών και αργίλων, που προέρχονται από παλιές κατολισθήσεις, καθώς και ποταμοχειμάρριες αποθέσεις, με αποστρογγυλεμένα ασβεστολιθικά και οφιολιθικά θραύσματα πάνω σε χερσαίο υλικό. Οι κώνοι κορημάτων καλύπτονται από κρούστες πάχους περίπου 10 cm. Στα ανώτερα τμήματα των κώνων κορημάτων παρατηρούνται εφελκυστικές διακλάσεις με κλίση περίπου $200^{\circ}/70^{\circ}$ πληρωμένες με ερυθρογαίες. Οι ρωγμές αυτές υπαδηλώνουν ότι επικρατεί μια ασταθής ισορροπία, που οφείλεται στη μεγάλη περιεκτικότητα των σχηματισμών αυτών σε ιλυομιγή υλικό και εκδηλώνεται με ερπυσμό εδάφους.

Με προσεκτική παρατήρηση των τομών, διαπιστώσαμε παλιές ερπυστικές κινήσεις, της ίδιας περίπου φοράς με τις νεότερες, στα ανώτερα τμήματα των αργιλομαργαϊκών σχηματισμών, που υπόκεινται των τεταρτογενών αποθέσεων (Σχ. 2).

Αυτό δείχνει ότι οι λιθολογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στην περιοχή είναι

επιρρεπείς σε κατολισθήσεις. Στην περιοχή αυτή παρατηρήθηκαν αστοχίες και ενδείξεις αρχομένων αστοχιών τόσο σε ιδιωτικά, όσον και σε δημόσια έργα. Για παράδειγμα, στα ιδιωτικά έργα, παρατηρήθηκαν ρωγμές σε μεσοτοιχίες, φράκτες, αποκολλησεις πλακιδίων, διακοσμητικών επενδύσεων, κ.λπ. Επί της Εθνικής Οδού προς την Επίδαυρο, σε διάφορες θέσεις παρατηρούνται επί του τάπητα κύλισης του οδοστρώματος πλεγματοειδείς κατακερματισμοί και αυλακώσεις, ενώ σε υψηλά κυρίως πρανή (ύψους > 12 m), που έχουν εκσκαφεί σε νεογενείς μάργες, διακρίναμε μικροκατολισθήσεις, καταπτώσεις, ρωγμές εφελκυσμού (tension cracks) εικ. 1 και περιστροφικές ολισθήσεις. Τα φαινόμενα αυτά προκύπτουν από την υπέρβαση ή οριακή προσέγγιση της διατμητικής κυρίως αντοχής των εδαφών μέσα στα οποία εδράζονται και φιλοξενούνται τα διάφορα τεχνικά έργα.

Όλες αυτές οι παρατηρήσεις επί των προβλημάτων της γεωτεχνικής αστάθειας της περιοχής, μας οδήγησαν στη λεπτομερή γεωλογική διερεύνησή της, με μεθόδους τόσον υπαιθρίων, όσον και εργαστηριακών μετρήσεων και δοκιμών. Στις επόμενες ενότητες δίνεται λεπτομερής περιγραφή των γεωλογικών συνθηκών των θέσεων στις οποίες εκδηλώθηκαν τα προβλήματα που αναφέραμε, παρουσιάζονται οι γεωτε-



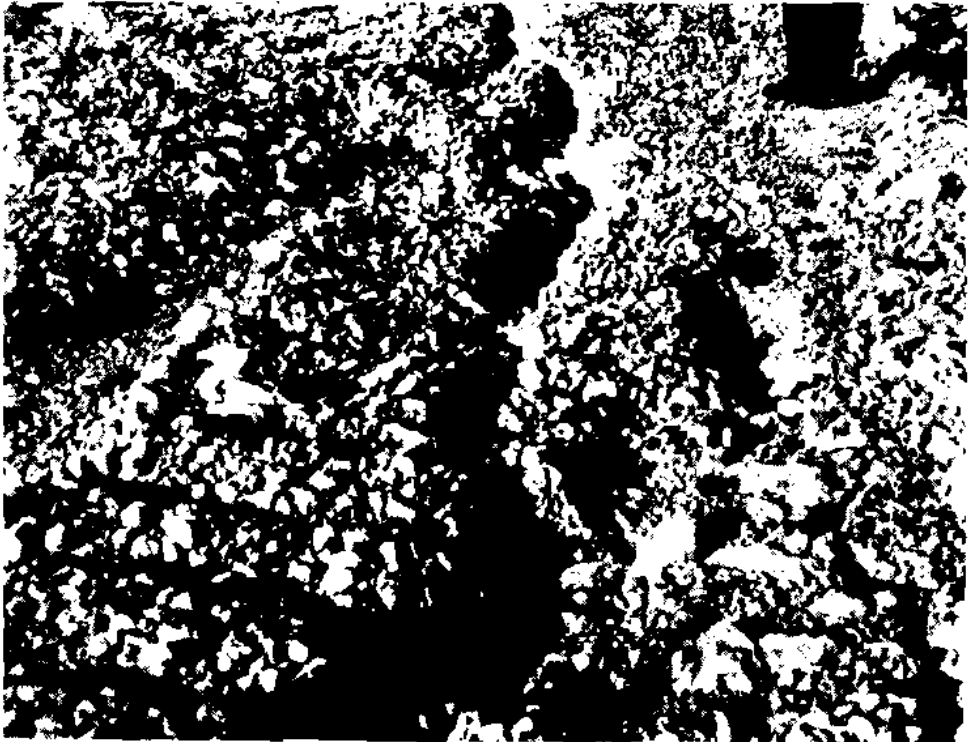
Σχ. 3. Σχηματική τομή τεχνητού πρανός: α) κατά τον άξονα όρυξης, και β) κάθετα προς την κλιτύ.
Fig. 3. Profile of artificially cut slope: a) parallel and b) vertical to the slope.

χνικές ιδότητες και παράμετροι των εδαφών και αναλύονται οι γεωμηχανικές συνθήκες ευστάθειας των διαφόρων έργων. Στη συνέχεια προτείνονται τα μέτρα σταθεροποίησης των υπάρχοντων τεχνικών έργων ή τα μέτρα που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον αρχικό σχεδιασμό νέων, ώστε να αποφεύγονται τα φαινόμενα αστοχιών σε αυτή την προβληματική, υπό γεωτεχνική όποψη, περιοχή.

Οι θέσεις στις οποίες παρατηρήθηκαν προβλήματα οστάθειας σημειώνονται στο χάρτη 1 (Σχ. 1) και παραθέτουμε λεπτομερή περιγραφή τους.

Στη θέση (Σχ. 1), επί της Εθνικής Οδού Ισθμού-Επίδαυρου σε υψόμετρο 160 έχει εκσκαφεί τεχνητό πρανές ύψους 12 m. Σε τομή από πάνω προς τα κάτω συναντώνται: Πλευρικά κορήματα με λατίπες διαφόρων μεγεθών από 5-20 cm συνδεδεμένα με αργιλομορφαϊκό υλικό. Στο κέντρο της τομής συναντάται αργιλική μάργα μεγάλης πλα-
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

στικότητας που πλευρικά καθώς και στα ανώτερα τμήματα μεταπίπτει σε ιλιόλιθο με στρώσεις 5-15 cm. Στο ανώτερα τμήμα του σχηματισμού παρατηρούνται εφελκυστικές διοκλίσσεις με διεύθυνση κλίσης $200^{\circ}/70^{\circ}$, πλάτους 20-30 cm πληρωμένες με ερυθροπηλούς, που μαρτυρούν παλιές ερπυστικές κινήσεις. Επίσης στα ανώτερα τμήματα των αργιλικών μαργών παρατηρείται εναλλαγή μαργών με ερυθροπηλούς που υποδηλώνουν παλιότερες ερπυστικές κινήσεις (Εικ. 1). Κατά την όρυξη του πρανούς δημιουργήθηκε πάγκος αποφόρτισης ύψους 15 m και πλάτους 2,5 m. Στην επιφάνεια του πάγκου αυτού δημιουργήθηκαν ρωγμές εφελκυσμού (πτεροειδείς), χαινουσες με άνοιγμα έως 20 cm και με τάση αποχωρισμού του τμήματος αυτού (Σχ. 3, 4).



Σχ. 4. Διακρίνονται οι ρωγμές εφελκυσμού.
Fig. 4. Tension cracks occurrence

Από τη θέση 2 έως 3, σε υψόμετρο περίπου 110 m, έχει ορυχθεί τεχνητό πρανές σε κώνους κορημάτων και αργιλικές μάργες, που παρουσιάζουν ρωγμές εφελκυσμού κατά την ίδια διεύθυνση όπως και οι προηγούμενες. Στη θέση 3 συναντώνται κολλούβια (εναλλαγές νεογενών μαργών με αργιλικούς τεταρτογενείς σχηματισμούς), αποτέλεσμα παλιών καταλισθήσεων. Στην πεδινή περιοχή ποταμοχειμάρριες αποθέσεις

έχουν αποτεθεί πάνω σε τεταρτογενείς χερσαίους σχηματισμούς. Οι κώνοι κορημάτων καλύπτονται από κρούστες πάχους περίπου 10 cm. Είναι αξιοσημείωτο, ότι τόσο οι εφελκυστικές διακλάσεις, που παρατηρούνται στους νεογενείς σχηματισμούς, τους υποκειμένους των κορημάτων, όσο και αυτές που τέμνουν τους κώνους κορημάτων έχουν την ίδια φορά.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Οι νεογενείς σχηματισμοί αποτελούν στρώματα πάχους 5-15 cm που εναλλάσσονται μεταξύ τους και αποτελούνται από αργιλικές μάργες και ιλυόλιθους. Οι ιλυόλιθοι είναι πιο ανθεκτικοί με γενικά καλύτερες γεωτεχνικές ιδιότητες, ενώ οι αργιλικές μάργες είναι πλέον υποβαθμισμένες γεωτεχνικά.

Από τα στρώματα αυτά ελήφθησαν δείγματα και στη συνέχεια προσδιορίστηκαν οι γεωτεχνικές ιδιότητές τους.

1. Προσδιορισμός φυσικών ιδιοτήτων

Οι φυσικές ιδιότητες των δειγμάτων αυτών προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τις εξής προδιαγραφές:

α) Μέθοδος Αρχιμήδη, B.S.:812: Part 2:1975, και

β) Μέθοδος προσδιορισμού του ειδικού βάρους ορυκτών κόκκων εδάφους, British Standards: 1377: April 1975, με λήκυθο πυκνότητας. Αυτές είναι:

	A. Αργιλική Μάργα	B. Ιλυόλιθος
1) Ξηρή φαινομένη πυκνότητα	$\rho_d = 2.05 \text{ gr/cm}^3$	$\rho_d = 2.34 \text{ gr/cm}^3$
2) Κορεσμένη φαινομένη πυκνότητα	$\rho_{sat} = 2.16 \text{ gr/cm}^3$	$\rho_{sat} = 2.47 \text{ gr/cm}^3$
3) Μονάδα βάρους εδάφους (ξηρή)	$\gamma_s = 10.10 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_s = 22.95 \text{ kN/m}^3$

2. Εργαστηριακή εκτίμηση ποσομέτρων διατμητικής αντοχής.

Δοκιμή άμεσης διάτμησης.

Η δοκιμή άμεσης διάτμησης προσομοιώνει την επιβολή αυξανόμενης διατμητικής τάσης τ , μέχρι διατμητικής θραύσης, επί προκαθορισμένου επιπέδου, με σύγχρονη δράση ορθής τάσης σ επί της διατεταμένης επιφάνειας. Η δοκιμή εκτελέστηκε σύμφωνα με την Αμερικάνικη προδιαγραφή: A.S.T.M. D3080 - 79, (Σχ. 5α). Η δοκιμή της άμεσης διάτμησης εκτελέστηκε σε αστράγγιστη κατάσταση (undrained), σε διάφορες ορθές τάσεις (σ), και συνεπώς οι παράμετροι της διατμητικής αντοχής, γωνία εσωτερικής τριβής και συνοχή, είναι οι ολικές, δηλαδή c_u και ϕ_u . Τα αποτελέσματα της δοκιμής παρουσιάζονται διαγραμματικά στο Σχ. 5β. Οι παράμετροι της ολικής διατμητικής αντοχής των σχηματισμών θεμελίωσης της περιοχής, όπως μετρήθηκαν είναι:

έχουν αποτεθεί πάνω σε τεταρτογενείς χερσαίους σχηματισμούς. Οι κώνοι κορημάτων καλύπτονται από κρούστες πάχους περίπου 10 cm. Είναι αξιοσημείωτο, ότι τόσο οι εφελκυστικές διακλάσεις, που παρατηρούνται στους νεογενείς σχηματισμούς, τους υποκείμενους των κορημάτων, όσο και αυτές που τέμνουν τους κώνους κορημάτων έχουν την ίδια φορά.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Οι νεογενείς σχηματισμοί αποτελούν στρώματα πάχους 5-15 cm που εναλλάσσονται μεταξύ τους και αποτελούνται από αργιλικές μάργες και ιλυόλιθους. Οι ιλυόλιθοι είναι πιο ανθεκτικοί με γενικά καλύτερες γεωτεχνικές ιδιότητες, ενώ οι αργιλικές μάργες είναι πλέον υποβαθμισμένες γεωτεχνικά.

Από τα στρώματα αυτά ελήφθησαν δείγματα και στη συνέχεια προσδιορίστηκαν οι γεωτεχνικές ιδιότητές τους.

1. Προσδιορισμός φυσικών ιδιοτήτων

Οι φυσικές ιδιότητες των δειγμάτων αυτών προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τις εξής προδιαγραφές:

α) Μέθοδος Αρχιμήδη, B.S.:812: Part 2: 1975, και

β) Μέθοδος προσδιορισμού του ειδικού βάρους ορυκτών κόκκων εδάφους, British Standards: 1377: April 1975, με λήκυθο πυκνότητας. Αυτές είναι:

	A. Αργιλική Μάργα	B. Ιλυόλιθος
1) Ξηρή φαινομένη πυκνότητα	$\rho_d = 2.05 \text{ gr/cm}^3$	$\rho_d = 2.34 \text{ gr/cm}^3$
2) Κορεσμένη φαινομένη πυκνότητα	$\rho_{sat} = 2.16 \text{ gr/cm}^3$	$\rho_{sat} = 2.47 \text{ gr/cm}^3$
3) Μονάδα βάρους εδάφους (Ξηρή)	$\gamma_s = 10.10 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_s = 22.95 \text{ kN/m}^3$

2. Εργαστηριακή εκτίμηση παραμέτρων διατμητικής αντοχής.

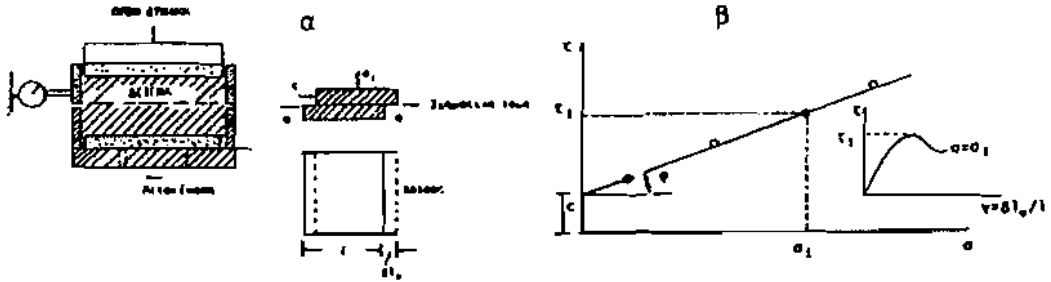
Δοκιμή άμεσης διάτμησης.

Η δοκιμή άμεσης διάτμησης προσομοιώνει την επιβολή αυξανόμενης διατμητικής τάσης τ , μέχρι διατμητικής θραύσης, επί προκαθορισμένου επιπέδου, με σύγχρονη δράση ορθής τάσης σ επί της διατεταμένης επιφάνειας. Η δοκιμή εκτελέστηκε σύμφωνα με την Αμερικάνικη προδιαγραφή: A.S.T.M. D3080 - 79, (Σχ. 5α). Η δοκιμή της άμεσης διάτμησης εκτελέστηκε σε ασπράγγιστη κατάσταση (undrained), σε διάφορες ορθές τάσεις (σ), και συνεπώς οι παράμετροι της διατμητικής αντοχής, γωνία εσωτερικής τριβής και συνοχή, είναι οι ολικές, δηλαδή c_u και ϕ_u . Τα αποτελέσματα της δοκιμής παρουσιάζονται διαγραμματικά στο Σχ. 5β. Οι παράμετροι της ολικής διατμητικής αντοχής των σχηματισμών θεμελίωσης της περιοχής, όπως μετρήθηκαν είναι:

Συναφή
Γωνία εσωτερικής τριβής

Α. Αργιλική Μάργα
 $c_u = 84 \text{ kN/m}^2$
 $\varphi_u = 6^\circ$

Β. Ιλυόλιθος
 $c_u = 159 \text{ kN/m}^2$
 $\varphi_u = 17^\circ$



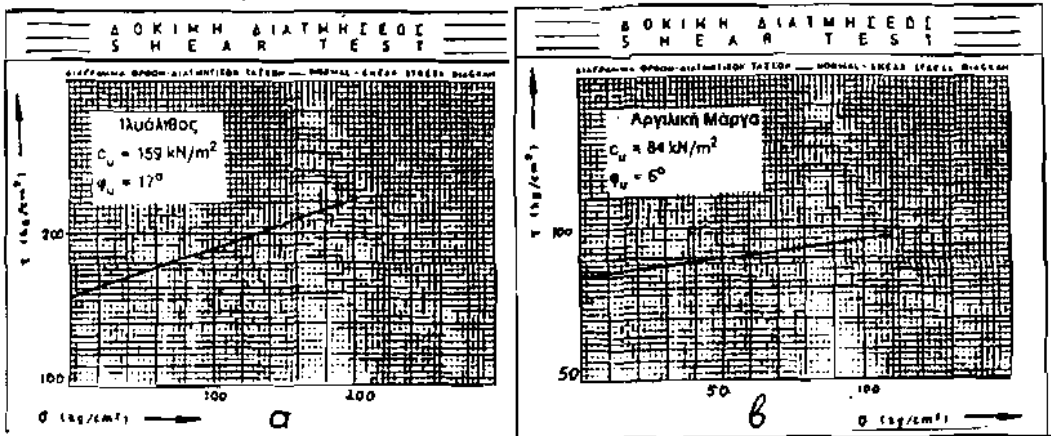
Σχ. 5. α. Σχηματική διάταξη δομικής άμεσης διάτμησης. β) Αξιοποίηση δομικών άμεσης διάτμησης.
Fig. 5. a. Illustration of direct shear test attangement, b. Evaluation of direct shear tests.

3. Ανάλυση κοκκομετρικής διαβάθμισης

Η κοκκομετρική ανάλυση και ταξινόμηση των δειγμάτων της αργιλικής μάργας και του ιλυόλιθου έγιναν σύμφωνα με την μέθοδο Falk et Al. (1970) με σειρά κοσκίνων και πιπέττα, για ιζήματα χωρίς χαλίκια.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο ιλυόλιθος συνίσταται σε ποσοστά: 97,5% από ιλύ, 2% από άμμο και 0,5% από άργιλο, ενώ η αργιλική μάργα 98,5% από ιλύ, 1% από άμμο και 0,5% από άργιλο.

Με αβεστομέτρο Bernard προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα σε ανθρακικά: αργιλική μάργα 23,06%, ιλυόλιθος 24,5%.



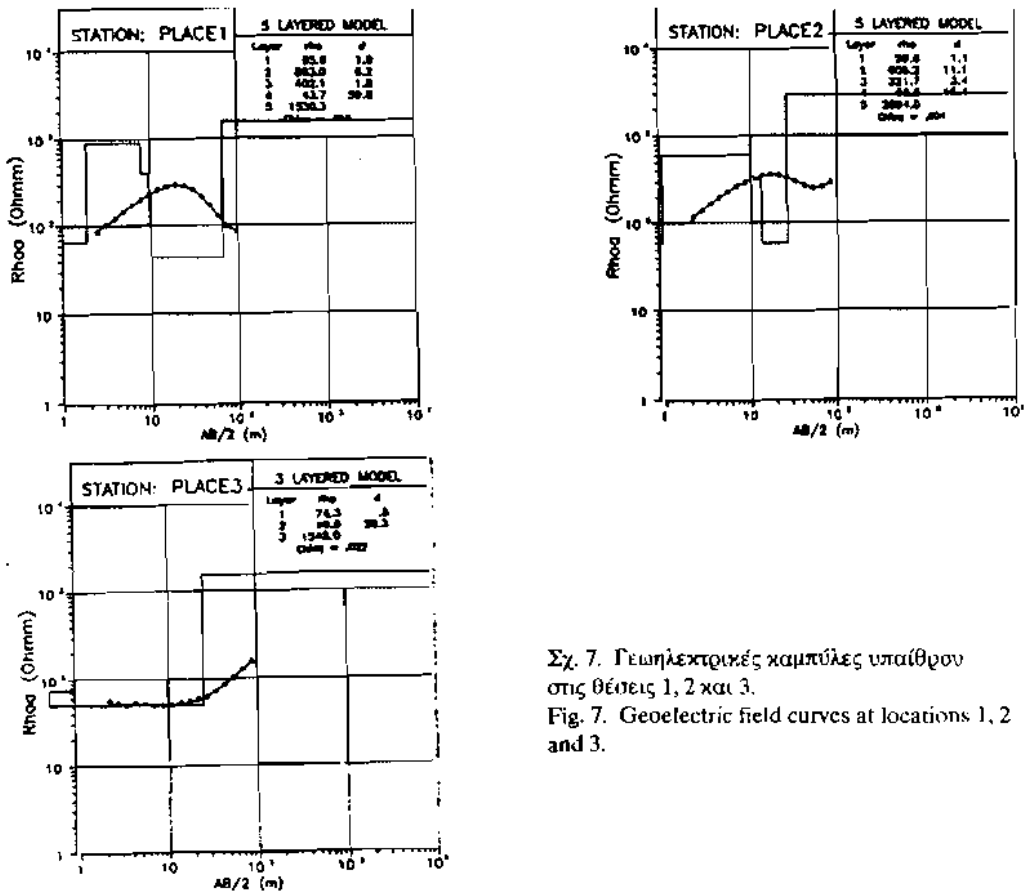
Σχ. 6α. Αποτελέσματα της δοκιμής άμεσης διάτμησης σε δοκίμια αργιλικής μάργας.
Fig. 6a. Results of direct shear test in clayey marl samples.

Σχ. 6β. Αποτελέσματα της δοκιμής άμεσης διάτμησης σε δοκίμια ιλυόλιθου.
Fig. 6b. Results of direct shear test in siltstone samples.

ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (RESISTIVITY)

Οι μετρήσεις έγιναν με όργανο μέτρησης ειδικής αντίστασης, με δυνατότητα εκπομπής μέγιστου ρεύματος γραμμής 1000 mA και με ισχύ εξόδου 500 W. Η τάση λειτουργίας που χρησιμοποιήθηκε ήταν 12 V DC σε συνδυασμό με μη πολώσιμα ηλεκτροδία δυναμικού MN. Χρησιμοποιήθηκε η κατά Schlumberger διάταξη ηλεκτροδίων. Η επεξεργασία και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων έγιναν κατ' αρχήν με την χρησιμοποίηση πρότυπων καμπύλων και στη συνέχεια με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, με την εφαρμογή προγραμμάτων βασισμένων στη μέθοδο γραμμικών φίλτρων (Interpretation by Linear Filter Method).

Έγιναν τρεις γεωηλεκτρικές διασκοπήσεις. Οι ακριβείς θέσεις των κέντρων τους, φαίνονται στο σχήμα 1. Διαπιστώθηκε ότι η λιθοστρωματογραφία στην ερευνώμενη έκταση, μέχρι βάθους 100 m, αποτελείται επιφανειακά από τεταρτογενή πλευρικά κορήματα, τα οποία αποστέθηκαν πάνω σε νεογενείς καρστικούς σχηματισμούς, που με τη σειρά τους επικάθονται ασύμφωνα στους άνω-μέσο Τριαδικούς ασβεστόλιθους του υποβάθρου της περιοχής, όπως απεικονίζεται παραστατικά στις συνημμένες καμπύλες υπαίθρου (Σχ. 7).



Σχ. 7. Γεωηλεκτρικές καμπύλες υπαίθρου στις θέσεις 1, 2 και 3.

Fig. 7. Geoelectric field curves at locations 1, 2 and 3.

Σύμφωνα με αυτά λοιπόν παρατηρούνται στην περιοχή:

α) Ένα επιφανειακό στρώμα πάχους 0.5 έως 1.9 m με ειδική ηλεκτρική αντίσταση $\rho_a = 59,6$ έως $74,3 \Omega m$, το οποίο αντιστοιχεί στον επιφανειακό αποσασθρωμένο εδαφικό μανδύα, σύστασης αμμώδους ιλύος με άργιλο και λατύπες.

β) Στη συνέχεια αναπτύσσεται στρώμα πάχους 0 έως 14,5 m με ειδική ηλεκτρική αντίσταση $\rho_a = 548,1$ έως $839,0 \Omega m$, το οποίο αντιστοιχεί στη φάση των πλευρικών κορημάτων του Τεταρτογενούς, σύστασης λατυπών με άμμο και αργιλοίλη. Μέσα και στη βάση του στρώματος αυτού αναπτύσσεται κατά τόπους υδροφόρος ορίζοντας φρεάτιου τύπου, ο οποίος πρέπει να υπόκειται σε έντονες εποχικές διακυμάνσεις. Κατά την περίοδο των μετρήσεων (Μάρτιος 1993) εντοπίστηκε στη θέση (Σχ. 1) να έχει πάχος 1.8 m και στη θέση 2, 3.4 m.

γ) Ακολούθως αναπτύσσεται τα μαργαϊκό στρώμα των νεογενών σχηματισμών πάχους 15.4 έως 59.8 m με ειδική ηλεκτρική αντίσταση $\rho_a = 43,7$ έως $58,6 \Omega m$, το οποίο αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων μικρού σχετικά πάχους ιλυόλιθου και αργιλικής μάργας.

δ) Τέλος από το βάθος των 29 m περίπου στη θέση 3 και των 68 m περίπου στη θέση 1, και κάτω αναπτύσσεται η βραχομάζα του ασβεστολίθου που αποτελεί και το βραχώδες υπόβαθρο όλων των παραπάνω σχηματισμών, του οποίου η ειδική ηλεκτρική αντίσταση ρ_a κυμαίνεται από 1545 έως 2894 Ωm .

Στους πιο πάνω σχηματισμούς διαπιστώθηκε ότι αναπτύσσεται περιορισμένη τοπική υδροφορία με μορφή θηλάκων μέσα στα τεταρτογενή πλευρικά κορήματα μέχρι το βάθος των ιλυο-μαργαϊκών νεογενών στρωμάτων, που στην υγειή τους κατάσταση είναι υδατοστεγή. Πρέπει να τονισθεί ότι η ανάπτυξη των φρεάτιων αυτών υπόγειων νερών αποτελεί δυσμενέστατο παράγοντα για τις γεωτεχνικές ιδιότητες και παραμέτρους των εδαφών θεμελίωσης των διαφόρων τεχνικών έργων της ευρύτερης περιοχής.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΣΤΟΧΙΩΝ - ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

1. Βλάβες κπρίων και οδοστρωμάτων λόγω ερπυσμού.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, διάφορα κτίρια αλλά και ο τάπητος κύλισης της εθνικής οδού σε διάφορες θέσεις στην περιοχή, παρουσιάζουν προβλήματα και διατρέχονται από αστοχίες. Οι αστοχίες αυτές είναι αποτέλεσμα των ερπυστικών κινήσεων του εδάφους θεμελίωσης, προς τα χαμηλότερα τοπογραφικά υψόμετρα. Τα προβλήματα αυτά παρατηρήθηκαν κύρια στα έργα, που θεμελιώνονται σε φυσικά πρανή με κλίσεις μεγαλύτερες των 13° . Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη εσωτερικών τάσεων στα κατασκευαστικά μέρη των τεχνικών έργων. Η υπέρβαση της εφελκυστικής και διατμητικής αντοχής των παραπάνω υλικών εκδηλώνεται με τη δημιουργία αστοχιών.

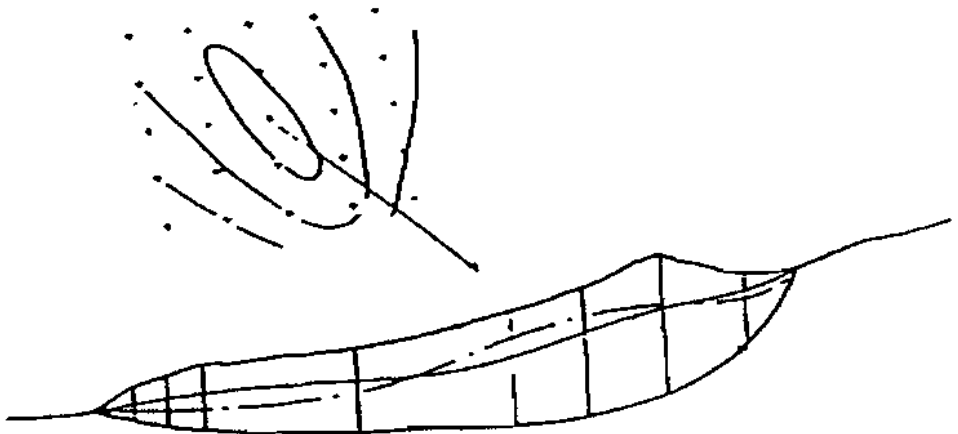
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

- Οι ερπυστικές κινήσεις του εδάφους θεμελίωσης των τεχνικών έργων οφείλονται:
- i) Στην παρουσία του υπόγειου νερού, που ως γνωστόν υποβαθμίζει τις γεωτεχνικές ιδιότητες των εδαφών θεμελίωσης.
 - ii) Στην διαφυγή του ύδατος από τους πόρους του εδάφους, στην ζώνη έδρασης των έργων, λόγω φόρτισής τους, με συνέπεια την σταδιακή καθίζηση του εδάφους από στερεοποίηση.
 - iii) Στην εποχική κυκλική μεταβολή της στάθμης του υπόγειου φρεατίου ορίζοντα που αναπτύσσεται στα Τεταρτογενή και στον αποσαθρωμένο μανδύα των μαργαϊκών στρωμάτων.
 - iv) Στην δυναμική καταπόνηση των φορτισμένων γαιών λόγω των σεισμικών αλλά και των τεχνικών δονήσεων στην περιοχή που προέρχονται από τον κυκλοφοριακό φόρτο της παρακείμενης εθνικής οδού, με συνέπεια την κατά τόπους συμπύκνωση των εδαφών εξαιτίας αναδιάταξης των κόκκων τους με αποτέλεσμα καθιζήσεις και ερπυσμούς.

2. Αστάθεια τεχνητών πρανών λόγω κατολισθήσεων

Τα διάφορα τεχνητά πρανή στην περιοχή αυτή παρουσιάζουν προβλήματα. Συγκεκριμένα το υψηλό πρανές της οδού στην θέση 1 είναι επικίνδυνο για αστοχίες και προσφέρεται για έρευνα. Η γεωτεχνική ανάλυση και ο υπολογισμός της ευστάθειας του τεχνητού πρανούς στην θέση αυτή πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το ειδικό πρόγραμμα Η/Υ «SOILSLOP» ανάλυσης ευστάθειας γαιωδών πρανών με βάση τη μέθοδο Bishop - Morgenstern τροποποιημένη για μη ομαλή επιφάνεια ολίσθησης (Composite Sliding Surface), Σχ. 8.

Για τους παραπάνω υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία



Σχ. 8. Σχηματική παρουσίαση της υπολογιστικής τεχνικής που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του κρίσιμου κύκλου ολίσθησης.

Fig. 8. Graphical presentation of the computing technique used for the determination of critical sliding surface.

(input data):

α) Γεωμετρικά χαρακτηριστικά τεχνητού πρανούς:

- i) ύψος πρανούς = 19.5 m,
- ii) γωνία τεχνητού πρανούς = 70°.

β) Εργαστηριακές δοκιμές επί των συλλεχθέντων δειγμάτων:

- i) συνοχή = 84 KN/m²,
- ii) γωνία εσωτερικής τριβής = 6°, και
- iii) μονάδα βάρους εδάφους 20.1 KN/m³.

Η ανάλυση έγινε με βάση τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά της αργιλικής μάργας, η οποία υπερिशύχει και έχει δυσμενέστερες ιδιότητες.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία και τα αποτελέσματα του προγράμματος ανάλυσης της ευστάθειας, διαπιστώθηκε ότι ο συντελεστής ασφάλειας του συγκεκριμένου πρανούς είναι ίσος με $F = 1.15$. Η τιμή αυτή θεωρείται πολύ χαμηλή και δηλώνει κατάσταση επικίνδυνη για την ευστάθεια του πρανούς. Πράγμα που επιβεβαιώνεται και από τις ρωγμές εφελκυσμού που διαπιστώθηκαν στο φρύδι του πρανούς αυτού, γεγονός που μαρτυρά την κατάσταση οριακής ευστάθειας και κρούει τον κώδωνα του κινδύνου. Οποσδήποτε όμως, το γεγονός της ύπαρξης των ενδιαστρωμένων μικρού πάχους στρωμάτων ιλυόλιθου, βελτιώνει σχετικά τις συνθήκες ευστάθειας και έχει αποτρέψει προς το παρόν την άμεση καταλίωση.

Σαν γενικός οδηγός λοιπόν για την κατασκευή τεχνητών πρανών στην ευρύτερη περιοχή δίδεται συνοπτικά ο ακόλουθος πίνακας (I) ο οποίος συσχετίζει τα ύψος του πρανούς με την βέλτιστη γωνία κοπής του, ώστε να παρέχεται μακροχρόνια ευστάθεια, με συντελεστή ασφάλειας $F > \eta = 1.4$ (κατά G.B. Sowers, 1970).

Πίνακας (I). Προτεινόμενες γωνίες κοπής τεχνητών πρανών εντός των νεογενών στρωμάτων.

Υψος Πρανούς (H) σε m	Μέγιστη ασφαλής προτεινόμενη γωνία κοπής σε μοίρες (°)
5	90
10	90
15	80
20	55
25	40

* Οι τιμές προήλθαν από αναλύσεις με το πρόγραμμα «SOILSLOP».

3. Αστοχίες λόγω μειωμένης φέραυας ικανότητας

Στην ευρύτερη περιοχή της έρευνας το πλέον προβληματικό έδαφος και από από-
 Ηφιακή Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

ψη θεμελίωσης τεχνικών έργων είναι η αργυλική μάργα και μάλιστα αποτελεί δυστυχώς σε πολλές περιπτώσεις το υλικό έδρασης των διάφορων τεχνικών έργων στην ευρύτερη περιοχή. Για τον λόγο αυτό αναλύεται και υπολογίζεται στη συνέχεια η επιτρεπόμενη φέρουσα ικανότητά του, ώστε να αποφεύγονται κατά το δυνατόν τα προβλήματα αστοχιών λόγω μειωμένης φέρουσας ικανότητας και καθιζήσεων.

3.1. Αναλύσεις

Η φέρουσα ικανότητα (Q_s) υπολογίστηκε σύμφωνα με την μέθοδο Terzaghi - Prandtl - Caquot - Kerisel, και για μέγιστη επιτρεπόμενη καθίζηση ίση με 25 mm. Ο συντελεστής ασφάλειας (F.S.), έχει ληφθεί ίσος με 3. Για τους υπολογισμούς αυτούς χρησιμοποιήθηκε ειδικό πρόγραμμα Η/Υ «BEARING». Τα στοιχεία εισαγωγής στο πρόγραμμα είναι τα ακόλουθα:

α) Στις γεωτεχνικές ιδιότητες του εδάφους θεμελίωσης:

- i) Συνοχή = 84 KN/m²,
- ii) Γωνία εσωτερικής τριβής = 6°, και
- iii) Ξηρή φαινόμενη πυκνότητα 2.05 gr/cm³.

β) Στο γεωμετρικά στοιχεία των θεμελίων:

- i) Μήκος και πλάτος θεμελίωσης: λαμβάνεται ίσο με 1.5 m,
- ii) Βάθος θεμελίωσης: λαμβάνεται ίσο με 1.5 m.

γ) Στο βάθος της πιεζομετρικής στάθμης:

Για λόγους ασφάλειας, λόγω γενικής αντιμετώπισης, λαμβάνεται ίσο με το βάθος της στάθμης θεμελίωσης.

Η μέγιστη ασφαλής φέρουσα ικανότητα (Q_s) του εδάφους θεμελίωσης υπολογίζεται ίση με: $Q_s = 382 \text{ KN/m}^2$.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΝΕΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Οι βασικές αρχές που διέπουν τα μέτρα παρέμβασης για την αντιμετώπιση νέων αστοχιών ή και την σταθεροποίηση υπαρχουσών, είναι κύρια τρεις:

- A. Παρεμβάσεις επί των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της επιφάνειας των εδαφών.
- B. Παρεμβάσεις για την γεωτεχνική βελτίωση των ιδιοτήτων των εδαφών, και
- Γ. Παρεμβάσεις με έργα συγκράτησης των εδαφών.

Οι παρεμβάσεις επί των γεωμετρικών χαρακτηριστικών είναι οι εξής:

- A.1. Εκακαφή του άνω τμήματος των φυσικών ή τεχνητών πραγών για λόγους απο-

φόρτησης.

- A.2. Εκσκαφή καθ' όλο το μήκος του φυσικού ή τεχνητού πρानού με σκοπό τη γενική μείωση της κλίσης του και απομάκρυνση του αποσαθρωμένου μανδύα του εδάφους.
- A.3. Επιχωμάτωση στην περιοχή κατόντη του πόδα του φυσικού ή τεχνητού πρानού για λόγους μείωσης της συνολικής κλίσης του, αλλά και επιφόρτιση του ποδός του (Αντίβαρα).

Οι παρεμβάσεις για τη γεωτεχνική βελτίωση του εδάφους είναι οι εξής:

- B.1. Έργα για την επιφανειακή αποστράγγιση των νερών για τον περιορισμό της περαιτέρω διάβρωσης και αποσάθρωσης του εδάφους, αλλά και τη μείωση της πίεσης νερού πόρων. Αυτά επιτυγχάνεται με τα παρακάτω έργα:
 - B.1.1. Στεγανοποίηση της επιφάνειας.
 - B.1.2. Σφράγιση των ανοικτών ρωγμών.
 - B.1.3. Κατασκευή επιφανειακών αγωγών απομάκρυνσης νερού.
 - B.1.4. Κατασκευή φρεατίου στον πάδα του πρानού για έλεγχο και μείωση της διαβρωτικής και αποσαθρωτικής δράσης των ρεόντων νερών.
- B.2. Έργα υποβιβασμού της στάθμης των υπόγειων νερών. Ως γνωστόν, η υψηλή στάθμη υπάγειων νερών, τόσα στα πρानή, όσο και στις θεμελιώσεις, επιδρά άκρως δυσμενώς. Οι λόγοι είναι οι παρακάτω:
 - α) Αυξάνεται το φορτίο της επιρρεπούς προς κατολίθωση μάζας.
 - β) Μειώνονται οι γεωτεχνικές παράμετροι της διατμητικής αντοχής, εφόσον μειώνονται οι ενεργοί παράμετροι c' και ϕ' .
 - γ) Μειώνεται η διατμητική αντοχή λόγω «λίπανσης» που επιφέρει το νερό μεταξύ των ορυκτών κόκκων του εδάφους, και
 - δ) Επιβάλλονται επιπρόσθετα, ανατρεπτικά προς την ευστάθεια φορτία, που δημιουργούνται από την κίνηση των υπόγειων νερών (δυνάμεις αποστράγγισης ή Seepage forces).

Για τους παραπάνω αναφερόμενους λόγους, η ταπείνωση της στάθμης των υπόγειων νερών δρα ανακουφιστικά στη γενική ευστάθεια του πρανού, αποτρέποντας κάποια ασταχία και βελτιώνει τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους θεμελίωσης.

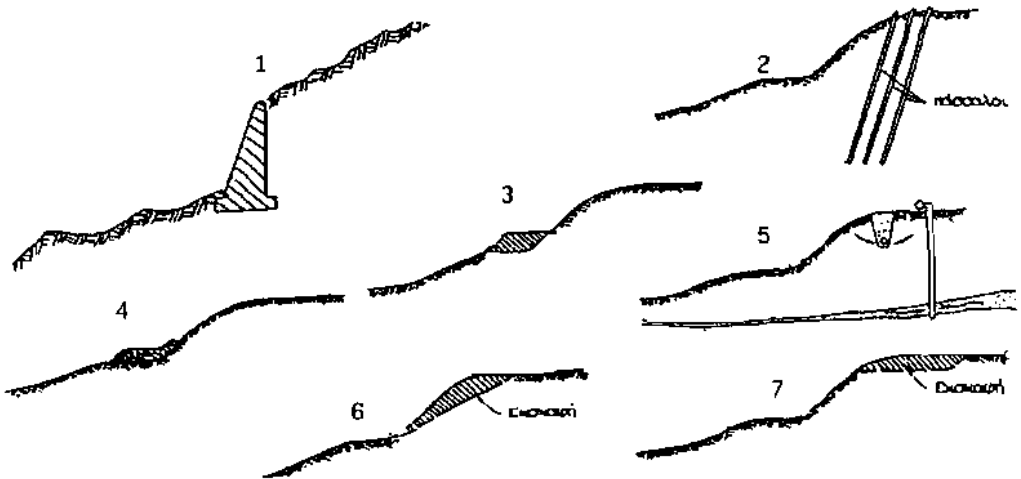
Το έργο για τον υποβιβασμό της στάθμης των υπόγειων νερών είναι τα παρακάτω:

- B.2.1. Υπόγειοι οχεταί για ρηχές αποστραγγίσεις.
- B.2.2. Στραγγιστήρια περιφερειακών τάφρων πληρωμένων με φίλτρα κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης.
- B.2.3. Κατακόρυφες και αριζόντιες στραγγιστικές γεωτρήσεις.
- B.2.4. Σήραγγες αποστράγγισης, πλησίον του πόδα του πρανού.

Οι παρεμβάσεις για την συγκράτηση και αντιστήριξη είναι οι εξής:

- Γ.1. Κατασκευή διάφορων τύπων τοίχων αντιστήριξης.
- Γ.2. Κατασκευή τοιμεντενέσεων και πασσάλων.
- Γ.3. Αντιστηρίξεις με αγκύρια.
- Γ.4. Κατασκευή φρεατοπασσάλων.

Στο σχ. 9 δίδεται μία διαγραμματική απεικόνιση μερικών από τις διάφορες παρεμβάσεις αντιμετώπισης των αστοχιών.



Σχ. 9. Διατάξεις έργων αντιμετώπισης. 1) Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης. 2) Κατασκευή πασσάλων σταθεροποίησης. 3) Επιχωμάτωση στην περιοχή κατόπτι του ποδός. 4) Προστασία έναντι διάβρωσης του ποδός. 5) Ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου νερού (αποστράγγιση, αντλήσεις). 6) Εξσκαφή. Μείωση της κλίσης. 7) Εξσκαφή και αποφόρτιση του άνω τμήματος του πρανούς.

Fig. 9. Arrangements of stabilization measures. 1) Construction of retaining wall. 2) Construction of stabilization piles. 3) Backfilling in the lower area of slope. 4) Protection against erosion of slope toe. 5) Lowering of underground water table (Drainage-pumping). 6) Excavation. Decreasing of gradient. 7) Excavation and unloading of upper section of the slope.

Στη συνέχεια προτείνονται οι καταλληλότερες από τις παραπάνω αναφερόμενες παρεμβάσεις που θα πρέπει να εφαρμοσθούν στις διάφορες περιπτώσεις αστοχίας, ανάλογα με το είδος του προβλήματος αστοχίας, το μέγεθος του έργου, την επικινδυνότητα και το κόστος των εργασιών παρέμβασης ώστε να αντιμετωπίζονται και να σταθεροποιούνται. Προτείνονται επίσης οι παρεμβάσεις εκείνες, που θα πρέπει να εκτελούνται πριν την έναρξη νέων ιδιωτικών ή δημόσιων έργων στην προβληματική αυτή περιοχή.

1. Σταθεροποιήσεις υπαρχουσών αστοχιών.

Στην περιοχή που μελετήθηκε έχουν κατασκευαστεί από Δημοσία έργα μόνον η

Εθνική Οδός Ισθμού-Επίδαυρου και κατοικίες, που αποτελούν συνήθεις κατασκευές. Για το λόγο αυτό, λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος του έργου, θα προτείνουμε τα αναγκαία μέτρα για τη σταθεροποίηση και την πρόληψη αστοχιών σ' αυτά με το μικρότερο δυνατό κόστος, που θα πρέπει όμως να επιλεγούν κατόπιν ειδικής μελέτης για κάθε περίπτωση.

1.1. Περιπτώσεις Ερπυσμών.

Τέτοια προβλήματα εμφανίζονται κυρίως σε κτίρια που εδράζονται συνήθως σε κλίσεις φυσικών πρανών μεγαλύτερες των 13° , καθώς και σε διάφορα σημεία του τάπητα κύλισης της εθνικής οδού προς Επίδαυρο.

Οι απαιτούμενες παρεμβάσεις για σταθεροποίηση των ερπυστικών κινήσεων που προτείνονται με σειρά αυξανόμενου κόστους είναι οι ακόλουθες:

B.1. (2,1 και 3), B.2. (2 και 1, έως το βάθος της ζώνης του βολβού των σημαντικών τάσεων της θεμελίωσης, που βρίσκεται ως βάθος ίσο με $2 \times$ το μέγιστο πλάτος των θεμελίων).

1.2. Περιπτώσεις Αστάθειας Τεχνητών Πρανών.

Τέτοια προβλήματα εμφανίζονται σε διάφορες θέσεις υψηλών τεχνητών πρανών στην Εθνική Οδό προς Επίδαυρο. Σημαντικότερο πρόβλημα με ενδείξεις αρχόμενης αστάθειας (έντονες ρωγμές εφελκυσμού στο φρύδι) παρουσιάζεται στη θέση 1, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.

Οι απαραίτητες παρεμβάσεις για σταθεροποίηση είναι οι παρακάτω:

Εφαρμογή των μεθόδων A.1., A.3. σε συνδυασμό (τελική ασφαλής κλίση = 55° , όπως υπολογίστηκε σε προηγούμενη ενότητα), A.2. (Αντίβαρα από σκυρόδεμα), B.1.2. και B.1.4.

2. ΠΡΟΛΗΨΗ ΝΕΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ.

2.1. Ερπυσμαί.

Πριν από την έναρξη κατασκευής κάποιου τεχνικού έργου (κτίριο, γέφυρα, οδόστρωμα), στις περιοχές όπου αυτό πρόκειται να θεμελιωθεί επί των ιλυο-μαργαϊκών αποθέσεων ή επί μικρού καλύμματος τεταρτογενών υπερκείμενων των μαργών, θα πρέπει να λαμβάνονται τα παρακάτω μέτρα:

Για συνήθη έργα συνιστώνται οι ακόλουθες παρεμβάσεις. A.1., A.3. σε συνδυασμό, A2 (σε κλίσεις $< 13^\circ$), B.1.1., B.1.3. B.2. (1 και 2, έως το βάθος της ζώνης του βολβού των σημαντικών τάσεων). Σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλος διαθέσιμος χρόνος πριν την κατασκευή ή στο σχεδιασμό μελλοντικών έργων τη μέθοδο B.3 και τέλος για πολύ μεγάλων απαιτήσεων έργα οδοποιίας χωρίς εναλλακτική λύση, τις μεθόδους B.2.3., Γ.1, Γ.3 και B.2.4. Η επιλογή του βέλτιστου ή των βέλτιστων μέτρων παρέμβασης εξαρτάται κύρια από τις μαρφολογικές ιδιαιτερότητες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κατασκευής. Οποσδήποτε σε όλες τις περιπτώσεις έδρασης τεχνικών έργων η σχεδιαζόμενη τάση θεμελίωσης θα πρέπει να είναι χαμηλότερη της φέρουσας

ικανότητας, όπως αυτή έχει υπολογισθεί και παρουσιασθεί σε προηγούμενη ενότητα.

2.2. Τεχνητά Πρανή.

Κατ' αρχήν αυτά θα πρέπει να διαμορφώνονται στις σωστές τους κλίσεις που ανάλογα με το ύψος τους δίδονται στον πίνακα (I) προηγούμενης ενότητας.

Επιπλέον μπορούν κατά περίπτωση να λαμβάνονται και τα παρακάτω μέτρα:

A.1., A.3. σε συνδυασμό, Β.2.3., Β.2.4., Γ.1. (προκύπτει από ειδική εδαφομηχανική μελέτη), Γ.2. και Γ.3.

Φίλτρα στραγγιστηρίων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα στραγγιστήρια και οι αποστραγγιστικοί τάφροι θα πρέπει να είναι πληρωμένα με κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης υλικό φίλτρου. Το φίλτρο θα πρέπει να ικανοποιεί δύο βασικές αλλά και αντιφατικές απαιτήσεις:

1) Το μέγεθος των πόρων του φίλτρου θα πρέπει να είναι αρκετά μικρό, ώστε να εμποδίζει τους κόκκους του γειτονικού αποστραγγιζόμενου εδάφους να εισχωρούν και να απομακρύνονται εντός του φίλτρου, και

2) Η υδροπερατότητα του φίλτρου να είναι αρκετά υψηλή ώστε να επιτρέπει την ταχεία αποστράγγιση του νερού που εισέρχεται στο φίλτρο.

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων, ο Terzaghi προτείνει τα ακόλουθα κριτήρια επιλογής του κατάλληλου φίλτρου αποστράγγισης:

$$\begin{array}{ccc}
 (D15)_f & & (D15)_f & & (D50)_f \\
 1) < 4 \text{ έως } 5 \text{ (p.p. requirement)} & 2) > 4 \text{ έως } 5 \text{ (perm. req.)} & 3) < 25 \text{ (perm. req.)} \\
 (D85)_s & & (D15)_s & & (D50)_s
 \end{array}$$

Οπου f συμβολίζει το «φίλτρο» και s το γειτονικό αποστραγγιζόμενο έδαφος. Η εξίσωση (1) ελέγχει την απαίτηση της απατροπής εισόδου των κόκκων του εδάφους στο φίλτρο. Οι εξισώσεις (2) και (3) ελέγχουν τις απαιτήσεις για ικανοποιητικά υψηλή υδροπερατότητα του φίλτρου για την άνετη και ταχεία αποστράγγιση.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της καμπύλης της ανάλυσης της κοκκομετρικής διαβάθμισης διαπιστώνεται ότι η διάμετρος των λεπτομερεστέρων του 15% κόκκων του εδάφους $(D15)_s$ είναι: $(D15)_s = 0.004 \text{ m.m.}$ Οι διαμέτροι των $(D50)_s$ και $(D85)_s$ είναι: 0.015 mm και 0.04 mm αντίστοιχα.

Από την εξίσωση (1) προκύπτει ότι:

$$(D15)_f < 4 \text{ έως } 5 \times (D85)_s \text{ ή } (D15)_f < 0.16 \text{ mm έως } 0.2. \text{ mm.}$$

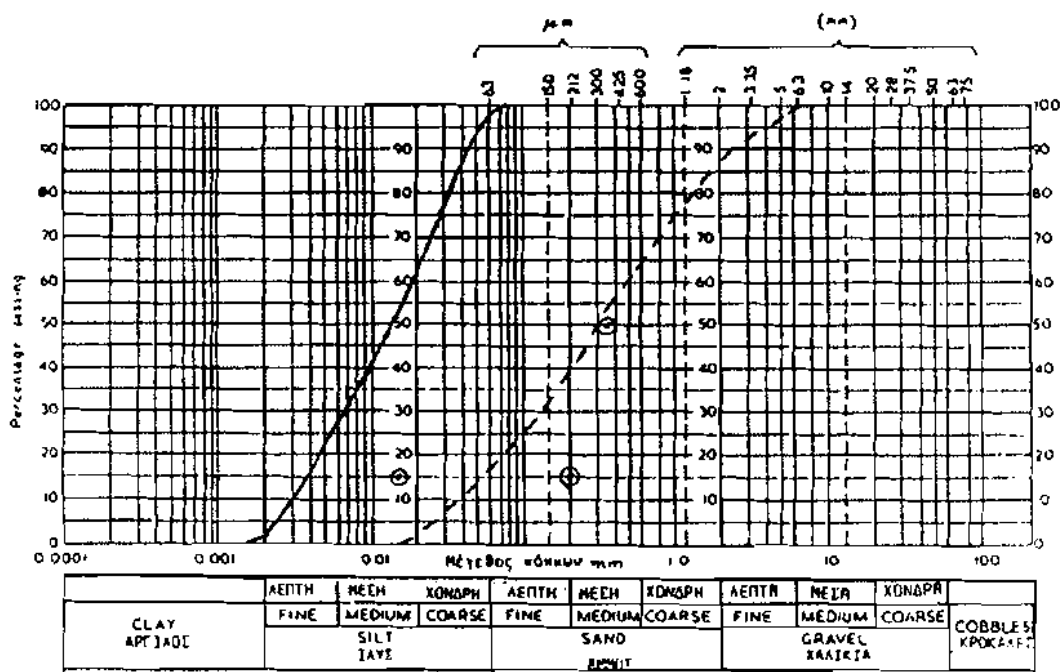
Από την εξίσωση (2):

$$(D15)_f > 4 \text{ έως } 5 \times (D15)_s \text{ ή } (D15)_f > 0.016 \text{ mm έως } 0.02 \text{ mm.}$$

Από την εξίσωση (3):

$$(D50)_f < 25 \times (D50)_s \text{ ή } (D15)_f < 0.38 \text{ mm.}$$

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία $(D15)_f$ και $(D50)_f$, σχεδιάστηκε το εύρος εντός του οποίου μπορεί να βρίσκεται η καμπύλη της κοκκομετρικής διαβάθμισης του κατάλληλου αποστραγγιστικού φίλτρου (Σχ. 10).



Σχ. 10. Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης αργιλικής μάργας (συνεχής γραμμή) και εύρος κοκκομετρικής διαβάθμισης αποστραγγιστικού φίλτρου (διακεκομμένη γραμμή).

Fig. 10. Grain size distribution curve of clayey marl (solid line) and width of drainage size distribution curve of filter (dashed line).

Συμπερασματικά λοιπόν προκύπτει ότι στην προβληματική αυτή περιοχή που ερευνήθηκε, από πλευράς γεωτεχνικής συμπεριφοράς και ιδιοτήτων (κυρίως της αργιλικής μάργας), είναι δυνατόν με κατάλληλες γεωτεχνικές παρεμβάσεις επί των εδαφών θεμελίωσης να κατασκευάζονται ευσταθή χωροχρονικά έργα, καθώς και να σταθεροποιούνται τα ήδη υπάρχοντα ασταθή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η περιοχή Κατακαλίου-Αλμυρής ανήκει γεωτεκτονικά στην Πελαγονική ζώνη και συνίσταται από έντονα καρστικοποιημένους Τριαδικούς ασβεστόλιθους πάνω στους οποίους έχουν αποθεθεί νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις από μάργες, ψαμμίτες, αργίλους, ιλύολίθους, κροκαλοπαγή, κορήματα και ποταμοχειμάρριες αποθέσεις. Χαρακτηρίζεται από ενεργό τεκτονική δραστηριότητα και υψηλή σεισμικότητα.

Στις νότιες κλιτύες της περιοχής πάνω στους ασβεστόλιθους έχουν αποθεθεί ιλυο-

μιγείς μάργες και πάνω σ' αυτές πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων. Επίσης παρατηρήθηκαν και κολλαυσιακές αποθέσεις. Η μέση κλίση των πρानών είναι 32% ενώ οι μεγαλύτερες φθάνουν έως 83%. Οι βάρειες κλιτύες είναι ασβεστολιθικές και έχουν κλίσεις περίπου 32%.

Στις νότιες κλιτύες διαπιστώθηκαν προβλήματα αστοχιών στις κατασκευές (οπίτια, οδόστρωμα) όπως αυλακώσεις, ενώ σε τεχνητά πρानή (ύψους > 12 m) καταπτώσεις, μικροκατολισθήσεις, περιστροφικές ολισθήσεις και ρωγμές εφελκυσμού. Επίσης παρατηρήθηκαν παλιές μικροκατολισθήσεις μέσα στους ιλυο-μαργαϊκούς σχηματισμούς.

Για τη διερεύνηση των προβλημάτων κάναμε τις ακόλουθες εργαστηριακές δοκιμές και γεωφυσικές διασκοπήσεις από τις οποίες προέκυψαν:

1) Προσδιορισμός των μέσων φυσικών ιδιοτήτων:

αργιλική μάργα: $\rho_d = 2,05 \text{ gr/cm}^3$, $\rho_{sat} = 2,16 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_s = 20,10 \text{ KN/m}^3$,
ενώ για τον ιλυόλιθο: $\rho_d = 2,34 \text{ gr/cm}^3$, $\rho_{sat} = 2,47 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_s = 22,95 \text{ KN/m}^3$.

2) Προσδιορισμός παραμέτρων διατμητικής αντοχής:

αργιλική μάργα $c_u = 84 \text{ KN/m}^2$, $\phi_u = 6^\circ$ και ιλυόλιθος $c_u = 159 \text{ KN/m}^2$, $\phi_u = 17^\circ$.

3) Ανάλυση κοκκομετρικής διαβάθμισης:

αργιλική μάργα ιλύς 98,5%, άμμος 1%, άργιλος 0,5% και ιλυόλιθος ιλύς 97,5%, άμμος 2% και άργιλος 0,5%.

Με τις γεωφυσικές διασκοπήσεις προσδιορίστηκαν τα πάχη των στρωμάτων του υποβάθρου έδρασης των τεχνικών έργων και οι στάθμες του υδροφόρου ορίζοντα σε τρεις θέσεις που παρουσίαζαν ιδιαίτερο πρόβλημα.

Διαπιστώθηκαν προβλήματα αστοχιών, που οφείλονται:

- α) Σε ερπυστικές κινήσεις εδάφους, όπου τα φυσικά πρανή παρουσίαζαν κλίσεις μεγαλύτερες των 13° . Οφείλονται στην παραυσία υπόγειου νερού, στη διαφυγή ύδατος από τους πόρους του εδάφους λόγω φάρτισης, στην εποχική κυκλική μεταβολή της στάθμης του υπόγειου φρεάτιου ορίζοντα και στη δυναμική καταπόνηση των φορτισμένων γαιών λόγω των σεισμικών αλλά και των τεχνητών δονήσεων που προέρχονται από τον κυκλοφοριακό φόρτο της παρακείμενης Εθνικής Οδού.
- β) Σε αστάθεια τεχνητών πρανών λόγω κατολισθήσεων. Εγινε γεωτεχνική ανάλυση και υπολογισμός ευστάθειας του τεχνητού πρανούς και υπολογίστηκε ο συντελεστής ασφαλείας. Συντάχθηκε πίνακας στον οποίο συσχετίζεται το ύψος του πρανούς με τη βέλτιστη γωνία καπής του ώστε να παρέχεται μακροχρόνια ασφάλεια με συντελεστή ασφαλείας $F > 1,4$.
- γ) Σε αστοχίες, λόγω μειωμένης φέρουσας ικανότητας. Διαπιστώθηκε ότι το πιο προβληματικό έδαφος στην περιοχή είναι η αργιλική μάργα και υπολογίστηκε η

μέση προτεινόμενη φέρουσα ικανότητα του εδάφους θεμελίωσης $Q = 382 \text{ KN/m}^2$.

Προτείνονται μέτρα αντιμετώπισης νέων αστοχιών και σταθεροποίησης υπαρχουσών τα οποία συνίστανται σε: α) στις παρεμβάσεις στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας των εδαφών, β) παρεμβάσεις για τη γεωτεχνική βελτίωση των ιδιοτήτων των εδαφών και γ) παρεμβάσεις στα εδάφη με έργα συγκράτησης. Με γνώμονα πάντα το μέγεθος του έργου, το είδος της αστοχίας ή το βαθμό επικινδυνότητας και το κόστος των απαιτούμενων έργων προτείνονται για κάθε περίπτωση τα κατάλληλα μέτρα.

CONCLUSIONS

The studied area of Katakali-Almiri belongs geotectonically in the Pelagonic zone and consists of strongly karstified Triassic Limestones as bedrock, on top of which there have been placed both Neogene and Quaternary deposits of marls, sandstones, clays, siltstones, conglomerates, screes, and river sediments.

This area is characterised by active tectonic activity and increased seismicity.

Upon the southern slopes of the area above Limestones there have been deposited silty marls and on top of them both screes and taluses. There have also been identified colluvial deposits. The mean gradient of slopes is about 32% while the highest one reaches up to 83%.

In the southern slopes there exists many failure problems, in various construction (i.e. houses, road pavements, e.t.c.), such as cracks, ruttings, while in artificially cut slopes there are rockfalls, landslides of various types, rotary slides as well as many tension cracks spread over the area. Old slips and slides have been identified mainly in silty marls formations.

In order to investigate the above mentioned problems different kinds of both laboratory and filed tests as well as geophysical surveys have been executed, with the following results:

1) Mean physical properties determination:

Clayey marl: $\rho_d = 2,05 \text{ gr/cm}^3$, $\rho_{sat} = 2,16 \text{ gr/cm}^3$ and $\gamma_s = 20,10 \text{ KN/m}^3$.

Siltstone: $\rho_d = 2,34 \text{ gr/cm}^3$, $\rho_{sat} = 2,47 \text{ gr/cm}^3$ and $\gamma_s = 22,95 \text{ KN/m}^3$.

2) Determination of shear strenght parameters:

Clayey marl: $c_u = 84 \text{ KN/m}^2$, $\phi_u = 6^\circ$, and

Siltstone: $c_u = 159 \text{ KN/m}^2$, $\phi_u = 17^\circ$.

3) Grain size distribution analysis:

Clayey marl: silt = 98,5%, sand = 1%, Clay = 0,5%, and

Siltstone: silt = 97,5%, sand 2% and Clay = 0,5%.

Using geophysical surveys (geoelectic method), the thinkness of foundation both

soil and rock layers and determined, as well as the piezometric surface of ground water table, in three different locations where special problems exist.

The causes of failure problems are due to:

- a) Creeping movements of ground, where natural slopes have gradients more than 13° . Creeping phenomena are attributed to: ground water existence, pore water dissipation due to charge of soils, periodical and cycling fluctuation of ground water phreatic surface, as well as the dynamic loading of soils due to both seismic and artificial vibrations caused by heavy traffic loads in the close by National highway.
- b) Instability of artificially cut slopes, due to landslides. In problems areas, there have been executed geotechnical slope stability analysis and computation of factors of safety. A special table were computed where the height of a slope is correlated with the optimum angle of slope cutting, in order to ensure longterm stability with a desired factor of safety, $F > 1,4$.
- c) Failure, due to reduced bearing capacity of foundation grounds. It is determined that the most problem foundation soil in the studied area is clayey marl; its mean suggested bearing capacity is computed to be: $Q = 382 \text{ KN/m}^2$.

Finally various suggestions and proposals are explained for the restraint and stabilization of existing failure problems in different constructions, as well as failure prevention measure for new constructions to built in future, consisting of:

- a) arrangements and configurations of geometric characteristics of ground surfaces.
- b) Ground improvement of soils using various geotechnical techniques, and
- c) construction of different retaining works.

Keeping in mind always the extent and size of a project, the kind of failure and or the degree of risk or danger in case of a failure, as well as the cost of necessary works appropriate and suitable protection and or stabilization measures are proposed according.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ Α., ΣΑΧΠΑΖΗΣ, Κ. (1989). Προβλήματα ευστάθειας των Φυσικών πρανών στα Μεσοχώρι Καρπάθου. (2^ο Πανελλήνιο Γεωγρ. Συν. Αθήνα), σελ. 273-292.
- ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ Β., ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ Α., ΚΟΥΝΗΣ Γ., ΡΟΖΟΣ Δ., ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ Χ., (1986). «Μακροσεισμικές, γεωλογικές και τεκτονικές παρατηρήσεις στην περιοχή που επηρεάστηκε από τους σεισμούς του Κορινθιακού κόλπου

- (Φεβρουάριος - Μάρτιος 1981)», Εκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ANON. (1967): British standards 1377 Methods of testing soils for civil engineering purposes. British standards institution. Gr. 9.
- ANON. (1972): British standards. Code of Practice for Foundations, CP 2004.
- ANON. (1972): The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Q.M. 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.M. Engng. Geol., 10, 355-388.
- ANON. (1981 α): British Standard 5930: Site investigations. London British Standards Institution p.p. 147.
- ANON. (1981 β): Rock and Soil description for engineering geological mapping. Report by the commission of Engineering Geological Mapping. Bull. Int. Assoc. Engng. Geol. 24.
- ASTM: Special Tech. Pub.: 483, American Society for Testing and Materials, (1970), «The Sampling of soil and rock».
- BISHOP, A.W., (1955): «The Use of Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes», Geotechnique, 5(1), pp. 7-17.
- CRAIG, R.F., «Soil Mechanics», 2nd Edition, Van Nostrand Reinhold Company. 1980.
- ΓΑΪΤΑΝΑΚΗΣ Π., ΜΕΤΤΟΣ Α., ΦΥΤΙΚΑΣ Μ., (1985). «Γεωλογικοί χάρτες της Ελλάδας, κλίμακα 1:50.000. Φύλλο Σοφικό», Ι.Γ.Μ.Ε.
- DEARMAN, W.R. (1974 β): Weathering classification in the characterization of rock for engineering purposes in British practice. Bull. Int. Ass. Engng. Geol. 9, 33-42.
- LEWIS, D.W. (1984). «Practical Sedimentology», Hutchinson Ros. P. Co. Pennsylvania.
- ΜΑΣΤΟΡΗΣ Κ., ΜΟΝΟΠΩΛΗΣ Δ., (1980). «Υδρογεωλογική Έρευνα περιοχής Κορίνθου-Λουτρακίου», Υδρολογικά και Υδραυγεωλογικά Έρευναι, No. 3, Εκδοση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΜΟΝΟΠΩΛΗΣ Δ., (1969). «Υδρογεωλογική αναγνώριση της Οικοπεδικής εκτάσεως του Οικοδομικού Συνεταιρισμού Ιεροψαλτών Αθηνών, παρά την Ανω Αλμυρή Κορινθίας», Εκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- MORGENSTERN N.R., PRICE, V.E. (1965). «The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces», Geotechnique, 15, pp. 79-93.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Β.Π., (1980), «Στοιχεία Γεωτεχνικής», Εκδόσεις Συμεών.
- ΣΑΧΠΑΖΗΣ, Ι.Κ. (1983-1993), «Ανάπτυξη ειδικών προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή σχετικά με γεωτεχνικά - τεχνικό - γεωλογικό - βραχομηχανικά και γεωλογικά θέματα και προβλήματα». Δημοσιεύματα πραγράμματα. Software.
- ΣΑΧΠΑΖΗΣ Κ. (1988). «Μεθοδολογία Γεωτεχνικής διερεύνησης Υπεδάφους για τη θεμελίωση Τεχνικών Έργων». Δελτίο Κέντρου Ερευνών Δημοσίων Έργων. Τεύχη 1-2, Ιανουάριος - Ιούνιος 1988.
- ΣΙΕΜΟΣ Ν., (1984). «Υδρογεωλογική αναγνώριση σε έκταση Ιδιοκτησίας Οικοδομικού Συνεταιρισμού Υπαλλήλων Τράπεζας Ελλάδος στο Σοφικό Κορινθίας», Εκθεση

- ΣΚΑΓΙΑΣ Σ., (1970). «Υδρογεωλογική αναγνώριση περιοχής κοινότητας Κατακαλίου, Ν. Κορινθίας». Εκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- SOWERS, G.B., SOWERS, G.F., (1970). «Introductory Soil Mechanics and Foundations», McMillan Co.
- STIEGER W., (1975), «Τοίχοι Αντιστηρίξεως», Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας.
- TOMLINSON M.J., (1980), «Foundation Design and Construction», 4th Edition, Pitman Publishing Ltd.

ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΧΑΡΑΞΗ ΙΣΟΨΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Χ.,* ΓΚΟΥΡΝΕΛΛΟΣ Θ.**

* Τμήμα Μηχ. Η/Υ και Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πατρών, 265 00 Πάτρα

** Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών,
Πανεπιστημιόπολις, 157 84 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ενα σημαντικό πρόβλημα που παρουσιάζεται στις Γεωλογικές Επιστήμες είναι αυτό της χάραξης των ισοϋψών γραμμών. Ενώ οι πρώτοι χάρτες ισοϋψών κατασκευάζονταν με το χέρι, οι σύγχρονες μέθοδοι ισοϋψών βασίζονται στη χρήση υπολογιστικών συστημάτων.

Κοινή βάση σε όλες τις μεθόδους σχεδίασης ισοϋψών είναι η αντιμετώπιση του προβλήματος του προσδιορισμού των πλησιέστερων γειτόνων. Οι μέθοδοι δικτυοποίησης είναι ως γνωστόν ευρέως διαδεδομένες σε πολλές εφαρμογές λογισμικού στις περιοχές της Χαρτογραφίας και Γεωγραφίας και επιλύουν το πρόβλημα σε μικρό υπολογιστικό χρόνο, χαρακτηρίζονται όμως από απώλεια πληροφορίας. Από την άλλη πλευρά οι μέθοδοι που βασίζονται στην τριγωνοποίηση Delaunay, και μπορούν να υλοποιηθούν σε αποδοτικό υπολογιστικό χρόνο.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε και υλοποιούμε μια μέθοδο για την χάραξη ισοϋψών βασισμένη στη τριγωνοποίηση Delaunay. Σαν δεδομένα εισόδου έχουμε ένα σύνολο από τοπογραφικά σημεία του τρισδιάστατου χώρου, και αποσκοπούμε στο να παράγουμε ένα δισδιάστατο χάρτη που να αναπαριστά τα υψόμετρα. Η διεργασία της χάραξης των ισοϋψών πραγματοποιείται σε διάφορα στάδια. Αρχικά ορίζουμε τα Voronoi πολύγωνα και τα αντίστοιχα τρίγωνα Delaunay. Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε μια διαδικασία παρεμβολής στις πλευρές των τριγώνων Delaunay. Τέλος, για την λείανση των ισοϋψών χρησιμοποιούνται B-Splines συναρτήσεις.

ABSTRACT

An important problem appearing in Earth Sciences is that of tracing contour lines. The first contour maps was made by contour lines drawing by hand. Nowadays contouring programs draw such lines using computer systems.

A common base in all methods of tracing contour lines is the problem of finding nearest neighbors. Gridding methods that are widely used in several software application in cartography and geography, resolve this problem in efficient computing time, but are characterized by lose of information. By the other side, methods based on the Delaunay triangulation could face the nearest neighbor problem without loss of information and can be implemented in efficient time.

In this paper we present and implement a contour tracing method based on the Delaunay triangulation. As input data we have a set of topographic points in the 3-D space and we wish to generate a 2-D map representing altitudes. The process of contour tracing is performed in different steps. Firstly, we define the Voronoi polygons and the corresponding Delaunay triangles. Secondly, we use interpolation process through the sides of Delaunay triangles. Finally, B-splines functions are used for smoothing purposes.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της αυτόματης χάραξης ισοϋψών καμπυλών για ένα σύνολο σημείων ελέγχου ομοιόμορφα κατανεμημένων στο τρισδιάστατο χώρο. Οι πιο συνηθισμένες αντιμετωπίσεις του θέματος χρησιμοποιούσαν την τεχνική της «δικτυοποίησης» (gridding), η οποία είναι ευκολότερη και ταχύτερη αλλά δεν επεξεργάζεται τα πραγματικά δεδομένα εισόδου. Στην παρούσα εργασία το πρόβλημα αντιμετωπίζεται χρησιμοποιώντας την τεχνική της «τριγωνοποίησης» (triangulation). Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται πάνω στο σύνολο των σημείων ελέγχου που αποτελούν τυχαία τοπογραφικά σημεία του τρισδιάστατου χώρου.

Η διεργασία της τριγωνοποίησης συνίσταται στην κατασκευή ενός δικτύου τριγώνων Delaunay [1] και βασίζεται στον ορισμό των τριγώνων αυτών. Η υλοποίηση οπωσδήποτε δεν είναι βέλτιστη αλλά παρ' όλα αυτά ο υπολογιστικός χρόνος είναι αρκετά ικανοποιητικός. Με τη βοήθεια των τριγώνων αυτών και με εφαρμογή της γραμμικής προσέγγισης στις πλευρές τους, προκύπτουν σύνολα από σημεία δειγματοληψίας που προσεγγίζουν τις ισοϋψείς καμπύλες. Από τις θέσεις αυτές προκύπτει ένα πλέγμα πολυγωνικών γραμμών που αποτελούν προσέγγιση των ζητούμενων ισοϋψών καμπυλών. Για την καλύτερη λείανση των καμπυλών επιχειρείται μια περαιτέρω επεξεργασία των προηγούμενων αποτελεσμάτων.

Τα σημεία δειγματοληψίας αποτελούν τα δεδομένα εισόδου για την διαδικασία

σχεδίασης καμπυλών με B-Splines συναρτήσεις. Η διαδικασία αυτή έχει σαν έξοδο μια ισοϋψή καμπύλη.

2. ΣΤΑΔΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.

Η διαδικασία υπολογισμού και σχεδίασης των ισοϋψών καμπυλών που ακολουθούμε αποτελείται από τρία βασικά στάδια: τριγωνοποίηση, γραμμική προσέγγιση και σχεδίαση καμπυλών με B-Spline συναρτήσεις.

2.1. Τριγωνοποίηση.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε ένα σύνολο S τρισδιάστατων σημείων. Σκοπός εδώ είναι η ένωση των αρχικών σημείων μεταξύ τους με ευθείες γραμμές ώστε να προκύψει ένα σύνολο τριγώνων (τριγωνικό δίκτυο Delaunay). Ως γνωστόν [2] τα δίκτυα αυτά είναι μοναδικά για ένα δοσμένο σύνολο σημείων. Σε μια περιοχή με διασκορπισμένα σημεία, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι κάθε σημείο περιβάλλεται από ένα μη κανονικό πολύγωνο, έτσι ώστε κάθε εσωτερικό σημείο του πολυγώνου να είναι πλησιέστερο στο σημείο αυτό, απ' ό,τι σε οποιοδήποτε άλλο. Τα σύνολα των πολυγώνων που έχουν αυτές τις ιδιότητες ονομάζονται Thiessen, ή Voronoi πολύγωνα [3]. Αν ενώσουμε αυτά τα σημεία που περιβάλλονται από τα πολύγωνα Voronoi με ευθείες γραμμές, έχουμε σαν αποτέλεσμα ένα Delaunay τριγωνικό δίκτυο. Η διαδικασία της τριγωνοποίησης συνίσταται στον προσδιορισμό των γειτόνων διαδοχικών σημείων του χάρτη. Οι γείτονες αυτοί ονομάζονται thiessen γείτονες.

Η διαδικασία εύρεσης των thiessen γειτόνων περιγράφεται σύντομα ως εξής: [2]

Εστω ότι πρόκειται να βρεθούν οι γείτονες του σημείου A . Αρχικά ισχυριζόμαστε ότι ένα κοντινό σημείο B είναι ένας γείτονας του A και κατασκευάζουμε τον κύκλο με διάμετρο την ευθεία AB . Αν δεν υπάρχουν καθόλου σημεία στο εσωτερικό του κύκλου, τότε πράγματι το B είναι thiessen γείτονας του A . Αν όμως βρεθεί κάποιο σημείο στο εσωτερικό του κύκλου, αυτό αντικαθιστά το σημείο B . Η αναζήτηση του επόμενου γείτονα συνεχίζεται κατά την δεξιόστροφη φορά γύρω από το σημείο A . Ο κύκλος διευρύνεται ώστε τα σημεία A και B να βρίσκονται στην περιφέρειά του. Το εσωτερικό του κύκλου ελέγχεται για να δούμε αν περικλείει κάποια σημεία. Αν βρεθεί σημείο, αυτός είναι ο δεύτερος thiessen γείτονας. Αν όμως βρεθούν περισσότερα από ένα σημεία, πρέπει να προσδιορισθεί ποιος είναι ο σωστός δεύτερος γείτονας. Αυτό γίνεται με τον υπολογισμό της γωνίας που σχηματίζουν τα σημεία A , B και το

υποψήφιο σημείο. Ο σωστός thiesen γείτονας είναι εκείνος που θα σχηματίζει και την μεγαλύτερη γωνία. Όταν το σημείο B ξαναβρίσκεται σαν ένας thiesen γείτονας, όλοι οι γείτονες του αρχικού μας σημείου A έχουν προσδιορισθεί. Συνδέοντας αυτούς τους γείτονες, ένα τριγωνικό δίκτυο σχηματίζεται γύρω από το A. Το τριγωνικό αυτό δίκτυο επεκτείνεται και καταλαμβάνει όλο και μεγαλύτερο μέρος του χάρτη, καθώς ένας από τους thiesen γείτονες που βρέθηκαν εκλέγεται τώρα σαν νέο σημείο A, γύρω από το οποίο αρχίζει πάλι το ψάξιμο και η διαδικασία αρχίζει εκ νέου. Η διεργασία της τριγωνοποίησης περατώνεται όταν συμπεριληφθούν όλα τα σημεία ελέγχου. Η τριγωνοποίηση λοιπόν παίρνει σαν είσοδο σημεία (ελέγχου) και παράγει σαν έξοδο ένα σύνολο τριγώνων. Τελειώνοντας την αναφορά μας για το Delaunay τρίγωνα πρέπει να τονίσουμε ότι τα τρίγωνα που ορίζονται είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ισόπλευρα ενώ οι μεγαλύτερες πλευρές των τριγώνων είναι όσο το δυνατόν πιο μικρές [2]. Αυτό έχει σημασία γιατί οι μεγαλύτερες αποστάσεις πάνω στις οποίες γίνεται παρεμβολή για να βρούμε τα επίπεδα των ισοϋψών, είναι μικρότερες απ' ό,τι σε άλλα τριγωνικά δίκτυα. Το αποτέλεσμα της τριγωνοποίησης είναι η είσοδος στην επόμενη φάση.

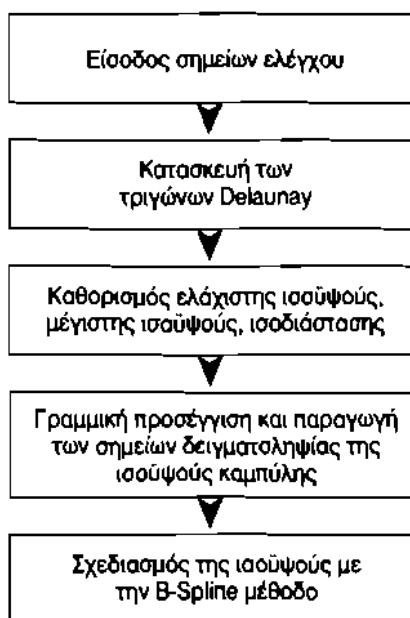
Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι η διεργασία της τριγωνοποίησης απαιτεί το μεγαλύτερο υπολογιστικό χρόνο συγκριτικά με τα υπόλοιπα στάδια. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η πολυπλοκότητα του αλγορίθμου τριγωνοποίησης, είναι $O(n^2)$.

2.2. Γραμμική προσέγγιση.

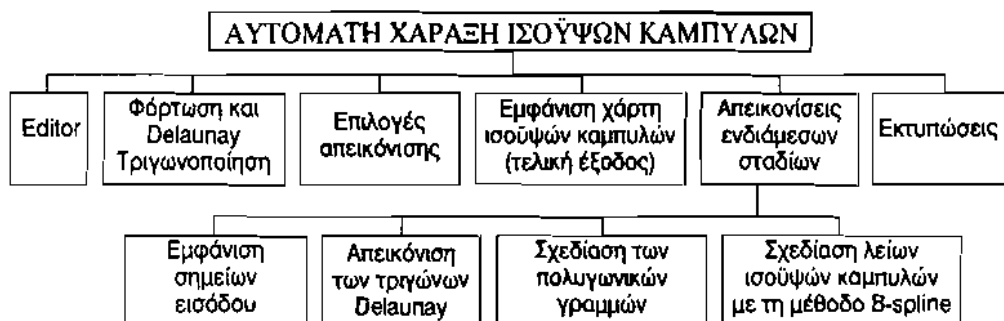
Η γραμμική προσέγγιση είναι μια απλή μέθοδος για την εύρεση ενός σημείου πάνω σε ένα ευθύγραμμο τμήμα όταν είναι γνωστά τα άκρα του τμήματος και μια συντεταγμένη του προς εύρεση σημείου. Στις πλευρές των τριγώνων Delaunay εφαρμόζεται η διαδικασία της γραμμικής προσέγγισης ώστε να προκύψουν τα σημεία δειγματοληψίας της ισοϋψούς καμπύλης που ζητάμε. Ουσιαστικά στη φάση αυτή υπολογίζονται τα σημεία που προσεγγίζουν τις ισοϋψείς καμπύλες και η έξοδος της γραμμικής προσέγγισης συνίσταται σε ένα σύνολο ευθύγραμμων τμημάτων τα οποία ορίζουν ένα πλέγμα πολυγωνικών γραμμών. Η χάραξη των γραμμών αυτών αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση των προς χάραξη ισοϋψών. Όπως η τριγωνοποίηση, έτσι και η γραμμική προσέγγιση, αλλά και η παρεμβολή με B-Splines (που περιγράφεται παρακάτω) μπορούν να θεωρηθούν σαν ανεξάρτητες διεργασίες με δικά τους δεδομένα εισόδου και τις δικές τους εξόδους.

2.3. Σχεδίαση λείων καμπυλών με τη μέθοδο B-Splines.

Η σχεδίαση των ισοϋψών καμπυλών επιτυγχάνεται βάσει της διεργασίας της



Σχήμα 3.1 Στάδια για τον υπολογισμό και τη σχεδίαση των ισοΨών καμπυλών σε ένα τοπογραφικό χάρτη.



Σχήμα 3.2 Γενική δομή του προγράμματος υλοποίησης της αυτόματης χάραξης ισοΨών

παρεμβολής. Οι διάφορες μέθοδοι παρεμβολής προσεγγίζουν το πρόβλημα του προσδιορισμού μιας καμπύλης που δεν έχει κάποιον απλό μαθηματικό ορισμό. Ένας προσεγγιστικός σχεδιασμός της καμπύλης γίνεται με το να έχουμε ένα σύνολο σημείων δειγματοληψίας και στη συνέχεια να φανταστούμε πως θα μοιάζει αυτή η καμπύλη. Έχοντας πολλά σημεία και μια λεία καμπύλη, μπορούμε να κάνουμε ικανοποιητικές προβλέψεις για τα τμήματα που λείπουν. Γεμίζουμε τμήματα της άγνωστης

καμπύλης με τμήματα γνωστών καμπυλών που διέρχονται από γειτονικά σημεία. Αφού λοιπόν γεμίσουμε ένα τμήμα της άγνωστης καμπύλης με μια γνωστή καμπύλη, μπορούμε να γεμίσουμε τα κενά μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας, καθαρίζοντας τις συντεταγμένες των σημείων κατά μήκος της προσέγγισης της καμπύλης και συνδέοντας τα σημεία αυτά με ευθύγραμμα τμήματα. Βασικό σημείο του προβλήματος της παρεμβολής είναι ο καθορισμός του μοντέλου της καμπύλης που θα χρησιμοποιηθεί, δηλαδή ο προσδιορισμός της μαθηματικής έκφρασης μιας συνάρτησης που περνάει από τα σημεία δειγματοληψίας μιας καθορισμένης περιοχής. Στην εργασία αυτή, για την προσέγγιση των ισοϋψών καμπυλών χρησιμοποιήθηκαν πολυωνυμικές συναρτήσεις. Οι συναρτήσεις συχνά εκφράζονται με τη γενική μορφή $y=f(x)$, προτιμάται όμως η παραμετρική μορφή $x=f(u)$, $y=f(u)$ γιατί η διαφορά μεταξύ δύο και τριών διαστάσεων είναι απλώς η προσθήκη της τρίτης εξίσωσης για το z και επίσης γιατί η παραμετρική μορφή μεταχειρίζεται όμοια και τις τρεις διευθύνσεις και επιτρέπει στις καμπύλες να κάνουν μεταβολή, ή ακόμα και να τέμνονται. Έτσι η πολυωνυμική καμπύλη που περνά από κάποια σημεία δειγματοληψίας απεικονίζεται από μια συνάρτηση η οποία κατασκευάζεται σαν άθροισμα όρων, ένας όρος για κάθε σημείο που δειγματοληπτείται.

Το χρησιμοποιούμενο μαθηματικό μοντέλο παρεμβολής στην εργασία βασίζεται στις κυβικές B-Splines συναρτήσεις, οι οποίες είναι κατάλληλες για τις πιο πολλές εφαρμογές. Σύντομα αναφερόμενοι σε αυτές, μπορούμε να πούμε ότι κάνουν παρεμβολή σε 4 σημεία δειγματοληψίας. Με βάση τα σημεία αυτά και τις B-Splines συναρτήσεις κατασκευάζονται ικανοποιητικά «λείες» καμπύλες που προσεγγίζουν τις ισοϋψείς γραμμές. Το πλεονέκτημα της χρήσης του τύπου αυτού των συναρτήσεων είναι ότι μας παρέχεται η δυνατότητα να σχεδιάσουμε καμπύλες που δεν έχουν απλούς μαθηματικούς τύπους.

3. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ.

Το πρόγραμμα για την υλοποίηση της μεθόδου χάραξης ισοϋψών, γράφτηκε στη γλώσσα Turbo Pascal (ver. 6.0) και επαληθεύτηκε με διάφορα σύνολα σημείων δειγματοληψίας. Στο σχήμα 3.1 δίνονται τα διάφορα στάδια υπολογισμού και σχεδίασης των ισοϋψών καμπυλών σε ένα τοπογραφικό χάρτη, ενώ στο ιεραρχικό διάγραμμα του σχήματος 3.2 δίνεται η γενική δομή του προγράμματος υλοποίησης της αυτόματης χάραξης των ισοϋψών καμπυλών.

Στη συνέχεια δίνουμε συνοπτικά τις λειτουργίες των τμημάτων της υλοποίησης:

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Editor:

Δημιουργεί ένα αρχείο που περιλαμβάνει σημεία ελέγχου. Το αρχείο που τελικά παράγεται περιέχει και επιπλέον πληροφορίες, όπως το πλήθος των σημείων ελέγχου και την μέγιστη ή ελάχιστη τιμή για κάθε συντεταγμένη.

Φάρτωση και Delaunay τριγωνοποίηση:

Φορτώνεται το αρχείο των σημείων εισόδου και πραγματοποιείται η τριγωνοποίηση. Επίσης πραγματοποιείται αυτομάτως ο υπολογισμός της μέγιστης-ελάχιστης ισουψούς καθώς και της ισοδιάστασης.

Επιλογές απεικόνισης:

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει βασικές παραμέτρους, όπως μέγιστη-ελάχιστη ισουψή και ισοδιάσταση.

Εμφάνιση χόρτη ισουψών καμπυλών:

Σχεδιάζονται οι ισουψείς καμπύλες με βάση τη μέθοδο B-Spline.

Απεικόνιση ενδιαμέσων σταδίων:

Στο τμήμα αυτό δίνεται η δυνατότητα απεικόνισης των επιμέρους σταδίων της διεργασίας.

Εκτυπώσεις:

Δυνατότητα εκτύπωσης ενδιαμέσων σταδίων.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι: από ένα σύνολο σημείων που περιγράφουν ένα τμήμα της επιφάνειας ενός αναγλύφου, να καταλήξουμε σε μια όσο το δυνατόν καλύτερη προσέγγιση των ισουψών καμπυλών που καλύπτουν την ίδια γεωγραφική περιοχή με τρόπο αυτόματο. Συγχρόνως έχουμε τη δυνατότητα να παρακολουθούμε και να ελέγχουμε τα διάφορα στάδια της μετάβασης από τα αρχικά σημεία ελέγχου, μέχρι την τελική χάραξη των ισουψών κομπυλών.

Ένα από τα πιο ισχυρά επιχειρήματα της μεθοδολογίας είναι η κατασκευή των Delaunay τριγώνων, δηλαδή η κατασκευή ενός μαθηματικού μοντέλου για την επιφάνεια που πρόκειται να σχεδιαστεί. Το μαθηματικό αυτό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς. Ανάμεσα στις λειτουργίες που μπορούν να εκτελεστούν είναι ο σχεδιασμός των παραγώγων της επιφάνειας, υπολογισμός όγκων κάτω από την επιφάνεια, εξαγωγή μιας επιφάνειας από μια άλλη, κ.α.

Η συγκεκριμένη εργασία μπορεί να αποτελέσει τμήμα μιας χαρτογραφικής βάσης δεδομένων, ή να αποτελέσει κομμάτι ενός χρήσιμου εργαλείου για γεωλόγους και τοπογράφους. Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Davis C. John, *Statistics and Data analysis in Geology*, John Wiley and Sons, 1973.
- Gold C.M., Charters T.D. and Ramsden J. Automated contour Mapping using triangular element data structures and an interpolant over each irregular triangular domain. *Computer graphics*, 11, No 2, p. 170-175, 1977.
- Lee D.T. and C.K. Wong, Voronoi diagrams in L1(L) Metrics with 2 dimensional storage applications, *SIAM J. Comput.* Vol. 9 No 1, p. 200-211, February 1980.

RANDOM WALK MODELS IN EARTH SCIENCES

GOURNELLOS TH.*, ALEXOPOULOS CHR.**

* Department of Geography and Climatology, National University of Athens,
Panepistimiopolis 157 84, Athens.

**Department of Computer Engr. and Informatics, University of Patras, 265 00, Patras.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα Μοντέλα τυχαίας διαδρομής είναι απλές τυχαίες ανεξίτητες. Θεωρούμε κάποιον που στέκεται σε ένα σταθερό σημείο ενός δρόμου και αρχίζει και βηματίζει. Κάθε βήμα του είναι του ίδιου μήκους και ανεξάρτητο από το προηγούμενο. Κινείται προς τα δεξιά με πιθανότητα p και προς τα αριστερά με πιθανότητα q . Μοντέλα σαν το παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις Γεωεπιστήμες με κατάλληλη τροποποίηση. Σε αυτή την εργασία αναφέρονται μερικές εφαρμογές στη Γεωμορφολογία και στη Γεωλογία. Ο σκοπός αυτού του άρθρου είναι να δείξει πως εφαρμόζονται στις γεωεπιστήμες μερικά πορίσματα της θεωρίας των πιθανοτήτων.

ABSTRACT

One of the simple stochastic processes is the random walk. We imagin a man starting at a fixed point on a road and in each time unit making a step to the left or right. Each step of him has equal length and is independent of the preceeding one. The man moves to the right or to the left with probability p and q respectively. Such models can be used to represent different processes in earth sciences especially if one extends these ideas. In this paper we investigate some uses of this model in geomorphology and in geology. The concern of this paper is to illustrate the application of some advanced results of the probability theory in geosciences.

INTRODUCTION

The nature of some phenomena has not a unique but a probability distribution of solutions. This kind of problems are known as stochastic ones. It is clear that to solve these problems probability theory must be used. One of the most illustrative example of the above theory is the so-called «random-walk problem» [1].

We suppose a man (or a particle) standing initially at a given point ($x=0$) and starts making a step to the left or to the right on a road (x -axis). Each step on him has a unique distance and is independent of the preceeding one. The probability to move to the right or to the left is p and q respectively. The question of interesting is: after n

steps, what is the probability of being at a certain position. The set of all steps, is considered to be a collection of random variables. Using the binomial distribution, we can easily yield that at time.

$$t = n \cdot T$$

our man will be at the position $t(x) = Rl - (n-R)l = 2Rl - nl$, where n the number of trials, R the right steps and $n-R=l$ the left steps. The probability of this position is:

For n very large the binomial distribution is approaching the Gaussian one, by which we can easily solve the above problems. The above simple concepts can be extended and generalized to more dimensions.

$$P \{t(x) = 2Rl - nl\} = \frac{n!}{R!(n-R)!} p^R q^{n-R}$$

APPLICATION OF RANDOM WALK MODELS TO EARTH SCIENCES

The alluvial fan formation

We consider a gravel in a plane at the position zero (Fig. 1) and moving to the left or to the right with equal probabilities (each step we suppose having a unit length) while at the same time is suffers a forward steady displacement. The resulting triangle (Fig. 1) shows the most probable position to arrive the particle. It is clear that the formation

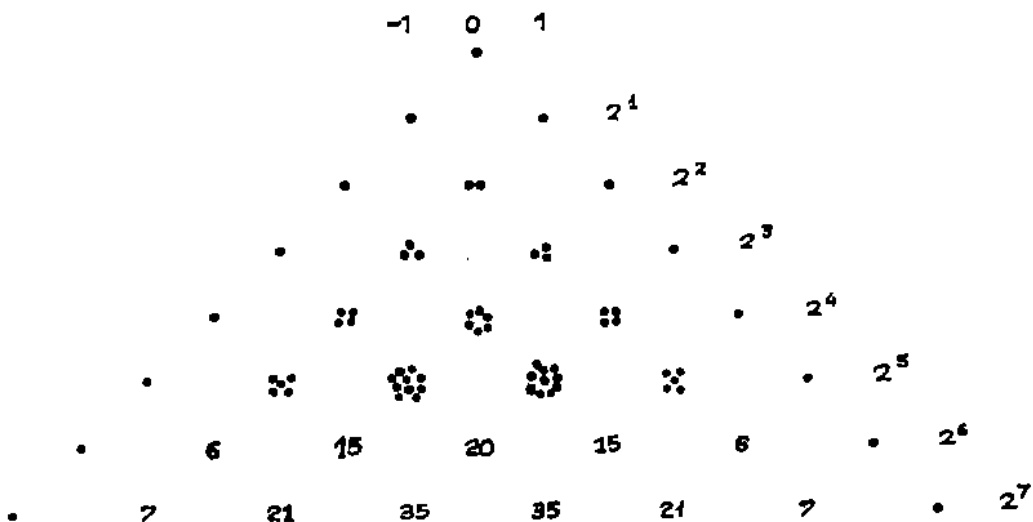


Fig. 1

of alluvial fans can be described by a random walk mechanism [3]. The mouth of the stream in the mountain front corresponds to zero point of the Figure 1.

Some volcanic forms

If we consider a particle starting at the point $(0,0)$ of xy place, and moving to the

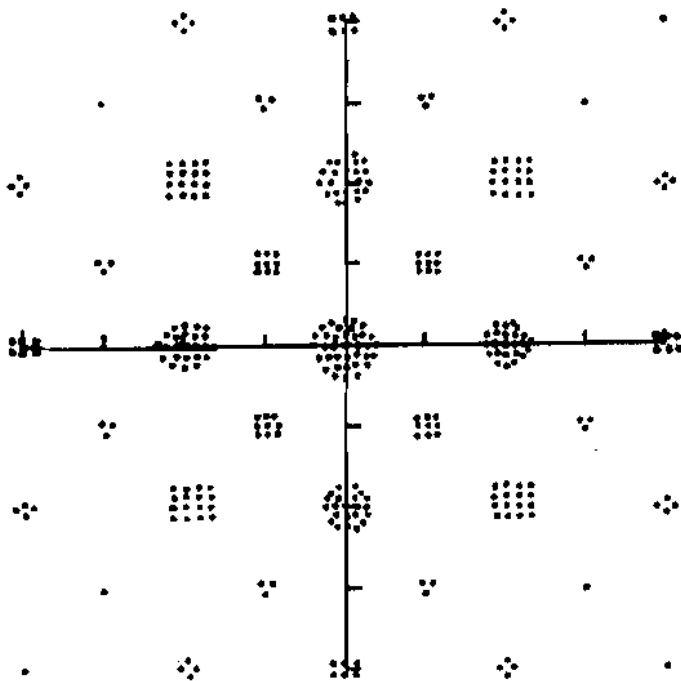


Fig. 2

four diagonal directions with equal probabilities. The most probable positions are shown in Figure 2. The process of exodus of some volcanic products and their form can be assimilated with the above two dimensional random walk model.

It must be noted that, since in both random walk examples we accepted an equal probability model we arrive to symmetrical spatial distribution (symmetrical geofoms). However, it is easy to change the model and to produce a variety of geofoms.

The processes of Sedimentation and Erosion

The random walk model can be used to study the Sedimentation - Erosion processes. [2,4]. We consider a sedimentary basin with $p=0,75$, the probability of deposition of a sediment and $q=0,25$, the probability of its erosion. The next step is to simulate this process in computer, and have a great number of random realizations.

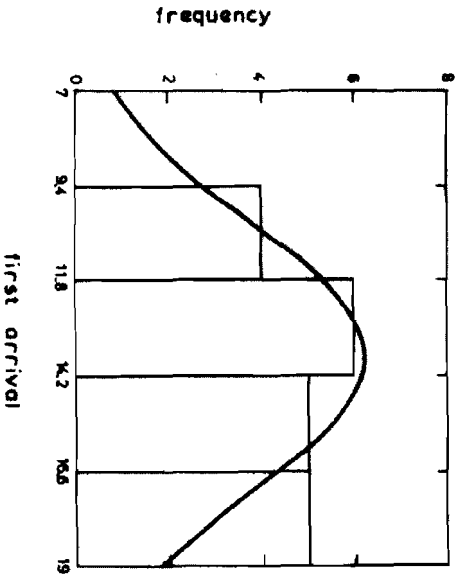


Fig. 4

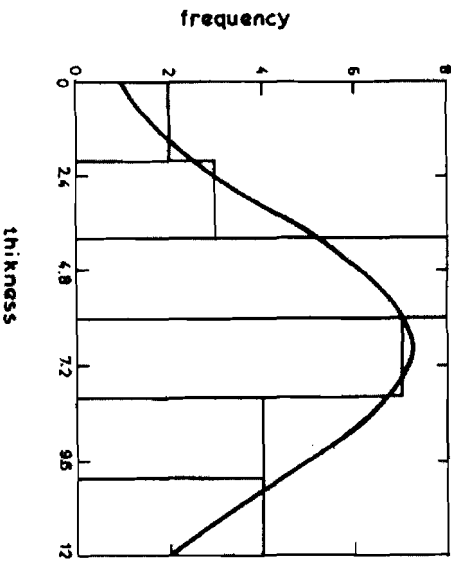


Fig. 5

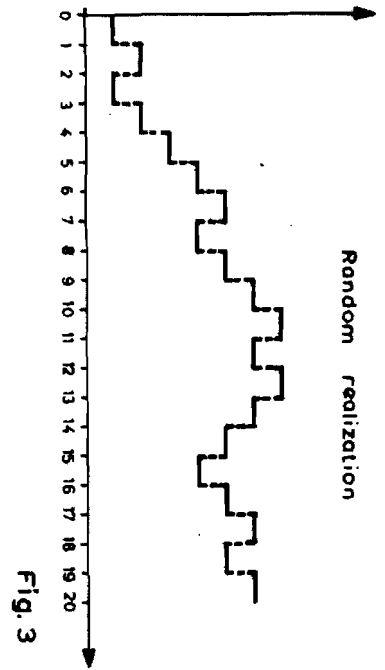


Fig. 3

Figure 3 shows that the upward movement means the deposition of the material, and the downward movement the erosion (axis x represents the base level). Using this model we can calculate the expected time to have a certain thickness of the sedimentary column (Fig. 4) and the expected thickness of the deposits after a certain time (Fig. 5).

CONCLUSIONS

The random walk model can be used in two ways to earth sciences, firstly to explain some characteristic geofoms by the spatial probability distribution and secondly to simulate some processes and to calculate different variables. It is certain that to investigate complex natural systems, the probabilistic approach is becoming necessary. The uses of random walk models in various braches of earth sciences are providing a new approach to understand the different geomorphological processes.

REFERENCES

- Cox, D.R. and Miller, H.D., 1968, *The Theory of Stochastic Processes*: Wiley, New York, 398 p.
- Kolmogorov, A. N., 1951, Solution of a Problem in Probability Theory Connected with the Problem of the Mechanism of Stratification: *Am. Math. Soc. Transl.*, v. 53, p. 171-177.
- Price, W.E. jr. (1974), Simulation of alluvial fan deposition by a random walk model, *Water Res. Resch.*, 10, pp. 263-274.
- Schwarzacher, Walther, 1975, *Sedimentation Models and Quantitave Stratigraphy*: Elsevier, Amsterdam, 382 p.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ
ΡΟΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

ΚΡΕΜΙΖΗΣ Α. – ΒΑΪΟΠΟΥΛΟΣ Δ.

Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας,
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολις, 157 84 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μαθηματικό μοντέλο ή πρότυπο είναι η παράσταση με μαθηματικούς τύπους μιας διαδικασίας ή ενός υπό μελέτη φυσικού συστήματος.

Η μαθηματική περιγραφή μιας φυσικής διαδικασίας καταλήγει σε μια μερική διαφορική εξίσωση που, εκτός ειδικών περιπτώσεων, δεν μπορεί να λυθεί άμεσα.

Η προσομοίωση ενός συστήματος με τους Η.Υ. απαιτεί τη χρήση αριθμητικών μεθόδων. Αυτές βασίζονται στο χωρισμό της περιοχής εξέτασης σ' ένα πεπερασμένο αριθμό βρόγχων (κυψελών). Οι πολύ γνωστές αριθμητικές μέθοδοι των πεπερασμένων διαφορών και των πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιούνται ευρύτατα ως βάση για την προσομοίωση με Η.Υ. Αυτές καταλήγουν σ' ένα σύνολο N αλγεβρικών εξισώσεων με N αγνώστους. Η επίλυση αυτού μπορεί να γίνει με οποιαδήποτε μέθοδο απαλείψεως (elimination), ή με οποιαδήποτε μέθοδο χαλαρώσεως (relaxation).

Το πρόβλημα της υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων, επιφανειακών και υπόγειων, είναι σε όλους γνωστό. Οι επιστήμονες, που εμπλέκονται στην προστασία των υπογείων υδάτινων πόρων, αντιμετωπίζουν το πρόβλημα αναγνώρισης των μηχανισμών μεταφοράς των ρύπων εντός των συστημάτων ροής και ανάπτυξης αξιόπιστων προβλέψεων αυτής.

Οι φυσικές διεργασίες που ελέγχουν την μεταφορά διαλελυμένων ουσιών (λυμάτων) είναι η διαγωγή (advection) και η υδροδυναμική διασπορά (hydrodynamic dispersion). Οι χημικές διεργασίες προκαλούν αύξηση ή μείωση της μάζας του λύματος.

Η κύρια διαφορική εξίσωση που περιγράφει τη μεταφορά ενεργών διαλελυμένων ουσιών σε κορεσμένο ισότροπο πορώδες μέσο είναι γνωστή ως εξίσωση διαγωγής-διασποράς. Περιλαμβάνει τις φυσικές διεργασίες (διαγωγή-διασπορά) και τις χημικές διεργασίες (προσρόφηση-απεκρόφηση).

Τα παραπάνω στοιχεία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός λογισμικού για την προσομοίωση της υπόγειας ροής υδάτων και της μεταφοράς των λυμάτων σε κορεσμένους υδροφορείς.

ABSTRACT

A mathematical model is the mathematical description of a physical process that

results to a partial differential equation.

Digital computer simulation of physical systems requires the use of numerical methods. They are based on a discretization of the continuum into a finite number of blocks. The well known finite-difference and finite-element methods are widely used for the simulation. Both lead to a set of N algebraic equations with N unknowns. This system of equations can be solved by any elimination or iteration or relaxation method.

The problem of surface and underground water quality degradation has been evident for a long time. Scientists involved in the protection of groundwater resources are facing the problem of identifying the areas and mechanisms by which pollutants can enter groundwater flow systems and of developing reliable predictions for the transport of contaminants within the flow systems.

The physical processes that control the flux of solute are advection and hydrodynamic dispersion. Loss or gain of solute mass can occur as a result of chemical reactions.

The principal differential equation that describes transport of dissolved reactive constituents in saturated isotropic porous media is known as the advection-dispersion equation. The effects of physical processes (advection-dispersion) and chemical processes (adsorption-desorption) are included in this equation.

The above elements are the base used for the development of a programme for the simulation of underground water flow and solute transport in a saturated aquifer.

A. Προβλήματα Συναριακών (Οριακών) Τιμών (Π.Ο.Τ.)

Ένα πρόβλημα οριακών τιμών είναι ένα μαθηματικό μοντέλο. Η τεχνική ανάλυση αυτού είναι μια διαδικασία με 4 στάδια:

- (1) Εξέταση του φυσικού προβλήματος.
- (2) Αντικατάσταση του φυσικού προβλήματος από ένα ισοδύναμο μαθηματικό πρόβλημα.
- (3) Λύση του μαθηματικού προβλήματος με τις μαθηματικές τεχνικές.
- (4) Ερμηνεία των μαθηματικών αποτελεσμάτων σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον.

Οι αλγόριθμοι για την προσεγγιστική αριθμητική επίλυση προβλημάτων οριακών τιμών για μερικές διαφορικές εξισώσεις εξαρτώνται από τον τύπο του προβλήματος και βασίζονται σε δύο καθιερωμένες μεθόδους, των πεπερασμένων στοιχείων και πεπερασμένων διαφορών.

Η λύση ενός προβλήματος οριακών τιμών με τις παραπάνω δύο μεθόδους ανάγεται τελικώς σε προβλήματα πινάκων, δηλαδή στη λύση ενός συνόλου γραμμικών εξισώσεων, ενός γραμμικού συστήματος.

Διακρίνονται δύο γενικές μέθοδοι αριθμητικής λύσης γραμμικών συστημάτων, οι

άμεσες και οι έμμεσες ή επαναληπτικές.

Στις άμεσες ανήκει η μέθοδος απαλοιφής του Gauss και η μέθοδος Choleski.

Στις έμμεσες ανήκουν οι μέθοδοι Jacobi και Gauss-Seidel.

Β. Π.Ο.Τ. στην Υπόγειο Ροή

Για να καθοριστεί πλήρως ένα πρόβλημα οριακών τιμών (δηλαδή ένα μαθηματικό μοντέλο) για υπόγεια ροή, πρέπει να είναι γνωστά:

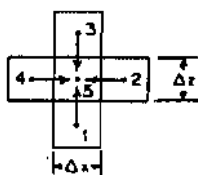
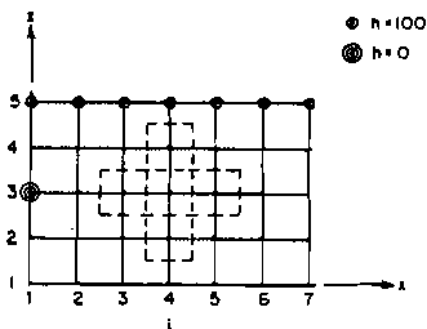
- Το μέγεθος και το σχήμα της περιοχής ροής.
- Η εξίσωση ροής εντός της περιοχής.
- Οι οριακές συνθήκες στα όρια της περιοχής.
- Οι αρχικές συνθήκες στην περιοχή (για ασταθή ροή).
- Η μερική κατανομή των υδρογεωλογικών παραμέτρων που ελέγχουν τη ροή και
- Μια μαθηματική μέθοδο λύσης.

Οι μέθοδοι λύσης χωρίζονται σε:

α) Λύση με αναλυτικές μαθηματικές τεχνικές (μερικές διαφορικές εξισώσεις ροής) και

β) Λύση με αριθμητικές μαθηματικές τεχνικές.

Οι αριθμητικές λύσεις είναι η βάση των σύγχρονων τεχνικών προσομοίωσης με υπολογιστές.

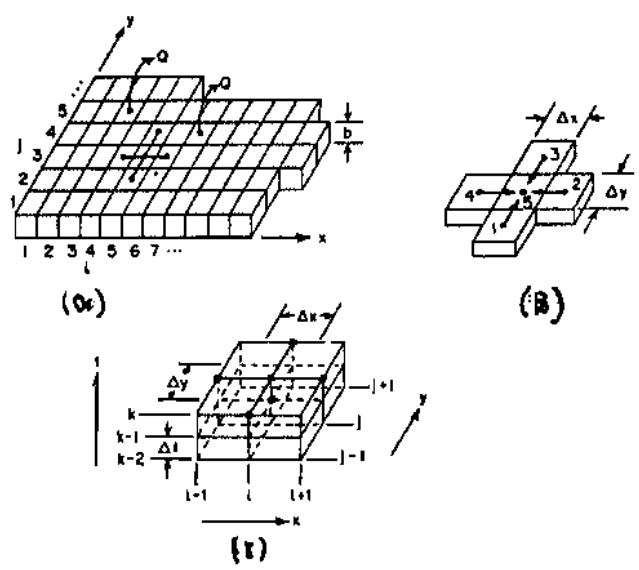


Εικ. 1. α) Κομβικό πλέγμα πεπερασμένου αριθμού βρόγχων για αριθμητική προσομοίωση δικτύου ροής. β) Εσωτερικός κόμβος (5) και οι γειτονικοί.

Β.1. Δίκτυο Ροής με Αριθμητική Προσομοίωση

Οι αριθμητικές μέθοδοι είναι προσεγγιστικές. Βασίζονται στο χωρισμό της περιοχής ροής σ' έναν πεπερασμένο αριθμό βρόγχων (εικ. 1α), ο καθένας με τις δικές του υδρογεωλογικές ιδιότητες και μ' έναν κόμβο στο κέντρο που καθορίζει το υδραυλικό φορτίο όλου του βρόγχου (εικ. 1β).

Οι αριθμητικές μέθοδοι των πεπερασμένων διαφορών και των πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιούνται ευρύτατα ως βάση για την προσομοίωση με Η.Υ. της ροής σε υπόγειους υδροφορείς.



Εικ. 2. (α), (β), (γ). Διάκριση δικτύου προσομοίωσης ενός διδιάστατου οριζόντιου, υπό πίεση υδροφορέα, σταθερού πάχους b.

B.1.1. Μέθοδος Πεπερασμένων Διαφορών

Ας θεωρήσουμε ένα διδιάστατο, οριζόντιο, υπό πίεση, υδροφορέα με σταθερό πάχος b και ας εφαρμόσουμε σ' αυτόν ένα δίκτυο πεπερασμένου αριθμού βρόγχων (εικ. 2α).

Η γενική εξίσωση πεπερασμένων διαφορών για έναν

εσωτερικό κόμβο σε ένα ετερογενές, ανισότροπο υδροφορέα ασταθούς ροής, και με τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι (εικ. 2β, γ):

$$Ah_{ij}^k = Bh_{i,j+1}^k + Ch_{i+1,j}^k + Dh_{i,j+1}^k + Eh_{i-1,j}^k + F \tag{B.1.1.a}$$

όπου (i,j) = κομβικό σημείο

k = 0, 1, 2, (χρονικό βήμα)

$$A = [(Tx)_{i+1,j} + 2[(Tx)_{i,j} + (Tx)_{i-1,j}] / 2\Delta x^2 + [(Ty)_{i,j+1} + 2[(Ty)_{i,j} + (Ty)_{i,j-1}] / 2\Delta y^2 + S_{ij} / \Delta t$$

$$B = [(Ty)_{i,j} + (Ty)_{i,j-1}] / 2\Delta y^2$$

$$C = [(Tx)_{i+1,j} + (Tx)_{i,j}] / 2\Delta x^2$$

$$D = [(Ty)_{i,j+1} + (Ty)_{i,j}] / 2\Delta y^2$$

$$E = [(Tx)_{i,j} + (Tx)_{i-1,j}] / 2\Delta x^2$$

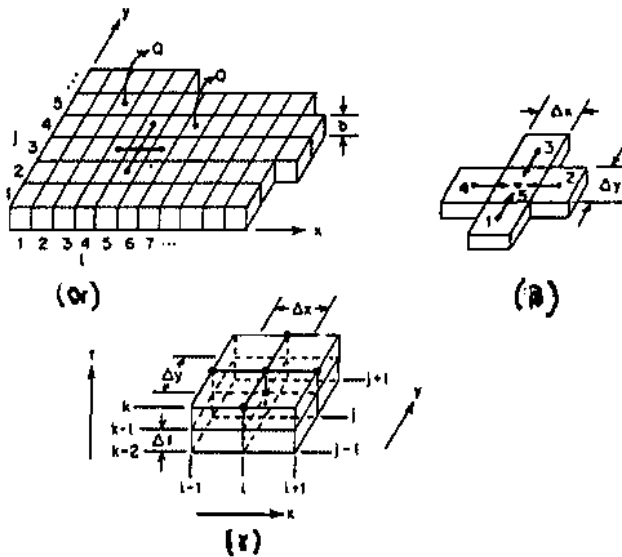
$$F = S_{ij} * h_{ij}^{k-1} / \Delta t$$

Tx, Ty = οι κύριες συνιστώσες, κατά την x και y διεύθυνση, του ανύσματος μεταβαστικότητας που ορίζεται ως T=Kb.

S = η υδαταποθηκευτικότητα που ορίζεται ως S=Ss*b.

Η εξίσωση (B11a) έχει γραφτεί σε σχέση με τις τιμές του υδραυλικού φορτίου σε πέντε κόμβους στο χρονικό βήμα k και ενός κόμβου στο χρονικό βήμα (k-1). Αυτή είναι γνωστή ως προσέγγιση της προς τα πίσω διαφοράς (backward-difference).

Οι Remson et al (1971) αναφέρουν ότι υπάρχουν μερικά υπολογιστικά πλεονεκτή-



Εικ. 2. (α), (β), (γ). Διάκριση δικτύου προσομοίωσης ενός διδιάστατου οριζόντιου, υπό πίεση υδροφορέα, σταθερού πάχους b.

Β.1.1. Μέθοδος Πεπερασμένων Διαφορών

Ας θεωρήσουμε ένα διδιάστατο, οριζόντιο, υπό πίεση, υδροφορέα με σταθερό πάχος b και ας εφαρμόσουμε σ' αυτόν ένα δίκτυο πεπερασμένου αριθμού βρόγχων (εικ. 2α).

Η γενική εξίσωση πεπερασμένων διαφορών για έναν

εσωτερικό κόμβο σε ένα ετερογενές, ανισότροπο υδροφορέα ασταθούς ροής, και με τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι (εικ. 2β, γ):

$$A h_{ij}^k = B h_{ij+1}^k + C h_{i+1j}^k + D h_{ij+1}^k + E h_{i-1j}^k + F \quad (\text{B.1.1.a})$$

όπου (i,j) = κομβικό σημείο

k = 0, 1, 2, ... (χρονικό βήμα)

$$A = [(Tx)_{i+1j} + 2 [(Tx)_{ij} + (Tx)_{i-1j}] / 2\Delta x^2 + [(Ty)_{i,j+1} + 2 [(Ty)_{ij} + (Ty)_{i,j-1}] / 2\Delta y^2 + S_{ij} / \Delta t$$

$$B = [(Ty)_{ij} + (Ty)_{i,j-1}] / 2\Delta y^2$$

$$C = [(Tx)_{i+1j} + (Tx)_{ij}] / 2\Delta x^2$$

$$D = [(Ty)_{i,j+1} + (Ty)_{ij}] / 2\Delta y^2$$

$$E = [(Tx)_{ij} + (Tx)_{i-1j}] / 2\Delta x^2$$

$$F = S_{ij} * h_{ij}^{k-1} / \Delta t$$

T_x, T_y = οι κύριες συνιστώσες, κατά την x και y διεύθυνση, του ανύσματος μεταβιβασιμότητας που ορίζεται ως $T = Kb$.

S = η υδαταποθηκευτικότητα που ορίζεται ως $S = S_s * b$.

Η εξίσωση (B11a) έχει γραφτεί σε σχέση με τις τιμές του υδραυλικού φορτίου σε πέντε κόμβους στο χρονικό βήμα k και ενός κόμβου στο χρονικό βήμα (k-1). Αυτή είναι γνωστή ως προσέγγιση της προς τα πίσω διαφοράς (backward-difference).

Οι Remson et al (1971) αναφέρουν ότι υπάρχουν μερικά υπολογιστικά πλεονεκτή-

ματα στη χρήση της προσέγγισης κεντρικής διαφοράς (central difference), γνωστή και ως σχήμα Crank-Nicolson που χρησιμοποιεί τιμές φορτίου σε πέντε κόμβους στο χρονικό βήμα k και σε πέντε κόμβους στο χρονικό βήμα $k-1$.

Οι Pinder and Bredehoeft (1968), χρησιμοποίησαν την έμμεση μέθοδο εναλλασσόμενων διευθύνσεων (alternating-direction implicit procedure, ADIP) που συνεπάγεται δύο εξισώσεις πεπερασμένων διαφορών: μία στο επίπεδο x και μία στο επίπεδο y . Κάθε μία εξίσωση χρησιμοποιεί τιμές φορτίου σε τρεις κόμβους στο χρονικό βήμα k και σε τρεις κόμβους στο χρονικό βήμα $k-1$.

Εάν ο υδροφορέας είναι ομογενής και ισότροπος, τότε $T_x = T_y = T$ και $S_{i,j} = S$ για όλα τα (i,j) . Κάτω από αυτές τις συνθήκες και για ένα τετραγωνικό κομβικό πλέγμα με $\Delta x = \Delta y$, οι συντελεστές της παραπάνω εξίσωσης γίνονται:

$$A = \frac{S\Delta x^2}{T\Delta t} + 4\Delta x^2 \quad , \quad B = C = D = E = 1 \quad , \quad F = \frac{S\Delta x^2}{T\Delta t} * h_{i,j}^{k-1}$$

Οι παράμετροι S , T , Δx και Δt εντός των συντελεστών είναι γνωστές, όπως επίσης είναι γνωστή η τιμή του υδραυλικού φορτίου $h_{i,j}$ στο προηγούμενο χρονικό βήμα $k-1$. Για κόμβους σε οριακά σημεία, μερικοί από τους παραπάνω συντελεστές θα είναι μηδέν.

Για ένα εσωτερικό κόμβο όπου έχουμε άντληση ή τροφοδοσία, μόνο ο συντελεστής F αλλάζει και γίνεται:

$$F = \frac{\Delta x^2}{T} \left(\frac{S}{\Delta t} h_{i,j}^{k-1} + W_{i,j} \right) \quad \text{όπου} \quad W_{i,j} = \frac{Q_{i,j}}{\Delta x^2} - R_{i,j}$$

με τον πρώτο όρο του δεξιού σκέλους v' αντιπροσωπεύει την άντληση με παροχή Q και το δεύτερο όρο να αντιπροσωπεύει κατακόρυφες διαρροές προς τον υδροφόρα από υπερκείμενα ημιδιαπερατά στρώματα.

Στη σταθερή ροή, σε ομογενές και ισότροπο μέσο, ισχύει ότι το υδραυλικό φορτίο σε οποιοδήποτε κόμβο είναι ο μέσος όρος των τεσσάρων γειτονικών τιμών

$$h_{i,j} = 1/4 (h_{i,j-1} + h_{i+1,j} + h_{i,j+1} + h_{i-1,j})$$

Αυτή η εξίσωση είναι γνωστή ως εξίσωση πεπερασμένων διαφορών για τις συγκεκριμένες συνθήκες.

Εν συντομία, είναι δυνατή η ανάπτυξη μιας εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών για κάθε κόμβο στο πλέγμα ακόμη και στα όρια. Εάν υπάρχουν N κόμβοι, τότε υπάρχουν N εξισώσεις με N αγνώστους (τις N τιμές του φορτίου h στους N κόμβους). Εάν το N ήταν μικρό θα μπορούσαμε να λύσουμε άμεσα τις εξισώσεις, χρησιμοποιώντας κάποια τεχνική όπως ο κανόνας του Cramer, αλλά επειδή συνήθως σε μια αριθμητική προσομοίωση το N είναι μεγάλο, χρησιμοποιείται μια πιο αποδοτική μέθοδος γνωστή ως χαλάρωση (relaxation).

Η χαλάρωση έγκειται σε επαναληπτικούς υπολογισμούς μέσα στο κομβικό δίκτυο από πάνω προς τα κάτω και από αριστερά προς τα δεξιά, εφαρμόζοντας τη σχετική

εξίσωση πεπερασμένων διαφορών σε κάθε κόμβο όπου το φορτίο είναι άγνωστο. Πρέπει στην αρχή να υποθεθεί μια αρχική τιμή φορτίου h σε κάθε κόμβο.

Κάθε πέρασμα από όλο το σύστημα λέγεται επανάληψη (iteration). Μετά από κάθε επανάληψη οι υπολογισθείσες h τιμές θα προσεγγίζουν περισσότερο τις τελικές λύσεις.

Η διαφορά στα φορτία h μεταξύ δύο διαδοχικών επαναλήψεων σε οποιοδήποτε κόμβο ονομάζεται υπόλειμμα (residual). Το μεγάλο υπόλειμμα στο σύστημα θα μειώνεται καθώς οι επαναλήψεις συνεχίζονται. Μια λύση έχει επιτευχθεί όταν το μέγιστο υπόλειμμα έχει μειωθεί κάτω από μια προκαθορισμένη τιμή ανοχής (tolerance).

Η μέθοδος της χαλάρωσης (ονομάστηκε έτσι από τους Shaw & Southwell, 1941) έχει αρκετά ψευδώνυμα. Είναι διαφορετικά γνωστή ως μέθοδος Gauss-Seidel, μέθοδος Liebmann και μέθοδος των διαδοχικών εκτοπίσεων (successive displacements).

Είναι η απλούστερη και από τις λιγότερο αποτελεσματικές, μεταξύ διαφόρων μεθόδων για τη λύση του συστήματος των εξισώσεων πεπερασμένων διαφορών. Για παράδειγμα, εάν το υπολογισμένα φορτία κατά την χαλάρωση διορθώνονται σύμφωνα με τον τύπο

$$h_{\text{corr}}^k = \omega h^k + (1-\omega) h_{\text{corr}}^{k-1}$$

όπου h_{corr}^{k-1} είναι το υπολογισμένο φορτίο κατά την K -επανάληψη και είναι το διορθωμένο φορτίο από την προηγούμενη επανάληψη, τότε η μέθοδος λέγεται διαδοχική υπερχαλάρωση (successive overrelaxation) και ο αριθμός των επαναλήψεων που απαιτούνται για την επίτευξη ικανοποιητικής λύσης μειώνεται σημαντικά. Η παράμετρος ω είναι γνωστή ως παράμετρος υπερχαλάρωσης και πρέπει να έχει εύρος $1 < \omega < 2$.

Γ. Λειτουργίες Μεταφοράς Διαλυμένων Ουσιών (Λυμάτων)

Γ.1. Φυσικές Λειτουργίες

Οι φυσικές λειτουργίες που ελέγχουν τη ροή λυμάτων είναι η διαγωγή (advection) και η υδροδυναμική διασπορά.

Η διασπορά είναι η συνιστώσα της μεταφοράς που οφείλεται στην κίνηση ροής του υπόγειου ύδατος και ισούται ποσοτικώς με τη μέση γραμμική ταχύτητα του ύδατος. Εάν η διαγωγή ήταν ο μόνος μηχανισμός μεταφοράς, τότε χημικώς ουδέτερα λύματα θα μεταφέρονταν από το ρευστό με πιστονική (σφηνοειδή) μετακίνηση. Ο όρος διαγωγή συνοντάται και ως μεταγωγή (convection) κυρίως σε περιπτώσεις όπου έχουμε και θερμική μεταφορά.

Η υδροδυναμική διασπορά είναι το φαινόμενο εξάπλωσης του λύματος έξω από την τροχιά που θα αναμένετο να ακολουθήσει σύμφωνα με την υδραυλική διαγωγή του συστήματος ροής. Η υδροδυναμική διασπορά εμφανίζεται ως αποτέλεσμα της μηχανικής μίξης κατά τη διαγωγή του ρευστού και λόγω μοριακής διάχυσης εξ αιτίας

της θερμοκινητικής ενέργειας των μορίων του λύματος και προκαλεί τη διάλυση αυτού.

Η μηχανική μίξη ή μηχανική διασπορά αφείλεται στις διαφορετικές μικροσκοπικές ταχύτητες α) εντός κάθε πόρου-καναλιού λόγω τριβών με την επιφάνεια των πόρων β) μεταξύ δυο διαδαχικών καναλιών λόγω διαφορετικών μεγεθών των πόρων και γ) λόγω του τρόπου διακλάδωσης και διασύνδεσης των πόρων.

Η μοριακή διάχυση είναι μια διαδικασία διασποράς σημαντική μόνο σε μικρές ταχύτητες και εμφανίζεται μόνο σε διαφορές συγκέντρωσης.

Η μηχανική διασπορά κατά την εγκάρσια διεύθυνση είναι παλύ αργή λειτουργία σε σχέση με τη διασπορά κατά τη διαμήκη διεύθυνση, αλλά σε μικρές ταχύτητες όπου η μοριακή διάχυση είναι ο κυρίαρχος μηχανισμός, οι συντελεστές της διαμήκουσ και της εγκάρσιας διασποράς είναι σχεδόν ίσοι.

Γ.1.1. Μαθηματική περιγραφή των Φυσικών Λειτουργιών. Εξισώσεις Διαγωγής - Διασποράς

Η εξίσωση Διαγωγής-Διασποράς για μεταφορά λύματος σε κορεσμένο πορώδες μέσο είναι η:

$$\left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \right] - \left[\frac{\partial}{\partial x} (\bar{u}_x C) + \frac{\partial}{\partial y} (\bar{u}_y C) + \frac{\partial}{\partial z} (\bar{u}_z C) \right] = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (\Gamma.1.1.a)$$

όπου D_x, D_y, D_z είναι οι συντελεστές διασποράς στις διευθύνσεις x, y, z .

Σε ομογενές μέσο όπου η μέση γραμμική ταχύτητα u είναι σταθερή και ομοιόμορφη (δηλ. δεν μεταβάλλεται χωροχρονικά), οι συντελεστές διασποράς D_x, D_y, D_z δεν μεταβάλλονται στο χώρο, οπότε η εξ. (Γ11α) γίνεται:

$$\left[D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right] - \left[\bar{u}_x \frac{\partial C}{\partial x} + \bar{u}_y \frac{\partial C}{\partial y} + \bar{u}_z \frac{\partial C}{\partial z} \right] = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (\Gamma.1.1.β)$$

Στη μία διάσταση, είναι:

$$D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \bar{u}_x \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (\Gamma.1.1.γ)$$

Σε μερικές εφαρμογές, η μονοδιάστατη διεύθυνση θεωρείται ως μια συντεταγμένη κατά τη διεύθυνση ροής, κατά μήκος μιας γραμμής ροής. Η εξίσωση μεταφοράς γίνεται τότε:

$$D_l \frac{\partial^2 C}{\partial l^2} - \bar{u}_l \frac{\partial C}{\partial l} = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (\Gamma.1.1.δ)$$

όπου l = η συντεταγμένη διεύθυνση κατά μήκος της γραμμής ροής

u = η μέση γραμμική ταχύτητα κατά μήκος της γραμμής ροής

D_l = ο διαμήκης συντελεστής υδροδυναμικής διασποράς.

Για ένα δισδιάστατο πρόβλημα, είναι δυνατό να καθοριστούν δύο διευθύνσεις συντεταγμένων, S_l και S_t , όπου η S_l είναι κατά μήκος της γραμμής ροής και η S_t είναι κάθετη στην προηγούμενη. Η εξίσωση μεταφοράς γίνεται:

$$D_l \frac{\partial^2 C}{\partial S_l^2} + D_t \frac{\partial^2 C}{\partial S_t^2} - \bar{u}_l \frac{\partial C}{\partial S_l} = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (\Gamma.1.1.ε)$$

όπου D_l και D_t είναι οι συντελεστές διασποράς κατά τη διαμήκη και εγκάρσια διεύθυνση, αντίστοιχα.

Εάν η u μεταβάλλεται κατά μήκος της γραμμής ροής και οι D_l και D_t μεταβάλλονται στο χώρο, τότε η εξ. (Γ11ε) γίνεται:

$$\frac{\partial C}{\partial S_l} \left(D_l \frac{\partial C}{\partial S_l} \right) + \frac{\partial C}{\partial S_t} \left(D_t \frac{\partial C}{\partial S_t} \right) - \frac{\partial}{\partial S_l} (\bar{u}_l C) = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (\Gamma.1.1.στ)$$

Οι εξισώσεις (Γ11α) έως (Γ11στ) αντιπροσωπεύουν έξι μορφές της εξίσωσης διαγωγής – διασποράς (μεταφοράς). Η λύση οποιασδήποτε από αυτές παρέχει τη συγκέντρωση του λύματος C σε συνάρτηση με το χώρο και το χρόνο και θα έχει τη μορφή:

$C(x, y, z, t)$ για τις εξ. (Γ11α) και (Γ11β) και

$C(S_l, S_t, t)$ για τις εξ. (Γ11ε) και (Γ11στ).

Γ.1.2. Αριθμητική Προσομοίωση

Μια αριθμητική προσομοίωση του μοντέλου της κατανομής του ρύπου χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση της εξίσωσης (Γ11στ) με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων έχει περιγραφεί από τους Pickens and Lennox (1976).

Αλλα αριθμητικά μοντέλα έχουν αναπτυχθεί από τους Bredenhoeft and Pinder (1973), και Schwartz (1975).

Γ.2. Χημικές Αεπουργίες

Μεταβολές στη συγκέντρωση του λύματος μπορεί να εμφανισθούν ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα, είτε εξ ολοκλήρου εντός της υγρής φάσης, είτε λόγω μετατροπής του λύματος σε ή από άλλες φάσεις όπως η στερεή φάση του πορώδους μέσου ή η αέρια φάση στην ακόρεστη ζώνη.

Οι μυριάδες των χημικών και βιοχημικών αντιδράσεων που μπορούν ν' αλλάξουν τις συγκεντρώσεις του λύματος στα υπόγεια συστήματα ροής ύδατος ομαδοποιούνται σε έξι κατηγορίες:

- i) Αντιδράσεις προσρόφησης-απεκρόφησης
- ii) Αντιδράσεις οξέων-βάσεων
- iii) Αντιδράσεις καθίζησης διαλύματος
- iv) Αντιδράσεις οξειδο-αναγωγικές
- v) Αντιδράσεις ιοντανταλλακτικές και
- vi) συνθέσεις μικροβιακών κυττάρων.

Για τον καθορισμό της κλασμάτωσης του λύματος μεταξύ της υγρής και της στερεής φάσης υπάρχουν τέσσερις τρόποι προσέγγισης:

- i) Χρήση υπολογιστικών προτύπων που βασίζονται σε θερμοδυναμικής προελεύσεως σταθερές ή συντελεστές για συστήματα ισορροπίας.
- ii) Εργαστηριακά πειράματα όπου το διάλυμα αντιδρά υπό ελεγχόμενες συνθήκες με δείγματα από το προς μελέτη γεωλογικό υλικό.
- iii) Πειράματα πεδίου *in situ* όπου ο βαθμός κλασμάτωσης καθορίζεται κατά τη διέλευση του διαλύματος μέσω ενός μικρού τμήματος του συστήματος υπόγειου ύδατος, και
- iv) Μελέτες περιοχών όπου έχει ήδη εμφανισθεί πρόβλημα μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα.

Στο εργαστήριο (ii) ο βαθμός κλασμάτωσης των λυμάτων μεταξύ της ρευστής και της στερεής φάσης σ' ένα πορώδες μέσο καθορίζεται με τα λεγόμενα πειράματα κυλινδρικών στηλών (*column experiments*) και με τα ομαδικά πειράματα (*batch experiments*). Η κλασμάτωση, όπως καθορίζεται από αυτά τα εργαστηριακά πειράματα, εκφράζεται συνήθως με μια γραφική παράσταση της μάζας S (που προσροφήθηκε ανά μονάδα μάζας του στερεού υλικού) συναρτήσει της συγκέντρωσης C του διαλύματος. Αυτή η γραφική παράσταση και οι αντίστοιχες μαθηματικές εξισώσεις είναι γνωστές ως ισόθερμες. Λέγονται έτσι από το γεγονός ότι τα πειράματα πραγματοποιούνται σε σταθερή θερμοκρασία.

Η πιο άμεση αλλά σπανίως βολική μέθοδος καθορισμού της κλασμάτωσης και της καθυστέρησης του ρύπου είναι οι επί τόπου δοκιμές πεδίου (iii). Οι δοκιμές αυτού του τύπου είναι χρονοβόρες κοστίζουν αρκετά και πρέπει να γίνουν πολλαπλά πειράματα για να έχουμε επαρκή στοιχεία. Το αντιστάθμισμα όμως του κόπου είναι οι αξιόπιστες πληροφορίες πάνω στη συμπεριφορά ενός ρύπου.

Γ.3. Μαθηματική Περιγραφή των Φυσικο-Χημικών Λειτουργιών

Γ.3.1. Μετοφορά με Ρόφηση (Προσρόφηση-Απεκρόφηση)

Για καθυστέρηση λόγω της προσρόφησης, η εξίσωση μεταφοράς (Γ11δ), σ' ένα ομογενές κορεσμένο μέσο σε μονοδιάστατο σύστημα σταθερής ροής, κατά μήκος της διεύθυνσης ροής παίρνει τη μορφή

$$D_1 \frac{\partial^2 C}{\partial l^2} - \bar{v}_1 \frac{\partial C}{\partial l} + \frac{\rho_b}{n} \frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (\Gamma.3.1.a)$$

όπου ρ_b είναι η πυκνότητα του πορώδους μέσου είναι το πορώδες και S είναι η μάζα του χημικού συστατικού που προσροφήθηκε στη μοναδιαία μάζα του στερεού μέρους του πορώδους μέσου.

Ο πρώτος όρος της εξ. (Γ31α) είναι ο όρος της διασποράς, ο δεύτερος είναι ο όρος της διαγωγής και ο τρίτος είναι ο όρος των χημικών αντιδράσεων και αντιπροσωπεύει την αλλαγή της συγκέντρωσης μέσα στο ρευστά που προκαλείται από την προσρόφηση ή την απεκρόφηση.

Η διαδικασία της προσρόφησης μπορεί να παρουσιαστεί ως ένα φαινόμενο ισορροπίας (σταθερό, ανεξάρτητο χρόνου) ή ως ένα φαινόμενο ανισορροπίας (κινητικό, οσταθές, χρονοεξαρτώμενο).

Η ισόρροπη προσρόφηση προϋποθέτει ότι ο βαθμός προσρόφησης είναι σχετικό σταθερός και ότι η χρήση μιας έκφρασης στιγμιαίας προσρόφησης είναι δικαιολογημένη.

Εάν οι αντιδράσεις που προκαλούν την κλασμάτωση είναι στιγμιαίες και αναστρέψιμες και εάν η ισόθερμη είναι γραμμική, τότε η κλασμάτωση μεταξύ της υγρής και της στερεής φάσης αντιπροσωπεύεται από το συντελεστή κατανομής K_d , διαφορετικά γνωστός και ως συντελεστής κλασμάτωσης Freundlich ($K_d = dS/dC$).

Αυτή η παράμετρος χρησιμοποιείται ευρύτατα στις μελέτες υπόγειας ρύπανσης, αφού πολλοί ρύποι πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις. Υπό αυτές τις συνθήκες η καθυστέρηση του μετώπου του ρύπου σε σχέση με την μάζα του ύδατος περιγράφεται από τον τύπο

$$\frac{\bar{u}}{u_c} = 1 + \frac{\rho_b}{\pi} * K_d = Rf \quad (\Gamma.3.1.\beta)$$

όπου \bar{u} είναι η μέση γραμμική ταχύτητα του υπόγειου ύδατος, και u_c είναι η ταχύτητα του καθυστερημένου ρύπου στο σημείο όπου $C/C_0=0.5$.

Η εξίσωση (Γ31β) είναι γνωστή ως εξίσωση καθυστέρησης. Το δεύτερο μέλος αυτής αναφέρεται ως παράγοντας καθυστέρησης Rf .

Γνωρίζοντας το συντελεστή κλασμάτωσης του ρύπου, την πυκνότητα και το πορώδες του μέσου, μπορεί να εφαρμοσθεί ένας συντελεστής καθυστέρησης για να μειωθεί η ταχύτητα διάδοσης του ρύπου.

Όταν χρησιμοποιείται ο συντελεστής κατανομής K_d για να καθοριστεί η καθυστέρηση του ρύπου, υποτίθεται ότι οι αντιδράσεις κλασμάτωσης είναι πολύ γρήγορες σε σχέση με το βαθμό κίνησης του υπόγειου νερού, δηλαδή έχουμε ισόρροπη προσρόφηση. Πολλά συστατικά όμως, δεν αντιδρούν αρκετά γρήγορα με το πορώδες μέσο (ανισόρροπη προσρόφηση), με αποτέλεσμα να εμφανίζονται αποκλίσεις.

Σε μελέτες πεδίου η εξίσωση καθυστέρησης χρησιμοποιείται συχνά λόγω της απλότητάς της. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά σφάλματα πρόβλεψης της μετακίνησης των ρύπων σε συστήματα ανισορροπίας (κινητικά, χρονοεξαρτώμενα). Οι σχέσεις ισορροπίας απαιτούν λιγότερα δεδομένα εισόδου και οι εξισώσεις που προκύπτουν είναι απλούστερες προς λύση. Οι πιο πολύπλοκες σχέσεις ανισορροπίας απαιτούν περισσότερο χρόνο και μνήμη στον υπολογιστή.

Γ.3.2. Μετοφορά με αποδόμηση

Για πολυάριθμα οργανικά προϊόντα η αποδόμηση φαίνεται να υπακούει σ' έναν κινητικό νόμο πρώτης τάξης. Η συγκέντρωση του λύματος είναι μια εκθετική συνάρτηση φθίνουσα με το χρόνο

$$m(t) = m_0 e^{-at}$$

όπου m_0 η αρχική μάζα του ρύπου

$m(t)$ η μάζα του ρύπου σε χρόνο t

a σταθερά αποδόμησης.

Η αποδόμηση μπορεί εξ ίσου να εκφρασθεί με τη μορφή:

$m(t) = m_0 (0.5)^{t/t_{1/2}}$ όπου $t_{1/2}$ είναι ο χρόνος ημιζωής (διάρκεια χρόνου απαραίτητη για την αποδόμηση του ημίσεως της μάζας του λύματος).

Δ. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Τα προηγούμενα, χρησιμοποιούνται ως βάση για την ανάπτυξη ενός λογισμικού (software) για ηλεκτρονικό υπολογιστή που επιτρέπει να μελετηθεί η εξάπλωση διαλυμένων ουσιών στα υπόγεια ύδατα.

Οι κυριότεροι τομείς εφαρμογής του λογισμικού είναι:

- Μελέτη μόλυνσης στιγμιαίας ή συνεχόμενης.
- Πρόβλεψη της έκτασης της μόλυνσης κατά την επίγεια ή υπάγεια αποθήκευση ουσιών.
- Προσδιορισμός της περιμετρικής προστασίας σε άντληση ύδατος.

Το λογισμικό υποστηρίζει την έκδοση χαρτών συγκεντρώσεων συναρτήσεων του χρόνου και τη σχεδίαση των γραμμών ροής.

Τα μοντέλο αυτό, έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Δισδιάστατη ροή.
- Σταθερό ή οσταθές υδροδυναμικό καθεστώς.
- Ανισότροπος υδροφορέας ελεύθερος ή υπό πίεση.
- Διάκριση της περιοχής μέσω ενός ορθογώνιου μεταβλητού δικτύου.
- Υπολογισμός του δικτύου ροής.
- Εξέλιξη της συγκέντρωσης συναρτήσεων του χρόνου σε οποιοδήποτε σημείο.

Το λογισμικό επιτρέπει την παρουσίαση της εξάπλωσης ενός λύματος, λαμβάνοντας υπόψη τα φαινόμενα της διαγωγής, διασποράς, γραμμικής προσρόφησης (μέσω ενός συντελεστή καθυστέρησης), και αποδόμησης (μέσω ενός χρόνου ημι-ζωής) σε σταθερό ή ασταθές πεδίο ροής.

Ο τομέας μελέτης διακρίνεται σε βρόγχους τετράγωνους ή ορθογώνιους. Στο κέντρο κάθε βρόγχου θεωρείται ως γνωστή η πιεζομετρία καθώς επίσης μια τιμή διαπερατότητας και η διανομή των υδραυλικών κλίσεων του υδροφόρου ορίζοντα. Από αυτά είναι δυνατός ο υπολογισμός της μέσης ταχύτητας του ύδατος, γνωρίζοντας και το ενεργό πορώδες του μέσου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BREDEHOEFT, J.D., & G.F. PINDER. 1973. Mass transport in flowing groundwater. *Water Resources Res.*, 9, pp. 194-209.
- EBACK, E.A., & R.R. WHITE. 1958. Mixing of fluids flowing through beds of packed solids. *Amer. Inst. Chem. Eng. J.*, 4, no. 2.
- OGATA, A. 1970. Theory of dispersion in a granular medium. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper* 411-I.
- OGATA, A., & R.B. BANKS. 1961. A solution of the differential equation of longitudinal dispersion in porous media *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper* 411-A.
- PICKENS, J.F., & W.C. LENNOX. 1976. Numerical simulation of waste movement in steady groundwater flow systems. *Water Resources Res.*, 12, no. 2, pp. 171-180.
- PINDER, G.F., & J.D. BREDEHOEFT. 1968. Application of the digital computer for aquifer evaluation. *Water Resources Res.*, 4, pp. 1069-1093.
- PRICKETT T.A., NAYMIK T.G. et LONNQOUIST C.G. (1981). A «Random walk» solute transport model for selected groundwater quality evaluations. *Illinois State Water Survey, Bull.* 65, 103p.
- REMSON, I., G.M. HORNBERGER, & F.J. MOLZ. 1971. *Numerical Methods in Subsurface Hydrology*. Wiley-Interscience, New York.
- RICHARDS, L.A. 1931. Capillary conduction of liquids through porous mediums. *Physics*, 1, pp. 318-333.
- SHAW, F.S., & R.V. SOUTHWELL. 1941. Relaxation methods applied to engineering problems: VII. Problems relating to the percolation of fluids through porous materials. *Proc. Roy. Soc. Lond.*, A 178, pp. 1-17.
- SCHWARTZ, F.W. 1975. On radioactive waste management: an analysis of the parameters controlling subsurface contaminant transfer. *J. Hydrol.*, 27, pp. 51-71.

**ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΣΕ ΕΝΟΤΗΤΕΣ
ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ.
– ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΙΕΡΙΑ ΛΕΚΑΝΗ (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ)**

ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ Ν.

Τομέας Γεωλογίας - Φυσικής Γεωγραφίας,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 540 06 Θεσ/νίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία αναπτύσσεται η μεθοδολογία της διαχωριστικής ανάλυσης (discriminant analysis) και παρουσιάζονται οι δυνατότητες που παρέχει για σωστή και ακριβή ταξινόμηση γεωλογικών και γεωμορφολογικών δεδομένων. Μετά την ανάπτυξη της μεθοδολογίας, δίνεται ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου στα υδρογραφικά συστήματα που αναπτύσσονται στη λεκάνη της Πιερίας στην Ανατολική Μακεδονία.

Τα αποτελέσματα της μεθόδου έδωσαν σωστή ταξινόμηση των λεκανών (βασισμένη στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών) με ακρίβεια 99% και συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα που έδωσαν άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την ίδια ταξινόμηση.

ABSTRACT

The present paper presents the method of discriminant analysis. This method helps us to classify and/or geomorphological data, depending on the morphometric characteristics of the sites of measurement.

The method is outlined briefly and then is applied on the drainage systems developed on the Pierria basin, east Macedonia, North Greece.

The method classified the drainage systems into two units (unit of high relief and unit of low relief) with high accuracy (99%) compared to the accuracy obtained from other methods (factor analysis, 92%).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε προηγούμενη ερευνητική εργασία (Λαμπρινός, κ.α., 1992) είχε γίνει δυνατός ο εντοπισμός συγκεκριμένων περιοχών που παρουσιάζουν φαινόμενα έντονων διεργασιών σε μία λεκάνη τροφοδοσίας φράγματος. Η έρευνα τότε είχε βασιστεί στην επεξεργασία των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών των λεκανών που απαρτίζουν την

λεκάνη τροφοδοσίας με την μέθοδο της παραγοντικής ανάλυσης.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η βελτίωση του τρόπου ταξινόμησης των επιμέρους λεκανών με τη βοήθεια της διαχωριστικής ανάλυσης και η σύγκριση των αποτελεσμάτων που δίνουν η μέθοδος αυτή και η μέθοδος της παραγοντικής ανάλυσης.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, μέχρι σήμερα, ο διαχωρισμός σε ενότητες συγκεκριμένων γεωμορφολογικών ή και γεωλογικών δομών ή χαρακτηριστικών βασιζόταν στην ποιοτική αξιολόγηση αυτών, βάσει της εμπειρίας του εκάστοτε ερευνητή. Ένας τέτοιος διαχωρισμός μπορεί να οδηγούσε σε αξιόλογα συμπεράσματα, άφηνε όμως αρκετά ερωτηματικά για περιοχές όπου τα χαρακτηριστικά τους ήταν τέτοια που δεν μπορούσαν να ενταχθούν με σιγουριά σε κάποια από τις ενότητες. Ετσι, αυτές οι περιοχές ή δεν εντάσσονταν καθόλου ή εντάσσονταν σε μία από τις ενότητες με αρκετή όμως επιφύλαξη.

Η εργασία αυτή αποσκοπεί στο να παρουσιάσει μία μέθοδο ποσοτικής αξιολόγησης τέτοιων χαρακτηριστικών/δεδομένων, ώστε ο διαχωρισμός τους να μπορεί να γίνει πλέον με σιγουριά.

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ (DISCRIMINANT ANALYSIS)

Η διαχωριστική ανάλυση χρησιμοποιείται σε κείνες τις περιπτώσεις που θέλουμε να διαχωρίσουμε σε δύο ή περισσότερες ομάδες ένα αριθμό παρατηρήσεων που προέκυψαν από συγκεκριμένες θέσεις παρατήρησης. Πρόκειται για μία μεθοδολογία η οποία χρησιμοποιεί γραμμικούς συνδυασμούς των παραμέτρων που μετρήθηκαν στις θέσεις παρατήρησης, κατά τρόπο ώστε να μεγιστοποιούνται οι διαφορές μεταξύ των θέσεων (DeCoursey, 1973). Στην τεχνική αυτή γνωρίζουμε πόσες και ποιές είναι οι ομάδες και προσπαθούμε να εντάξουμε σε μία από αυτές τις θέσεις εκείνες από τις οποίες έχουν προκύψει οι μετρήσεις μας.

Οι κύριοι στόχοι της διαχωριστικής ανάλυσης είναι η εύρεση της διεύθυνσης ή των διευθύνσεων (σε ένα σύστημα συντεταγμένων) κατά μήκος των οποίων οι ομάδες διαφοροποιούνται, και η εύρεση της συνάρτησης ή των συναρτήσεων, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για την τοποθέτηση των θέσεων παρατήρησης στις ομάδες. Αυτό γίνεται είτε με βάση τη θεωρία, σχετικά με το ποιές παράμετροι της συνάρτησης μπορούν να δώσουν πληροφορίες για τη συμμετοχή μιας θέσης σε κάποια ομάδα, είτε με βάση την πρακτική πλευρά του προβλήματος, όπως π.χ. σε συνδυασμό με τα έξοδα που πιθανόν να απαιτούνται για την μέτρηση κάποιων παραμέτρων ή με τον χρόνο που χρειάζονται οι μετρήσεις (Tabachnick and Fidell, 1989).

Εάν οι παρατηρήσεις μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες τότε, υπάρχει μία συνάρτηση που διαχωρίζει αυτές τις ομάδες. Αν K είναι ο αριθμός των ομάδων τότε $K-1$ είναι ο αριθμός των συναρτήσεων που διαχωρίζουν αυτές τις ομάδες.

Οι διαχωριστικές συναρτήσεις (discriminant functions) είναι ανάλογες με τις εξισώ-

σεις γραμμικής παλινδρόμησης. Το αποτέλεσμα (discriminant function score) από την εφαρμογή της συνάρτησης υπολογίζεται από το άθροισμα των γινομένων των παραμέτρων της συνάρτησης επί του συντελεστή κάθε παραμέτρου. Για κάθε συνάρτηση υπάρχει ένα σετ συντελεστών. Έτσι, για κάθε θέση παρατήρησης λαμβάνεται ένα αποτέλεσμα (score) από κάθε συνάρτηση (function) όταν οι συγκεκριμένες τιμές των παραμέτρων εισαχθούν στις συναρτήσεις.

Οι συναρτήσεις αυτές είναι της μορφής:

$$DF = d_1Z_1 + d_2Z_2 + \dots + d_pZ_p \text{ όπου}$$

DF: το αποτέλεσμα της συνάρτησης (score), d_i : συντελεστής (discriminant function coefficient), Z: παράμετρος της συνάρτησης, $i = 1 \dots k-1$ και $p = 1 \dots n$ όπου k : ο αριθμός των ομάδων και n : ο αριθμός των μετρήσεων σε κάθε παράμετρο.

Τα αποτελέσματα (scores) που προκύπτουν από την εφαρμογή αυτής (ή αυτών) της συνάρτησης (ή των συναρτήσεων) τοποθετούνται σε ένα διάγραμμα. Οι άξονες αυτού του διαγράμματος είναι οι ίδιες οι συναρτήσεις και αν έχει προκύψει από την ανάλυση μόνο μία συνάρτηση, τότε το διάγραμμα είναι μονοδιάστατο, ενώ για περισσότερες από μία συναρτήσεις το διάγραμμα είναι διδιάστατο (λαμβάνομένων των συναρτήσεων ανά δύο).

Αν οι συναρτήσεις αυτές διαχωρίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό τις παρατηρήσεις σε ομάδες, τότε οι ομάδες αυτές θα μπορούν να διακριθούν σε αυτά τα διαγράμματα, και ακόμη, θα μπορούμε να διακρίνουμε και εκείνες τις παρατηρήσεις που θα έχουν τοποθετηθεί από την ανάλυση σε λάθος ομάδα.

Η μέθοδος θα μπορούσε να γίνει πιο κοτανοητή μέσα από ένα παράδειγμα εφαρμογής στη λεκάνη της Πιερίας, Ανατολική Μακεδονία.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Στη λεκάνη της Πιερίας (σχ. 1) μελετήθηκε η μορφολογία των υδρογραφικών συστημάτων και συγκεκριμένα των λεκανών απορροής 3ης τάξης (αρίθμηση κατά Strahler, 1952a) με την βοήθεια της παραγοντικής ανάλυσης. Τα υδρογραφικά συστήματα αποτυπώθηκαν από τοπογραφικούς χάρτες της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1: 50.000 χρησιμοποιώντας τις μπλε γραμμές των χαρτών και τη μέθοδο των crenulation lines (σχ. 2; Λαμπρινός, κ.α., 1992).

Σε κάθε λεκάνη απορροής 3ης τάξης (σε σύνολο 100), μετρήθηκαν και υπολογίστηκαν οι εξής παράμετροι (λεπτομερή περιγραφή παραμέτρων έχει γίνει από τον Αστάρα, 1980 και τον Λαμπρινό, 1989):

- 1) Τάξη u του δικτύου (Strahler, 1952a).
- 2) Αριθμός κλάδων κάθε τάξης N_u , $u = 1, 2, 3$ (Horton, 1945, Strahler, 1952a).
- 3) Αθροιστικό μήκος όλων των ρευμάτων που αναπτύσσονται σε κάθε λεκάνη απορροής 3ης τάξης ΣL (km) (Horton, 1945, Strahler, 1957).
- 4) Εμβαδόν των λεκανών απορροής 3ης τάξης A (km²) (Horton, 1945).

5) Μήκος περιμέτρου των λεκανών απορροής 3ης τάξης P (km) (Smith, 1958).

6) Μήκος λεκανών απορροής 3ης τάξης Lb (km) (Schumm, 1956, Gregory and Walling, 1973).

7) Υδρογραφική πυκνότητα των λεκανών απορροής 3ης τάξης D (km/km²) (Horton, 1945).

8) Υδρογραφική συχνότητα των λεκανών απορροής 3ης τάξης F (km⁻²) (Horton, 1945).

9) Τοπικό ανάγλυφο των λεκανών απορροής 3ης τάξης Hb (Km) (Strahler, 1952β, 1964).

10) Λόγος αναγλύφου των λεκανών απορροής 3ης τάξης RH (Schumm, 1956).

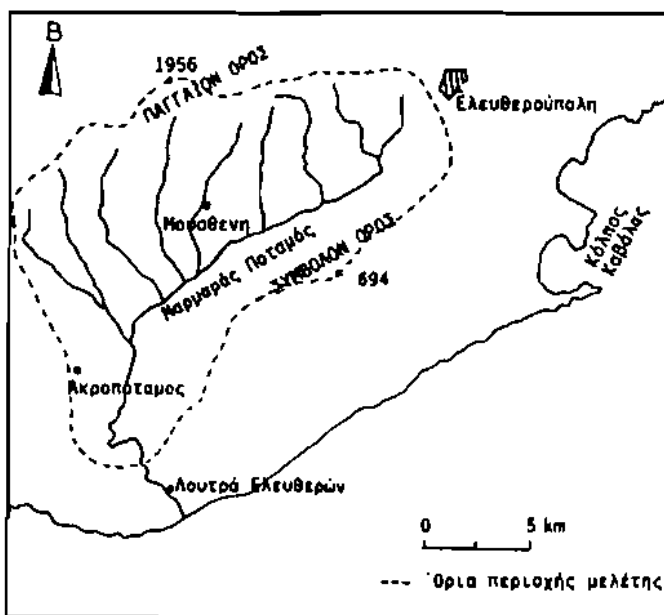
11) Βαθμός τραχύτητας του αναγλύφου των λεκανών απορροής 3ης τάξης Rn (Strahler, 1958).

Με την βοήθεια της παραγοντικής ανάλυσης (factor analysis) οι λεκάνες αυτές χωρίστηκαν σε δύο κύριες ομάδες:

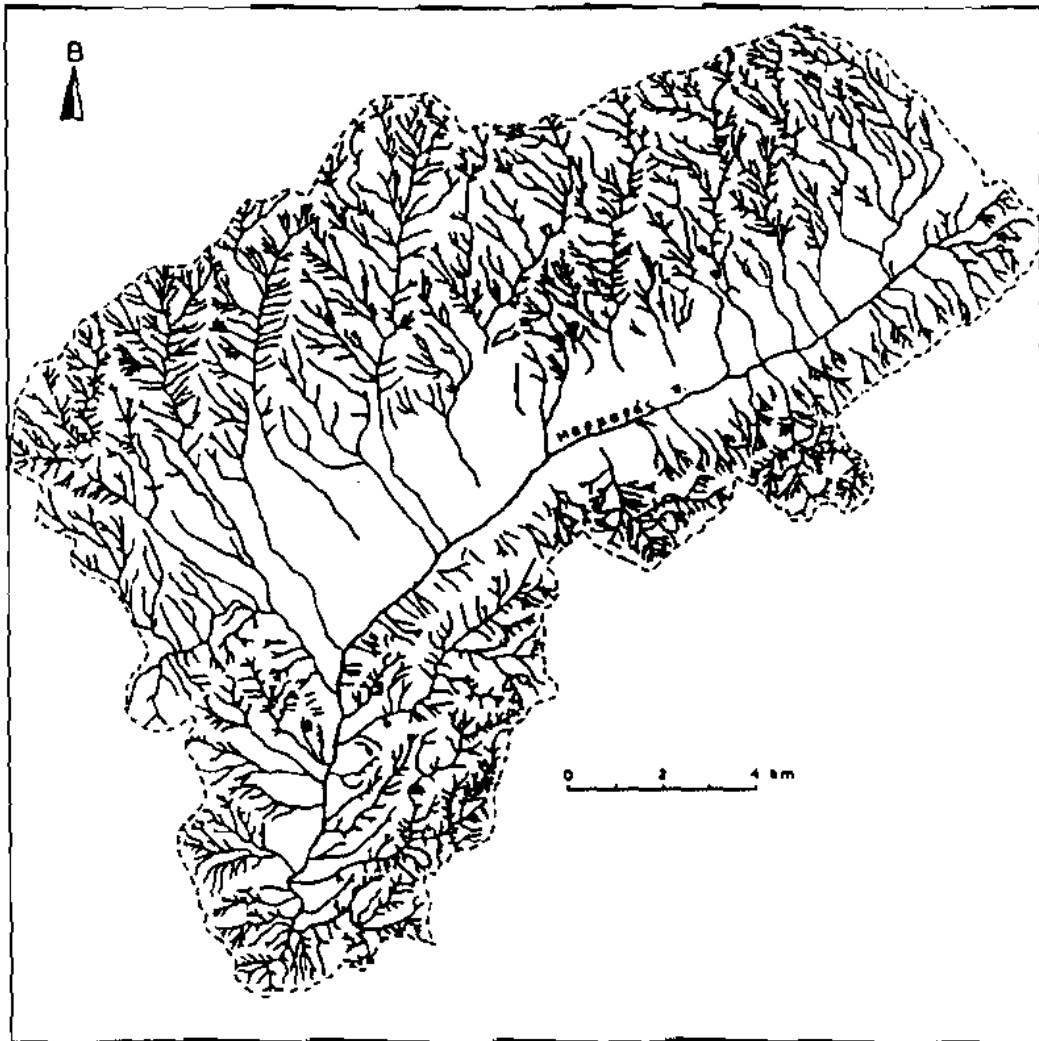
α) ομάδα έντονου ανάγλυφου και β) ομάδα ήπιου ανάγλυφου (Λαμπρινός κ.ά., 1992). Από τις 100 λεκάνες απορροής 3ης τάξης μόνο οι 78 λεκάνες μπόρεσαν να τοποθετηθούν στις δύο αυτές ομάδες γιατί, μόνο αυτές ανήκαν εξ ολοκλήρου σε μία από τις δύο ομάδες. Τα όρια των δύο ομάδων, όπως αυτά προέκυψαν από την ανάλυση, χώριζαν τις άλλες 22 λεκάνες κατά τρόπο ώστε τμήμα αυτών (σε άλλες μικρότερο και σε άλλες μεγαλύτερο) να ανήκει σε περισσότερες από μία ομάδες. Έτσι, με την παραγοντική ανάλυση έγινε δυνατή η ταξινόμηση μόνο του 78% των λεκανών σε ομάδες, ενώ το υπόλοιπο 22% δεν μπορέσαμε να το τοποθετήσουμε με ικανοποιητική σιγουριά σε κάποια από τις δύο ομάδες.

Για να γίνει αυτό δυνατό, χρησιμοποιήθηκε η διαχωριστική ανάλυση (discriminant analysis) για τις 78 λεκάνες, ώστε να βρεθεί η συνάρτηση εκείνη που διαχωρίζει τις δύο αυτές γνωστές ομάδες και με την βοήθεια αυτής να μπορέσουμε να εντάξουμε και τις άλλες 22 λεκάνες σε κάποια από τις ομάδες.

Στην ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκαν οι παράμετροι P, Rn, ΣL, Hb και D, επειδή



Σχ. 1. Γεωγραφική τοποθέτηση της περιοχής μελέτης (μετο Λαμπρινό, κ.ά., 1992).



Σχ. 2. Ντύσις το υδρογραφικού δικτύου που αναπτύσσεται στη λεκάνη της Πιερίδας.

οι παράμετροι αυτές αποτελούν (βάσει των αποτελεσμάτων της παραγοντικής ανάλυσης, Λαμπρινός κ.ά., 1992) τις πιο σημαντικές παραμέτρους από την αρχική ομάδα των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκε.

Αυτές οι παράμετροι ελέγχθηκαν για το αν ακολουθούν την κανονική κατανομή με την εφαρμογή της δοκιμασίας χ^2 ως δοκιμασία καλής προσαρμογής (χ^2 test of goodness of fit; Λαμπρινός, 1989). Ακόμη ελέγχθηκαν ανά δύο ως προς την γραμμικότητα και την σκέδαση, εφαρμόζοντας απλή γραμμική παλινδρόμηση (Tabachnick

and Fidell, 1989). Από αυτούς τους ελέγχους οδηγηθήκαμε στην μετατροπή των παραμέτρων, ώστε τελικά να πληρούν τις προϋποθέσεις αυτές. Έτσι, οι παράμετροι που τελικά χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

$$\ln P, \ln \Sigma L, \sqrt{Hb}, \sqrt{Rn}, \text{ και } \frac{1}{D}$$

Όπως ειπώθηκε και πιο πάνω, ο αριθμός των συναρτήσεων που θα προκύψουν είναι όσος είναι ο αριθμός των ομάδων $- 1$. Στην συγκεκριμένη ανάλυση, δεδομένου ότι οι ομάδες είναι δύο, προέκυψε μία συνάρτηση. Η δυνατότητα αυτής της συνάρτησης να διαχωρίσει ικανοποιητικά τις δύο ομάδες φαίνεται από την τιμή του Wilk's Λ test (χαμηλή τιμή) (πιν. 1), αλλά και από την τιμή του χ^2 με 5 βαθμούς ελευθερίας (υψηλή τιμή). Σε περίπτωση που προκύψουν περισσότερες από μία συναρτήσεις, τότε πρέπει να γίνεται έλεγχος, βάσει της τιμής Λ , για το αν και ποιές από αυτές μπορούν να διαχωρίσουν αυτές τις ομάδες. Συνήθως σε αυτές τις περιπτώσεις, οι δύο πρώτες συναρτήσεις έχουν το μεγαλύτερο μερίδιο διαχωριστικής ικανότητας, ενώ από τις υπόλοιπες συναρτήσεις λίγες πληροφορίες μπορούν να εξαχθούν (Tabachnick and Fidell, 1989).

Η πρώτη συνάρτηση δίνει τον καλύτερο διαχωρισμό μεταξύ των ομάδων. Αν υπάρχει και δεύτερη συνάρτηση τότε, σε ένα σύστημα ορθογώνιων συντεταγμένων αυτή θα είναι κάθετη στην πρώτη (ουσιαστικά οι δύο συναρτήσεις αποτελούν και τους δύο άξονες του συστήματος) και θα διαχωρίζει καλά τις ομάδες με βάση τις σχέσεις εκείνες που δεν χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή της πρώτης συνάρτησης.

Αν και στην συγκεκριμένη περίπτωση υπήρχε μόνο μία συνάρτηση, εν τούτοις χρησιμοποιήθηκε η τιμή του Wilk's Λ test για να υπολογισθεί η τιμή του F για την συνάρτηση που προέκυψε και να συγκριθεί με την θεωρητική τιμή του F από τους στατιστικούς πίνακες της F κατανομής.

Η τιμή του δίνεται από τον τύπο

$$F(df_1, df_2) = \left(\frac{1 - y}{y} \right) \left(\frac{df_2}{df_1} \right) \quad (1)$$

και συγκριθηκε με την θεωρητικη τιμη το F για df_1 και df_2 βαθμους ελευθεριας και $\alpha=0.05$, όπου

$$df_1 = p (df_{effect}) \quad (2)$$

$$df_2 = s \left(df_{error} - \frac{p - df_{effect} + 1}{2} \right) - \left(\frac{p - df_{effect} - 2}{2} \right) \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{p^2 - (df_{effect})^2 - 4}{p^2 + (df_{effect})^2 - 5}} \quad (4)$$

$$y = \Lambda^{1/8} \quad (5)$$

p = ο αριθμός των παραμέτρων

df_{effect} = ο αριθμός των ομάδων - 1

df_{error} = ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων σε όλες τις ομάδες - τον αριθμό των ομάδων

Λ = η τιμή του Wilk's Λ test

Σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους για τις 78 λεκάνες απορροής
 $F(5,72) = 26.1$ και $f(5,72;0.05) \approx 2.35 \Rightarrow F(5,72) > F(5,72;0.05)$

και επομένως, οι δύο ομάδες μπορούν να διαχωριστούν με βάση αυτόν τον συνδυασμό των 5 παραμέτρων. Αυτός δε ο συνδυασμός αποτελεί την διαχωριστική εξίσωση για αυτές τις λεκάνες απορροής. Οι συντελεστές αυτής της συνάρτησης δίνονται στον πιν. 2 και η συνάρτηση είναι:

$$DF = 2.88 \ln P + 0.93 \ln \Sigma L + 5.3 \sqrt{Rn} - 1.78 \sqrt{Hb} + 30.69 \frac{1}{D} - 10.31 \quad (6)$$

Πίνακας 1. Στατιστικά μεγέθη για τον έλεγχο της διαχωριστικής συνάρτησης (6)

Wilk's Λ	Chi - Square	Deg. Frdm.	Canonical correlation
0.368	73.44	5	0,795

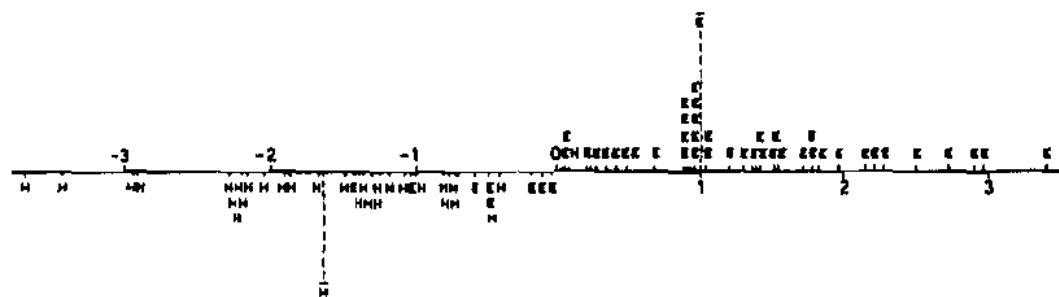
Πίνακας 2. Συντελεστές της διαχωριστικής εξίσωσης (6)

Παραμ.	Συντ. Διαχωριστικής Εξίσωσης
$\ln P$	- 2.88
$\ln \Sigma L$	0.93
\sqrt{Rn}	5.3
\sqrt{Hb}	- 1.78
$\frac{1}{D}$	30.69
σταθερά	- 10.31

Αντικαθιστώντας τις τιμές των παραμέτρων κάθε μιας λεκάνης παίρνουμε τα αποτελέσματα (discriminant scores) για κάθε λεκάνη. Τις τιμές αυτές τις χρησιμοποιούμε πρώτα για να υπολογίσουμε την κεντρική τιμή κάθε ομάδας (group centroid). Η τιμή αυτή αποτελεί τον μέσο όρο των τιμών των αποτελεσμάτων που έχουν υπολογισθεί για κάθε ομάδα από την συνάρτηση (6). Η γραφική παράσταση της διαχωριστικής συνάρτησης (6) που προέκυψε από την ανάλυση αποτελεί τον άξονα προβολής, πάνω στον οποίο προβάλλονται τα δύο κεντρικά σημεία των ομάδων (group centroids) καθώς και τα αποτελέσματα (discriminant scores) της διαχωριστικής συνάρτησης (6).

Αν υπάρχει μεγάλη αλγεβρική διαφορά μεταξύ των κεντρικών σημείων των δύο ομάδων τότε, η συνάρτηση (6) διαχωρίζει με ευκρίνεια τις δύο ομάδες. Έτσι από τις προβολές των τιμών αυτών φαίνεται ότι από τις 48 λεκάνες που τοποθετήθηκαν αρχικά στην ομάδα των λεκανών με έντονο ανάγλυφο, οι 5 ανήκουν στην ομάδα των λεκανών με ήπιο ανάγλυφο, διότι η απόστασή τους από το κεντρικό σημείο της ομάδας των λεκανών με ήπιο ανάγλυφο είναι μικρότερη από την απόσταση από το κεντρικό σημείο της ομάδας των λεκανών με έντονο ανάγλυφο. Από τις 30 λεκάνες που είχαν τοποθετηθεί αρχικά στην ομάδα του ήπιου ανάγλυφου μόνο μία τοποθετήθηκε λάθος και ανήκει κανονικά στην ομάδα των λεκανών με έντονο ανάγλυφο (πιν. 5). Παραστατικά οι προβολές των αποτελεσμάτων της συνάρτησης (6) φαίνονται στο διάγραμμα του σχήματος 3. Οι τιμές των αποτελεσμάτων (discriminant scores) κυμαίνονται μεταξύ min: -3.69 και max: 3.4. Οι δύο ομάδες συμβολίζονται με E (ομάδα Έντονου ανάγλυφου) και H (ομάδα Ηπιου ανάγλυφου). Τα κεντρικά σημεία των δύο ομάδων συμβολίζονται με E και H και οι τιμές τους είναι $E = 1.022$ και $H = -1.64$.

Από το διάγραμμα αυτό (σχ. 3) φαίνεται ότι 5 τιμές που αρχικά τοποθετήθηκαν στην ομάδα των λεκανών με έντονο ανάγλυφο ανήκουν, βάσει των μορφολογικών τους χαρακτηριστικών, στην ομάδα των λεκανών με ήπιο ανάγλυφο. Επίσης μία μόνο λεκάνη που αρχικά είχε τοποθετηθεί στην ομάδα με ήπιο ανάγλυφο, τελικά ανήκει στην ομάδα των λεκανών με έντονο ανάγλυφο. Έτσι, από τις 78 λεκάνες μόνο οι 6 είχαν ταξινομηθεί αρχικά σε λάθος ομάδες (ποσοστό επιτυχούς ταξινόμησης 92%). Επομένως γνωρίζουμε πλέον ποιές λεκάνες ανήκουν σε ποιές ομάδες και μπορούμε να τοποθετήσουμε τις λάθος ταξινομημένες λεκάνες στις σωστές ομάδες.



Σχ. 3. Διάγραμμα που παρουσιάζει τις προβολές των αποτελεσμάτων της διαχωριστικής συνάρτησης (6).

Η μέχρι τώρα διαδικασία μας οδήγησε στον σχηματισμό μιας συνάρτησης η οποία βασίστηκε στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών. Οι λεκάνες αυτές γνωρίζαμε σε ποιές ομάδες ανήκαν και η μέθοδος αυτή μας βοήθησε να τις ταξινομήσουμε σωστότερα. Επομένως μπορούμε πλέον να χρησιμοποιήσουμε την συνάρτηση αυτή για να ταξινομήσουμε και εκείνες τις λεκάνες των οποίων γνωρίζουμε τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά αλλά, δεν γνωρίζουμε με σιγουριά σε ποιά από τις ομάδες μπορούν να ενταχθούν. Οι λεκάνες αυτές είναι οι 22 λεκάνες που δεν μπόρεσαν να

χρησιμοποιηθούν εξ αιτίας του ότι, τα όρια των ενοτήτων που προέκυψαν από την παραγοντική ανάλυση χώριζαν τις λεκάνες αυτές σε δύο ή περισσότερα τμήματα.

Για το σκοπό αυτό δόθηκαν στην συνάρτηση (6) οι τιμές των παραμέτρων των 22 λεκανών και τα αποτελέσματα της συνάρτησης (discriminant scores) τοποθετήθηκαν στο διάγραμμα του σχήματος 3 και συγκρίθηκαν με τις τιμές των δύο κεντρικών σημείων (group centroids) των ομάδων. Ανάλογα με την απόσταση που είχαν τα αποτελέσματα της συνάρτησης από τα δύο αυτά σημεία, εντάχθηκαν οι λεκάνες αυτές στις δύο ομάδες με αποτέλεσμα, 6 λεκάνες να ταξινομηθούν αρχικά στην ομάδα έντονου ανάγλυφου και 16 λεκάνες στην ομάδα ήπιου ανάγλυφου.

Έτσι, επαναλήφθηκε η διαδικασία της διαχωριστικής ανάλυσης (discriminant analysis) χρησιμοποιώντας ως αρχική ταξινόμηση 50 λεκάνες στην ομάδα έντονου ανάγλυφου (44 λεκάνες από την πρώτη ανάλυση + 6 λεκάνες από τα αποτελέσματα (discriminant scores) που βγήκαν από την εφαρμογή της συνάρτησης (6) για τις 22 μη ταξινομημένες λεκάνες), και 50 λεκάνες στην ομάδα ήπιου ανάγλυφου (34 λεκάνες από την πρώτη ανάλυση + 16 λεκάνες από τα αποτελέσματα που βγήκαν από την εφαρμογή της συνάρτησης (6) για τις μη ταξινομημένες λεκάνες).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πιν. 3. Παρατηρούμε ότι η τιμή του Wilk's Λ test είναι μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή του Πιν. 1, η τιμή της canonical correlation είναι μεγαλύτερη από εκείνη του Πιν. 1 καθώς και η τιμή του χ^2 είναι μεγαλύτερη από εκείνη του Πιν. 1.

Πίνακας 3. Στατιστικά μεγέθη για τον έλεγχο της διαχωριστικής συνάρτησης (7)

Wilk's Λ	Chi - Square	Deg. Frdm.	Canonical correlation
0.279	121.906	5	0.849

Οι παραπάνω διαπιστώσεις αποδεικνύουν ότι η ταξινόμηση αυτή είναι καλύτερη από την πρώτη και εφαρμόζοντας τις εξισώσεις (2), (3), (4) και (5) προκύπτει ότι $F(5,94) > F(5,94;0.05)$. Επομένως η συνάρτηση που προκύπτει από τον συνδυασμό των 5 μορφομετρικών παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάλυση μπορούν να διαχωρίσουν τις λεκάνες στις δύο ομάδες που ορίσαμε.

Οι συντελεστές της συνάρτησης αυτής δίνονται στον πιν. 4 και η συνάρτηση που προκύπτει είναι:

$$DF = 2.52 \ln P + 0.96 \ln \Sigma L + 7.18 \sqrt{Rn} - 5.64 \sqrt{Hb} + 35.98 \frac{1}{D} - 12.06 \quad (7)$$

Πίνακας 4. Συντελεστές της διαχωριστικής εξίσωσης (7)

Παραμ.	Συντ. Διαχωριστικής Εξίσωσης
$\ln P$	- 2.52
$\ln \Sigma L$	0.96
$\sqrt{R_n}$	7.18
\sqrt{Hb}	- 5.64
$\frac{1}{D}$	35.98
σταθερά	- 12.06

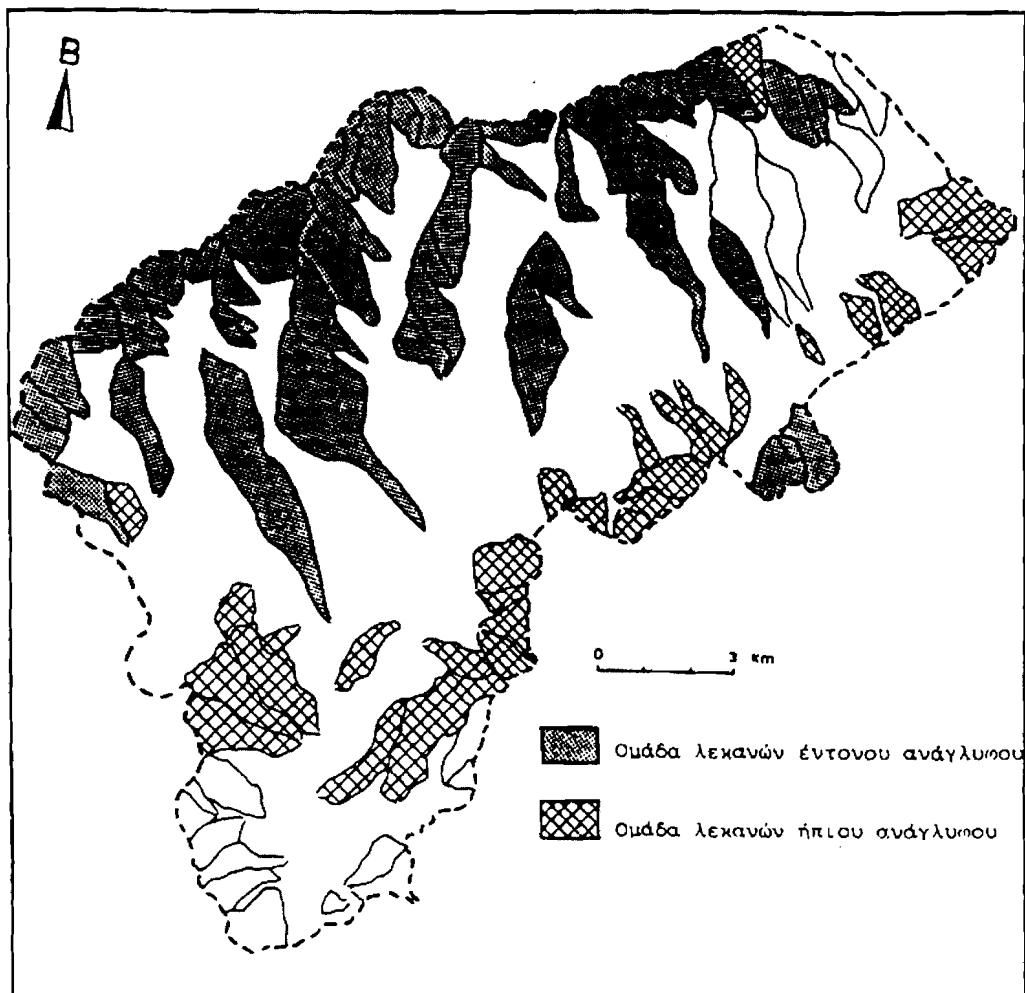
Οι προβολές των αποτελεσμάτων (discriminant scores) της συνάρτησης (7) πάνω στην γραφική παράσταση της συνάρτησης (σχ. 4) δείχνει τις δύο ομάδες να διαχωρίζονται δεξιά και αριστερά από την τιμή μηδέν (0). Μόνο μία από τις τιμές της ομάδας έντονου ανάγλυφου έχει αρνητική τιμή και βρίσκεται στην ομάδα ήπιου ανάγλυφου. Έτσι από την συνάρτηση αυτή διαπιστώθηκε ότι από τις 50 λεκάνες που αρχικά είχαν ταξινομηθεί στην ομάδα των λεκανών έντονου ανάγλυφου, μόνο μία λεκάνη ταξινομήθηκε λάθος και ανήκει κανονικά στην ομάδα ήπιου ανάγλυφου. Οι 50 λεκάνες που είχαν αρχικά ταξινομηθεί στην ομάδα ήπιου ανάγλυφου διαπιστώθηκε ότι ανήκαν όλες σ' αυτήν την ομάδα και έτσι τελικά, από τις 100 λεκάνες απορροής 3ης τάξης οι 49 ανήκουν στην ομάδα έντονου ανάγλυφου και οι 51 στην ομάδα ήπιου ανάγλυφου (ποσοστό επιτυχούς ταξινόμησης 99%). Η κατανομή τους στον χάρτη των λεκανών απορροής της λεκάνης φαίνεται στο σχήμα 6.



Σχ. 4. Διάγραμμα που παρουσιάζει τις προβολές των αποτελεσμάτων της διαχωριστικής συνάρτησης (7).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαχωριστική ανάλυση (discriminant analysis) είναι μία μέθοδος που μας δίνει την δυνατότητα να ταξινομήσουμε σε ομάδες με μεγάλη ακρίβεια τις παρατηρήσεις



Σχ. 5. Ταξινόμηση των λεκανών απορροής 3ης τάξης με τη μέθοδο της παραγοντικής ανάλυσης.

που έχουν προκύψει είτε από το ύπαιθρο, είτε από άλλη πηγή (χάρτες, α/φίες, κ.λπ.).

Για να γίνει δυνατή η ταξινόμηση είναι βασικό να γνωρίζουμε ότι κάποιες από τις παρατηρήσεις μας ανήκουν σε αυτές τις ομάδες, ώστε με βάση τα χαρακτηριστικά αυτών των παρατηρήσεων να μπορούμε (μέσω της μεθόδου) να εντάξουμε και τις αταξινομήτες παρατηρήσεις σε κάποια από τις ομάδες.

Συνήθως προκύπτει πρόβλημα σχετικά με τον πιθανό αριθμό των ομάδων, καθώς και με το ποιές από τις παρατηρήσεις μας ανήκουν σε κάποια από αυτές τις ομάδες. Το πρόβλημα όμως αυτό μπορεί να λυθεί είτε από τις γνώσεις μας από άλλες έρευνες για το ποιές παρατηρήσεις ανήκουν σε ποιά ομάδα, είτε εφαρμόζοντας πριν την

διαχωριστική ανάλυση, άλλες μεθόδους, οι οποίες θα μας οδηγήσουν σε κάποιες αρχικές εκτιμήσεις.

Στην συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκε αρχικά η μέθοδος της παραγοντικής ανάλυσης (Λαμπρινός, κ.ά. 1992), με τη βοήθεια της οποίας χωρίστηκαν τα υδρογραφικά συστήματα της λεκάνης της Πιερίας σε δύο ομάδες, ανάλογα με το ανάγλυφο που παρουσίαζαν. Έτσι, έχοντας γνωστό τον πιθανό αριθμό των ομάδων στις οποίες ανήκουν οι αταξινόμητες λεκάνες, αλλά και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών αυτών, έγινε δυνατή η εφαρμογή της διαχωριστικής ανάλυσης, η οποία τελικά έδωσε ένα πολύ υψηλό ποσοστό (99%) επιτυχούς ταξινόμησης των λεκανών στις δύο ομάδες.

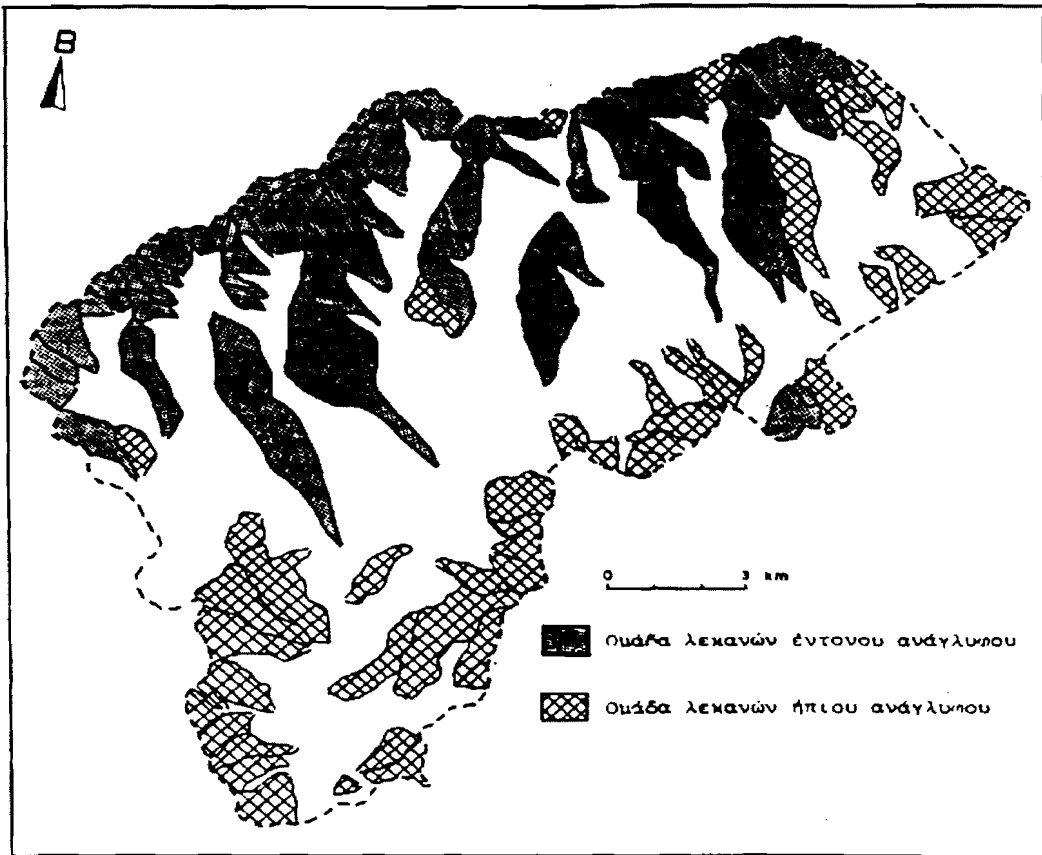
Στον Πιν. 5 φαίνεται η ταξινόμηση των λεκανών όπως εξελίχθηκε από το αρχικό στάδιο, που έγινε με τη βοήθεια της παραγοντικής ανάλυσης, έως το τελικό στάδιο μετά τις δύο διαχωριστικές αναλύσεις. Στα σχ. 5 και 6 φαίνεται η εξέλιξη της ταξινόμησης πάνω στο χάρτη των λεκανών απορροής 3ης τάξης, που αναπτύσσονται στη λεκάνη της Πιερίας.

Τελικά παρατηρούμε ότι η διαχωριστική ανάλυση μπορεί να ταξινομήσει με πολύ καλή ακρίβεια τα δεδομένα μας σε ομάδες, όταν αυτά βασίζονται σε παρατηρήσεις που έχουν γίνει σε συγκεκριμένες θέσεις/δείγματα. Η παραγοντική ανάλυση μπορεί

Πίνακας 5. Εξέλιξη της ταξινόμησης των λεκανών με τις μεθόδους της παραγοντικής ανάλυσης και της διαχωριστικής ανάλυσης.

	Αριθ. Λεκανών	Έντονο ανάγλυφο		Ήπιο ανάγλυφο		Ποσοστό επιτυχίας
		Ταξινόμηση		Ταξινόμηση		
		Σωστή	Λάθος	Σωστή	Λάθος	
Παραγοντικά ανάλυση	78	48	—	30	—	—
1η Διαχωριστική ανάλυση	78	43 από 48	5	29 από 30	1	92 %
2η Διαχωριστική ανάλυση	100	49 από 50	1	50 από 50	0	99 %

επίσης να δώσει καλά αποτελέσματα, αλλά με μικρότερη ακρίβεια, δεδομένου ότι η παραγοντική ανάλυση δεν είναι μία μέθοδος που χρησιμοποιείται καθαρά και μόνο για ταξινόμηση, σε αντίθεση με τη μέθοδο διαχωριστικής ανάλυσης (discriminant analysis). Έτσι συνιστάται η ταυτόχρονη εφαρμογή των δύο αυτών μεθόδων, χρησιμοποιώντας ως δεδομένα στην διαχωριστική ανάλυση τα αποτελέσματα της παραγοντικής ανάλυσης.



Σχ. 6. Ταξινόμηση των λεκανών απορροής 3ης τάξης μετά την εφαρμογή των δύο διαχωριστικών αναλύσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αστάρας Θ. (1980). Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των Δ. πλευρών του όρους Βερτίσκον (Κ. Μακεδονία). Διδ. Διατριβή. Επιστ. Επετ. Φυσικομαθηματικής Σχ., Παραρτ. αρ. 18, τομ. 19 Θεσσαλονίκη, 216 pp.
- De Coursey, D.G., (1973). Application of discriminant analysis in design review. Water Resources Research, vol. 9, no. 1, 93-102.
- Gregory, K.J. and Walling, D.E., (1973). Drainage basin form and process. (A geomorphological approach). Edward Arnold, Ltd., London, 456 pp.
- Horton, R., (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrological approach to quantitative morphology. Geol. Soc. Amer. Bull., 56, 275-370.
- Λαμπρινός, Μ. (1998). Συμβολή στην ποσοτική γεωμορφολογία των ποταμικών συστημάτων της Β. Ελλάδας. Διπλωματική διατριβή. Τμήμα Γεωλογίας, Δ.Π.Θ.

- των στην παλαιογεωγραφική εξέλιξη των ορέων της Βόλβης. Διδ. Διατριβή. Επιστ. Επετ. Τμ. Γεωλογίας, Σχ. Θετικών Επιστ., παραρτ. αρ. 6, Θεσσαλονίκη, 168 pp.
- Λαμπρινός, Ν., Χρίστου, Ο., Ρεγγούζας, Χ., Δημόπουλος, Γ., (1992). Η συμβολή της γεωμορφολογίας στον εντοπισμό περιοχών δυναμικών διεργασιών σε λεκάνες τροφοδοσίας φραγμάτων. Ένα παράδειγμα από το φράγμα Ακροποτάμου, λεκάνη Πιερίας, Ανατολική Μακεδονία. Υπό δημοσίευση στα Πρακτικά του 6ου Συνεδρίου της Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, Αθήνα.
- Schumm, S.A., (1956). Evolution of drainage systems and slopes in the badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 67, 597-646.
- Smith, K.G., (1958). Erosional processes and landforms in badlands National Park. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 69, 975-1008.
- Strahler, A., (1952a). Dynamic basis of geomorphology. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 63, 923-938.
- Strahler, A., (1952b). Hypsometric (area-altitude) of erosional topography. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 63, 1117-1142.
- Strahler, A., (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Amer. Geophys. Union Trans.*, 18(6), 913-920.
- Strahler, A., (1958). Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 69, 279-300.
- Strahler, A., (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. (Chow, V.T., ed.). *Handbook of Applied Hydrology*, section 14, 54, New York.
- Tabachnick, B. G. and Fidell, L. S., (1989). Using multivariate statistics. Harper and Row publ., second ed., New York, 746 pp.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΠΟΛΥΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΟΛΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ Γ., ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ Γ. *

* Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας,
Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 261 10, Πάτρα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παραγοντική ανάλυση και η ανάλυση επιφανειών τάσης εφαρμόστηκαν σε χημικές αναλύσεις υποθαλασσίων αποθέσεων μεταλλευτικών αποβλήτων στον Κορινθιακό κόλπο (βωξιτική ερυθρά ιλύς) και στο Β. Ευβοϊκό κόλπο (σκωρία).

Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων, σε τέτοιου τύπου περιβαλλοντικά προβλήματα, αυξάνεται σημαντικά όταν εφαρμόζονται με κατάλληλο τρόπο (συγκριτική παραγοντική ανάλυση) και συνδυαστικά μεταξύ τους.

ABSTRACT

Multivariate statistical techniques (Factor analysis & Trend surface analysis) were applied to geochemical data of submarine deposit built up by metaliferous slurries discharging by metallurgic industries. The effectiveness of the above mentioned methods is multiplied when they appropriately (comparative factor analysis) and in conjunction applied.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ευρεία χρήση μεθόδων πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης στις γεωεπιστήμες, οφείλεται στο γεγονός ότι ανιχνεύουν με αξιόπιστο τρόπο, σχέσεις μεταξύ μεταβλητών η/και θέσεων μέτρησης (δείγματα), ιδιαίτερα όταν ο πίνακας των δεδομένων, όπως συμβαίνει συνήθως, είναι μεγάλων διαστάσεων. Οι δύο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι μέθοδοι πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης, είναι η Παραγοντική ανάλυση (factor analysis) (Reyment & Jöreskog 1993, Φερεντίνος κ.α. 1994) και η ανάλυση Επιφανειών τάσης (trend surface analysis) (Davis 1987, Φερεντίνος κ.α. 1994).

Η παραγοντική ανάλυση έχει ως σκοπό την ελάττωση των διαστάσεων του πίνακα των δεδομένων. Αυτό επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό παραγόντων (factors), των οποίων ο αριθμός, είναι σημαντικά μικρότερος από αυτόν των μεταβλητών ή των δειγμάτων που συνιστούν τον πίνακα των δεδομένων. Η μείωση της διαστατικότητας του προβλήματος, απαιτεί ο πίνακας των δεδομένων να συγκροτείται από μικρό αριθμό

ομάδων (παραγόντων), οι οποίες να συνίστανται από ισχυρά συσχετιζόμενες μεταξύ τους μεταβλητές (R-τύπος) ή δείγματα (Q-τύπος). Συνεπώς η παραγοντική ανάλυση απλοποιεί τον πίνακα των δεδομένων:

- με υπολογισμό του αριθμού των ομάδων (παραγόντων), οι οποίες συνίστανται από ισχυρά συσχετιζόμενες μεταβλητές ή δείγματα, και
- με καθορισμό της σύστασης της κάθε ομάδας, δηλαδή καθορισμό των μεταβλητών ή των δειγμάτων που συγκροτούν κάθε ομάδα.

Η παραγοντική ανάλυση έχει χρησιμοποιηθεί τόσο ως μέσο έρευνας κοιτασμάτων (Saager and Esselaar 1969, Hakli 1970, Reeves and Saadi 1971, Dawson and Sinclair 1974, Koo and Mossman 1975, Olorunfemi 1984, Aleksandrov and Solovyena 1986), όσο και ως μέσο μελέτης των κύριων στοιχείων και των ιχνοστοιχείων στα θαλάσσια ιζήματα (Imbrie and Van Andel 1964, Cameron 1968, Van Der Weijden 1976, Flores and Shideler 1978, Gardner et al 1980, Marshall 1983, Guezzoni et al 1984, Coward and Cronan 1987, Shankar et al 1987).

Η ευρεία εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης σε γεωχημικά δεδομένα είναι προϊόν της αποτελεσματικότητάς της, και οφείλεται στο γεγονός ότι τα γεωχημικά δεδομένα χαρακτηρίζονται από σχέσεις έντονης συμπάθειας και αντιπάθειας, σχέσεις που εύκολα ανιχνεύονται από την παραγοντική ανάλυση.

Η ανάπτυξη της μεθόδου της ανάλυσης των επιφανειών τάσης επιτρέπει το διαχωρισμό των επιφανειακών κατανομών των μεταβλητών, σε δύο συστατικά μέρη: (i) την κύρια επιφάνεια τάσης (trend surface), που εμφανίζει μεγάλης κλίμακας χαρακτηριστικά και γενικές τάσεις στη γεωγραφική κατανομή των μεταβλητών και (ii) τις αποκλίσεις (residuals) από τις κύριες τάσεις, που αντιπροσωπεύουν τις τοπικές ανωμαλίες που πιθανώς υπάρχουν στις επιφανειακές κατανομές των μεταβλητών.

Η μέθοδος της ανάλυσης των επιφανειών τάσης, έχει χρησιμοποιηθεί από ερευνητές ως μέσο εξερεύνησης κοιτασμάτων ή ως μέθοδος ανάλυσης γεωφυσικών δεδομένων (Merriam and Harbough 1964, Harbough and Merriam 1968, Makris and Todt 1978, Sutterlin and Harstings 1986). Η μέθοδος όμως έχει εφαρμοσθεί κυρίως σε πετρογραφικά, ιζηματολογικά και γεωχημικά δεδομένα (Read et al 1971, Killeen and Heier 1975, Trapp and Rockaway 1977, Chapman 1978, Doyle and Feldhansen 1981, Watney 1985).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να καταδείξει:

- Την αποτελεσματικότητα των μεθόδων πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης, στη μελέτη γεωχημικών και ιζηματολογικών διεργασιών που αναπτύσσονται κατά την απόρριψη μεταλλοφόρων βιομηχανικών αποβλήτων στο θαλάσσιο περιβάλλον.
- Ενώ επιπλέον υποδεικνύει τους καταλληλότερους τρόπους εφαρμογής των μεθόδων σε τέτοιου τύπου περιβαλλοντικά προβλήματα για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

Η επεξεργασία των γεωχημικών δεδομένων με τις παραπάνω στατιστικές μεθόδους ανάλυσης, οδηγεί στην εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων όσον αφορά:

- Στην επίδραση των μεταλλοφόρων αποβλήτων στα φυσικά ιζήματα.

- Στην παρουσία των βαρέων μετάλλων στις διάφορες γεωχημικές φάσεις των ιζημάτων χωρίς τη χρήση ειδικών χημικών αναλύσεων (κλασματική διάσπαση).
 - Στις σχέσεις μεταξύ των μετάλλων και τη γεωγραφική έκφραση των σχέσεων αυτών.
 - Στη σύγκριση των κατανομών των διαφόρων μετάλλων στα επιφανειακά ιζήματα του πυθμένα και
 - Στον εντοπισμό ανθρωπογενών και φυσικών γεωχημικών ανωμαλιών.
- Η παραγοντική ανάλυση εφαρμόστηκε σε χημικές αναλύσεις των υποθαλάσσιων αποθέσεων:
- (i) Της μεταλλοφόρου ερυθράς ιλύος (red mud) στον κόλπο των Αντικύρων, η οποία εκχύνεται από την ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε. (Varnavas et al 1986, Varnavas and Paratheodorou 1987, Παπαθεοδώρου 1991) και
 - (ii) Της μεταλλουργικής σκωρίας στον Β. Ευβοϊκό κόλπο, η οποία απορρίπτεται από τη ΛΑΡΚΟ Α.Ε. (Voutsinou and Varnavas 1987, Βουτσίνου 1988).
- Η ανάλυση επιφανειών τάσης αναπτύχθηκε στις χημικές αναλύσεις των υποθαλασίων αποθέσεων της ερυθράς ιλύος.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγματα, από τις υποθαλάσσιες αποθέσεις της ερυθράς ιλύος και τα παρακείμενα φυσικά ιζήματα, από τον κόλπο των Αντικύρων και τον Κεντρικό Κορινθιακό κόλπο, αναλύθηκαν χημικά με τη μέθοδο της ολικής διάσπασης ($\text{HF-HClO}_4\text{-HNO}_3$) και προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των Fe-Ti-Cr-Ni-Co-Pb-Mn-Zn-Cu-Al με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Perkin Elmer 5000. Ο προσδιορισμός του CaCO_3 έγινε με επίδραση οξεικού οξέος. Συνολικά αναλύθηκαν 34 επιφανειακά και 48 υποεπιφανειακά δείγματα ερυθράς ιλύος και φυσικών ιζημάτων. (Παπαθεοδώρου 1991).

Συνολικά 151 επιφανειακά δείγματα μεταλλουργικής σκωρίας και φυσικών ιζημάτων, από το Β. Ευβοϊκό κόλπο, αναλύθηκαν χημικά με επίδραση 75ml 2N HCl και προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των Fe-Cr-Ni-Mn-Zn-Co-Cu-Pb-Al, με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Perkin Elmer 305B. Ο προσδιορισμός του CaCO_3 έγινε με επίδραση οξεικού οξέος (Βουτσίνου 1988).

Ο αριθμός των αναλυθέντων δειγμάτων, και στις δύο περιπτώσεις, κρίνεται ικανοποιητικός για την εφαρμογή μεθόδων πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης.

Παραγοντική ανάλυση R-τύπου αναπτύχθηκε στα γεωχημικά δεδομένα, με σκοπό την αποκάλυψη των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών (μετάλλων). Η επιλογή του αριθμού των κύριων παραγόντων έγινε με συνεκτίμηση των διαφόρων κριτηρίων που συνήθως χρησιμοποιούνται (ιδιοτιμή > 1 , scree-διάγραμμα), και των ιδιαιτεροτήτων των δεδομένων που αναλύονται. Η περιστροφή των αξόνων των κύριων παραγόντων έγινε σύμφωνα με το κριτήριο της Μεγιστοδιακύμανσης (Varimax rotation), και υπολογίστηκαν οι παραγοντικές φορτίσεις (loadings) των μετάλλων στους κύριους παράγοντες. (Φερεντίνος κ.ά., 1994).

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Επιπλέον, υπολογίσθηκαν οι παραγοντικές τιμές (scores), οι οποίες εκφράζουν τη συμμετοχή του κάθε παράγοντα στα δείγματα ιζημάτων που αναλύθηκαν, ώστε να είναι δυνατή η σχεδίαση της γεωγραφικής επίδρασης του κάθε παράγοντα. Για την εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο Statgraphic.

Η ανάλυση των επιφανειών τάσης αναπτύχθηκε στις συγκεντρώσεις εννέα χημικών στοιχείων (Fe-Ti-Cr-Ni-Co-Pb-Mn-Zn-Cu-Carb.) από τις υποθαλάσσιες αποθέσεις της ερυθράς ιλύος, με ικανοποιητική προσαρμογή των υπολογισθέντων πολυωνύμων στα αναλυθέντα δεδομένα. Αυτό επέτρεψε τη σχεδίαση των επιφανειών τάσης (trend surfaces) και των αντίστοιχων κατανομών των αποκλίσεων (residuals) για κάθε χημικό στοιχείο. Υπολογίσθηκαν επιφάνειες τάσης από πρώτου έως τετάρτου βαθμού. Ο υπολογισμός ανωτέρου του τετάρτου βαθμού πολυωνύμου δεν κρίθηκε αναγκαίος, εξαιτίας της μειωμένης στατιστικής αξιοπιστίας τους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο αριθμός των συντελεστών του 4-βάθμιου πολυωνύμου πλησιάζει τον αριθμό των δειγμάτων. Η εφαρμογή της ανάλυσης επιφανειών τάσης έγινε με πρόγραμμα H.Y., το οποίο αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς (Φερεντίνος κ.α. 1994).

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ I : Εκχυση ερυθράς ιλύος στον Κορινθιακό κόλπο.

Η μεταλλοφόρος ερυθρά ιλύς προκύπτει ως στερεό απόβλητο, κατά τη διαδικασία παραγωγής αλουμίνας από βωξίτη, και εκχύνεται στον κόλπο των Αντικύρων διαμέσου δύο υποθαλασσιών αγωγών με ετήσιο ρυθμό 503.000 τόνους.

Η ερυθρά ιλύς έχει καλύψει το μεγαλύτερο τμήμα (70%) του πυθμένα του κόλπου των Αντικύρων, ενώ έχει μεταφερθεί με τουρβιδιτικά ρεύματα στην κεντρική λεκάνη του Κορινθιακού κόλπου, σε βάθος 850 m και σε απόσταση 18 Km από τα στόμια των αγωγών (Εικ. 1). (Παπαθεοδώρου 1991, Papatheodorou and Ferentinos).

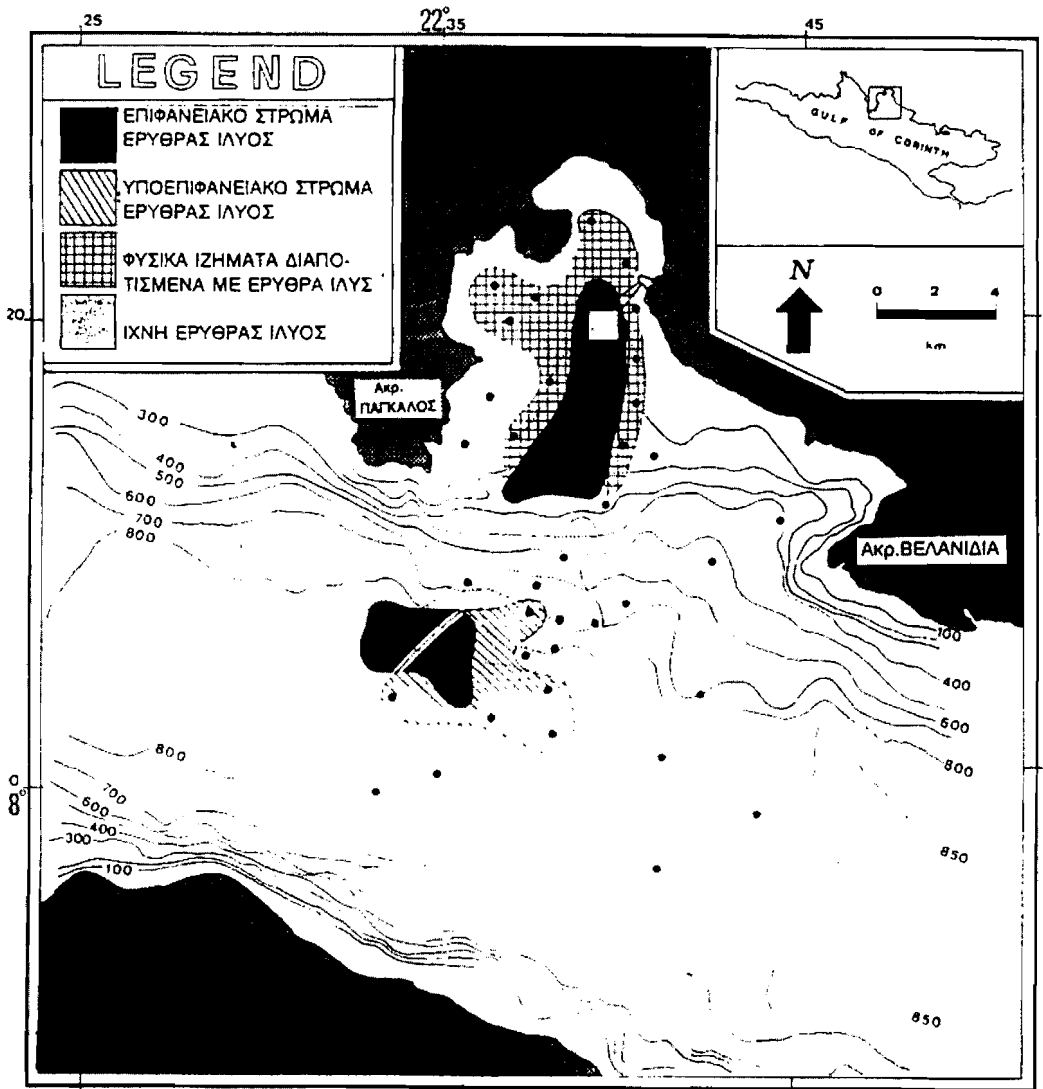
Οι υποθαλάσσιες αποθέσεις της ερυθράς ιλύος, στον κόλπο των Αντικύρων καλύπτουν: (α) έκταση 22 Km² υπό τη μορφή σαφούς επιφανειακού στρώματος, πάχους από 17 m έως 1 cm και (β) έκταση 20 Km² υπό τη μορφή διαποτισμού των φυσικών ιζημάτων (ερυθρά απόχρωση) (Εικ. 1).

Οι υποθαλάσσιες αποθέσεις της ερυθράς ιλύος στην κεντρική λεκάνη του κόλπου καλύπτουν: (α) έκταση 14 Km² υπό τη μορφή επιφανειακού στρώματος πάχους 2-4 cm, και (β) έκταση 23 Km² υπό τη μορφή υποεπιφανειακού στρώματος πάχους 2-4 cm (Εικ. 1).

Οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων ερυθράς ιλύος και των παρακείμενων φυσικών ιζημάτων, έδειξε ότι η ερυθρά ιλύς παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις Fe₂O₃-TiO₂Cr₂O₃-Ni-Co-Pb και αντίστοιχα χαμηλότερες συγκεντρώσεις Mn και Zn από τα φυσικά ιζήματα του κόλπου των Αντικύρων (Varnavas and Papatheodorou 1987, Παπαθεοδώρου 1991).

3.1. Παραγοντική ανάλυση.

Η R-τύπου παραγοντική ανάλυση εφαρμόστηκε στις χημικές αναλύσεις των επιφανειακών δειγμάτων της ερυθράς ιλύος και των παρακείμενων φυσικών ιζημάτων. Η



Εικ. 1. Τύποι αποθέσεων ερυθράς ιλύος στον κόλπο των Αντικύρων και στον κεντρικό Κορινθιακό κόλπο (από Παπαθεοδώρου, 1991).

εφαρμογή της ανάλυσης οδήγησε σε ένα τετραμελές παραγοντικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό χαρακτηρίζεται από την κυρίαρχη παρουσία ενός παράγοντα, ενώ ερμηνεύει το 94,8% της ολικής διακύμανσης (total variance) των δεδομένων και εκφράζει ικανοποιητικά (κοινές παραγοντικές διακυμάνσεις: communalities: 0.82-1.00) όλα τα χημικά στοιχεία (Πίν. 1). Οι παραγοντικές τιμές για τους τέσσερις παράγοντες υπολογίστηκαν και κατασκευάστηκαν οι επιφανειακές τους κατανομές (Εικ. 2α, β, γ, δ).

Ο παράγων 1 εκφράζει το 61,4% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει διπολιψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

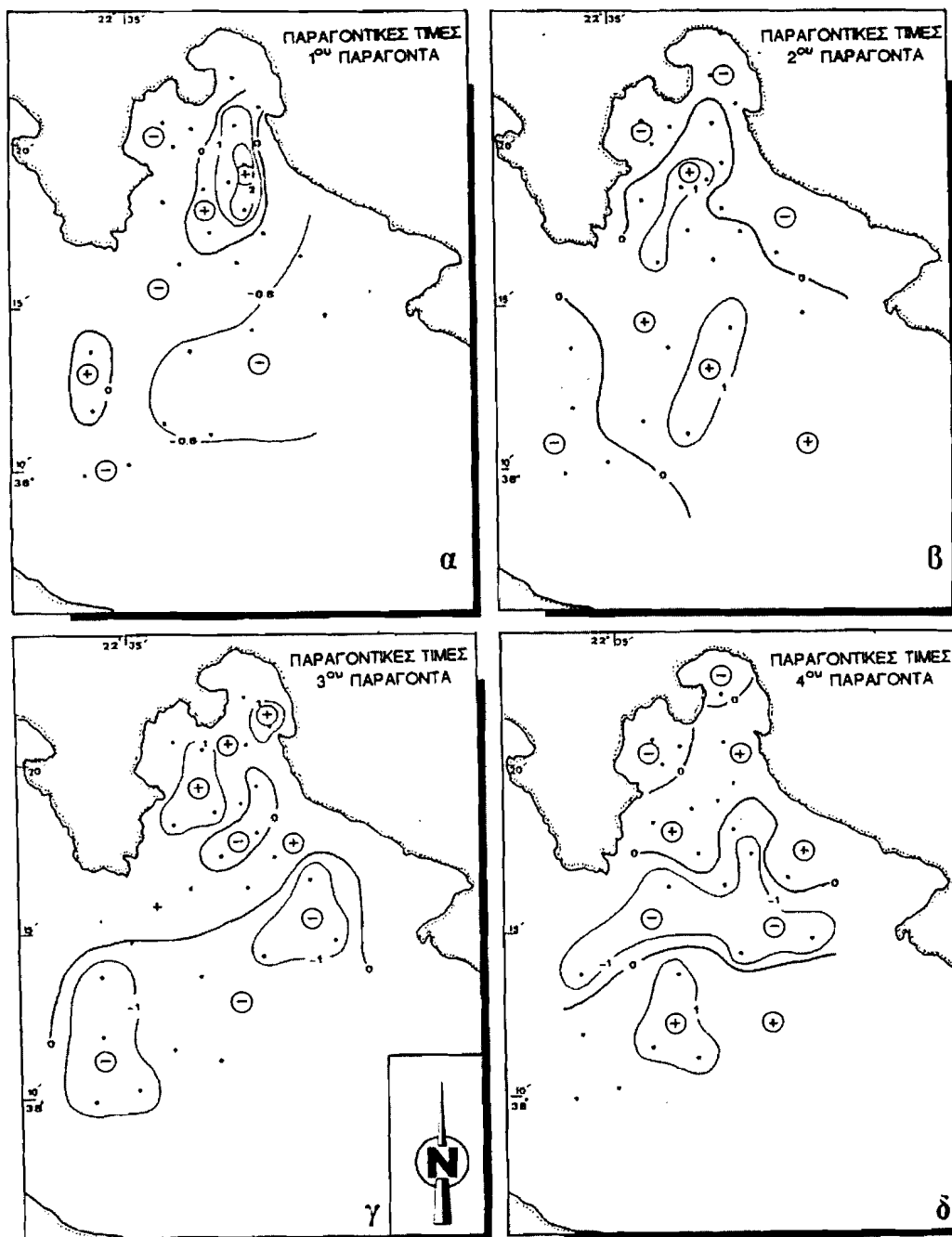
Πίνακας 1

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ R-ΤΥΠΟΥ					
Μεταβλητή	Κοινή παραγοντική διακύμανση (communality)	Παράγων	Ιδιοτιμή	Ποσοστό διακύμανσης	Αθροιστικό ποσοστό (%)
Fe ₂ O ₃	0.99669	1	6.75798	61.4	61.4
TiO ₂	0.95289	2	2.22733	20.2	81.7
Cr ₂ O ₃	0.98896	3	1.02954	9.4	91.0
Ni	0.99736	4	0.41559	3.8	94.8
Co	0.96927	5	0.24976	2.3	97.1
Pb	0.97769	6	0.18872	1.7	98.8
Mn	0.79513	7	0.07010	0.6	99.4
Cu	0.87724	8	0.03254	0.3	99.7
Zn	0.82661	9	0.02043	0.2	99.9
Al	0.88183	10	0.00644	0.1	100.0
CaCO ₃	0.81997	11	0.00156	0.0	100.0

κό χαρακτήρα (Πίν. 2). Οι υψηλές θετικές φορτίσεις που παρουσιάζουν τα στοιχεία Fe-Ti-Cr-Ni-Co-Pb σε συνδυασμό με τις αρνητικές φορτίσεις των Mn και Zn, επιτρέπουν το χαρακτηρισμό του πρώτου παράγοντα ως παράγοντα ερυθράς ιλύος. Οι υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των μετάλλων που περιέχονται στις αποθέσεις της ερυθράς ιλύος, είναι το κύριο χαρακτηριστικό του πίνακα των δεδομένων και για το λόγο αυτό, η παραγοντική ανάλυση το αναδεικνύει ως κυρίαρχο παράγοντα.

Η επιφανειακή κατανομή των παραγοντικών τιμών (Εικ. 2α) του πρώτου παράγοντα, που εκφράζει τη γεωγραφική του επίδραση, είναι όμοια με αυτή των υποθαλασσιών αποθέσεων της ερυθράς ιλύος (Εικ. 1), αυξάνοντας τη στατιστική αξιοπιστία του τετραμελούς μοντέλου.

Ο **παράγων 2** εκφράζει το 20,2% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων (Πίνακας 1) και χαρακτηρίζεται ως παράγων αργιλικών ορυκτών, όπως δηλώνουν οι υψηλές θετικές φορτίσεις των Al-Mn-Cu-Zn και οι χαμηλότερες των Ti-Co-Cr-Ni (Πίνακας 2) καθώς και η ασθενής επίδραση του παράγοντα στις παράκτιες περιοχές (Εικ. 2β). Η ισχυρή συσχέτιση των μετάλλων Cu-Ti-Co-Cr-Ni με τα αργιλικά ορυκτά είναι δυνατόν να οφείλεται στην παρουσία τους σε θέσεις πλέγματος η/και σε προσρόφηση από την επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών ως αποτέλεσμα ενδομοριακών δυνάμεων (Forstner and Wittman 1983). Οι υψηλότερες τιμές των λόγων Cu/Al, Ti/Al, Co/Al, Cr/Al και Ni/Al στα αναλυθέντα δείγματα έναντι των αντιστοίχων στους τυπικούς σχι-



Εικ. 2. Επιφανειακή κατανομή της επίδρασης (α) του παράγοντα 1, (β) του παράγοντα 2, (γ) του παράγοντα 3 και (δ) του παράγοντα 4.

Πίνακας 2

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (VARIMAX ROTATION)					
Μεταβλητή /Παράγων	1	2	3	4	Κοινή παραγοντική διακύμανση (communality)
Fe ₂ O ₃	0.98178	0.05790	-0.02957	0.07729	0.9741
TiO ₂	0.89403	0.19957	0.08036	0.12008	0.8600
Cr ₂ O ₃	0.96596	0.16612	-0.02559	0.12941	0.9850
Ni	0.97704	0.14967	-0.08600	0.08267	0.9912
Co	0.95297	0.17526	-0.04563	-0.00216	0.9410
Pb	0.98122	0.00893	0.00720	0.09046	0.9711
Mn	-0.44348	0.43906	-0.45067	-0.59991	0.9524
Cu	0.05556	0.92176	-0.30568	-0.02336	0.9467
Zn	-0.79690	0.33725	-0.33611	0.28345	0.9421
Al	0.48558	0.78065	0.26128	-0.12052	0.9280
CaCO ₃	-0.11393	-0.08492	0.95567	0.07248	0.9387

στολίθους, δηλώνουν την ανάπτυξη μηχανισμού προσρόφησης. Η συσχέτιση του Mn με τα αργιλικά ορυκτά είναι δυνατόν να οφείλεται στην παρουσία του Mn στο πλέγμα τους ή να βρίσκεται με τη μορφή οξειδιακού καλύμματος (oxide film/coating) (Fripiat and Castuche 1982).

Ο παράγων 3 εκφράζει το 9,4% της ολικής διακύμανσης (Πίνακας 1) και είναι διπολικού χαρακτήρα (Πίνακας 2). Το CaCO₃ παρουσιάζει υψηλή θετική φόρτιση και τα μέταλλα Mn-Zn-Cu αρνητικές φορτίσεις (Πίνακας 2). Ο παράγων αυτός μπορεί να θεωρηθεί ως ανθρακικός παράγων, ο οποίος συγχρόνως βρίσκεται σε σχέση αντιπάθειας με τη Mn-υδροξειδιακή φάση. Ο θετικός πόλος του παράγοντα παρουσιάζει ισχυρή επίδραση στις παράκτιες περιοχές, ενώ ο αρνητικός πόλος στην πλαγιά και στην κεντρική λεκάνη του Κορινθιακού κόλπου (Εικ. 2γ).

Ο παράγων 4 εκφράζει μόλις το 3,8% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων (Πίνακας 1), παρουσιάζει υψηλή αρνητική φόρτιση αποκλειστικά στο Mn (Πίνακας 2) και ισχυρή επίδραση τόσο στον κόλπο των Αντικύρων όσο και στην κεντρική λεκάνη του κόλπου (Εικ. 2δ), στοιχεία που προτείνουν ένα ιδιαίτερο μηχανισμό εισόδου του Mn στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Οι εξαιρετικά ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ των μετάλλων που χαρακτηρίζουν τις αποθέσεις της ερυθράς ύλης, αιχνεύθηκαν εύκολα μεν από την παραγοντική ανάλυση, αλλά πιθανώς επεσκίασαν ασθενείς συσχετίσεις που υπάρχουν μεταξύ των δεδο-

μένων και οι οποίες είναι δυνατόν να εκφράζουν την επίδραση της ερυθράς ιλύος στα παρακείμενα φυσικά ιζήματα. Συνεπώς η αποτελεσματικότητα της παραγοντικής ανάλυσης μειώνεται σημαντικά. Η «στατιστική σκιά» που προκαλείται από την παρουσία των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος στον πίνακα των δεδομένων, μπορεί να εξαληφθεί με απομάκρυνση των δειγμάτων αυτών και επαναεφαρμογή της ανάλυσης.

Η νέα παραγοντική ανάλυση R-τύπου εφαρμόστηκε αποκλειστικά σε δείγματα φυσικών ιζημάτων παρακείμενα των αποθέσεων της ερυθράς ιλύος. Ένα πενταμελές παραγοντικό μοντέλο επιλέχθηκε για να εκφράσει τον πίνακα των δεδομένων. Το μοντέλο αυτό εκφράζει το 95,7% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων, ποσοστό συγκρίσιμο με το αντίστοιχο της προηγούμενης ανάλυσης.

Ο παράγων 1 εκφράζει το 51,6% της ολικής διακύμανσης (Πίνακας 3) και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στα μέταλλα Al-Ni-Zn-Cu-Co-Mn και αρνητικές στα Pb-CaCO₃ (Πίνακας 4). Ο παράγων αυτός είναι παράγοντας αργιλικών ορυκτών, ο οποίος συγχρόνως εκφράζει την έντονη αντιπάθεια αργιλικών ορυκτών και ανθρακικού κλάσματος, και μπορεί να θεωρηθεί αντίστοιχος του δεύτερου παράγοντα της προηγούμενης ανάλυσης. Οι σημαντικά υψηλότερες φορτίσεις των μετάλλων Ni-Co (0.85,0.33) στον παράγοντα αυτό (Πίνακας 4) έναντι των φορτίσεων (0.20,0.17) στον αντίστοιχο παράγοντα της προηγούμενης ανάλυσης, οφείλεται αποκλειστικά στην απουσία των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος. Οι υψηλές φορτίσεις των μετάλλων Ni-

Πίνακας 3

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ R-ΤΥΠΟΥ					
Μεταβλητή	Κοινή παραγοντική διακύμανση (communality)	Παράγων	Ιδιοτιμή	Ποσοστό διακύμανσης	Αθροιστικό ποσοστό (%)
Fe ₂ O ₃	0.85497	1	4.64362	51.6	51.6
Ni	0.85985	2	2.02674	22.5	74.1
Co	0.79222	3	1.04667	11.6	85.7
Pb	0.72813	4	0.49012	5.4	91.2
Mn	0.89579	5	0.40748	4.5	95.7
Cu	0.88201	6	0.20829	2.3	98.0
Zn	0.83512	7	0.07827	0.9	98.9
Al	0.88655	8	0.6695	0.7	99.6
CaCO ₃	0.93148	9	0.03186	0.4	100.0

Πίνακας 4

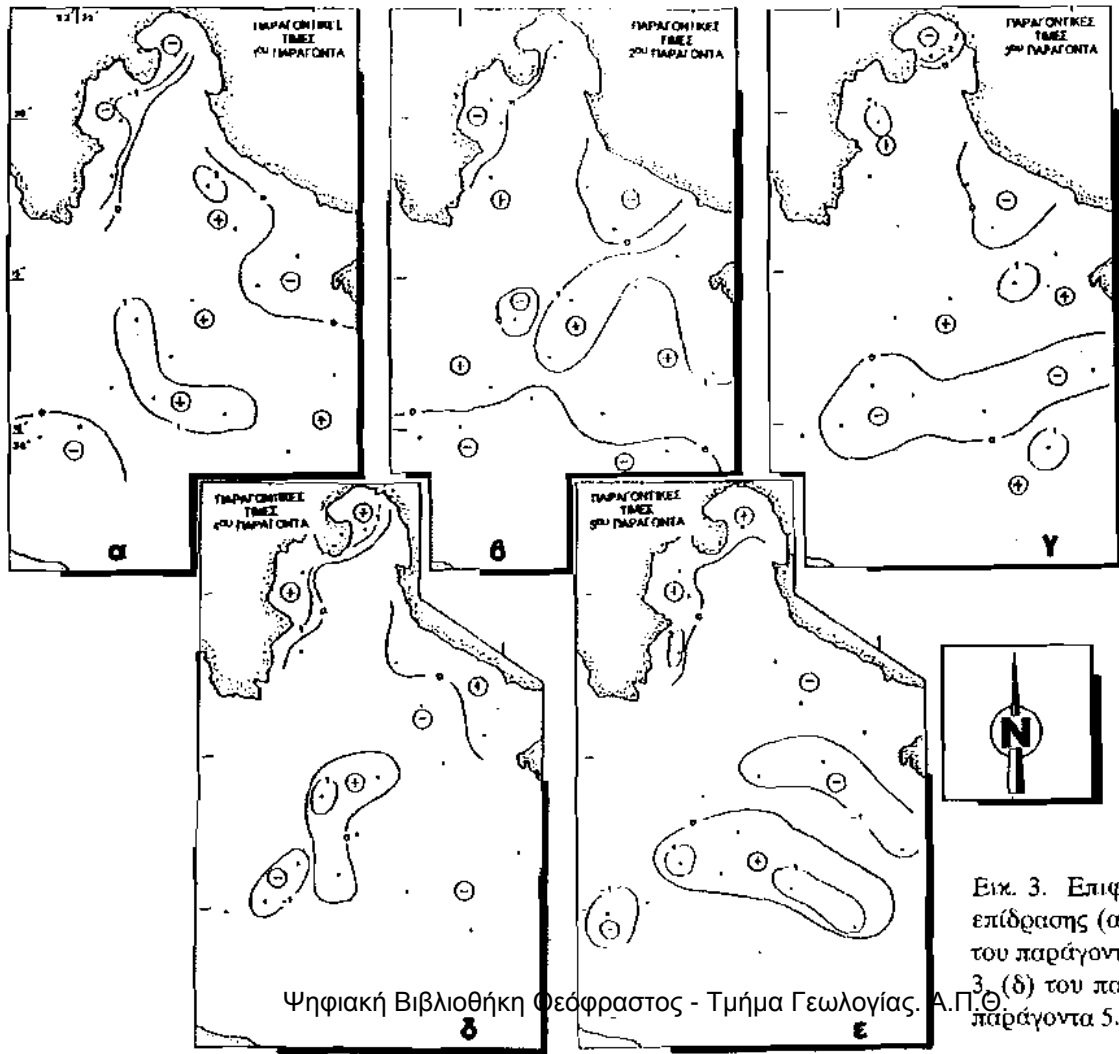
ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (VARIMAX ROTATION)					
Μεταβλητή /Παράγων	1	2	3	4	Κοινή παραγοντική διακύμανση (communality)
Fe ₂ O ₃	0.018175	0.010545	-0.190823	0.930678	0.9783
Ni	0.849696	0.218694	0.289047	0.317239	0.9590
Co	0.328372	0.924936	-0.011750	0.043159	0.9654
Pb	-0.313155	-0.026189	-0.868534	0.261659	0.9478
Mn	0.178468	0.701675	0.353693	-0.094874	0.9758
Cu	0.597878	0.464354	0.458836	-0.312393	0.9028
Zn	0.846644	0.294434	0.199584	-0.275999	0.9370
Al	0.525133	0.323596	0.579788	0.099420	0.9672
CaCO ₃	-0.183463	-0.173806	-0.101749	0.490032	0.9814

Zn-Cu-Co-Mn, είναι φανερό, ότι οφείλονται στη στενή συσχέτιση των στοιχείων με τα αργιλικά ορυκτά. Τα στοιχεία αυτά όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι ενσωματωμένα (lattice held) η/και προσροφημένα (adsorptive bonding) στα αργιλικά ορυκτά. Εκπληξη προκαλεί η μη συσχέτιση του Pb με αυτά (0.009), επειδή ο Pb παρουσιάζει την υψηλότερη ικανότητα προσρόφησης στα αργιλικά ορυκτά από όλα τα υπόλοιπα μέταλλα (Mitchel 1964, Soong 1974), εξαιτίας της παρόμοιας ακτίνας ιόντος του με αυτή του K.

Οι αρνητικές φορτίσεις που παρουσιάζουν ο Pb και το CaCO₃ στον παράγοντα αυτό, πιθανώς να υποδηλώνει τη συσχέτιση του Pb με το ανθρακικό κλάσμα των ιζημάτων.

Η επίδραση του θετικού πόλου (Ni-Zn-Cu-Co-Mn) είναι σημαντική στα φυσικά ιζήματα της λεκάνης του κόλπου και στην πλαγιά δυτικά του Ακρωτηρίου Βελανιδιά (Εικ. 3α), όπου έχουν διαπιστωθεί οι υψηλότερες τιμές των λόγων Ni/Al, Zn/Al και Cu/Al. Η επίδραση του αρνητικού πόλου (Pb-CaCO₃), είναι σημαντική τόσο στα ιζήματα της λεκάνης του κόλπου, όσο και στα ιζήματα των παράκτιων περιοχών του κόλπου των Αντικύρων (Εικ. 3α).

Ο παράγων 2 εκφράζει το 22,5% της ολικής διακύμανσης και χαρακτηρίζεται ως παράγων της Μη-οξειδιακής φάσης, εξαιτίας των υψηλών φορτίσεων των μετάλλων Mn-Co-Cu-Al-Zn (Πίνακας 4).



Εικ. 3. Επιφανειακή κατανομή της επίδρασης (α) του παράγοντα 1, (β) του παράγοντα 2, (γ) του παράγοντα 3, (δ) του παράγοντα 4 και (ε) του παράγοντα 5.

Τα μέταλλα Co-Cu-Zn έχει διαπιστωθεί ότι σχετίζονται με τη Μη-οξειδιακή φάση (Gibbs 1973, Perhac 1974a, b, Murray and Dillard 1979, Rosenthal et al 1986) και συνήθως συγκροτούν με το Μη ένα στατιστικά σημαντικό παράγοντα (Coward and Cronan 1987, Shankar et al 1987). Η θετική φόρτιση που παρουσιάζει το Al στον παράγοντα αυτό, είναι πιθανώς αποτέλεσμα της οξειδιακής κάλυψης (coating) των αργιλικών ορυκτών με τα Μη-υδροξειδία.

Ο παράγων αυτός είναι ανάλογος του τρίτου παράγοντα της προηγούμενης παραγοντικής ανάλυσης. Η σημαντικά υψηλότερη φόρτιση (0.93) του μετάλλου Co στον παράγοντα αυτό, έναντι της φόρτισης του (-0.05) στον αντίστοιχο υδροξειδιακό παράγοντα της προηγούμενης ανάλυσης, οφείλεται στην απουσία της επίδρασης των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος.

Η επίδραση του Μη-υδροξειδιακού παράγοντα είναι σημαντική στα φυτικά ιζήματα της λεκάνης του κόλπου και στην πλαγιά δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά, περιοχή όπου έχουν διαπιστωθεί οι υψηλότερες τιμές των λόγων Co/Al, Cu/Al και Zn/Al (Εικ. 3β).

Ο παράγων 3 εκφράζει το 11,6% της ολικής διακύμανσης (Πίνακας 3) και παρουσιάζει υψηλή αρνητική φόρτιση (-0.87) αποκλειστικά στο στοιχείο Pb (Πίνακας 4). Ο παράγων αυτός δεν ανιχνεύθηκε από την προηγούμενη παραγοντική ανάλυση εξαιτίας της στενής σχέσης του Pb με την ερυθρά ιλύ.

Η απουσία συσχέτισης του Pb με τις κυρίαρχες χημικές φάσεις των αργιλικών ορυκτών και των Μη-υδροξειδίων καθώς και η κυρίαρχη παρουσία σε αυτόν τον παράγοντα, υποδηλώνει την πιθανή σχέση του Pb με το οργανικό υλικό (organic substances). Τα μεταλλικά κατιόντα προσροφούνται στη γενικά αρνητικά φορτισμένη οργανική ύλη είτε φυσικά είτε με χημικούς δεσμούς (Saxby 1969, Krauskopf 1955).

Η προρόφηση του Pb στην οργανική ύλη έχει διαπιστωθεί από πολλούς ερευνητές (Jonasson 1977, Hildebrand and Blum 1974).

Ο παράγων 4 εκφράζει το 5,4% της ολικής διακύμανσης (Πίνακας 4) και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στο Fe και χαμηλότερες φορτίσεις στο Ni, Pb και CaCO₃ (Πίνακας 5). Ο παράγων αυτός είναι παράγων υδροξειδίων του Fe (μαγνητίτης Fe₃O₄, αιματίτης Fe₂O₃, γκαιτίτης α-FeOOH). Οι θετικές φορτίσεις Ni και Pb στον παράγοντα αυτό, οφείλεται στη στενή σχέση των μετάλλων αυτών με την Fe-οξειδιακή φάση (Cronan 1969, Chester and Aston 1976).

Η παρουσία θετικής φόρτισης του CaCO₃ στον παράγοντα της Fe-υδροξειδιακής φάσης, είναι σπάνια, επειδή συνήθως διαπιστώνεται σχέση αντιπάθειας μεταξύ CaCO₃ και μετάλλων. Η σπουδαιότητα της προσρόφησης μετάλλων (κυρίως Zn, Cd, Co και Pb) από τα ανθρακικά, διαπιστώθηκε σταδιακά από πολλούς ερευνητές (Suess 1973, Deyrer et al 1978, Salomons and Mook 1978, Jenne 1976).

Οξειδία του Fe φτωχά κρυσταλλόμενα όπως ο αιμοσίτης (hematite) και ο γκαιτίτης (goethite) έχει διαπιστωθεί ότι καλύπτουν (coating) κόκκους άμιου ή πηλού με μορφή οξειδιακής μεμβράνης (oxide film) (Forstner & Wittman 1983). Ο παραπάνω μηχανισμός είναι πιθανώς υπεύθυνος για τη συσχέτιση CaCO₃ με τον παράγοντα της Fe-οξειδιακής φάσης. Η άποψη αυτή ενισχύεται από τη σημαντική επίδραση του παράγοντα.

γοντα αυτού (Εικ. 3 δ), όχι μόνο σε δείγματα φυσικής λύσης της κεντρικής λεκάνης του Κορινθιακού κόλπου, αλλά και σε ιζήματα κοντά στις ακτές του κόλπου των Αντικύρων όπου κυριαρχεί το ανθρακικό κλάσμα και τα οποία έχουν ελαφρά ερυθρά απόχρωση. Επιπλέον η διαπίστωση του M. Nanke (1973), ότι η απορριπτόμενη, στη Β. Θάλασσα, ερυθρά λύ δημιούργησε καφέ χρώματος υδροξείδια Fe πάνω στην επιφάνεια κόκκων άμμου, βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με το χαρακτήρα του Fe-οξειδιακού παράγοντα αυτής της ανάλυσης.

Ο παράγων 5 εκφράζει το 4,5% της ολικής διακύμανσης και χαρακτηρίζεται ως ανθρακικός παράγων, όπως δηλώνει η υψηλή θετική φόρτιση που παρουσιάζει το CaCO_3 (Πίνακας 4).

3.2. Ανάλυση Επιφανειών Τάσης

Η προσαρμογή των υπολογισθέντων πολυωνυμίων στις συγκεντρώσεις των χημικών στοιχείων (Fe- Ni- Co- Pb- Al- Mn- Zn- Cu- Carb) είναι ικανοποιητική και ο συντελεστής προσαρμογής τους (coefficient of determination, c.d) κυμαίνεται από 8,76% έως 32,86% για τις επιφάνειες πρώτου βαθμού, με σαφή τάση αύξησης καθώς αυξάνεται ο βαθμός του πολυωνύμου (Πίνακας 5).

Πίνακας 5

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ (c.d)				
	1ου Βαθμού	2ου Βαθμού	3ου Βαθμού	4ου Βαθμού
Fe_2O_3	13.99	18.03	36.04	57.78
Ni	9.64	14.99	35.18	60.58
Co	8.76	17.81	32.09	—
Pb	18.76	24.53	40.88	—
Al	11.00	15.97	27.68	—
Mn	30.13	51.17	70.75	77.16
Zn	32.86	37.80	66.90	—
Cu	32.18	38.30	50.54	—
Carb.	17.82	36.46	37.95	42.7

Οι τιμές των συντελεστών c.d για τις επιφάνειες τάσης πρώτου, δευτέρου και τρί-
 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

του βαθμού όλων των μετάλλων, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι επιφανειακές κατανομές τους είναι αξιοσημείωτα διαφορετικές από τις τυχαίες (Howarth 1967). Ο ρυθμός αύξησης των συντελεστών από την πρώτου έως την τετάρτου βαθμού επιφάνεια τάσης, διακρίνει τις επιφανειακές κατανομές των μετάλλων σε τρεις ομάδες (α) Fe-Ni-Co-Pb-Al (β) Mn-Zn-Cu και (γ) ανθρακικά.

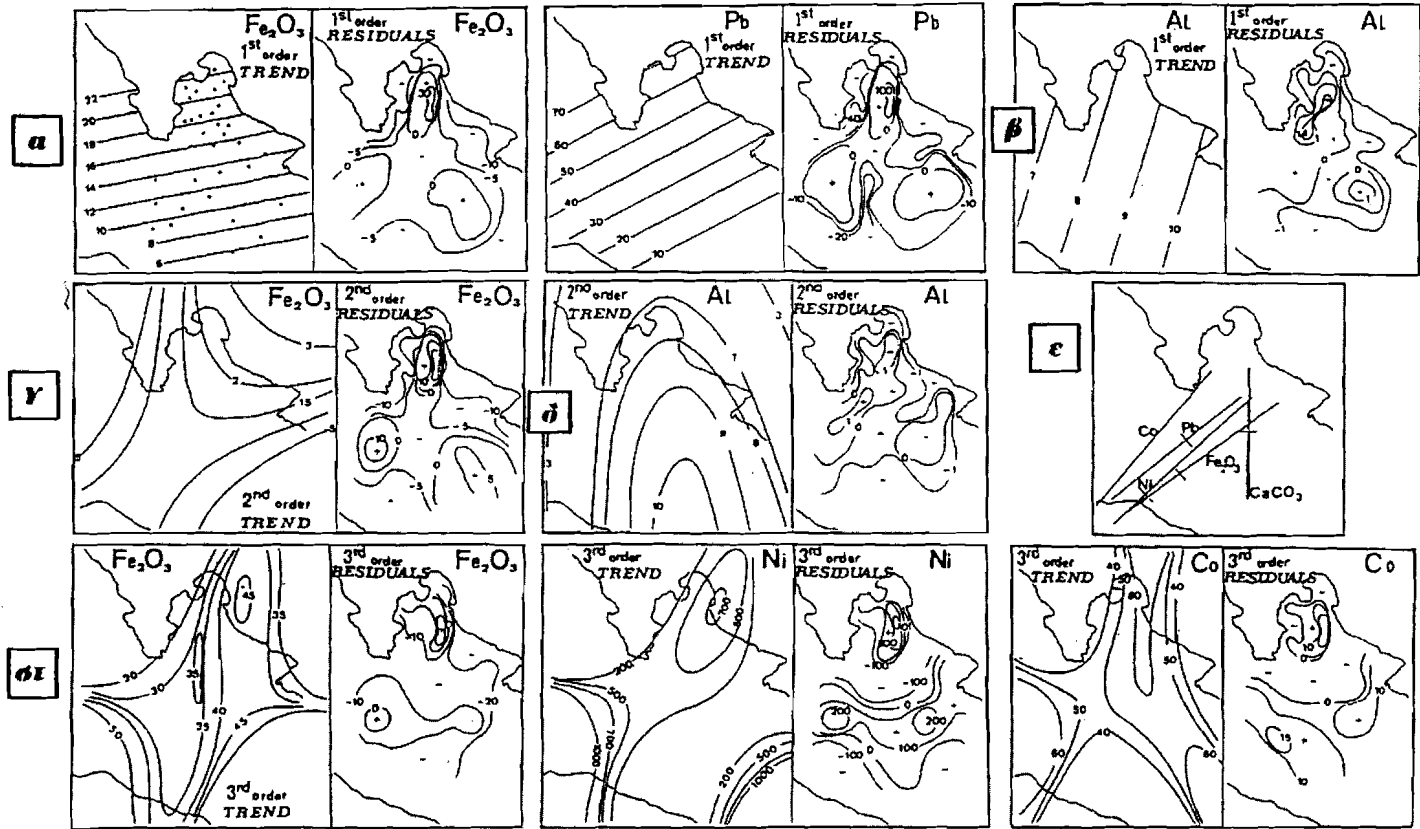
3.2.1. Επιφάνειες τάσης Fe-Ni-Co-Pb-Al

Η μελέτη των επιφανειακών κατανομών των αποκλίσεων (residuals) των επιφανειών πρώτου βαθμού, έδειξε την παρουσία τριών τοπικών θετικών ανωμαλιών στις ίδιες θέσεις για τα μέταλλα Fe-Ni-Co-Pb (Εικ. 4α,β). Οι δύο κύριες θετικές ανωμαλίες παρουσιάζονται στην περιοχή της κύριας μάζας της ερυθράς ιλύος και στο δυτικό τμήμα της κεντρικής λεκάνης του κόλπου αντίστοιχα, και σχετίζονται με επιφανειακές υποθαλάσσιες αποθέσεις της ερυθράς ιλύος. Η τρίτη θετική ανωμαλία δεν σχετίζεται με παρουσία αποθέσεων ερυθράς ιλύος και ανιχνεύεται στην πλαγιά δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά.

Οι επιφάνειες τάσης δευτέρου βαθμού και οι αντίστοιχες κατανομές αποκλίσεων για τα μέταλλα Fe-Ni-Co-Pb παρουσιάζουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τις αντίστοιχες του πρώτου βαθμού (Εικ. 4γ). Οι επιφάνειες τάσης τρίτου βαθμού, έχουν συντελεστές c.d από 27,68% έως 40,88% και παρουσιάζουν σημαντική ομοιότητα με τις επιφανειακές κατανομές των αντιστοιχών μετάλλων (Εικ. 4στ), στοιχείο που προσδίδει επιπλέον στατιστική αξιοπιστία στην ανάλυση. Η μελέτη των κατανομών των αποκλίσεων τρίτου βαθμού οδηγεί σε μία διάκριση του Fe από τα μέταλλα Ni-Co-Pb (Εικ. 4στ). Η κατανομή των αποκλίσεων του Fe παρουσιάζει δύο θετικές ανωμαλίες άμεσα σχετιζόμενες με την ερυθρά ιλύ, ενώ τα υπόλοιπα μέταλλα διατηρούν την τρίτη θετική ανωμαλία η οποία είναι ανεξάρτητη της παρουσίας της ερυθράς ιλύος (Εικ. 4στ).

Η θετική ανωμαλία των Ni-Co-Pb, που διαπιστώνεται δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά (Εικ. 4στ), βρίσκεται σε συμφωνία με τη γεωγραφική επίδραση του πρώτου και δεύτερου παράγοντα (παραγοντική ανάλυση φυσικών ζημάτων), οι οποίοι εκφράζουν την παρουσία των Ni-Co-Pb στα αργιλικά ορυκτά και τη Μη-υδροξειδιακή φάση αντίστοιχα (Εικ. 3α,β).

Η επιφανειακή κατανομή του Al ενώ εντάσσεται από άποψη μεταβολής του c.d στην ομάδα αυτή, παρουσιάζει διαφορετική κατανομή αποκλίσεων (Εικ. 4δ). Η τρίτη σε σπουδαιότητα θετική ανωμαλία που διαπιστώθηκε στις κατανομές των Ni-Co-Pb, και είναι ανεξάρτητη της ερυθράς ιλύος, αναδεικνύεται κύρια ανωμαλία στην κατανομή αποκλίσεων του Al (Εικ. 4δ). Το στοιχείο αυτό δηλώνει ότι η ερυθρά ιλύς ελέγχει ασθενέστερα την κατανομή του Al από ότι ελέγχει τις αντίστοιχες κατανομές των Fe-Ni-Co-Pb. Αυτό βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τα αποτελέσματα της πρώτης παραγοντικής ανάλυσης (ερυθρά και φυσικά ιλύς), όπου το Al παρουσιάζει υψηλότερη φόρτιση (0.78) στον αργιλικό παράγοντα από αυτή (0.49) που παρουσιάζει στον παράγοντα της ερυθράς ιλύος (Πίνακας 2).



Εικ. 4. Επιφάνειες τάσης και οι αντίστοιχες επιφανειακές κατανομές των αποκλίσεων:
 (α), (β) 1ου βαθμού επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Fe_2O_3 , Pb & Al, (γ), (δ) 2ου βαθμού
 επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Fe_2O_3 & Al, (ε) άξονες των 2ου βαθμού επιφανειών τάσης των Fe_2O_3 , Ni, Co, Pb & $CaCO_3$
 και (στ) 3ου βαθμού επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Fe_2O_3 , Ni & Co.

3.2.2. Επιφανειακές τάσεις Mn-Zn-Cu

Οι επιφανειακές τάσεις πρώτου βαθμού των μετάλλων Mn-Zn-Cu παρουσιάζουν συντελεστές c.d που κυμαίνονται από 30,31% έως 32,86% (Πίνακας 5). Οι υψηλότεροι συντελεστές προσαρμογής των μετάλλων έναντι αυτών της προηγούμενης ομάδας, δηλώνουν ότι οι επιφανειακές κατανομές των Mn-Zn-Cu εκφράζονται καλύτερα από το πολυώνυμο πρώτου βαθμού και αυτό εξαιτίας της μικρότερης ανάπτυξης τοπικών ανωμαλιών (Εικ. 5α).

Οι κατανομές αποκλίσεων πρώτου, δευτέρου και τρίτου βαθμού, χαρακτηρίζονται από την κυρίαρχη παρουσία μίας θετικής ανωμαλίας, ανεξάρτητης της ερυθράς ιλύος, δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά. Η γεωγραφική θέση της ανωμαλίας συσχετίζεται απόλυτα με τη γεωγραφική επίδραση του παράγοντα της Mn-υδροξειδιακής φάσης. Οι κατανομές των αποκλίσεων του Mn-Zn παρουσιάζουν αρνητικές ανωμαλίες στις περιοχές απόθεσης της ερυθράς ιλύος, τόσο στην κύρια μάζα της όσο και στην παρουσία της στην κεντρική λεκάνη του κόλπου (Εικ. 5α, β, γ, δ). Αντίθετα, στην κατανομή αποκλίσεων του Cu, οι περιοχές απόθεσης της ερυθράς ιλύος παρουσιάζονται ως θετικές ανωμαλίες, δηλώνοντας την αυξημένη επίδραση της ερυθράς ιλύος στη διαμόρφωση των κατανομών του Cu συγκριτικά με αυτές των Mn και Zn (Εικ. 5δ).

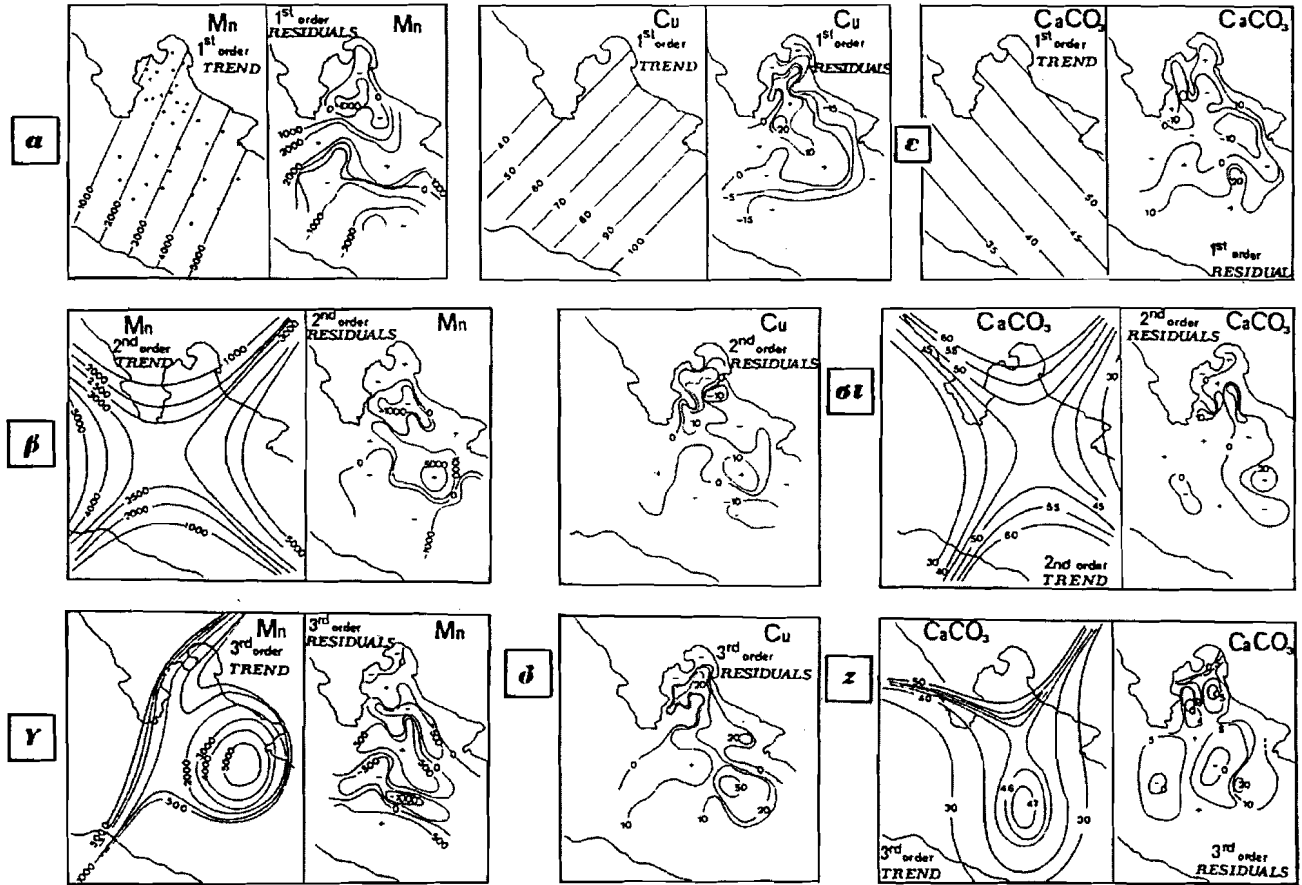
3.2.3. Επιφανειακή τάση ανθρακικών

Οι επιφάνειες τάσης πρώτου, δευτέρου και τρίτου βαθμού των ανθρακικών διαφέρουν από τις αντίστοιχες επιφάνειες των υπολοίπων στοιχείων (Εικ. 5ε, στ, ζ). Ιδιαίτερα στην επιφάνεια δευτέρου βαθμού, όπου είναι δυνατόν ο υπολογισμός του άξονά της, διαπιστώνεται μία διεύθυνση Β-Ν, έναντι της ΒΑ-ΝΔ-ικής και Α-Δ-ικής διεύθυνσης των αξόνων των υπολοίπων στοιχείων (Εικ. 4ε).

Η κατανομή των αποκλίσεων του τρίτου βαθμού παρουσιάζει καλά ανεπτυγμένες θετικές ανωμαλίες ΝΔ του Ακρ. Βελανιδιά και δυτικά του Ακρ. Πάγκαλου, κοντά στις ακτές (Εικ. 5ζ). Οι αποθέσεις της ερυθράς ιλύος τόσο στην κύρια μάζα της όσο και στην κεντρική λεκάνη του κόλπου, προκαλούν ασθενείς αρνητικές ανωμαλίες, στοιχείο που δηλώνει την ασθενή επίδραση της ερυθράς ιλύος στη διαμόρφωση της κατανομής των ανθρακικών (Εικ. 5ζ).

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ II: Απόρριψη μεταλλουργικής σκωρίας στο Β. Ευβοϊκό κόλπο.

Μεταλλουργική σκωρία απορρίπτεται στο Β. Ευβοϊκό κόλπο επί 14 χρόνια, από το μεταλλουργικό εργοστάσιο Fe-Ni της ΛΑΡΚΟ Α.Ε. Η σκωρία απορρίπτεται στην επιφάνεια της θάλασσας με φορτηγίδα, με ρυθμό 6 τόννους/ημερησίως, και σε μια περιοχή όπου το βάθος της θάλασσας κυμαίνεται από 60 έως 85 m (Εικ. 6). Οι υποθαλάσσιες αποθέσεις της σκωρίας έχουν μέγιστο πάχος 16 cm και καλύπτουν μία έκταση πυθμένα 28.5 Km² (Εικ. 6) (Βουτσίνου 1988). Οι χημικές αναλύσεις δειγμάτων από την υποθαλάσσια απόθεση της σκωρίας και των παρακείμενων φυσικών ιζημάτων, έδειξε ότι η σκωρία παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις Fe-Cr-Ni-Co-Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.



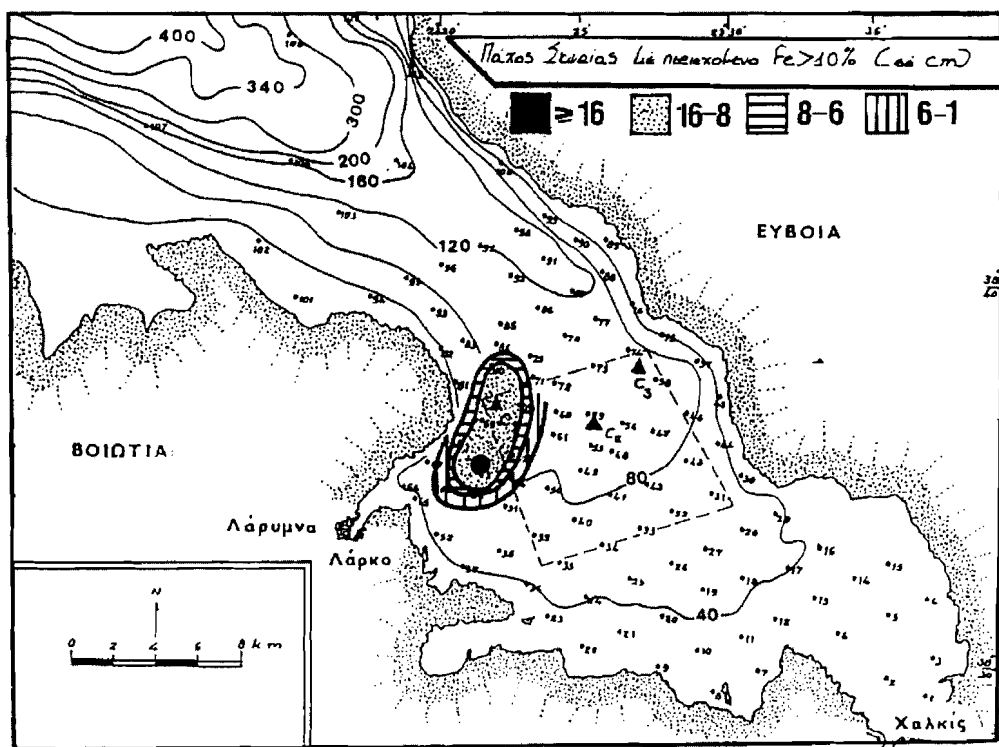
Εικ. 5. Επιφάνειες τάσης και οι αντίστοιχες επιφανειακές κατανομές των αποκλίσεων: (α), (ε) 1ου βαθμού επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Mn, Cu & CaCO₃, (β), (στ) 2ου βαθμού επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Mn, Cu & CaCO₃. (γ), (δ), (ζ) 3ου βαθμού επιφάνειες τάσης και αποκλίσεις των Mn, Cu & CaCO₃. Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Mn-Zn-Al έναντι της σκωρίας πριν την απόρριψή της και έναντι των φυσικών ιζημάτων του κόλπου (Βουτσίνου 1988).

4.1. Παραγοντική ανάλυση

Η εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης στα γεωχημικά δεδομένα των υποθαλάσσιων αποθέσεων σκωρίας και των παρακείμενων φυσικών ιζημάτων στο Β. Ευβοϊκό κόλπο (Βουτσίνου 1988), οδήγησε σε ένα τετραμελές παραγοντικό μοντέλο. Το παραγοντικό μοντέλο ερμηνεύει το 92,5% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων και εκφράζει ικανοποιητικά όλες τις μεταβλητές (Πίνακας 6).

Ο παράγων 1 εκφράζει το 59,9% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στα μέταλλα Fe-Cr-Al-Mn-Zn-Co-Ni (Πίνακας 6).



Εικ. 6. Χάρτης κατανομής παχών της υποθαλάσσιας απόθεσης σκωρίας στο βόρειο Ευβοϊκό κόλπο (τροποποίηση από Βουτσίνου, 1988).

Ο παράγων αυτός είναι παράγων μεταλλουργικής σκωρίας, του οποίου η γεωγραφική επίδραση βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τη γεωγραφική εξάπλωση της σκωρίας στον πυθμένα του Ευβοϊκού κόλπου (Εικ. 6,7α).

Ο παράγων 2 εκφράζει το 19,8% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στο CaCO_3 και στο Pb (Πίνακας 7). Ο παράγων αυτός μπορεί να

χαρακτηρισθεί ως ανθρακικός παράγων, ενώ η συσχέτιση του Pb με το ανθρακικό κλάσμα έχει ανιχνευθεί στατιστικά και στα ιζήματα του κόλπου των Αντικύρων (αρνητικός πόλος 1ου παράγοντα), και πιθανώς οφείλεται στην προσρόφηση του Pb από τον ασβεστίτη ή την ισομορφική αντικατάσταση του Ca στον ασβεστίτη ($PbCO_3$)

Πίνακας 6

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ R-ΤΥΠΟΥ					
Μεταβλητή	Κοινή παραγοντική διακύμανση (communality)	Παράγων	Ιδιοτιμή	Ποσοστό διακύμανσης	Αθροιστικό ποσοστό (%)
CaCO ₃	0.67115	1	5.98591	59.9	59.9
Fe	0.98839	2	1.98015	19.8	79.7
Cr	0.97309	3	0.84266	8.4	88.1
Ni	0.92495	4	0.44093	4.4	92.5
Mn	0.78276	5	0.37238	3.7	96.2
Zn	0.76232	6	0.19307	1.9	98.2
Co	0.97917	7	0.10949	1.1	99.2
Cu	0.46010	8	0.04407	0.4	99.7
Pb	0.74830	9	0.02405	0.2	99.9
Al	0.95039	10	0.00730	0.1	100.0

(Emelyanov and Shimkus, 1983). Η γεωγραφική επίδρασή του είναι σημαντική κατά μήκος των ακτών της Στερεάς Ελλάδος, αποτέλεσμα της αποσάθρωσης των παρακείμενων ασβεστολιθών (Εικ. 7β).

Ο παράγων 3 εκφράζει το 8,4% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων (Πίνακας 7) και παρουσιάζει υψηλές φορτίσεις στα μέταλλα Ni και Co, τα οποία παρουσιάζουν επίσης υψηλές φορτίσεις στον πρώτο παράγοντα. Η περιοχή της ισχυρότερης επίδρασης του τρίτου παράγοντα συγκριτικά με την αντίστοιχη του πρώτου παράγοντα, είναι μετατοπισμένη προς τα νοτιοανατολικά (Εικ. 7α, γ, ε). Τα παραπάνω δηλώνουν ότι ο τρίτος παράγων είναι ενδεικτικός της ανάπτυξης διεργασίας διαχωρισμού των μετάλλων Ni και Co από την κύρια απόθεση της σκωρίας. Η Βουτσίνου (1988) υποστηρίζει ότι η παρουσία μεγίστων συγκεντρώσεων Ni νοτιοανατολικά της κύριας απόθεσης της σκωρίας, είναι αποτέλεσμα είτε της σύνδεσής του με συγκεκριμένο μέγεθος κόκκων είτε ιζηματολογικών διεργασιών. Ως ιζηματολογικές διεργασίες αναφέρει την πιθανή απελευθέρωση του Ni από τη σκωρία μετά τη διάβρωσή της από το θα-

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεοφραστός - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Πίνακας 7

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (VARIMAX ROTATION)					
Μεταβλητή /Παράγων	1	2	3	4	Κοινή παραγοντική διακύμανση
CaCO ₃	0.14164	0.84644	0.00785	-0.30888	0.83199
Fe	0.92221	-0.01485	0.36034	-0.01941	0.98091
Cr	0.95884	-0.07708	0.20377	-0.06096	0.97055
Ni	0.60328	-0.05397	0.78394	0.07411	0.98691
Mn	0.84131	-0.08806	0.24564	0.20584	0.81827
Zn	0.77917	0.31893	0.14753	0.32946	0.83913
Co	0.76669	-0.01079	0.62307	0.08479	0.98334
Cu	0.12165	-0.27655	0.05584	0.92236	0.94514
Pb	-0.22884	0.93455	-0.05618	-0.03162	0.92991
Al	0.95124	-0.17857	0.15623	0.04826	0.963

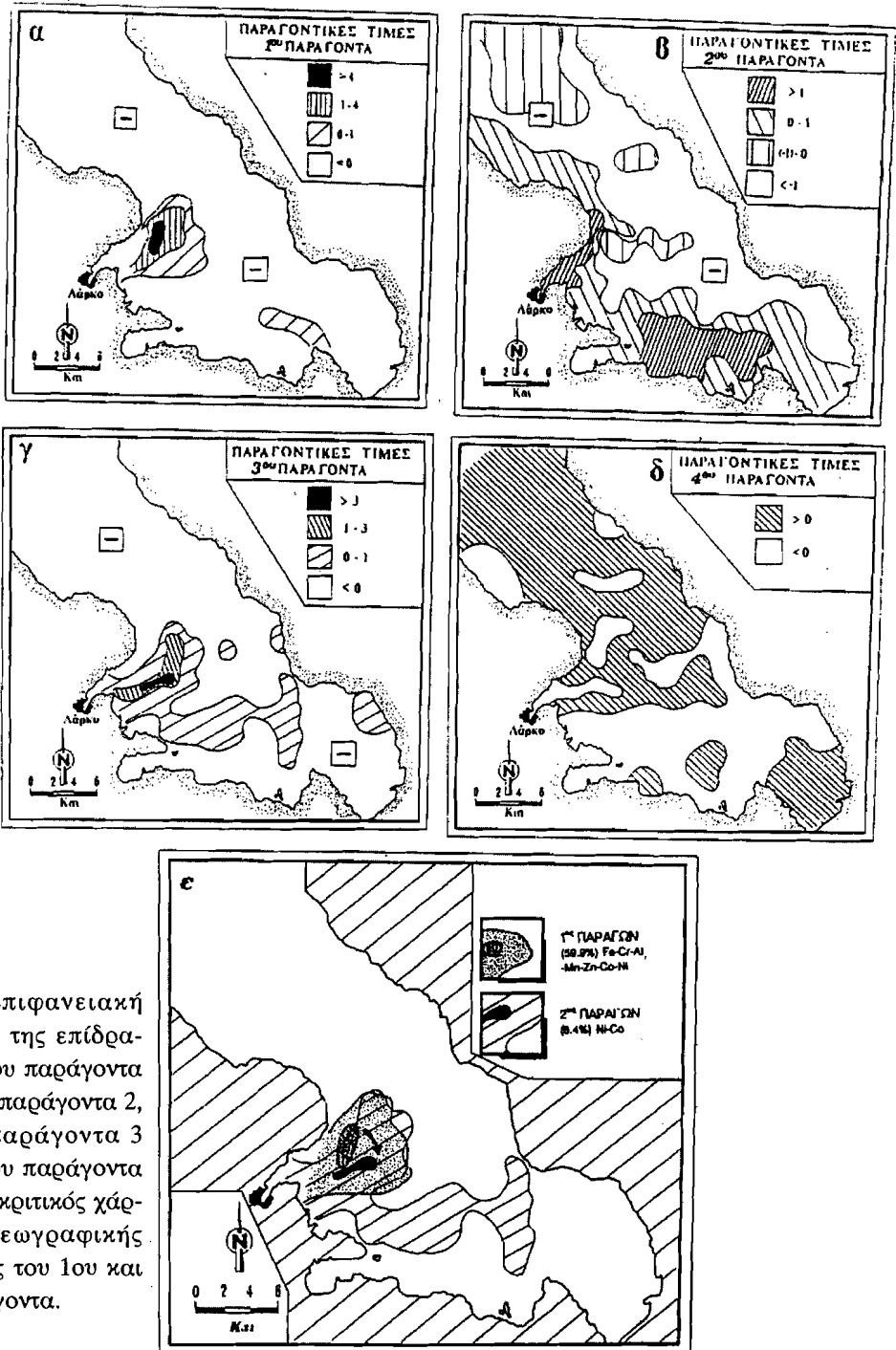
λασσινό νερό, και την επανασυσσωμάτωσή του στο αιωρούμενο μεταλλοφόρο υλικό με προσρόφησή του στο νεοσχηματιζόμενο Fe(OH)₃. Το αιωρούμενο υλικό μεταφέρεται από τη δράση ρευμάτων προς τα νοτιοανατολικά, όπου και αποτίθεται (Βουτσίνου 1988). Ο χαρακτήρας του παράγοντα αυτού, προτείνει ότι το Co παρουσιάζει παρόμοια γεωχημική συμπεριφορά με αυτή του Ni.

Ο παράγων 4 εκφράζει το 4,4% της ολικής διακύμανσης (Πίνακας 7) και εκφράζει την κατανομή του Cu στον Β. Ευβοϊκό κόλπο (Εικ. 7δ).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή μεθόδων πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης σε χημικές αναλύσεις μεταλλοφόρων αποθέσεων μεταλλευτικών αποβλήτων και παρακειμένων φυσικών ιζημάτων, έδειξε ότι η αποτελεσματικότητα και η στατιστική αξιοπιστία τους αυξάνεται σημαντικά, όταν εφαρμόζονται με κατάλληλο τρόπο και συνδυαστικά μεταξύ τους.

Η παραγοντική ανάλυση R-τύπου εφαρμόστηκε συγκριτικά στα δεδομένα χημικών αναλύσεων των υποθαλάσσιων αποθέσεων της βωξιτικής ερυθράς λίθος και των παρακειμένων φυσικών ιζημάτων, ενώ απλή εφαρμογή της αναπτύχθηκε στις χημικές



Εικ.7. Επιφανειακή κατανομή της επίδρασης (α) του παράγοντα 1, (β) του παράγοντα 2, (γ) του παράγοντα 3 και (δ) του παράγοντα 4. (ε) Συγκριτικός χάρτης της γεωγραφικής επίδρασης του 1ου και 3ου παράγοντα.

αναλύσεις υποθαλασσιών αποθέσεων μεταλλουργικής σκωρίας στον Ευβοϊκό κόλπο. Η ανάλυση επιφανειών τάσης αναπτύχθηκε στις υποθαλάσσιες αποθέσεις ερυθράς ιλύος και παρακείμενων φυσικών ιζημάτων.

Για τη συγκριτική εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης, αυτή αναπτύχθηκε κατά πρώτον στις χημικές αναλύσεις αποθέσεων ερυθράς και φυσικής ιλύος (Πίνακας 1, 2) και κατά δεύτερον στις χημικές αναλύσεις αποκλειστικά των παρακείμενων φυσικών ιζημάτων (Πίνακας 3, 4). Η κυρίαρχη παρουσία των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος στον πίνακα των δεδομένων, μείωσε την αποτελεσματικότητα της πρώτης παραγοντικής ανάλυσης, αποκαλύπτοντας επιπλέον του παράγοντα της ερυθράς ιλύος, τρεις παράγοντες (Πίνακας 1, 2 και 8). Η ανάλυση δεν δίνει σημαντικές πληροφορίες για το χαρακτήρα των τριών αυτών παραγόντων (Παράγων αργιλικών ορυκτών, Παράγων CaCO_3 , Παράγων Mn), όπως δηλώνουν οι χαμηλές τιμές των παραγοντικών φορτίσεων (Πίνακας 2). Η απομάκρυνση των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος και η εξάλειψη της «στατιστικής σκιάς» που αυτά δημιουργούσαν, είχε ως αποτέλεσμα την αποκάλυψη τριών νέων παραγόντων, (i) Παράγων 2 (Mn-οξειδιακή φάση), (ii) Παράγων 3 (Pb) και (iii) Παράγων 4 (επίδρασης ερυθράς ιλύος σε φυσικά ιζήματα), οι οποίοι παρουσιάζουν συνολική διακύμανση 39,5% (Πίνακας 8). Ο παράγων 4 είναι ιδιαίτερα σημαντικός διότι αποκαλύπτει μια διεργασία επίδρασης της ερυθράς ιλύος στα παρακείμενα φυσικά ιζήματα. Η διεργασία αυτή δεν κατέστη δυνατόν να ανιχνευθεί από την πρώτη παραγοντική ανάλυση.

Η απομάκρυνση των δειγμάτων της ερυθράς ιλύος επέτρεψε επιπλέον την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά (α) στην παρουσία των κύριων χημικών φάσεων στα φυσικά ιζήματα, (β) στον τύπο δεσμού (bonding processes) μεταξύ μετάλλων και χημικών φάσεων και (γ) στη συμβολή του κάθε τύπου δεσμού στην παρουσία των μετάλλων στα φυσικά ιζήματα:

- (α) Τα Mn-οξείδια (Co-Cu-Zn-Ni) παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερη ικανότητα προσρόφησης μετάλλων από τα αντίστοιχα του Fe (Ni-Pb) (Πίνακας 8). Η πιο πάνω διαπίστωση είναι σύμφωνη με τη σειρά ικανότητας προσρόφησης ($\text{MnO}_2 > \text{Fe-οξείδια} > \text{αργιλικά ορυκτά}$) που προτάθηκε από τους Guy & Chakrabarti (1975).
- (β) Η παρουσία του Mn είναι κυρίως με τη μορφή της οξειδιακής φάσης (2ος παράγων, 22,5%) και λιγότερο συσχετισμένη με τα αργιλικά ορυκτά (πλέγμα/οξειδιακό κάλυμμα) (Πίνακας 8).
- (γ) Η εκλεκτική δέσμευση των διαφόρων μετάλλων από τα αργιλικά ορυκτά και τα Mn-Fe-οξείδια, είναι δυνατόν να ανιχνευθεί από τη μελέτη των φορτίσεων που προκύπτουν για κάθε παράγοντα (Πίνακας 4). Τα μέταλλα Ni, Zn σχετίζονται κύρια με τα αργιλικά ορυκτά, ενώ ο Cu σχετίζεται τόσο με τα αργιλικά όσο και με τη Mn-υδροξειδιακή φάση. Τα μέταλλα Ni, Zn και Cu είναι από τα πλέον χαρακτηριστικά μέταλλα που προσροφόνται στα αργιλικά ορυκτά (Soong 1974).
- (δ) Η σύγκριση των φορτίσεων του Fe-οξειδιακού και Mn-οξειδιακού παράγοντα, αποδεικνύει ότι ο Pb παρουσιάζει έλξη προς τη Fe-οξειδιακή φάση, τα μέταλλα Co, Cu και Zn προς τη Mn-οξειδιακή φάση, και το Ni παρουσιάζει παρόμοια συμπεριφορά

έναντι των δύο φάσεων. Οι διαπιστώσεις αυτές είναι σε σημαντικό βαθμό σύμφωνες με τα αποτελέσματα χημικών αναλύσεων αιωρούμενου υλικού, σύμφωνα με τις οποίες τα μέταλλα Cr και Cu σχετίζονται με τα Mn-οξειδία ενώ το Ni και ο Pb με τα Fe-οξειδία.

Η γεωγραφική εξάπλωση της επίδρασης κάθε παράγοντα σε συνδυασμό με την κατανομή των αποκλίσεων, όπως προκύπτουν από την ανάλυση επιφανειών τάσης, δίνουν μια παραστατική εικόνα της κατανομής των μετάλλων και των παραγόντων που τις ελέγχουν:

- (α) Η επιφανειακή κατανομή του Fe στον κόλπο των Αντικύρων και του Κορινθιακού κόλπου, ελέγχεται σε πολύ υψηλό βαθμό από την παρουσία των υποθαλασσιών αποθέσεων της ερυθράς ιλύος, σε αντίθεση με αυτές των Ni-Co-Cu που ελέγχονται ασθενέστερα (τρίτου βαθμού επιφάνεια τάσης).
- (β) Η επιφανειακή κατανομή του Cu ελέγχεται τόσο από την παρουσία των υποθαλάσσιων αποθέσεων της ερυθράς ιλύος όσο και από την παρουσία των αργιλικών ορυκτών και της Mn-υδροξειδιακής φάσης (τρίτου βαθμού επιφάνεια τάσης)
- (γ) Η σημαντική παρουσία του Mn στην πλαγιά και τη λεκάνη του Κορινθιακού κόλπου δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά οφείλεται κυρίως στην παρουσία υδροξειδίων του Mn τα οποία είτε περικαλύπτουν αργιλικά ορυκτά είτε βρίσκονται υπό μορφή ξεχωριστών κόκκων (Chester and Aston 1976) και κατά δεύτερο λόγο σε θέσεις πλέγματος των αργιλικών ορυκτών.
- (δ) Η καλά ανεπτυγμένη περιοχή θετικών αποκλίσεων (τρίτου βαθμού επιφάνεια τάσης) των μετάλλων Ni-Co-Cu-Zn, που διαπιστώνεται στην πλαγιά και τη λεκάνη δυτικά του Ακρ. Βελανιδιά, οφείλεται στην προσρόφησή τους από τη Mn-υδροξειδιακή φάση.

Τα παραπάνω αναφερθέντα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη συγκριτική εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης, και αναφέρονται στους τύπους των δεσμών μεταξύ μετάλλων και φυσικών ιζημάτων, είναι απαραίτητα για τη μελέτη της επίδρασης των βιομηχανικών αποβλήτων στα φυσικά ιζήματα του πυθμένα.

Η εφαρμογή της απλής παραγοντικής ανάλυσης στις χημικές αναλύσεις των υποθαλασσιών αποθέσεων της σκωρίας στο Β. Ευβοϊκό κόλπο, ανίχνευσε μία διεργασία διαχωρισμού των μετάλλων Ni και Co από την κύρια απόθεση της σκωρίας. Η διεργασία αυτή εκφράζεται σε σημαντικό βαθμό τόσο στις συγκεντρώσεις των μετάλλων που περιέχονται στη σκωρία όσο και γεωγραφικά, και συνεπώς ανιχνεύεται εύκολα από την παραγοντική ανάλυση που εφαρμόστηκε σε δείγματα σκωρίας και παρακειμένων φυσικών ιζημάτων. Αντίθετα η ανίχνευση διεργασιών επίδρασης της ερυθράς ιλύος στα φυσικά ιζήματα επιτεύχθηκε με εφαρμογή παραγοντικής ανάλυσης αποκλειστικά στα φυσικά ιζήματα που περιβάλλουν τις αποθέσεις της ερυθράς ιλύος. Από τα παραπάνω αναδεικνύεται η αναγκαιότητα εφαρμογής της συγκριτικής παραγοντικής ανάλυσης σε τέτοιου τύπου περιβαλλοντικά προβλήματα, ώστε να εξαχθούν, κατά περίπτωση, συμπεράσματα και από τα δύο σκέλη εφαρμογής της.

Systems) είναι μέθοδοι αποθήκευσης και επανάκτησης (χρήσης) δεδομένων, τα οποία βρίσκονται σε δομημένη μορφή (σειρά επιπέδων πληροφόρησης) και σε συγκεκριμένη θέση και μπορούν έτσι να υποστούν επεξεργασία με διάφορους τρόπους. Οπου η επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων γίνεται κυρίως με ψηφιακές μεθόδους, τότε ένα GIS θεωρείται ότι είναι «αυτοματοποιημένο» (Aalders, 1980).

Οι θεμελιώδεις λειτουργίες ενός Σ.Γ.Π. είναι να συγκεντρώσει, να ελέγξει, να συνδέσει μεταξύ τους (intergrate) και να αναλύσει πληροφορίες σχετικά με την επιφάνεια της γης (Young, 1986). Τα Σ.Γ.Π. αν και χρησιμοποιούνται κυρίως με την επιφάνεια της γης και την διαχείριση -προστασία των φυσικών διαθεσίμων της, χρησιμοποιούνται επίσης και σε σχεδιασμούς σχετικούς με την ανάπτυξη της κυκλοφορίας, του εμπορίου και των στρατιωτικών δραστηριοτήτων μιας περιοχής. Επίσης τα Σ.Γ.Π. χρησιμοποιούνται στις γεωλογικές χαρτογραφήσεις, στην αυτόματη φωτογραμμετρία, στη χαρτογράφηση - κατασκευή του κτηματολογίου, στη χαρτογράφηση χρήσης γης, γεωδαιτική χαρτογράφηση, χαρτογράφηση πληθυσμών, σε περιβαλλοντικές μελέτες, για την χάραξη δρόμων κ.α. (Young, 1986).

Οι γεωγράφοι, για να καθορίσουν τη «χωρική» (spatial) συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων στοιχείων (δεδομένων) του αναγλύφου, συγκρίνουν συνήθως θεματικούς χάρτες (Σχ. 3) και πληροφορίες από την ύπαιθρο. Τα τελευταία χρόνια συγκρίνουν και στοιχεία από εικόνες τηλεπισκόπησης (αερ/φίες, δορυφορικές εικόνες) της ίδιας περιοχής, όπου αυτά είναι διαθέσιμα. Για να επιτευχθεί η ερμηνεία, τα χωρικά δεδομένα (σε μορφή σημείου, γραμμής, επιφάνειας ή τρισδιάστατης μορφής) είτε αλληλεπιτίθενται (π.χ. τα όρια των αγροκτημάτων υπερτοποθετούνται (overlaid) πάνω στις αερ/φίες) ή συνδυάζονται χαρτογραφικά (π.χ. ο γεωλογικός ή εδαφολογικός χάρτης υπερτοποθετείται και εκτυπώνεται πάνω σε ένα τοπογραφικό χάρτη). Αυτή η διεργασία είναι ικανοποιητική μέχρι ένα αριθμό χωρικών δεδομένων (μέγιστο 2-3). Ο συνδυασμός μεγαλύτερου αριθμού χωρικών δεδομένων «έπρεπε να περιμένει» μέχρι την δεκαετία του '70, όπου η αλματώδης ανάπτυξη των Η/Υ (μνήμη και ισχύ) επέτρεψε τη σύνδεση και επεξεργασία οποιουδήποτε χωρικού δεδομένου, το οποίο μπορεί να καταγράφεται με γεωγραφικές συντεταγμένες (Curran 1986). Αυτή η διεργασία αποτελείται από τρία τμήματα: α) την κωδικοποίηση των δεδομένων (data encoding), β) τη διαχείριση δεδομένων (data management) και γ) την επεξεργασία δεδομένων (data manipulation).

Πριν τα χωρικά δεδομένα ψηφιοποιηθούν πρέπει να διασπαστούν σε μικρά «πολύγωνα» ή μονάδες διανυσμάτων (grid units, arrays of vectors). Τα πολύγωνα αυτά, που δημιουργούνται στην τράπεζα του ψηφιοποιητή, πρέπει να λαμβάνονται (κατασκευάζονται) όσο το δυνατό πιο μικρά και ανόμοια, για να ταιριάζουν στην επιφάνεια της γης, όπως είναι τα όρια των γεωμορφολογικών, εδαφολογικών, γεωλογικών και λοιπών ενοτήτων ή διοικητικών ορίων.

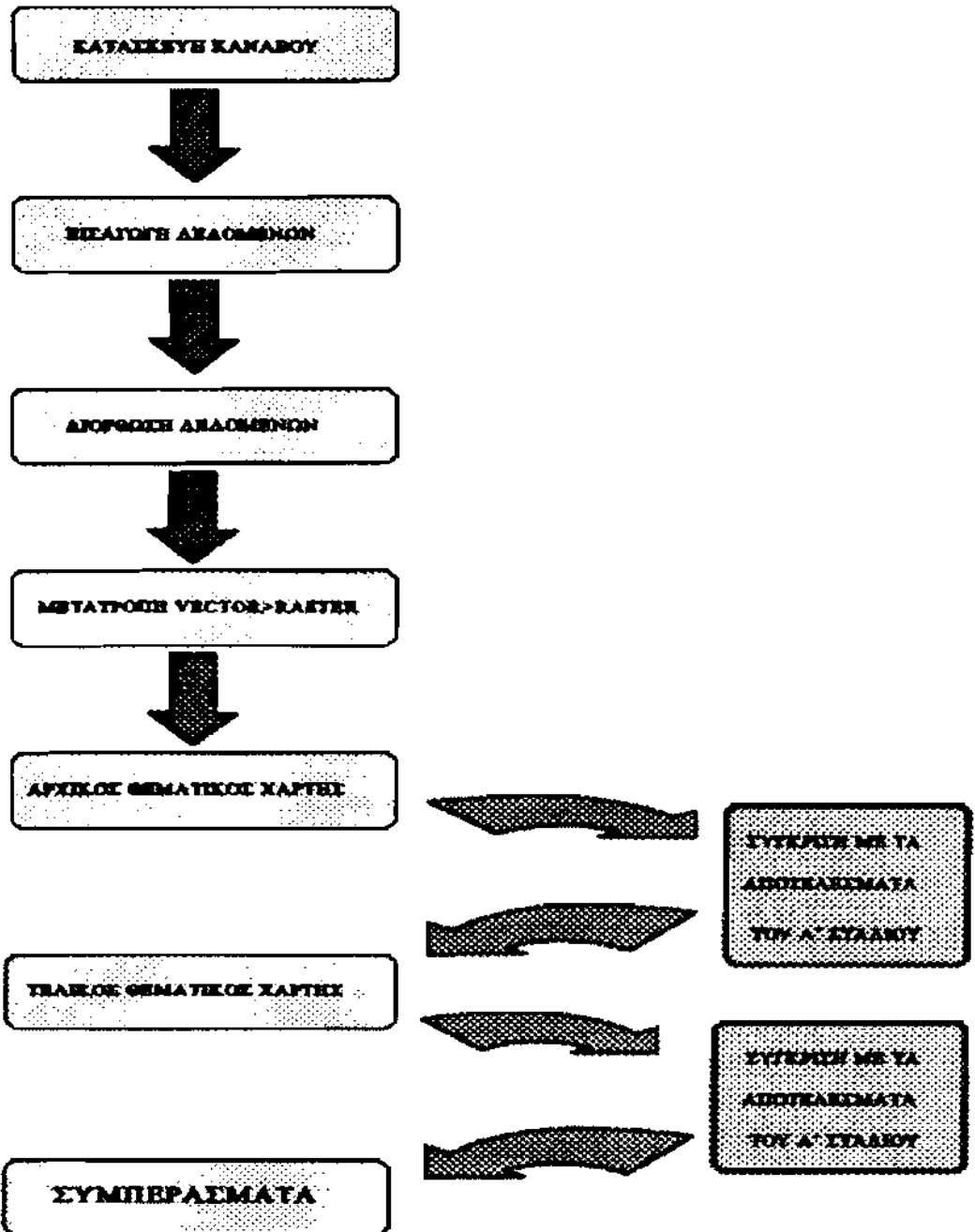
Το πλέγμα (grid) ή τετράγωνο κανάβου είναι η πιο γνωστή μονάδα για να αποθηκευθεί στη μνήμη του Η/Υ, να υποστεί επεξεργασία και να λάβει οποιαδήποτε διάσταση. Μπορεί να είναι ένα τετράγωνο 10 X 10 Km, για μικρή κλίμακα γεωλογικές - περιβαλλοντικές μελέτες, μέχρι ένα τετράγωνο / ορθογώνιο 29 X 29 m, που είναι το

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aleksandrov I.V., and Solov'yena N.V. (1986): Effects of some factors on rare-element and heavy metal distributions in granitoids. *Geokhimiya*, v. 6, pp. 787-795.
- Βουτσίνου-Ταλιαδούρη Φ. (1988): Γεωχημική μελέτη ιζημάτων του Β. Ευβοϊκού κόλπου. Διδακτορική διατριβή σελ. 267, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Cameron E.M. (1968): A geochemical profile of the Swans Hills Reef. *Can. J. Earth. Sci* v. 5, pp. 278-309.
- Chapman R.P. (1978): Evaluation of some statistical methods of interpreting multi-element geochemical drainage. Data from New Brunswick. *Mathematical geology*. v. 10, No 2, pp. 195-223.
- Chester R. and Aston S.R. (1976): The geochemistry of deep-sea sediments. In: *Chemical Oceanography*. Riley J.P, Chester R. (eds) London: Academic Press. pp. 281-390.
- Coward N. and Cronan D.S. (1987): A geostatistical evaluation of geochemical data in regard to bedrock and placer mineral exploration in the S.W Pacific. *Marine Mining* v. 6, pp. 205-221.
- Cronan D.S. (1969): Inter-element associations in some pelagic deposits. *Chemical Geology* v. 5, pp. 99-106.
- Cronan D.S. (1980): *Underwater Minerals*. London. Academic Press. 362 p.
- Davis J.C. (1987): *Statistics and data analysis in geology* 2nd ed. John Wiley & Sons, New York, 656 p.
- Dawson K.M. and Sinclair A.J (1974): Factor analysis of minor element data for Pyrites, Endako Molybdenum Mine, British Columbia Canada. *Economic Geology* v. 69, pp. 401-411.
- Deuer R. Forstner U. and Schmoll G. (1978): Selective chemical extraction of carbonate-associated trace metals in recent lacustrine sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* v. 42, pp. 425-427.
- Doyle L.J and Feldhansen P.H (1981): Bottom sediments of the Eastern Gulf of Mexico examined with traditional and multivariate statistical methods. *Mathematical Geology* v. 13, No 2, pp. 93-117.
- Φερεντίνος Γ., Γκιώνης Γ., Ζαχαρίας Ι., και Παπαθεοδώρου Γ.Σ. (1994): Εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων ανάλυσης στις επιστήμες της Γης. Εκδόσεις Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Flores R.M. nad Shideler G.L. (1978): Factors controlling heavy-mineral variations on the south Texas outer-continental shelf, Gulf of Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology* v. 48, pp. 269-280.
- Forstner U. and Wittman G.T.W (1983): *Metal pollution in the aquatic environment*, second revised edition. Springer-Verlag.
- Fripiat J.J. and Castuche M.C. (1952): *Etude physio-chimique des surfaces des argiles*.

- Les combinaisons de la kaolinite avec les oxides de fer trivalent. Publ. Inst. Nat. Etudes Argon. Congo Belge 54, pp. 7-35.
- Gardner J.V., Dean W.E and Vallier T.L (1980): Sedimentology and geochemistry of surface sediments outer continental shelf, southern Bering Sea. Mar. Geology v. 35, pp. 299-329.
- Gibbs R. (1973): Mechanisms of trace metal transport in rivers. Science 180, pp. 71-73.
- Guezzoni S. Frignani M., Giordani P. and Frascari F. (1984): Heavy metals in sediments from different environments of a Northern Adriatic Sea Area, Italy Environ. Geol. Water Sci. v. 6, No 2, pp. 111-119.
- Guy R.D and Chakrabarti C.L (1975): Distribution of metal ions between soluble and particulate forms Abstr. Int. Conf. Heavy Met. Environ. Toronto. Ont., Can, pp. D-29-20.
- Hakli T.A (1970): Factor analysis of the sulphide phase in mafic and ultramafic rocks in Finland. Bull. Geol. Soc. Finland, v. 42, pp. 109-118.
- Harbaugh J.W and Merriam D.F. (1968): Computer applications in stratigraphic analysis. John Willey and Sons. Inc. New York 282 p.
- Hildebrand E.E and Bium W.E (1974): Lead fixation by iron oxides. Naturwissenschaften 61, p. 169.
- Howarth R.J (1967): Trend surface fitting to random data- An experimental test. Am. J. Sc. 265, No 7, pp. 619-625.
- Imbrie J. and Van Andel T. (1964): Vector analysis of heavy mineral data. Geol. Soc. of Am. Bull. v. 79, pp. 1131-1156.
- Jonasson I.R. (1977): Geochemistry of sediment/water interactions of metals, including observations on availability. In: The fluvial transport of sediment-associated nutrients and contaminants. IJC/PLUARG. Shear, H., Watson A.E.P (eds). Windsor/Ont: pp. 255-271.
- Killeen P.G. and Heier K.S. (1975): Trend surface analysis of Th, U and K, and heat production in three related granitic plutons, Farsund Area, South Norway. Chemical Geology v. 15, pp. 163-176.
- Koo J. and Mossman D.J (1975): Evaluation of primary and secondary geological processes at the Flin Flon Cu-Zn deposit, Manitoba and Saskatchewan, Canada, using factor-vector analysis of ore geochemistry. Chemical Geology v. 16, pp. 1-14.
- Krauskopf K.B. (1955): Sedimentary deposits of rare metals. Econ. Geol. v. 50, pp. 411-463.
- Makris J. and Todt K.H (1981): Measurements of the magnetic field of Greece vertical component and its interpretation.
- Marcall J.F (1983): Geochemistry of iron-rich sediments on the outer continental shelf of Northern new South wales. Marine Geology v. 51, pp. 163-175.
- Merriam D.F. and Harbaugh J.W. Trend surface analysis of regional and residual components of geologic structure in Kansas Special Distribution Publications. Kansas Univ. Geol. Survey. No 11.

- Mitchell R.L (1964): Trace elements in soil. In: Chemistry of the Soil. Bear, F.E. (ed). Reihold. pp. 230-368.
- Murray J.W and Dillard J. (1979): The oxidation of covalt (II) asdorbed on Manganese dioxide. *Geochim. Cosmochim. Acta.* v. 43, pp. 781-787.
- Nanke M. (1973): Red mud dumping in the North Sea. Results of geological investigations. *Interrocean Inst. Kongr. Ausstellung Meeresforsch. Meeresnutzung Kongr. - Berichtswerk.* 2nd v. 2 pp.727-736.
- Olorunfemi B.N (1984): Factors influencing the geochemistry of lateritic soils in the Greenschist amphibolite meta-tectonic belt southwestern Nigeria. *Chemical Geology* v. 42, pp. 261-275.
- Παπαθεοδώρου Γ.Σ (1991): «Διεργασίες σύγχρονης ιζηματογένεσης στον Κορινθιακό κόλπο». Τόμος I: Θαλάσσια Γεωφυσική, Τόμος II: Θαλάσσια Ιζηματολογία, Τόμος III: Θαλάσσια Γεωχημεία. Διδακτορική διατριβή, σελ. 468, Τμήμα Γεωλογίας Παν/μιο Πατρών.
- Papatheodorou G. and Ferentinos G.: Small scale turbidity flows and their significance in basin filing: An example from the Gulf of Corinth, Greece. (in preparation).
- Perhac R.M. (1974a): Heavy metal distribution in bottom sediment and water in the Tennessee River-London Lake reservoir system. *Water Resour. Res. Cent Univ. Tenn.:* Knoxville, Res. Rep. v. 40.
- Perhac R.M (1974b): Water transport of heavy metals in solution and by different sizes of particulate solids. U.S. Dept. Interior, *Water Resour. Res. Rep.* 23.
- Read S.A, Dean J.M and Cole A.J (1971): Some Namurian (Ez) paralic sediments in Central Scotland: an investigation of depositional environment and facies changes using interative-fit trend surface analysis. *Jl. Geol. Soc.* v. 127, pp. 137-176.
- Reeves M.Z. and Saadi T.A.K. (1971): Factor controlling the deposition of some phosphate bearing Strata from Jordan. *Economic Geology* v. 66, pp. 451-465.
- Reyment R. and Joreskog K.G. (1993): Applied factor analysis in the Natural sciences, p. 371. Cambridge University Press.
- Rosental R., Eagle G.A. and Orren M.J. (1986): Trace metal distribution in different chemical fractions of nearshore marine sediments. *Estuarine Coastal and Shelf Science* v. 22, pp. 303-324.
- Saager R. and Esselaar P.A (1969): Factor analysis of geochemical data from the basal reef Orange Free State Goldfield, South Africa. *Economic Geology* v. 64, pp. 445-451.
- Salomon W. and Mook W.G. (1978): Processes affecting trace metals in Lake Ijssel. *Abstr. 10th Int. Congr. on Sedimentology.* Jerusalem, pp. 569-570.
- Saxby J.D (1969): Metal-organic chemistry of the geochemical cycle. *Rev. Pure Appl. Chem.* v. 19, pp. 131-150.
- Shankar R., Subbarao K.V and Kolla V. (1987): Geochemistry of surface sediments from the Arabian Sea. *Marine Geology* v. 76, pp. 253-279.



Σχ. 5. Διάγραμμα που δείχνει τη διαδικασία χρήσης του IDRISI για την εξεύρεση νέων Χ.Υ.Τ.

- Šoong K.L. (1974): Veruche zur adsorptiven Bindung von Schwermetall-Ionen an kunstlichen Tongemischen. Unpubl. Diss. Univ. Heidelberg.
- Suess E. (1973): Interaction of organic compounds of organic compounds with calcium carbonate- II. Organocarbonate association in recent sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* v. 37, pp. 2435-2447.
- Sutterlin P.G. and Hastings J.P. (1986): Trend surface analysis revisited- A case history. *Computers and Geosciences*. v. 12. No 4b, pp. 537-562.
- Trapp J.S. and Rockaway J.D. (1977): Trend surface as an aid in exploration for Mississippi Valley-Type Ore deposits. *Mathematical Geology* v. 9, No 4, pp. 393-407.
- Van der Weijden C.H. (1976): Some geochemical controls Ni and Co concentrations in Marine Ferromanganese deposits. *Chemical Geology* v. 18, pp. 65-80.
- Varnavas S.P., Ferentinos G. and Collins M. (1986): Dispersion of bauxitic red mud in the Gulf of Corinth, Greece. *Marine Geology* v. 70, pp. 211-222.
- Varnavas S.P. and Papatheodorou G.S. (1987): Marine mineral resources in the Eastern Mediterranean Sea. I. An Iron, Titanium, Chromium and Nickel deposit in the Gulf of Corinth. *Marine Mining* v. 6, pp. 37-70.
- Voutsinou-Taliadouri F. and Varnavas S.P. (1988): Marine mineral resources in the Eastern Mediterranean Sea. II. An Iron, Chromium and Nickel deposit in the Northern Euboikos Bay, Greece. *Marine Mining*.
- Watney W.L. (1985): Resolving controls on Epeiric sedimentation using trend surface analysis. *Mathematical Geology* v. 17, No 4, pp. 427-456.

**Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Σ.Γ.Π.)
ΣΤΗΝ ΕΞΕΥΡΕΣΗ
— ΕΠΙΛΟΓΗ ΝΕΩΝ ΧΩΡΩΝ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ
(Χ.Υ.Τ.) ΜΕΙΖΟΝΟΣ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ**

ΑΛΙΒΑΝΗΣ Κ.*, ΑΣΤΑΡΑΣ Θ. και ΣΟΥΛΑΚΕΛΛΗΣ Ν.****

* Σύνδεσμος Ο.Τ.Α. Μείζονος Θεσ/νίκης

** Τομέας Γεωλογίας-Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης, 540 06 Θεσ/νίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πλέον ευαίσθητο στάδιο της διαχείρισης στερεών αποβλήτων είναι η εξερεύνηση νέων Χώρων Υγειονομικής Ταφής (Χ.Υ.Τ.). Η εγκατάσταση λειτουργίας Χ.Υ.Τ. σε περιοχές που δεν πληρούν τις ελάχιστες τεχνικές και περιβαλλοντικές προδιαγραφές, εκτός των άλλων προβλημάτων, προκαλεί και κοινωνικά προβλήματα που δρουν ανασταλτικά για την εφαρμογή ορθών προτάσεων.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η σύνδεση των κλασικών γεωγραφικών και περιβαλλοντικών μεθόδων έρευνας με σύγχρονες μεθόδους εισαγωγής, ανάλυσης και επεξεργασίας γεωγραφικών - περιβαλλοντικών δεδομένων, διαμέσου της χρήσης των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.), με αντικειμενικό σκοπό την εξεύρεση νέων Χ.Υ.Τ. Μείζονος Θεσ/νίκης.

Περιβαλλοντικά στοιχεία του πρώτου σταδίου της μελέτης για την εξεύρεση νέων Χ.Υ.Τ. Μείζονος Θεσ/νίκης ψηφιοποιήθηκαν για την κατασκευή επιπέδων πληροφορίας σε Σ.Γ.Π..

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν αποδεικνύουν ότι η χρήση των Σ.Γ.Π. (σε έρευνες εξέρευσης νέων Χ.Υ.Τ.) είναι απαραίτητα εργαλεία για την ορθολογική επιλογή ενός Χ.Υ.Τ. και γενικά για τον στρατηγικό σχεδιασμό της διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα Σ.Γ.Π. παρουσιάζουν ευελιξία, ταχύτητα, και ακρίβεια μετρήσεων. Επίσης μπορούν να επεξεργαστούν πολλαπλές περιβαλλοντικές πληροφορίες και να αυτοματοποιήσουν την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

ABSTRACT

The most important stage of solid waste management is the selection of new
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεοφραστός - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

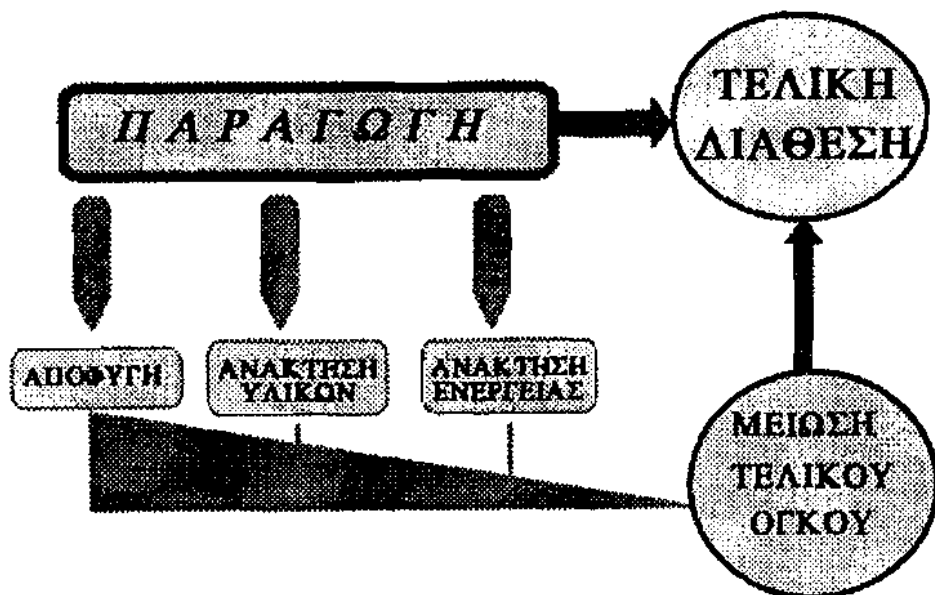
sanitary landfill sites (S.L.S.). The installations of sanitary landfill facilities in areas, where they do not fulfil the minimum geotechnical and environmental requirements (demands), usually create environmental and social problems.

In the present study, the classical geographical and environmental methodologies were combined with the modern methodology of Geographical Information Systems (GIS), for finding (selecting) suitable S.L.S. for the necessities of greater Thessaloniki area.

Various geoenvironmental spatial data, drawn from a previous preliminary classical work, were digitised (encoded) for the construction of the information levels in the GIS. From the data management and manipulation on the available software (IDRISI - GIS), it was resulted that the use of GIS is a very good and quick tool for new suitable S.L.S. selection and/or indispensable tool for the strategic plan of solid waste management. This is due to the fact that GIS encode, manage and manipulate a great number of spatial data sources, which finally result to output or reporting of data, very quickly and accurately.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τελική φάση κάθε ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης (Σχ. 1) είναι η λει-

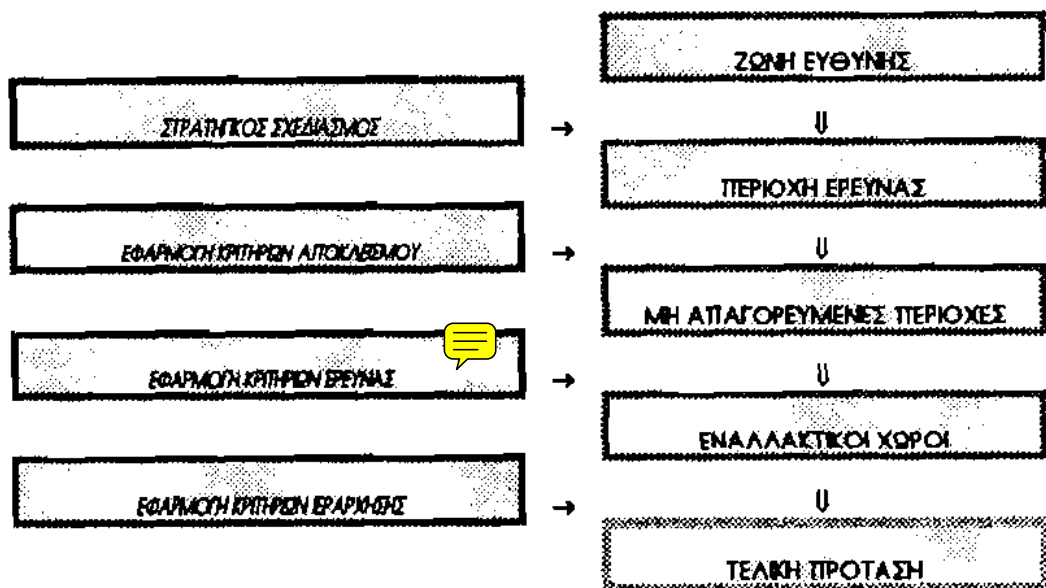


Σχ. 1. Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων

τουργία ενός Χώρου Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.) (Cossu, 1989).
Ανεξάρτητα από τις διαδικασίες μείωσης του όγκου των απορριμμάτων που εφαρμό-
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

ζονται στα υπόλοιπα τμήματα της διαχείρισης (ανακύκλωση, μηχανική διαλογή, καύση) η ύπαρξη και λειτουργία ενός Χ.Υ.Τ. είναι πάντα απαραίτητη γιατί πάντοτε παραμένει ένα, έστω και μικρό, κλάσμα των αρχικών απορριμμάτων, που δεν μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία ή είναι υπόλειμμα των προηγούμενων σταδίων επεξεργασίας (Tchobanoglous et al., 1977).

Η αναγκαιότητα λειτουργίας ενός Χ.Υ.Τ. και ο πιθανός περιβαλλοντικός κίνδυνος, που είναι συνδεδεμένος με την συγκεκριμένη χρήση, καθιστούν απαραίτητη την



Σχ. 2. Διάγραμμα ροής εργασιών μελέτης εξεύρεσης νέων Χ.Υ.Τ

εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων έρευνας με στόχο πάντα την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Είναι επίσης απαραίτητη η μελέτη των διαφόρων κοινωνικών παραμέτρων γιατί η εμπειρία έχει αποδείξει ότι κανένας χώρος δεν μπορεί να λειτουργήσει αν δεν υπάρξει μια ελάχιστη κοινωνική αποδοχή.

Το αρχικό βήμα στην λειτουργία ενός Χ.Υ.Τ. είναι η επιλογή του χώρου (Σχ. 2). Ο χώρος πρέπει να έχει ορισμένα γεωτεχνικά και χωροταξικά χαρακτηριστικά, τα οποία να λειτουργούν σαν προστατευτικό φράγμα απέναντι στην πιθανή δημιουργία περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Stief, 1989). Η έλλειψη, a priori, της κοινωνικής αποδοχής για οποιοδήποτε υποψήφιο χώρο, καθιστά απαραίτητη την εξέταση του συνόλου των υποψήφιων εναλλακτικών λύσεων και την αντικειμενική ιεράρχισή τους μέσα από σύνθετα μοντέλλα αξιολόγησης (Αλιβάνης κ.α., 1991α). Τα μοντέλλα αξιολόγησης λαμβάνουν υπόψη «ειδικά βάρη» για κάθε περιβαλλοντικό κριτήριο που είναι κοινά για όλες τις περιοχές (Φραντζής, 1991) που είτε είναι εμπειρικά είτε προέρχονται από την κοστολόγηση των μέτρων που πρέπει να ληφθούν για την αποφυγή της συγκεκριμένης

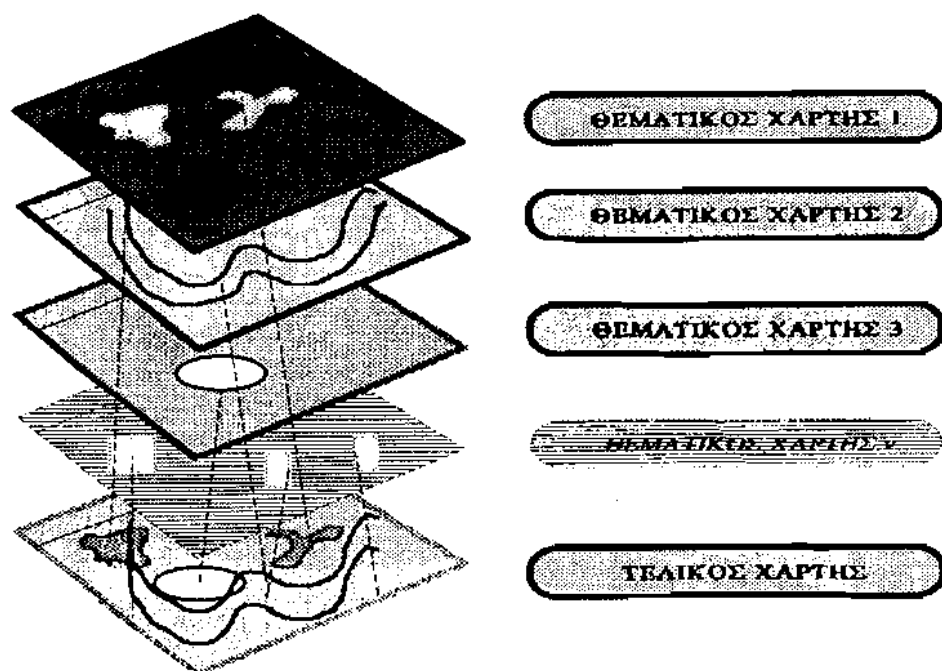
νης περιβαλλοντικής όχλησης (Αλιβάνης κ.α., 1991β).

Η έρευνα και ο αποκλεισμός ευρύτερων περιοχών όπως επίσης και κάθε έρευνα που επεξεργάζεται γεωγραφική πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα σύνολο τεχνικών για την καλύτερη επεξεργασία των αποτελεσμάτων της. Αυτές παλαιότερα γινόταν με τις κλασικές μεθόδους, των απλών αλληλοκαλυπτομένων διαφανειών (overlays) (Χαλβαδάκης κ.α., 1988), ενώ σήμερα γίνεται με τις σύγχρονες μεθόδους των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.) που περιληπτικά αναφέρονται παρακάτω.

Στόχος της εργασίας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας εισαγωγής, ανάλυσης και επεξεργασίας των αποτελεσμάτων του Α' Σταδίου της μελέτης «Εξεύρεση Νέων Χώρων Υγειονομικής Ταφής Ανατολικού Τομέα» (Αλιβάνης κ.α., 1991β) με τη χρήση του διαθέσιμου στο Εργαστήριο Γεωλογίας – Φυσικής Γεωγραφίας του Α.Π.Θ., Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.), IDIRISI (IDRISI, 1992).

1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ - ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π./GIS, Geographical Information



Σχ. 3. Σχηματισμός πληροφοριακών επιπέδων (Θεματικών Χαρτών) σε ένα Σ.Γ.Π.

μέγεθος του ρίξει σε μία δορυφορική εικόνα LANDSAT-5 TM (Curran, 1986), για μεγάλης κλίμακας (λεπτομερής) γεωλογικές - περιβαλλοντικές μελέτες.

Απαξ και τα χωρικά δεδομένα έχουν κωδικοποιηθεί πρέπει να τοποθετηθούν σε αρχείο (βάση δεδομένων) για να είναι έτοιμα προς επεξεργασία. Αυτή η αρχειοθέτηση συμπεριλαμβάνει τη σύγκριση των δεδομένων εκείνων που έχουν διορθωθεί γεωμετρικά και τα οποία καταγράφηκαν με γεωγραφικές συντεταγμένες. Για να βεβαιωθούμε ότι τα στοιχεία των δεδομένων είναι συγκρίσιμα και λίγα σε αριθμό, όσο είναι δυνατόν, είναι ανάγκη να τα «τυποποιήσουμε» και να τα «συμπιέσουμε» (Curran 1986). Όταν διαχειριζόμαστε χάρτες ή/και δορυφορικές εικόνες (όπου αυτές είναι διαθέσιμες) χρησιμοποιείται η καταχώρηση (ψηφιοποίηση) των χαρτών σε μορφή κανάβου (raster) που έχει τη δυνατότητα μείωσης του αριθμού των χαρακτηριστικών ή φασματικών ζωνών, σε μία εικόνα, με την βοήθεια της «ανάλυσης κυρίων συνιστωσών», της «κανονικής ανάλυσης» (canonical analysis), ή άλλης μεθόδου (Curran 1986).

Σήμερα υπάρχει αρκετός αριθμός λογισμικών που σχεδιάσθηκαν ειδικά για τα Σ.Γ.Π. (Curran 1986, Burrough 1991, Star & Estes 1990, Καρτέρης 1991) όπως το ARC/INFO, το IDRISI, το ERDAS, το SPANS, το GRASS κ.α. Πολλά από αυτά τα λογισμικά έχουν σχεδιαστεί γύρω από τις εξής οκτώ λειτουργίες - διεργασίες: της επανάκτησης (retrieval) των δεδομένων, του μετασχηματισμού τους, της αποθήκευσής τους, της αναζήτησης στοιχείων (searching), της ανάλυσης, της μέτρησης, του ανασυνδυασμού (recombination) και της «χαρτογραφικής» μοντελοποίησης (όπως η κατασκευή ενός χάρτη καταλληλότητας γης).

3. ΥΛΙΚΑ – ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην παρούσα εργασία, όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιήθηκε το Σ.Γ.Π. του Παν/μίου Clark, ΗΠΑ - IDRISI (1992). Το λογισμικό αυτό περιέχει όλους τους αλγόριθμους που απαιτούνται για την εισαγωγή, αποθήκευση, διαχείριση, επεξεργασία και απεικόνιση (εξαγωγή) των δεδομένων που προαναφέρθηκαν. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του Α' σταδίου της μελέτης «Εξεύρεση Νέων Χώρων Υγειονομικής Ταφής Ανατολικού Τομέα» (Αλιβάνης κ.α., 1991β), τα οποία παρουσιάζονταν γραφικά σε οκτώ διαφάνειες. Οι διαφάνειες αυτές, στη συνέχεια, θα αναφέρονται ως πληροφοριακά επίπεδα ή θεματικοί χάρτες Α₁-Α₈.

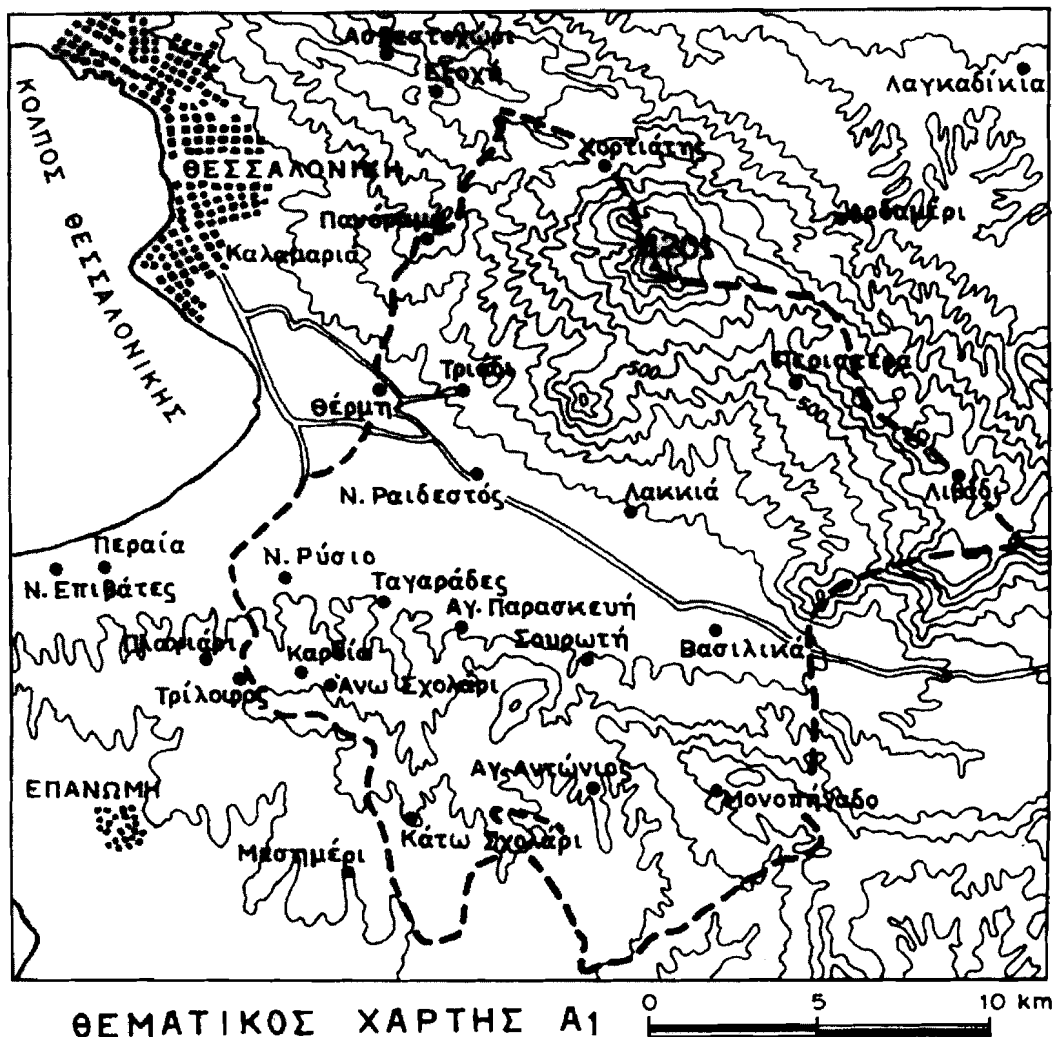
Οι θεματικοί χάρτες παρουσίαζαν τις θετικές περιοχές, μετά τον αποκλεισμό των αρνητικών, με τη χρήση γεωτεχνικών και χρωματικών κριτηρίων, και σχεδιάσθηκαν με βάση τους αντίστοιχους τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:50.000 της Γ.Υ.Σ. (Φύλλα: Βασιλικά, Θέρμη). Αναλυτικά οι θεματικοί χάρτες ήταν οι εξής:

Θεματικός Χάρτης Α₁: «Υπό Διερεύνηση Περιοχή». Αγαπαρίσταται η περιοχή στην οποία σχεδιάσθηκαν οι παρακάτω θεματικοί χάρτες με την εφαρμογή των απαγορευτικών κριτηρίων.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Θεματικός Χάρτης Α₂: «Οδικό Δίκτυο της Περιοχής».

Θεματικός Χάρτης Α₃: «Οικιστικές Περιοχές». Αναπαρίσταται η απαγορευτική έκταση γύρω από κάθε κατοικημένη περιοχή, με γραμμοσκιασμένους κύκλους, με κέντρο το κέντρο του οικισμού και ακτίνα την ακτίνα του οικισμού, προσαυξημένη κατά 1.000 m.



Σχ. 4. Περιοχή έρευνας: Θεματικός Χάρτης Α1 (ελήφθη από τον τοπογραφικό χάρτη, «Φύλλο Θεσ/νίκης», κλίμακας 1:250.000 και ισοδιάστασης 100 μ., Γ.Υ.Σ., 1971.

Θεματικός Χάρτης Α₄: «Χρήσης Γης». Οριοθετούνται οι περιοχές οι οποίες χρησιμοποιούνται για απαγορευτικές χρήσεις γης.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Θεματικός Χάρτης Α₅: «Διαπερατότητα των Γεωλογικών Σχηματισμών».

Αναπαρίστανται οι περιοχές οι οποίες καλύπτονται από πετρώματα με πρωτογενές πορώδες και διαπερατότητα μεγαλύτερη από 10^{-6} m/sec καθώς επίσης και από πετρώματα με δευτερογενές πορώδες.

Θεματικός Χάρτης Α₆: «Υδρογεωλογικά Στοιχεία». Αναπαρίστανται τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της υπό διερεύνηση περιοχής, όπως: οι υπάρχουσες πηγές, οι γεωτρήσεις και τα ρήγματα. Επίσης αναπαρίστανται το υδρογραφικό δίκτυο με ρεύματα 1ης, 2ης, 3ης και 4ης τάξης (κατά Strahler, 1964). Η απαγορευτική έκταση γύρω από κάθε πηγή και γεώτρηση, αναπαρίστανται με γραμμοσκιασμένους κύκλους, με κέντρο το κέντρο της πηγής ή της γεώτρησης και ακτίνα 250 m. Για τα ρήγματα θεωρήθηκε ως απαγορευμένη ζώνη μια περιοχή απόστασης 200-300 m από το ρήγμα.

Θεματικός Χάρτης Α₇: «Περιοχές Θεσμοθετημένης Χρήσης από τον Οργανισμό Θεσ/νίκης». Αναπαρίστανται οι περιοχές οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ζώνες προστασίας ορεινών όγκων, ως βιομηχανικά και βιοτεχνικά πάρκα και ως χώροι αναψυχής και πολιτιστικού εξοπλισμού, από τον παραπάνω Οργανισμό.

Θεματικός Χάρτης Α₈: «Προτεινόμενες Περιοχές». Αναπαρίστανται οι περιοχές για τις οποίες δεν ισχύει κανένας από τους παραπάνω περιορισμούς και έχουν επιφάνεια τουλάχιστον 300 στρεμμάτων.

Όπως σε όλα τα Σ.Γ.Π., όπου η λειτουργία των αλληλοσχετιζόμενων υποσυστημάτων γίνεται με τη βοήθεια ενός πλήρη μηχανικού εξοπλισμού Η/Υ (hardware), έτσι και στο Σ.Γ.Π. - IDRISI (λογισμικό πακέτο) απαιτήθηκαν τα εξής:

- i. Στάδιο εισαγωγής των δεδομένων στο Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών.
- ii. Στάδιο διόρθωσης σφαλμάτων και επεξεργασίας των δεδομένων.
- iii. Στάδιο δημιουργίας προκαταρκτικού θεματικού χάρτη και σύγκριση αυτού με τα αποτελέσματα της μελέτης (Θεματικός Χάρτης Α₈).
- iv. Στάδιο τελικής επεξεργασίας του «προκαταρκτικού θεματικού χάρτη» με βάση τα κριτήρια καταλληλότητας.
- v. Στάδιο εξαγωγής των δεδομένων (αποτελεσμάτων) και δημιουργίας του τελικού θεματικού χάρτη.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατά το πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή όλων των δεδομένων (Θεματικοί Χάρτες Α₁ – Α₈) μέσα στο Σ.Γ.Π., υπό μορφή διανυσμάτων (vectors). Για την εισαγωγή αποιτήθηκε η χρήση του ψηφιοποιητή και η κατάλληλη επιλογή των παραμέτρων, για να καταστεί δυνατή η αναφορά όλων των θεματικών χαρτών (πληροφοριακών επιπέδων) σε ένα κοινό υπόβαθρο (κοινή γεωγραφική περιοχή), το οποίο είναι η περιοχή μελέτης (Θεματικός Χάρτης Α₁). Με τον τρόπο αυτό γίνεται δυνατή η

αλληλεπίθεση των επιπέδων πληροφορίας.

Η σημαντικότερη παράμετρος που ελήφθη υπόψη ήταν η λεπτομέρεια του κανάβου. Στην εργασία επελέχθη ένας κανάβος 1050 X 1475 με μονάδα κανάβου (διαστάσεως κυττάρου) 20 X 20 m. Το μέγεθος της μονάδας κανάβου ορίζει και τη χωρική διακριτική ικανότητα εμφάνισης των δεδομένων. Η επιλογή του διακριτικής ικανότητας (resolution) βασίστηκε στο συμβιβασμό ανάμεσα στην ακρίβεια των μετρήσεων και στη δημιουργία αρχείων σχετικά μικρού μεγέθους (3 Mb) ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία τους σε σχετικά μικρό χρόνο.

Κατά το δεύτερο στάδιο πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες διορθώσεις των σφαλμάτων που προκύπτουν κατά την ψηφιοποίηση, λαμβάνοντας υπόψη τα αρχικά δεδομένα. Τα διορθωμένα πλέον δεδομένα υπάρχουν στο Σ.Γ.Π. είτε υπό μορφή γραμμών, είτε υπό μορφή πολυγώνων και μετατρέπονται από την μορφή διανύσματος (vector) σε μορφή κανάβου (raster).

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η δημιουργία του προκαταρκτικού θεματικού χάρτη, στον οποίο παρουσιάζανταν οι κατάλληλες περιοχές για να αποτελέσουν ένα μελλοντικό Χ.Υ.Τ. Από την σύγκριση του «προκαταρκτικού» αυτού θεματικού χάρτη με το θεματικό χάρτη A_B προέκυψε ότι ο χάρτης αυτός περιλαμβάνει περισσότερες κατάλληλες περιοχές απ' ό,τι ο A_B . Οι επιπλέον αυτές περιοχές παρατηρήθηκε ότι παρουσίαζαν πυκνό υδρογραφικό δίκτυο. Το γεγονός αυτό οδήγησε στη χρήση των κατάλληλων αλγορίθμων για την δημιουργία ενός νέου επιπέδου πληροφορίας το οποίο περιέχει το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης μαζί με ζώνη προστασίας 250 μέτρων.

Τέλος κατά την διάρκεια του σταδίου δημιουργίας του τελικού θεματικού χάρτη, πραγματοποιήθηκε συσχετισμός ανάμεσα στα χωρικά δεδομένα (επίπεδα πληροφορίας). Ο συσχετισμός αυτός είναι σχετικά απλός και απαιτεί χειρισμούς των δεδομένων που βασίζονται στην άλγεβρα του Bool (Boolean Algebra) (Χατζόπουλος 1990, Buttough 1991). Με την χρήση των κατάλληλων αλγορίθμων κατασκευάστηκε ο τελικός χάρτης, ο οποίος παρουσιάζει τους χώρους οι οποίοι πληρούν τις από τα κριτήρια προϋποθέσεις για να αποτελέσουν πιθανό Χ.Υ.Τ.

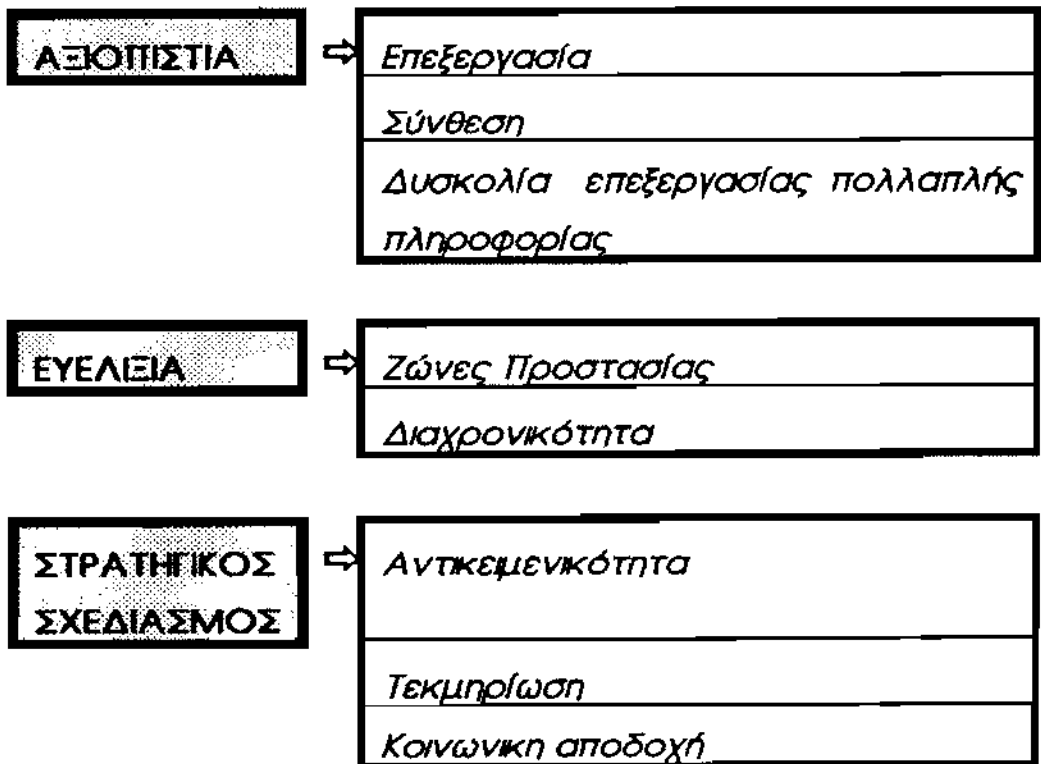
Ο τελικός θεματικός χάρτης συγκρίθηκε εκ νέου με τον θεματικό χάρτη A_B και προέκυψε ότι στο σύνολο των περιοχών υπήρξε τούτιση. Ο τελικός χάρτης παρουσίαζε μόνο μία περιοχή κατάλληλη επιπλέον των περιοχών που παρουσίαζε ο A_B . Επίσης υπήρχε ένας μεγάλος αριθμός περιοχών οι οποίες όμως, μετά από εμβαδομέτρηση, απεδείχθη ότι ήταν μικρότερος των 300 στρεμμάτων έκτασης και για το λόγο αυτό δεν παρουσιάζονταν και στον θεματικό χάρτη A_B .

Μετά από λεπτομερή έρευνα απεδείχθη ότι η επιπλέον περιοχή που προέκυψε δεν ήταν κατάλληλη για Χ.Υ.Τ., βάσει άλλων κριτηρίων (κλίσεις κλιτύων της λεκάνης απορροής κ.α.) τα οποία όμως δεν ήταν δυνατόν να παρουσιασθούν γραφικά.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία 10-15 χρόνια η ταχύτητα και η ουσιαστική βελτίωση των χαρακτηριστικών των Η/Υ, σε συνδυασμό με την σημαντική μείωση της τιμής αγοράς τους και τον όλο αυξανόμενο αριθμό ερευνητών που χρησιμοποιούν Η/Υ, βοήθησε σημαντικά τα διάφορα Ερευνητικά κέντρα, Πανεπιστήμια, Δημόσιους Οργανισμούς, στο εξωτερικό και στην Ελλάδα, να προμηθευθούν έτοιμα λογισμικά πακέτα Σ.Γ.Π. ή να δημιουργήσουν δικά τους. Τα λογισμικά αυτά μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν οι χρήστες σε διάφορα αναπτυξιακά - ερευνητικά προγράμματα, για τον γρήγορο και επαναληπτικό έλεγχο του περιβάλλοντος, που θα οδηγήσει στην ορθολογική διαχείριση - αξιοποίηση των φυσικών διαθεσίμων μιας περιοχής και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Τα σύγχρονα (ψηφιακά) Σ.Γ.Π. αντικατέστησαν, σε ένα μεγάλο ποσοστό, τα κλασικά (δια χειρός / manual) Σ.Γ.Π., λόγω του ότι τα τελευταία δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν πολλά χωρικά δεδομένα, είναι χρονοβόρα και έχουν μεγάλο κόστος, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις συχνών μεταβολών του περιβάλλοντος μιας περιοχής.



Σχ. 7. Συνοπτική παρουσίαση των συμπερασμάτων

Από την μελέτη εργασιών που αναφέρονται στη χρήση Σ.Γ.Π. στο εξωτερικό και στην Ελλάδα (Burrough 1991, Καρτέρης 1991) και από την παρούσα μελέτη, προέκυψε ότι η χρησιμοποίηση ενός Σ.Γ.Π. έχει σημαντικές επιδράσεις πάνω στη λειτουργία ενός Δημόσιου Οργανισμού, όπως είναι π.χ. ο Σύνδεσμος Ο.Τ.Α. Μείζονος Θεσ/νίκης, γιατί ένα Σ.Γ.Π. βελτιώνει την ικανότητα επεξεργασίας και απόδοσης (εξαγωγής) των δεδομένων (αποτελεσμάτων), υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι ο χρήστης θα κάνει σαφή προσδιορισμό των κριτηρίων τα οποία επιθυμεί να χρησιμοποιήσει. Επιτρέπει τον γρήγορο έλεγχο των εναλλακτικών ιδεών και προτάσεων, με βάση κάποιο δείγμα από τα πραγματικά δεδομένα. Έτσι διευκολύνεται η λήψη αποφάσεων σχετικά με την αποτελεσματικότητα των ελεγχόμενων ιδεών και προτάσεων. Αν οι προτάσεις αυτές παρουσιάζουν θετικό αποτέλεσμα, ενσωματώνονται στον σχεδιασμό και την διαχείριση του Οργανισμού, αν όχι απορρίπτονται γρήγορα, ελαχιστοποιώντας έτσι το σχετικά κόστος. Τέλος, δημιουργεί ένα κοινό πλαίσιο δραστηριοτήτων. Δηλαδή η μεθοδολογία που προτείνεται υποχρεωτικά εφαρμόζεται από όλους τους χρήστες του Συστήματος. Κατά συνέπεια αναπτύσσεται μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας η οποία διευκολύνει την διεπιστημονική αντιμετώπιση προβλημάτων.

Ειδικά από την παρούσα εργασία, τα συμπεράσματα που προκύπτουν μπορούν να αναλυθούν σε τρεις βασικές ενότητες (Σχ. 7).

- α. Αξιοπιστία των Σ.Γ.Π. σε παραπλήσιες μελέτες.
- β. Ευελιξία και διαχρονική ισχύ των δεδομένων των Σ.Γ.Π.
- γ. Σκοπιμότητα της χρήσης των Σ.Γ.Π. στο στρατηγικό σχεδιασμό της Διαχείρισης Απορριμμάτων.

Στην πρώτη ενότητα πρέπει να αναφερθεί η αξιολογητέα ικανότητα των Σ.Γ.Π. στην ακριβή επεξεργασία των χωρικών δεδομένων (εμβαδομετρήσεις, ακτίνα επίδρασης κ.α.) όπως επίσης και στη σύνθεση των διαφόρων πληροφοριών. Πρέπει όμως να αναφερθεί και η αδυναμία παρουσίασης των πολλαπλών πληροφοριών που αποκτούνται κατά τη διάρκεια της κλασικής έρευνας πεδίου και που πολλές φορές δεν καταγράφονται αλλά συμμετέχουν στην λήψη της τελικής απόφασης.

Στη δεύτερη ενότητα πρέπει να αναφερθεί η δυνατότητα δημιουργίας διαφόρων ζωνών περιμετρικής προστασίας, που συνδυαζόμενη με την έλλειψη τεχνικών προδιαγραφών καταλληλότητας μπορεί ευκολότατα να επαναπροσδιορισθεί χωρίς να καταργεί τα προηγούμενα δεδομένα. Το γεγονός αυτό ανάγει τα Σ.Π.Γ. σαν αξιόλογες βάσεις δεδομένων με διαχρονική αξία.

Στην τρίτη ενότητα πρέπει να αναφερθεί η αντικειμενική εξαγωγή των συμπερασμάτων, όπως επίσης και η τεκμηριωμένη μοναδικότητά τους για μια ευρεία περιοχή, γεγονός που προάγει ιδιαίτερα την φάση εκείνη του στρατηγικού σχεδιασμού, στη Διαχείριση Απορριμμάτων, που έχει σχέση με την κοινωνική αποδοχή.

Σαν τελικό, γενικό, συμπέρασμα θα μπορούσε να λεχθεί ότι η χρήση των Σ.Γ.Π., σε

μελέτες και έρευνες που άπτονται περιβαλλοντικών θεμάτων, πρέπει να προωθηθεί. Παράλληλα δεν πρέπει να υποβαθμίζεται ο ρόλος της έρευνας πεδίου, ο οποίος παίζει και τον κύριο ρόλο στην τελική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aalders H.J., (1980). Data base elements for geographic information systems, ITC Journal, 1980-81, pp. 76-85.
- Αλιβάνης Κ., Ζηκόπουλος Κ., Μπένη Α., Ράπτη Α., Σπάσης Π., Χρησιτίδου Φ., (1991): «Κριτήρια Επιλογής Χώρων Υγειονομικής Ταφής». ΕΛΚΕΠΑ, Θεσ/νίκη, σελ. 60.
- Αλιβάνης Κ., Πετρίδης Γ., Τάτση Α., (1991): «Μελέτη Εξέρευσης Νέων Χώρων Υγειονομικής Ταφής Ανατολικού Τομέα». Σύνδεσμος Ο.Τ.Α. Μείζονος Θεσ/νίκης, σελ. 55.
- Burrough P.A., (1991). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Monographs on soil and resources survey, No 12, Clarendon Press, Oxford, 194 p.
- ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΣΤΡΑΤΟΥ (Γ.Υ.Σ.), (1971): Τοπογραφικοί χάρτες: φύλλα «Βασιλικά» & «Θέρμη», κλίμακας 1:50.000 και «Θεσ/νίκη» 1:250.000, Αθήνα.
- Cossu R., (1989): «Role of Landfilling in Solid Waste Management», in «Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impact», Academic Press, pp. 3-8.
- Curran P.J., (1986): Geographic Information Systems. Area 16, pp. 153-158.
- IDRISI (1992). IDRISI: User Manual, Clark University, Massachusetts USA. 329 p.
- Καρτέρης Μ., (1991): Τηλεσκόπηση Φυσικών Πόρων και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Πανεπιστημιακές παραδόσεις). ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, σελ. 247.
- Star J. and Estes J., (1990): Geographic Information Systems, An Introduction. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA, 303 p.
- Stief K., (1989): «Multi-barrier Concept in West Germany», in «Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impact, Academic Press, pp. 549-557.
- Strahler A., (1964): «Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks». Handbook of Applied Hydrology, Edited by V.T. Chow (New York: McGraw-Hill), 4-11, pp. 133-153.
- Tchobanoglous G., Theisen H., Ellassen R., (1977): «Solid Wastes». McGraw-Hill., 647 p.
- Φραντζής Γ., (1991): «Επιλογή Χώρων Διάθεσης Απορριμμάτων», Πρακτικά II Συνεδρίου, Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Μυτιλήνη, σελ. 384-390.
- Χαλβαδάκης Κ., Αλιβάνης Κ., Καλδέλλης Α., Καμπουράκη Ρ., Ιατρέλλης Ι., (1988): «Ανάπτυξη Συστήματος Διαχείρισης Απορριμμάτων Ευρύτερης Περιοχής

Χανίων 1988-1991». Υπουργείο Εσωτερικών, σελ. 70.

Χατζόπουλος Ι., Γαζής Δ. και Ελευθεριάδης Μ., (1990): «Τηλεσκοπήση και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφόρησης στην Επιλογή της Καταλληλότερης Περιοχής Εναπόθεσης Τοξικών Αποβλήτων», Πρακτικά Συνεδρίου «Χημικά - Τοξικά στο Περιβάλλον», Μόλυβδος Μυτιλήνης, Σεπτ. 1990, σελ. 339-355.

Young, J.A.T. (1986): A UK Geographic Information System for Environment monitoring. Resource planning and Management Capable of Integrating & Using Satellite Remotely Sensed Data. Remote Sensing Society Monograph, No 1. The Remote Sensing Society, Nottingham, Nottingham UK, 69 p.

**ΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΑΚΤΙΝΟΜΕΤΡΟΥ AVHRR
ΤΟΥ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ NOAA
ΣΑΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ**

ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ Β.* - ΠΙΤΕΡΗ Σ.**

*Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Ελληνικό

**Εργαστήριο Τηλεανίχνευσης, Τμήμα Γεωλογίας,
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημίουπολις 157 04, Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο μετεωρολογικός δορυφόρος NOAA είναι εφοδιασμένος με το ακτινόμετρο σάρωσης AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Το ακτινόμετρο αυτό μετρά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανακλάται και εκπέμπεται από την επιφάνεια και την ατμόσφαιρα της Γης σε πέντε φασματικές ζώνες στην ορατή, την εγγύς υπέρυθρη και τη θερμική υπέρυθρη περιοχή του φάσματος.

Το AVHRR παρέχει ψηφιακές εικόνες υψηλής ποιότητας με χωρική διακριτική ικανότητα 1,1 km. Οι μετρήσεις του AVHRR είναι διαθέσιμες στους τοπικούς σταθμούς εδάφους ανά εξάωρο, με σχετικά μικρό κόστος. Ένας τέτοιος σταθμός εδάφους πρόκειται να τεθεί σε λειτουργία στην EMY μέσα στο επόμενο έτος.

Οι μετρήσεις του AVHRR έχουν χρησιμοποιηθεί σε μια πληθώρα εφαρμογών σε πολλούς διαφορετικούς τομείς της επιστήμης, ιδιαίτερα για τη μελέτη δυναμικών φαινομένων που λαβαίνουν χώρα σε σχετικά μεγάλη έκταση.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παρουσιάσει μια εκτίμηση της χρησιμότητας των δεδομένων του AVHRR σε γεωγραφικές εφαρμογές και σε εφαρμογές που απαιτούν το γεωγραφικό προσδιορισμό των περιοχών ειδικού ενδιαφέροντος.

ABSTRACT

Meteorological satellite NOAA is equipped with the scanning radiometer AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), which records the electromagnetic radiation emitted and reflected by the Earth and its atmosphere. It operates in five spectral bands in the visible, the near infrared and the thermal infrared part of the spectrum.

The images supplied by the AVHRR have a relatively high resolution of 1.1 km at a low cost and they are available every six hours at the local ground stations. One such ground station will start operating at the National Meteorological Service of Greece in 1994.

AVHRR images have been used in a variety of applications in different fields of interest, particularly when they involve dynamic phenomena taking place in a large area.

This paper will present the use of AVHRR data in geographical applications and in applications where geographic parameters must be evaluated.

1. Εισαγωγή

Τα δορυφορικά δεδομένα γενικά αποτελούν ένα εξαιρετικής χρησιμότητας εργαλείο στα χέρια των γεωγράφων και των μελετητών του περιβάλλοντος. Η χρήση τους στη μελέτη στατικών φαινομένων έχει γίνει καθημερινή πρακτική για τους ενδιαφερόμενους φορείς σε πολλές χώρες αλλά και στη χώρα μας. Όταν, όμως η μελέτη της γήινης επιφάνειας και του περιβάλλοντος απαιτούν τη μελέτη δυναμικών φαινομένων, τότε τα περισσότερα είδη δορυφορικών δεδομένων αποδεικνύονται μη αποτελεσματικά, διότι:

- α) Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών δορυφορικών καλύψεων είναι μεγάλο (π.χ. 16 ημέρες για τον LANDSAT), και μπορεί να είναι ακόμη μεγαλύτερο αν η αμέσως επόμενη κάλυψη συμπέσει με κακές καιρικές συνθήκες.
- β) Η διακίνηση των δεδομένων είναι πολύ αργή, αν ληφθεί υπ' όψη ότι σε ορισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα, τα δεδομένα πρέπει να έχουν παραληφθεί, διορθωθεί και αναλυθεί μέσα σε λίγες ώρες, για να έχει νόημα η χρήση τους.
- γ) Η πρόσβαση σε ορισμένα είδη δορυφορικών δεδομένων είναι δύσκολη και με γραφειοκρατικές διαδικασίες που είναι δύσκολο να αντιμετωπισθούν σε περιπτώσεις ανάγκης.
- δ) Το κόστος ορισμένων ειδών δορυφορικών δεδομένων είναι μεγάλο.

Ο μετεωρολογικός δορυφόρος NOAA και ειδικά οι εικόνες του δέκτη AVHRR υπερτερούν σε όλα τα προαναφερθέντα, αλλά υστερούν στη χωρική διακριτική ικανότητα έναντι των κλασικών δορυφορικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται στην τηλανίχνευση της Γης (LANDSAT, SPOT, SOJUZCARTA). Η δυνατότητα λήψης δεδομένων κάθε 12 ή κάθε 6 ώρες (αν γίνεται λήψη από δύο δορυφόρους), η δυνατότητα άμεσης επεξεργασίας τέτοιων δεδομένων από το χρήστη, σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος των δεδομένων και την άμεση πρόσβαση σε αυτά, κάνουν τα δεδομένα αυτά ένα χρήσιμο εργαλείο στη μελέτη πολλών δυναμικών φαινομένων.

Στις περιβαλλοντικές μελέτες που ένα φαινόμενο είναι σε εξέλιξη, η επιχειρησιακή αξία των άλλων δορυφορικών δεδομένων είναι πολύ μικρή. Αντίθετα, τα δεδομένα του NOAA μπορούν να έχουν σημαντική επιχειρησιακή αξία παρά τη μικρή χωρική διακριτική των δεδομένων.

Ενα πρόσθετο πλεονέκτημα προκύπτει από το γεγονός ότι ο φορέας-χρήστης δεδομένων NOAA μπορεί να σχεδιάσει τη λειτουργία του σταθμού λήψης των δεδομένων έτσι ώστε να ικανοποιεί πληρέστερα τις ανάγκες του.

Ενας τέτοιος σταθμός λήψης δεδομένων NOAA/AVHRR πρόκειται να εγκατασταθεί στην Εθνική μετεωρολογική Υπηρεσία πριν από το τέλος του 1993, για να καλύψει ανάγκες της υπηρεσίας στη μελέτη των μετεωρολογικών φαινομένων.

Με αφορμή αυτό το γεγονός η εργασία αυτή σκοπό έχει να παρουσιάσει τις δυνατότητες χρήσης των δεδομένων του AVHRR όχι για τη μετεωρολογία, αλλά για τη γεωγραφία και τη μελέτη του περιβάλλοντος από τους ενδιαφερόμενους φορείς στη χώρα μας.

2. Στοιχεία Λειτουργίας του AVHRR

Το ακτινόμετρο AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) για τους μετεωρολογικούς δορυφόρους NOAA έχει τη δυνατότητα να καταγράφει οπτική, εγγύς υπέρυθρη και θερμική ακτινοβολία σε πέντε φασματικές ζώνες. Το ακτινόμετρο ανήκει στην κατηγορία των σαρωτών και χρησιμοποιεί ένα μοτέρ σάρωσης που περιστρέφει ένα κάτοπτρο σάρωσης με 360 στροφές/λεπτό. η γωνία σάρωσης είναι + 56 από το ναδίρ.

Το οπτικό σύστημα αποτελείται από ένα τηλεσκόπιο εστίασης διαμέτρου 20,3 cm σε συνδυασμό με ένα δευτερεύον οπτικό σύστημα που κύριο σκοπό έχει την διάσπαση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στις φασματικές περιοχές που είναι ευαίσθητο το ακτινόμετρο.

Στην οπτική και την εγγύς υπέρυθρη φασματική περιοχή χρησιμοποιούνται ανιχνευτές σιλικόνης για την μέτρηση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, ενώ για την περιοχή των 3,8 μm χρησιμοποιείται ανιχνευτής κράματος ινδίου-αντιμονίου, και για τη περιοχή των 11 μm ανιχνευτής υδραργύρου - καδμίου - τελλουρίου. Οι υπέρυθροι ανιχνευτές ψύχονται ώστε να λειτουργούν στους 105 K.

Το στιγμιαίο οπτικό πεδίο (IFOV) κάθε δέκτη στις 5 φασματικές περιοχές είναι περίπου 1,4 mrad, τέτοιο ώστε στο ναδίρ του δορυφόρου (σημείο όπου η ευθεία που ενώνει το δορυφόρο με το κέντρο μάζας της Γης, τέμνει την επιφάνεια της Γης) η διακριτική του ικανότητα να είναι 1,1 km από ένα μέσο ύψος 833 km.

Τα αναλογικά δεδομένα που προέρχονται από τους δέκτες ψηφιοποιούνται πάνω στο δορυφόρο με συχνότητα 39.936 δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο και ανά δέκτη, που αντιστοιχεί σε 1.362 δείγματα ανά IFOV.

Οι μετρήσεις διατίθενται στους σταθμούς εδάφους είτε με απευθείας μετάδοση είτε μετά από περιορισμένη, βραχύχρονη αποθήκευση δεδομένων (LAC = τοπική μελέτη). Δεδομένα παγκόσμιας κάλυψης (GAC) είναι διαθέσιμα δυο φορές ημερησίως.

Το επίπεδο θορύβου είναι πολύ χαμηλό ιδιαίτερα τους πρώτους 12 μήνες λειτουργίας του δορυφόρου και αυξάνεται συνεχώς με το χρόνο λειτουργίας του δορυφόρου.

Ο πίνακας 2.1 παρουσιάζει τις φασματικές περιοχές λειτουργίας του AVHRR και το στιγμιαίο οπτικό πεδίο τους για τους δορυφόρους NOAA από τη σειρά A μέχρι και τη σειρά G.

Πίνακας 2.1

Φοσμ. Περ.	Tiros-N	NOAA-A,B,C,E	NOAA-D,F,G	IFOV (mrad)
1	0.55-0.90	0.58-0.68	0.58-0.68	1.39
2	0.72-1.10	0.72-1.10	0.72-1.10	1.41
3	3.55-3.93	3.55-3.93	3.55-3.93	1.51
4	10.5-11.5	10.5-11.5	10.3-11.3	1.41
5	—	—	11.5-12.5	1.3

3. Σταθμός Λήψης Δεδομένων NOAA/AVHRR στην EMY

Ο επίγειος δορυφορικός σταθμός της EMY έχει ονομασθεί PROTEAS (Primary Research & Operations Teledetection Archiving System). Το σύστημα PROTEAS είναι ένα σύστημα λήψης, επεξεργασίας, αρχειοθέτησης και διανομής δορυφορικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή. Τα δορυφορικά δεδομένα προέρχονται από τις πλατφόρμες NOAA και METEOSAT. Από τους δορυφόρους πολικής τροχιάς NOAA θα λαμβάνονται τα δεδομένα του ακτινομέτρου AVHRR και του οργάνου ραδιοβόλησης TOVS. Επίσης το σύστημα μπορεί να λαμβάνει χάρτες και παρατηρήσεις από το ευρωπαϊκό σύστημα MDD διασποράς μετεωρολογικών πληροφοριών.

Το σύστημα PROTEAS θα αποτελείται από τρία υποσυστήματα λήψης δορυφορικών δεδομένων τα οποία θα καταλήγουν σε ένα δίκτυο υπολογιστών τύπου Ethernet. Με το δίκτυο αυτό θα είναι συνδεδεμένοι τρεις ακόμη υπολογιστές, από τους οποίους οι δύο θα αρχειοθετούν τα δεδομένα και τις πληροφορίες μέσω μιας βάσης δεδομένων και ο τρίτος θα χειρίζεται τις τηλεπικοινωνίες του συστήματος.

Εκτός από το κυρίως δίκτυο των υπολογιστών που θα δέχονται και θα επεξεργάζονται τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα από τους δορυφόρους και το σύστημα εξυπηρέτησης για την αρχειοθέτηση και τις επικοινωνίες του συστήματος, ο σταθμός θα διαθέτει λογισμικό επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και από δυνατότητες τόσο για μετεωρολογικές όσο και για μη μετεωρολογικές εφαρμογές των δορυφορικών δεδομένων του σταθμού.

Ο σταθμός θα έχει τη δυνατότητα επικοινωνίας με εξωτερικούς χρήστες μέσω ενός router. Θα διαθέτει ακόμη τρεις εκτυπωτές με δυνατότητα εκτύπωσης εικόνων και χαρτών.

Στόχος της λειτουργίας του σταθμού είναι:

- Η κάλυψη των επιχειρησιακών αναγκών της EMY.
- Η παροχή εξειδικευμένων επιστημονικών πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σε πανεπιστήμια και ερευνητικά ινστιτούτα.

γ. Η δημιουργία αρχείου δορυφορικών μετεωρολογικών δεδομένων (EMY, 1993).

4. Μη Μετεωρολογικές Εφαρμογές των Δεδομένων NOAA/AVHRR

Οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες έχουν αναπτύξει σταθμούς λήψης δορυφορικών δεδομένων NOAA/AVHRR με κύριο σκοπό τη χρήση των δεδομένων στη μετεωρολογία. Εκτός όμως της βασικής αυτής χρήσης των δεδομένων πολλές άλλες επιστήμες έχουν ωφεληθεί από αυτά.

α. Κλιματολογικές μελέτες

Η υπηρεσία NESDIS των ΗΠΑ χρησιμοποιεί δεδομένα NOAA/AVHRR για την παρακολούθηση της εξέλιξης της χιονοκάλυψης και παγοκάλυψης στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη (Walter, 1991). Η ανάλυση αυτή κατόπιν εισέρχεται στα τοπικά και παγκόσμια κλιματολογικά μοντέλα του NMC (National Meteorological Center) και τελικά χρησιμεύει σαν βάση του NOAA Atlas of Satellite Derived Northern Hemisphere Snow Coverage.

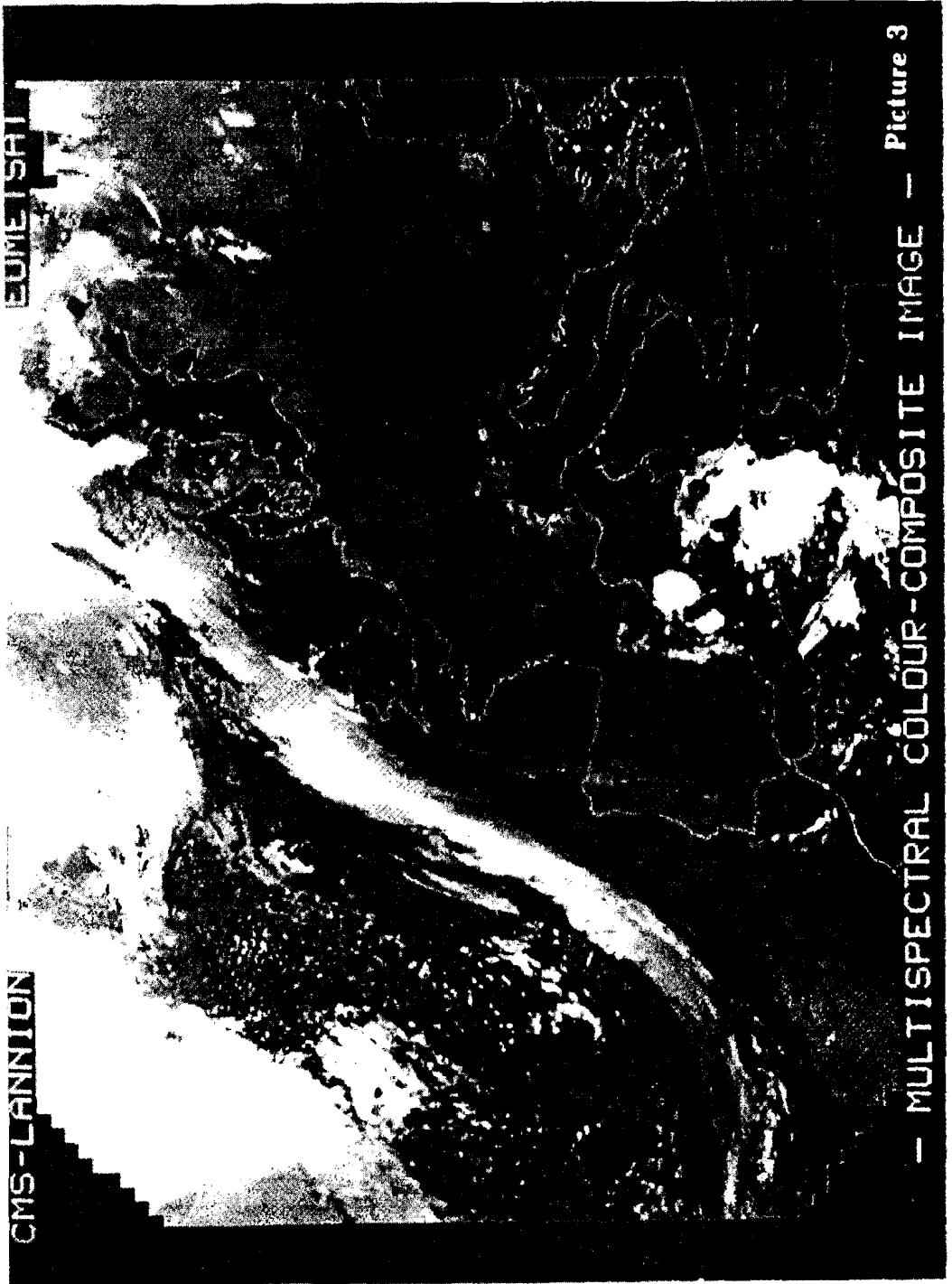
Η ίδια υπηρεσία παρακολουθεί με χρήση εικόνων AVHRR την ηφαιστειακή στάχτη που εκτοξεύεται στην ατμόσφαιρα μετά από εκρήξεις ηφαιστειών. Επειδή η ηφαιστειακή στάχτη είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη στις πτήσεις αεροπλάνων, μετά από κάθε έκρηξη ηφαιστείου η υπηρεσία NESDIS πληροφορεί τις ενδιαφερόμενες υπηρεσίες για την κίνηση των νεφών ηφαιστειακής στάχτης για όσο χρονικό διάστημα είναι αυτά ορατά στις εικόνες των δορυφόρων.

Στα πλαίσια κλιματολογικών μελετών έχουν επίσης μελετηθεί οι αλληλεπιδράσεις ατμόσφαιρας και θάλασσας με δεδομένα AVHRR, που λόγω των πολυφασματικών του δυνατοτήτων και του σχετικής ακριβείας καλιμπραρίσματος των υπέρυθρων καναλιών επιτρέπουν τη μέτρηση των ρών ενέργειας μεταξύ ατμόσφαιρας και θάλασσας (McClain et al, 1985).

β. Παρακολούθηση Ξηρασίας

Η προσπάθεια να εκφραστεί αριθμητικά η επίδραση των καιρικών συνθηκών στη βλάστηση οδήγησε στη δημιουργία του Δείκτη Κατάστασης της Βλάστησης (Vegetation Condition Index) που βασίζεται στον υπολογισμό των NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Ο VCI μετριέται σε μια κλίμακα από 1 έως 100. Τιμές κάτω από 30 θεωρούνται ότι αντιστοιχούν σε Ξηρασία και σε κακές συνθήκες βλάστησης. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται κάθε εβδομάδα για την άνοιξη και το καλοκαίρι από το 1985 μέχρι σήμερα, για όλη την έκταση των ΗΠΑ.

Τα δεδομένα AVHRR έδωσαν δείκτες βλάστησης για διάφορες περιοχές με Ξηρασία που συμφωνούσαν ικανοποιητικά με την απόδοση των αγροτικών καλλιεργειών στις περιοχές μετά από λίγους μήνες. Για παράδειγμα στις περιοχές που οι δείκτες





Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

βλάστησης ήταν χαμηλοί τον Απρίλιο του 1988, είχαν αργότερα πολύ μικρή απόδοση στις καλλιέργειες αραβοσίτου (Kogan, 1990).

γ. Παρακολούθηση εξέλιξης πετρελαιοκηλίδων

Η χρήση δεδομένων AVHRR έδωσε πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα στην παρακολούθηση της πετρελαιοκηλίδας του Exxon Valdez στην Αλάσκα το Μάρτιο του 1989. Δεδομένα AVHRR χρησιμοποιήθηκαν ξανά σε πετρελαιοκηλίδες στον Περσικό Κόλπο τον Ιανουάριο 1991. Τμήματα της κηλίδας εμφανίζονται σαν θερμές σκοτεινές κηλίδες στην εικόνα του AVHRR και σε μερικές περιπτώσεις ήταν ορατά για δύο περίπου εβδομάδες, μέχρι τα θαλάσσια ρεύματα να τα διασπάρουν σε μικρότερα τμήματα. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι εικόνες του AVHRR χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό με εικόνες του Θεματικού Χαρτογράφου LANDSAT και με παρατηρήσεις από αεροπλάνα.

δ. Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιών και κοπνού

Κατά τη διάρκεια του πολέμου στο Κουβέϊτ έγινε ανάφλεξη μεγάλου αριθμού πετρελαιοπηγών με συνέπεια ένα γιγάντιο νέφος καπνού. Οι καθημερινές παρατηρήσεις του νέφους αυτού από εικόνες AVHRR, από την ποσότητα το υκαπνού στην ατμόσφαιρα. Η φασματική ζώνη 3 έχει δείχθει ότι είναι αρκετά αποτελεσματική στην ανίχνευση φωτιάς (Stephens και Matson, 1987). Οι δείκτες NDVI μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στην ανίχνευση της ποσότητας υγρασίας στη δασική βιομάζα και στη δημιουργία ενός δείκτη επικινδυνότητας για την περιοχή σε διάφορες εποχές του έτους (Partridge και Barber, 1988).

Η ταυτόχρονη παρακολούθηση των καιρικών συστημάτων που επικρατούν στην περιοχή κατά τη διάρκεια μιας δασικής πυρκαγιάς, δίνουν τη δυνατότητα πρόβλεψης της εξέλιξης της πυρκαγιάς και την κίνηση των μετώπων της φωτιάς. Τέτοιες παρατηρήσεις ενισχύονται αν χρησιμοποιηθούν συγκριτικά μαζί με παρατηρήσεις από αεροσκάφη.

ε. Παρακολούθηση τροπικών δασών

Οι επιπτώσεις της καταστροφής των τροπικών δασών στο περιβάλλον και στο κλίμα του πλανήτη δεν έχουν ερευνηθεί ακόμη επαρκώς. Το γεγονός αυτό οδήγησε το Joint Research Center και την ESA στη δημιουργία ενός προγράμματος για μια παγκόσμια επισκόπηση της κατάστασης των τροπικών δασών με δαρυφορικές εικόνες AVHRR (και ERS-1 όταν αυτές θα είναι διαθέσιμες). Το πρόγραμμα αυτό με το όνομα

TREES (Tropical Ecosystem Environment observations by Satellites) έχει τρεις στόχους:

- α) Να δημιουργήσει ένα σύστημα επίβλεψης της κατάστασης των τροπικών δασών με δεδομένα AVHRR.
- β) Να καθορίσει τις περιοχές που η καταστροφή του τροπικού δάσους είναι σε εξέλιξη και να μετρήσει τις αλλαγές κάλυψης στις περιοχές αυτές, και
- γ) Να αναπτύξει χωροχρονικά μοντέλα της δυναμικής της καταστροφής των δασών και των επιπτώσεων στο περιβάλλον (CEC/ESA, 1970).

στ. Ωκεανογραφικές εφαρμογές

Μεταξύ των πιο σημαντικών εφαρμογών της τηλενίχνευσης στην ωκεανογραφία είναι η μελέτη των μεταβολών θερμοκρασίας στη θάλασσα, η μελέτη της εμφάνισης μορφών algae και της εναπόθεσης ιζημάτων. Στις εφαρμογές αυτές είναι χρήσιμα τόσο τα χαμηλής διακριτικής ικανότητας δεδομένα του AVHRR, όσο και τα υψηλής διακριτικής ικανότητας δεδομένα άλλων δορυφορικών δεκτών. Τα αποτελέσματα είναι καλύτερα όταν τα δύο είδη δεδομένων χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό.

Ειδικά στην μελέτη της ανάμιξης των ποτάμιων υδάτων με τα θαλάσσια και του τρόπου μεταφοράς των ιζημάτων, σημαντική είναι η οπτική φασματική περιοχή του AVHRR, χωρίς όμως να δίνει τη δυνατότητα του ποσοτικού προσδιορισμού των συγκεντρώσεων των ιζημάτων.

5. Συμπεράσματο

Η λειτουργία του σταθμού PROTEAS στην EMY μέσα στο 1993 πρόκειται να δώσει τη δυνατότητα στους χρήστες δεδομένων τηλεπισκόπησης να χρησιμοποιήσουν με μικρό κόστος τα δεδομένα του ακτινομέτρου AVHRR των μετεωρολογικών δορυφόρων NOAA.

Τα δεδομένα αυτά λαμβάνονται σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και έχουν διεθνώς αποδειχθεί χρήσιμα σε πληθώρα εφαρμογών. Το βασικό μειονέκτημα των δεδομένων αυτών που είναι η μικρή διακριτική ικανότητα του 1.1 km αντισταθμίζεται από την ευκολία στην πρόσβαση, το χαμηλό κόστος και τη δυνατότητα να έχει ο χρήστης δορυφορική εικόνα της περιοχής ενδιαφέροντος ανά δωρο.

Η παράλληλη χρήση άλλων ειδών δορυφορικών δεδομένων με μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα βελτιώνει την ποιότητα των αποτελεσμάτων κατά πολύ, αυξάνοντας και το κόστος της μελέτης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- CEC/ESA, TREES, Tropical Ecosystem Environment observations by Satellites. CEC publication SP-I.90.31, October 1990, Directorate General of the Joint Research Center, CEC, Brussels.
- ΕΜΥ, Περιγραφή του Δορυφορικού Σταθμού PROTEAS, 1993, Αθήνα.
- Kogan F.N., Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. 1990, *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 11, No 8, pp 1405-1419.
- Kogan F.N., Carey, R.M., New Applications of NOAA/AVHRR data for environmental monitoring. 1991, *Proceedings of the 5th AVHRR data users' meeting*, Norway.
- McLain E.P., Pichel W.G., Walton C.C., Comparative performance of AVHRR-based multichannel sea surface temperature. 1985, *J. Geoph. Res.*, Vol. 90, C6, pp 11587-11601.
- Paltridge G.W., Barber J., Monitoring grassland dryness and fire potential in Australia with NOAA/AVHRR data. 1988, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 25, pp 381-394.
- Walter R.J., The use of AVHRR for monitoring Northern hemisphere snow and ice and for tracking volcanic ash. 1991, *Proceedings of the 5th AVHRR data users' meeting*, Norway.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΑΡΧΕΙΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΙΕΡΑΣ ΜΟΝΗΣ ΣΙΜΩΝΟΣ ΠΕΤΡΑΣ-ΑΓΙΟΥ ΟΡΟΣ

ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ Γ.
Υρκανίας 1 - 111 42 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Γεωγραφικό Αρχείο Πληροφοριών (ΓΑΠ) είναι μια μελέτη συλλογής, εναποθήκευσης, ανάλυσης, και παρουσίασης όλης της περιβαλλοντικής πληροφορίας, της περιοχής της Ι. Μονής Σιμωνόπετρας του Αγίου Ορους.

Το ΓΑΠ στηρίζεται στην κλασική Γεωγραφική-Χωροτακτική μέθοδο σάρωσης όλων των δραστηριοτήτων με κριτήριο την γεωγραφική τους θέση πάνω στο χώρο. Η μελέτη εφάρμοσε την μέθοδο αλληλοσύνδεσης όλων των δεδομένων μεταξύ τους μέσω διαφανών χαρτών διαφορετικών θεμάτων, έτσι ώστε να έχουμε την μέγιστη αλληλοκάλυψη των επιπέδων γραφικής πληροφορίας.

Τα βασικά επίπεδα καταχώρησης πληροφορίας είναι τα ακόλουθα:

Γενικά στοιχεία Ανθρωπογεωγραφίας, Παραγωγή, Υδρολογία, Συγκοινωνίες και Δόμηση.

Η σκοπιμότητα αυτής της μελέτης είχε σαν στόχο αφ' ενός μεν ενός συνολικού μακροπρόθεσμου σχεδιασμού, αφ' ετέρου δε μιας προγραμματισμένης αντιμετώπισης των προβλημάτων άμεσης ανάγκης σε μια ισορροπημένη επαλληλία σχέσεων των δύο προοπτικών.

ABSTRACT

L' Archive d' Information Geographique, de la region du Monastere Simonos Petras au Mont Athos, est une etude de collection d' analyse et de presentation de toute l' information d' environnement physique et sociale de la region.

L' etude repartie toute information concernat cet espace, selon son emplacement geographique. La technique de l' etude consiste a mettre en correlation des elements les uns avec les autres grace a l' emplois d' images transparentes.

Les principaux niveaux d' etude sont: L' element Humain, la Production, l' Eau, les Communications, et l' Habitat.

La valeur de cette etude repose sur l' extraction des criteres clés en matiere de planification et de gestion de cette region, historiquement, et administrativement, hautement sensible.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Γεωγραφικό Αρχείο Πληροφοριών (ΓΑΠ) είναι μια μελέτη συλλογής, εναποθήκευσης, ανάλυσης και παρουσίασης της ανθρωπογενούς και περιβαλλοντικής πληροφορίας, της περιοχής της Ι. Μονής Σιμωνόπετρας εις το Άγιο Όρος.

Ιστορικό

Οι βλέψεις της πρόσφατα αφιχθήσας συνοδείας, για καλή διοίκηση του πολιτισμικο-ιστορικού σημαντικού χώρου τους, τους ώθει να αναζητήσουν νέους τρόπους διαχείρισης και διοίκησης.

Η προσπάθεια συνολικής καταγραφής και ανάλυσης της περιοχής της Ι.Μ.Σ.Π., αρχίζει το 1980.

Η πρώτη μαρφή ανάλυσης ήταν η μελέτη Λογικού Σχεδιασμού και Κωδικοποίησης όλων των δραστηριοτήτων της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής με τρόπο ώστε να υπάρχει άμεση δυνατότητα εισαγωγής σε βάση δεδομένων (dBase IV).

Οι αυξανόμενες ανάγκες με την πάροδο του χρόνου σε συνδυασμό με τις παρουσιαζόμενες δυνατότητες των Κοινοτικών προγραμμάτων και η καταστροφική πυρκαγιά του 1990 (κάηκαν 9.000 στρεμ. από τα 13.000 του συνόλου της περιοχής της Μονής) υπήρξαν, από τους παράγοντες που σηματοδότησαν την αναζήτηση συντονιστικών εργαλείων διαχείρισης της περιοχής, που κατέληξαν στο Γεωγραφικό Αρχείο Πληροφοριών.

Τεχνική του ΓΑΠ

Το ΓΑΠ στηρίζεται στην κλασσική Γεωγραφική-Χωροτακτική μελέτη, σάρωσης όλων των δραστηριοτήτων πάνω σε ένα γεωγραφικό χώρο.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση έγινε συστηματική καταγραφή και ανάλυση των δραστηριοτήτων της Μονής σε όλα τα επίπεδα ενώ όταν υπήρξε ανάγκη κάλυψης κάποιου θέματος σε ιδιαίτερα βαθμό έγινε επίκληση σε μελέτες ειδικών επιστημόνων (Δασολόγων, Μηχανικών, κ.λπ.).

Η μελέτη εφάρμοσε την μέθοδο αλληλοσύνδεσης όλων των δεδομένων μεταξύ τους μέσω διαφανών χαρτών διαφορετικών θεμάτων έτσι ώστε να έχουμε την μέγιστη αλληλοκάλυψη των επιπέδων γραφικής πληροφορίας.

Αυτό έδωσε δυνατότητα «οπτικοποίησης» του συνόλου της περιοχής της Μονής σε μεγέθη εύκολα διαχειρίσιμα για μελέτες ανάπτυξης, στρατηγικής ή προγραμματισμού που είναι και ο στόχος της.

Η βασική πληροφορία έγινε με βάση χάρτες 1: 5.000 της ΓΥΣ της περιοχής ενώ το τελικό αποτέλεσμα παρουσιάστηκε σε κλίμακα 1: 20.000 μέγεθος περισσότερο εύχρηστο για καθημερινή πρακτική.

Πηγές και Μέθοδος Ερεύνας

Θα πρέπει να τονιστεί ότι ο ελλαδικός χώρος διανύει τις πρώτες δεκαετίες συνε-

χούς στατιστικής καταγραφής κι αυτά στους κλασσικούς τομείς που καλύπτει η απογραφή της ΕΣΥΕ, αυτό όμως δεν μπορεί να καλύψει τις ανάγκες της ιδιόμορφης, κατά πολλά, περιοχής του Αθω. Ετσι ο βασικός τρόπος συλλογής στοιχείων που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι η επιτόπια έρευνα.

Για την ολοκλήρωση των στοιχείων χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία για την τοπογραφία από την ΓΥΣ, η πληροφορία για την ύδρευση, για τις νέες χαράξεις δασικών δρόμων, ζωνών πυροπροστασίας, και για την συνολική καταγραφή κτισμάτων και το δάσος προήλθε από σχετικές μελέτες εκθέσεις και σχέδια του αρχείου της Μονής.

Η Δομή της μελέτης

Η γεωγραφική πληροφορία στο ΓΑΠ, έχει καταχωρηθεί κατά θέμα σε πολλά διαφορετικά επίπεδα και το αρχείο λειτουργεί σαν ένα ανοιχτό σύστημα που ο λογικός του σχεδιασμός δίνει την δυνατότητα ανάπτυξης και επέκτασης σε διαφορετικές θεματικές κατευθύνσεις ανάλογα με την κατά περίοδο ανάγκης της Μονής (πίν. 1).

Όλο το σύστημα έχει μελετηθεί ώστε να λειτουργεί σαν βάση δεδομένων περιγραφικής πληροφορίας. Στο κάθε συγκεκριμένο επίπεδο καταχώρησης γραφικής πληροφορίας η κάθε μία (πληροφορία) παραπέμπει σε συγκεκριμένο αρχείο με στοιχεία που την αφορούν (πίν. 2). Τα βασικά επίπεδα καταχώρησης πληροφορίας είναι τα ακόλουθα:

Γενικά στοιχεία Ανθρωπογεωγραφίας, Φυσικό περιβάλλον, Παραγωγή, Υδρολογία, Συγκοινωνίες, Δόμηση.

ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΑΡΑΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1. Στοιχείο ανθρωπογεωγραφίας.

Οι πηγές. Τα δημογραφικά στοιχεία της νεότερης ζωής του μοναστηριού από το 1900 και μετά προέρχονται από την ΕΣΥΕ, τα στοιχεία της σημερινής συνοδείας από το Μοναχολόγιο της Μονής. Επίσης έγινε χρήση έμμεσης βιβλιογραφίας θρησκευτικού περιεχομένου (π.χ. Σμυρνάκης, Αγ. Όρος, 1903), για την πληρέστερη δημογραφική ενημέρωση του αντικειμένου.

Α. Γενική κίνηση του πληθυσμού. Τα γενικά συγκριτικά στοιχεία του Αγίου Όρους και ΙΜΣΠ, δίνουν την εικόνα σύμπλευσης του αγιορείτικου πληθυσμού με αυτόν της Μονής. Παρατηρούμε μια πτώση μετά το 1900, η οποία δείχνει καθαρά να ανακάμπτει μετά το 1970.

	1928	1940	1951	1961	1971	1981	1992
Αγ. Όρος	4858	4746	3086	2687	1732	1472	1650
ΙΜΣΠ	103	88	69	58	25	57	58

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΑΓΙΟΥ ΟΡΟΥΣ και ΙΜΣΠ

Ο πληθυσμός της Μονής. Η σημερινή συνοδεία εγκαθίσταται στο ΑΟ το 1973 (25

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΙΜΣΠ (1973 - 1992)

ετ.	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
αρ.	30	43	45	48	50	48	49	48	49	52	56	51	51	52	53	53	54	53	58	60

μοναχοί), ο σημερινός αριθμός (1992) ανέρχεται σε 60.

Β. Ποιοτικό χαρακτηριστικό του πληθυσμού. Η συνοδεία των μοναχών παρουσιάζει υγιέστατα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά, κανονική και σταθερή ανανέωση του πληθυσμού και αντιπροσώπευση όλων των ηλικιακών ομάδων.

Το μορφωτικό επίπεδο των μοναχών της Μονής είναι πολύ υψηλό, 71% (40), είναι κάτοχοι ενός τουλάχιστον πονεπιστημιακού πτυχίου (τέσσερις μοναχοί είναι κάτοχοι διδακτορικού διπλώματος), 7% (4) έχουν δίπλωμα ανώτερης εκπαίδευσης, 13% (7) μέσης (απολυτήριο Λυκείου), 9% (5) στοιχειώδους εκπαίδευσης.

Γ. Προέλευση των Μοναχών. Η εθνική των μοναχών είναι πολυεθνική. Οι μοναχοί της ΙΜΣΠ, προέρχονται από 11 διαφορετικές χώρες. Το 77% έχουν ελληνική εθνική προέλευση, ενώ το 23% από τις εξής ακόλουθες χώρες (στοιχ. 1992), (Γαλλία, Αγγλία, Αυστραλία, ΗΠΑ, Καναδάς, Γερμανία, Κύπρος, Ολλανδία, Ουγγαρία και Ζιμπάμπουε).

Δ. Μετόχια. Σήμερα διαθέτει μετόχια στην Αθήνα, στην Θεσσαλονίκη και στην Ορμύλια Χαλκιδικής. Η δυναμικότητα της σημερινής συνοδείας έδωσε μια ξεχωριστή διάσταση στην εξάπλωση του αγιορείτικου μοναστικού μοντέλου, ιδρύοντας τρία μετόχια εκτός του ελλαδικού χώρου, στην Γαλλία.

Γ. Επισκεπτική κίνηση. Μετά το 1970, οι διαστάσεις που έλαβε το επισκεπτικό ρεύμα προς την Μοναστική Πολιτεία πήραν ανησυχητική μορφή από την ποσότητα των επισκεπτών.

Η ΙΜΣΠ, είναι ένας από τους προσφιλέστερους στόχους της εν Αθω επισκεπτικής κίνησης (το 16% του συνόλου των επισκεπτών του Αγ. Όρους).

1.2. Φυσικό περιβάλλον.

Μορφολογία του εδάφους. Η περιοχή της Μονής εκτείνεται στο δεύτερο μισό της ΝΔ πλευρά της χερσονήσο και διαβρέχεται από τα νερά του Σιγγιτικού κόλπου. Η επιφάνειά της είναι 13 km² ενώ οι ακτές της περιοχής της Μονής είναι μήκους 4,8 km.

Ανάγλυφο. Η γενική έκθεση της περιοχής είναι ΝΔ, προς την χερσόνησο της Σιθωνίας. Λόγω όμως της έντονης μορφολογικής διακύμανσης του εδάφους, ο προσανατολισμός των διοφόρων τμημάτων είναι από Δ ως Ν.

Η περιοχή παρουσιάζει ημιορεινό χαρακτήρα λόγω των ισχυρών κλίσεων και της έλλειψης πεδινών επιφανειών.

Το 27,36% της περιοχής έχει υψόμετρο ως 300 m, ενώ το 72,7% είναι πάνω από 300 m. Το μέγιστο υψόμετρο είναι 889 m, το μέσο 446 m, το δε Καθολικό της ΙΜΣΠ είναι κτισμένο στα 230 m, ενώ η μέση κλίση του εδάφους ανέρχεται στο 29,32%.

Κλίμα. Το κλίμα που επικρατεί στα 70% της χερσονήσου όπου συγκαταλέγεται και η ΙΜΣΠ, είναι μεσογειακό εύκρατο, ημίξηρο.

Οι ισχυροί βόρειοι και βορειοανατολικοί άνεμοι υπερπηδούν την κορυφογραμμή της χερσονήσου και γίνονται στην κάθοδό τους (καταβατικοί άνεμοι) προς την περιοχή Μονής ταχείς και πολυκατευθυνόμενοι, λόγω της πρόσκρουσης στις διάφορες εδαφικές ανωμαλίες, προκαλώντας στη θάλασσα σφοδρούς διασταυρούμενους κυματισμούς.

Στο χαμηλότερο (400 m) τμήμα της περιοχής επικρατούν ήπιες κλιματικές συνθήκες με μέσες ετήσιες τιμές:

ύψος βροχής	:	600 χλστ.
θερμοκρασία αέρα	:	17° C
υγρασία	:	70 %
νέφωση	:	35 %
ηλιοφάνεια	:	2.800 ώρες

Στο υψηλότερο τμήμα (500-880 m), αυξάνονται οι βροχοπτώσεις και οι χιονοπτώσεις καθώς και η υγρασία, ενώ ελαττώνεται η θερμοκρασία του αέρα και αυξάνονται οι παγετοί σε ένταση και διάρκεια.

χιονοπτώσεις	:	700-770 χλστ.
υγρασία	:	17° C
θερμοκρασία του αέρα	:	16 %

Γεωυπόθεμα. Στην περιοχή της Μονής επικρατούν μεταμορφωσιγενή πετρώματα. Στο ανώτερο μέρος της εμφανίζονται οι μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι στους οποίους σχηματίζονται εδάφη βαθιά και δροσερά, πλούσια σε άργιλο. Στο κατώτερο υπάρχουν γνεύσιοι, στους οποίους δημιουργούνται μετρίου βάθους αμμώδη εδάφη με πολλούς χάλικες και περιορισμένη γονιμότητα.

2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Η μέχρι τώρα χαλαρή διαχείριση του φυτικού πλούτου, ή εκούσια συνδεδεμένη με

την φύση του μοναχισμού γεωγραφική απομόνωση, η ανθρωπογενής δραστηριότητα, άλλες φορές απογορευμένη εξ ολοκλήρου (κτηνοτροφία), κι άλλες φορές ελεγχόμενη (κινήγι, λατομική, μεταλλευτική, οικιστική και βιομηχανική), και οι ευνοϊκοί κλιματικοί και εδαφικοί παράγοντες, είχαν θετικότερα αποτελέσματα για το περιβάλλον. Από χλωριδικής πλευράς ευδοκούν 34 είδη ενδημικών φυτών που διατηρούνται μέσα στο χρόνο λόγω των πιο πάνω συνθηκών.

Το Άγιον Όρος καλύπτεται από πλούσια πυκνή βλάστηση με συντελεστή δασοκάλυψης 90,24%.

Χλωρίδα. Το δασόκτημα της ΙΜΣΠ έχει έκταση 9.061 στρ. και καταλαμβάνει το 70% της συνολικής επιφάνειας της περιοχής που ανέρχεται σε 13.038 στρ.

Το 1980 εκπονήθηκε διαχειριστική μελέτη για το δάσος, από τις πρώτες στο Αγ. Όρος, η οποία αναπροσαρμόστηκε το 1988. Η δασοπονία αποτελεί την κύρια μορφή εδαφοπονικής εκμετάλλευσης της περιοχής. Ταυτόχρονα το δάσος προσφέρει προστατευτικές και υδρολογικές υπηρεσίες (αποτρέπει τις διαβρώσεις, αυξάνει τα υπόγεια ύδατα και τις πηγές, μειώνει τις πλημμυρικές παροχές), καθαρίζει την ατμόσφαιρα και βελτιώνει την αισθητική του χώρου. Αρνητικές επιπτώσεις στους πιο πάνω τομείς διαπιστώθηκαν μετά την καταστρεπτική πυρκαγιά του 1990.

Η κατανομή του φυτικού πλούτου της περιοχής έχει ως ακολούθως (Διαχειριστική Μελέτη 1980):

Δασοσκεπής έκταση	:	7.335 στρ.
Θαμνότοποι	:	2.694 >>
Γεωργοδενδροκομικές εκτάσεις	:	448 >>
Γυμνά	:	53 >>
Αγονά	:	2.145 >>

Η συγκρότηση των διαχειριστικών κλάσεων είναι σε τρεις ομάδες:

α) Αμιγούς καστανιάς	:	2.284 στρ.
β) Μικτού δάσους καστανιάς-δρυός-οξυιάς	:	3.047 >>
γ) Αειφύλλων - πλατυφύλων	:	7.318 >>

Πανίδα. Παρά την μη ύπαρξη συστηματικής μελέτης γνωρίζουμε ότι γενικότερα η πανίδα της περιοχής ΙΜΣΠ έχει τα χαρακτηριστικά του Αγ. Όρους που διαθέτει τρία (3) είδη σπάνιων θηλαστικών, επτά (7) είδη σπάνιων πουλιών.

Θηλαστικά: Ζαρκάδια, λαγοί, αγριόχοιροι, τσακάλια, αλεπούδες, λύκοι, νυφίτσες, σκίουροι κ.α.

Πτηνά: Φιδαιτός, παντικογερακίνα, μαυροσταχτάρες, λευκοχελίδονα, αγριοπερίστερα, κίσσες κ.α.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Ερπετά: Οχιές, λαφίνες, δεινόσαυροι.

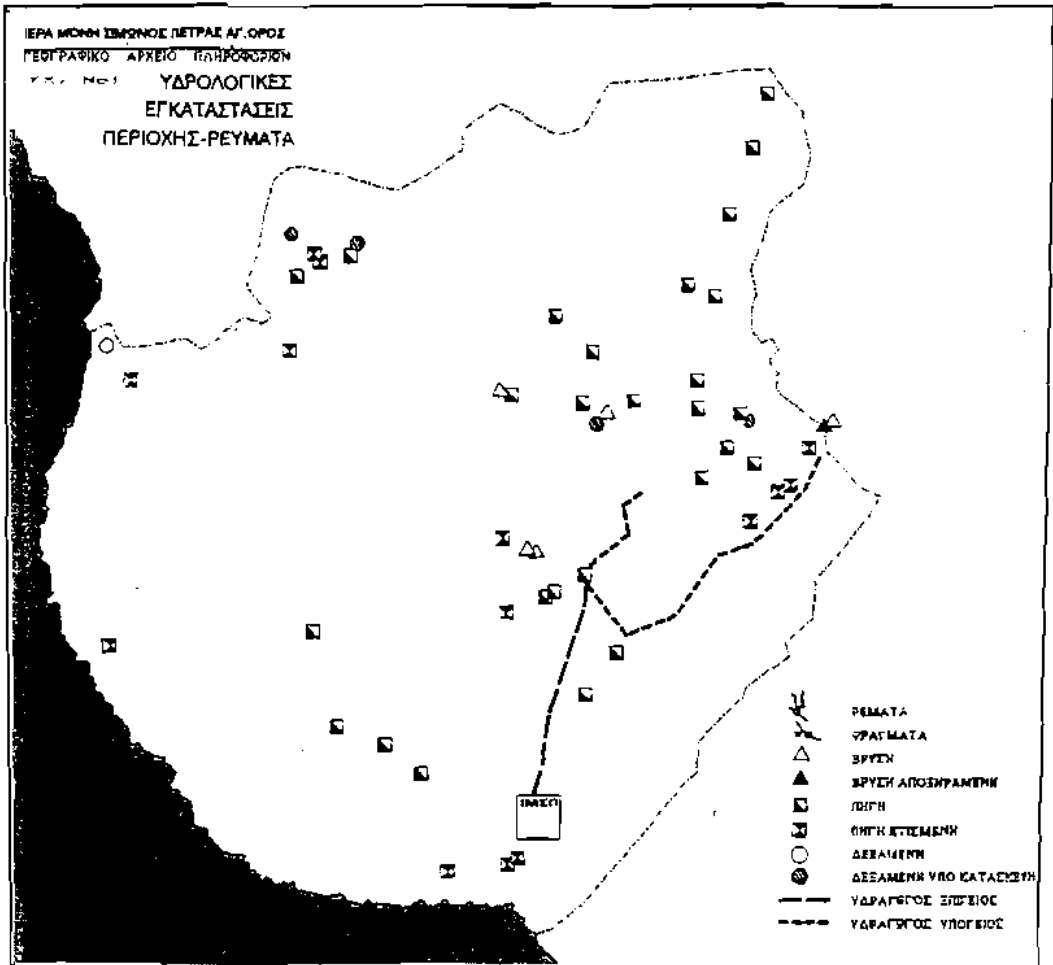
Θαλάσσια: Δελφίνια, φώκιες, διάφοροι κοραλλιογενείς σχηματισμοί κ.α.

3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ (σχ. Νο 1)

Την όλη δραστηριότητα μπορούμε να την κατατάξουμε σε δύο επίπεδα.

Το πρώτο αφορά την Μονή και την περί αυτής περιοχή, ενώ ένα δεύτερο αφορά την ευρύτερη περιοχή της Μονής.

Στην πρώτη, η υδρολογική δραστηριότητα είναι διευθετημένη έτσι ώστε να εξυπηρετούνται οι πάγιες ανάγκες της Μονής. Σ' αυτό το πρώτο επίπεδο υπάρχουν οι περισσότερες υδρολογικές εγκαταστάσεις.



Το δεύτερο επίπεδο χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ενός δενδροειδούς δικτύου ρεμάτων, ενώ το ποσοστό των υδρολογικών εγκαταστάσεων είναι μικρό. Κανένα από αυτά τα ρεύματα δεν είναι συνεχούς ροής, με εξαίρεση αυτού που περνά ΒΔ της Μονής.

Ο κυριότερος όγκος του δικτύου βρίσκεται στο ΝΔ τμήμα της περιοχής.

Μέσα στα πλαίσια ουστηματικής τακτοποίησης του συστήματος παροχής οι υδρολογικές εγκαταστάσεις (πηγές, δεξαμενές, βρύσες κ.λπ.), παρουσιάζονται συντηρημένες σε καλό βαθμό.

Θα πρέπει επίσης να επισημάνουμε την ύπαρξη τριών υδραγωγών δύο επίγειων και ενός υπογείου για την υδροδότηση της Μονής. Το σημείο εκκίνησής των, όπως και το κέντρο βάρους της υδρογραφικής δραστηριότητας ολοκλήρου της περιοχής τοποθετείται ανατολικά της περιοχής Αγ. Δημητρίου.

4. ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ (σχ. Νο 2)

Το δίκτυο της ΙΜΣΠ έχει μήκος 42.413 km (1991).

Το οδικό δίκτυο της Μονής, μπορεί να χαρακτηριστεί από τρία επίπεδα κυκλοφορίας.

Το πρώτο επίπεδο κυκλοφορίας είναι αυτό που εξυπηρετεί την επικοινωνία με τον έξω «κόσμο». Από το λιμάνι της Δάφνης έως τη Μονή 6.950 km.

Το δεύτερο επίπεδο αφορά το δίκτυο δασικών δρόμων. Το μήκος του ανέρχεται σε 38.763 km. Αυτό το επίπεδο είναι και το πιο πυκνό και είναι επικεντρωμένο στο ΒΑ τμήμα της περιοχής, όπου είναι και το δάσος της Μονής.

Το τρίτο επίπεδο του δικτύου της περιοχής αφορά μονοπάτια και καλντερίμια. Τα μονοπάτια αποτελούσαν μέχρι πρότινος το κατ' εξοχήν δίκτυο επικοινωνίας γι' αυτό και παρ' ότι μικρής πυκνότητας καλύπτουν το σύνολο της περιοχής.

Σήμερα, δεν έχουν πια αυτοτελή χαρακτήρα, αλλά δρουν σαν συνέχεια ή σαν συμπλήρωμα του βασικού δικτύου εφ' όσον πολύ συχνά οι καινούριοι σε ηλικία δασικοί δρόμοι, συχνά διανοίχτηκαν πάνω σε μονοπάτια.

Εν τούτοις στο νοτιότερο τμήμα της περιοχής (κατά μήκος της θάλασσας), όλα τα κελιά αυτής της περιοχής εξυπηρετούνται αποκλειστικά από το παλαιό δίκτυο μονοπατιών που παρέμεινε άθικτο, λόγω μη διάνοιξης δασικών δρόμων.

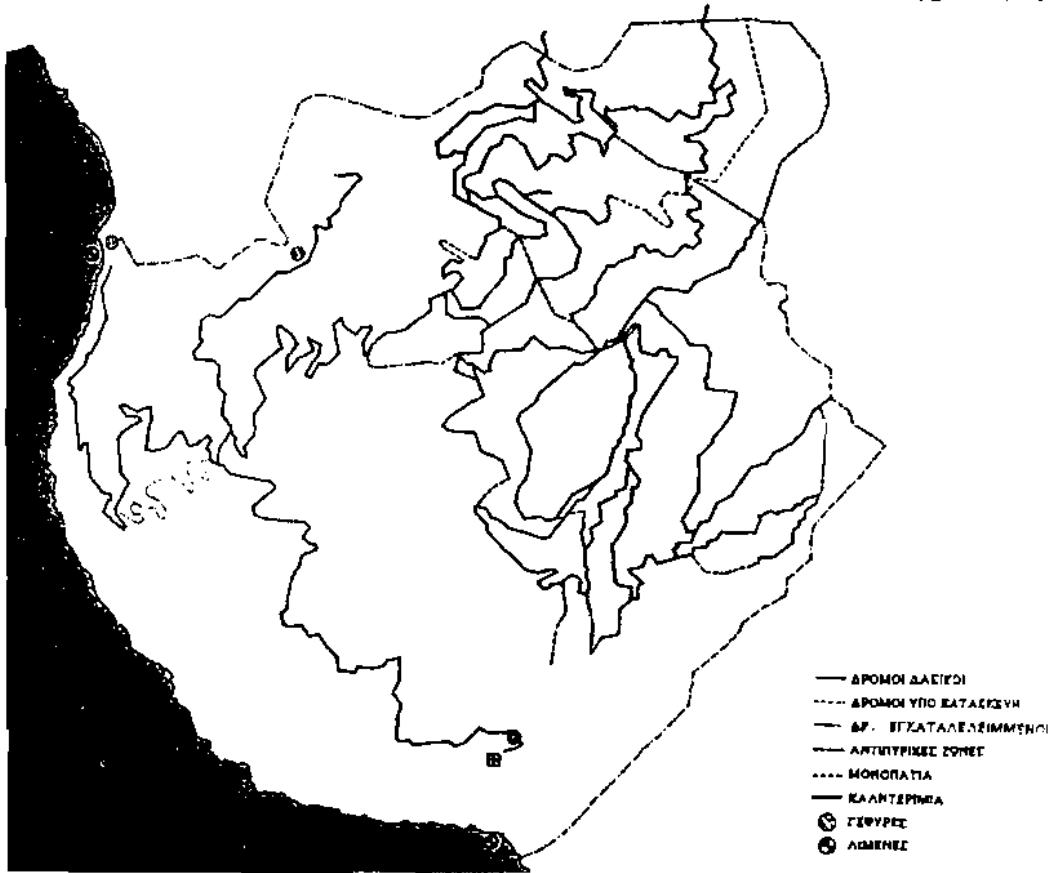
Μέρος των μονοπατιών διατηρούν τον χαρακτήρα τους ως καλντερίμια (λιθόστρωτα).

5. ΔΟΜΗΣΗ (σχ. Νο 3)

Η Μονή είναι χτισμένη σαν οχυρό συνδυάζοντας το μοναστικό αίτημα για απόσταση απ' τον κόσμο και εξασφάλιση του ζωτικού του χώρου.

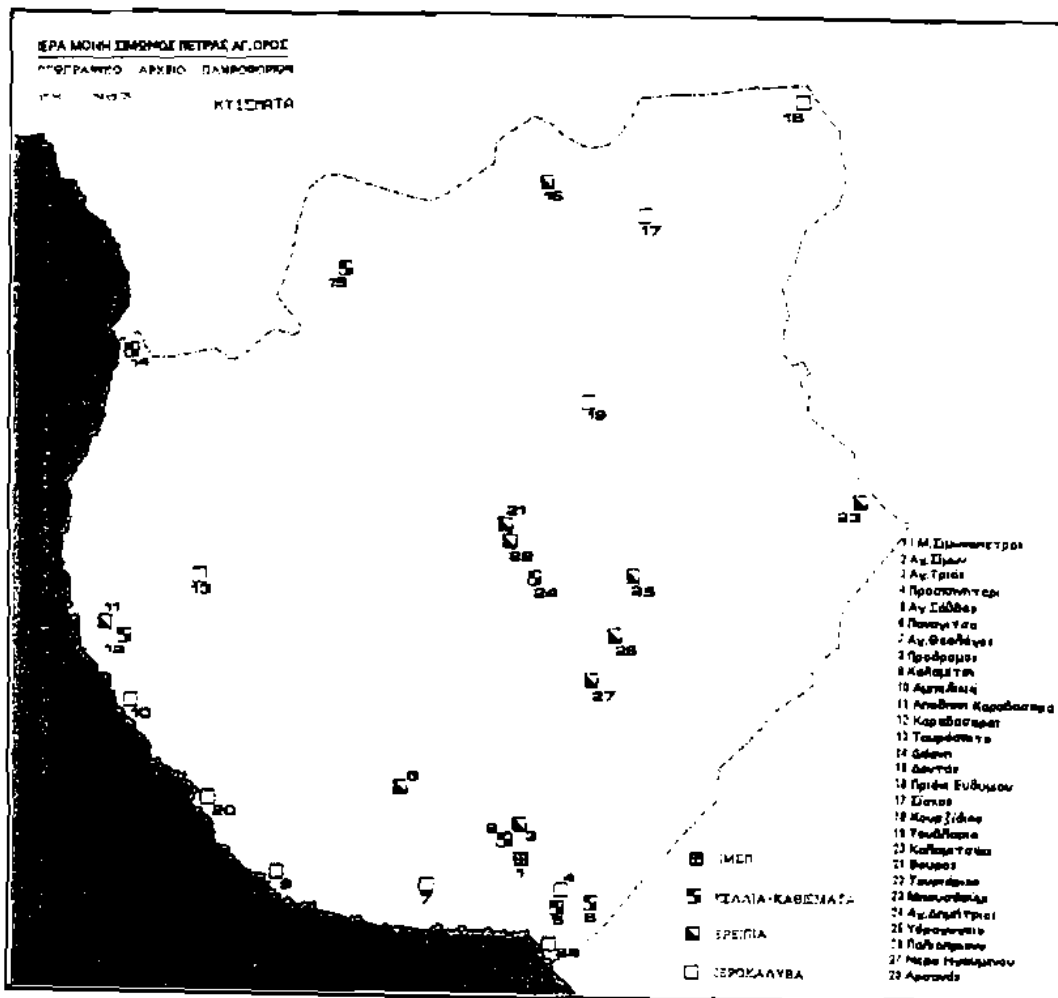
Εξω από τα τείχη αναπτύσσονται μία σειρά από δραστηριότητες (με τις ανάλογες

ΕΡΑ ΜΟΝΗ ΣΑΡΩΝΟΣ ΠΕΤΡΑΣ ΑΓ. ΟΡΟΣ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΑΡΧΕΙΟ ΠΑΡΡΩΦΟΡΙΩΝ
 ΣΧΗΜ. Ν° 2 ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ



εγκαταστάσεις και κτίρια), που άλλες εξυπηρετούν την διαβίωση των μοναχών και των εργαζομένων και άλλες τη συντήρηση του κτισμένου κελύφους: περιβάλλια, οπωρώνες, μύλοι, αποθήκες, στέρνες, βρύσες, ψαράσπιτα, σιδηρουργεία, ξυλουργεία και κάθε λογής εργαστήρια, εργατόσπιτα, στάβλοι κ.α. Όλες αυτές οι εγκαταστάσεις παίρνουν την μορφή σχεδόν ενός συνοικισμού.

Στην ευρύτερη περιοχή της Μονής που αποτελεί και τον παραγωγικό της χώρα αναπτύσσονται διάφορες αγροτικές δραστηριότητες (αμπελώνες, ελαιώνες και τα εκμεταλλεύσιμα δάση), με τις απαραίτητες εγκαταστάσεις. Δημιουργούνται έτσι μικρές αγροτικές μονάδες που διακρίνονται σε κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, εργαστήρια (ασβεστοκάμιναι, ταυβλαριά), καλλιέργειες, υδρολογικές εγκαταστάσεις (νερόμυλος, λιοτρίβι, νεροπρίονα, πηγάδια, στέρνες, φράγματα, θέοις υδρομαστεύσεων πηγών, κτιστές πηγές και κρήνες).



Περαιτέρω ανάπτυξη.

Στη μελέτη εκτός από την βασική ολοκληρωμένη πληροφορία της περιοχής, εφαρμόστηκε η αρχή για περαιτέρω ανάπτυξη θεμάτων, που θα προσαρτούντο στον κορμό της μελέτης.

Σε τρεις περιπτώσεις αναπτύχθηκε βάσει δεδομένων (dBase IV):

Πρώτο στην περίπτωση Επιμετρήσεων (Δάπεδα, Οροφές, Καυφώματα, Τοιχοποιία, Εξώστες-Ποδιές κ.λπ.) όλων των κτιρίων της κυριότητας της Μονής (ενδεικτικό παράδειγμα Πίν. 3).

Δεύτερο στην περίπτωση του Τοπωνυμιακού πλούτου της περιοχής (ενδεικτικό παράδειγμα Πίν. 4), και τρίτο στην περίπτωση της καταγραφής των συνεπειών της πυρκαγιάς του 1990.

Το πρόβλημα του εξαιρετικά υψηλού αριθμού επισκεπτών προς την Ι. Μονή, υποδεικνύει την επόμενη μελέτη επέκτασης του ΓΑΠ.

Η μελέτη δομήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε ανά πάσα στιγμή να μπορεί να δώσει συνέχεια στην δημιουργία ενός αντίστοιχου συστήματος σε ψηφιοποιημένη μορφή (G.I.S.), το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών της περιοχής Σίμωνος Πέτρας.

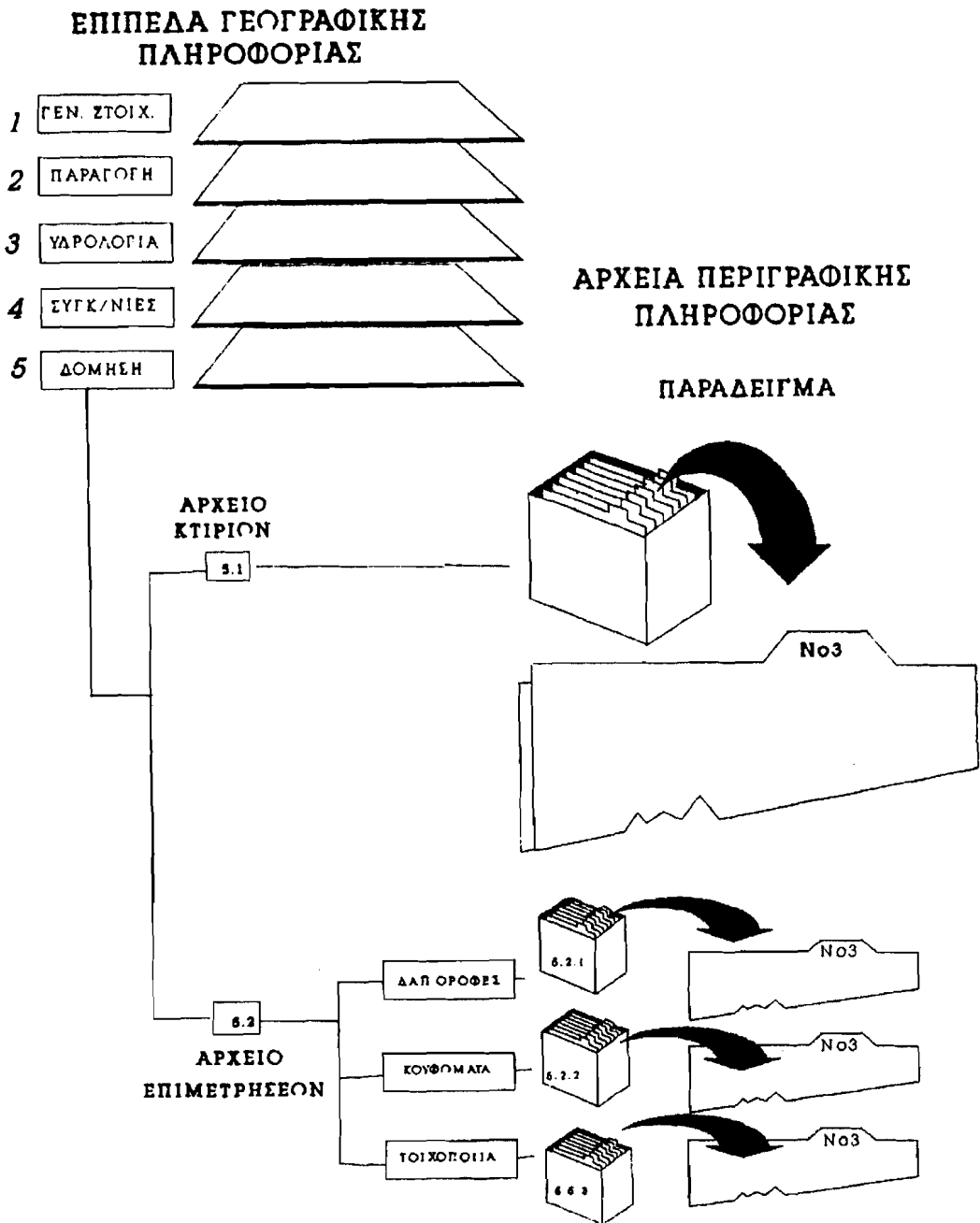
ΠΙΝ. 3 ΔΑΠΕΔΑ / ΟΡΟΦΕΣ					
A/A	ΧΩΡΟΣ	ΔΑΠΕΔΑ	ΟΡΟΦΕΣ	ΔΙΑΣΤΑΣ. (m)	E (m ²)
1	Τράπεζα	ξύλο	ξύλα	14.7*8.2	20.5
2	Κρασαριό	κερ. πλακδ.	σοβάς	5.2*5.5	28.6
3	Χώρος ξύλων κουζίνας	σχιστόπλακο	σοβάς	2.5*6.5	16.3

ΠΙΝ. 3 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ					
A/A	ΧΩΡΟΣ	ΠΑΡΑΘΥΡΑ	m ²	ΠΟΡΤΕΣ	m ²
1	Τράπεζα	2*(1.85*2.35)+ 2*(0.8581.05)	10.48	1.2*3	3.6
2	Κρασαριό	2.45*0.7	1.72	1.1*2.1	2.3
3	Χώρος ξύλων κουζίνας	2*(08*1.05)	1.68	(2.5*1.1)+	

ΠΙΝ. 4 ΤΟΠΩΝΥΜΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΙΜ ΣΙΜΩΝΟΣ ΠΕΤΡΑΣ			
A/A	ΟΝΟΜΑ	ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
1	ΔΑΦΝΗ	Το λιμάνι του ΑΟ	memo
2	ΤΡΑΠΕΖΑ ΔΙΟΝΥΣΙΟΥ	Όρμος δίπλα στη Δάφνη	memo
3	ΔΟΧΕΙΡΙΤΙΚΑ	Περιοχή πάνω από τη Δάφνη	memo

Συμπερασματικά

Η ύπαρξη μιας τέτοιας «εικόνας» της περιοχής μελέτης που συντάχθηκε με (απόλυτη) συνεργασία με την συνοδεία του μοναστηριού, ώστε να κινηθεί στα πλαίσια των προθέσεων της Μονής, κρίθηκε απαραίτητη γιατί αποτελεί την υποδομή για ορθή διαχείρισή της και δίνει την δυνατότητα, αφ' ενός μεν ενός συνολικού μακροπρόθεσμου σχεδιασμού, αφ' ετέρου δε μιας προγραμματισμένης αντιμετώπισης των προβλημάτων άμεσης ανάγκης σε μια ισορροπημένη επαλληλία σχέσεων των δύο προοπτικών.



Πίνακας 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- «Η Δασοπονία του Αγ. Ορους», Μουλόπουλος Ν., ΑΠ, 1963, 679-706.
- «Φυσικό Περιβάλλον», Κωτούλας Δ., ΙΜΣΠ, Αθήνα 1992, ΕΤΒΑ, 47-57.
- «Πρόταση ολοκληρωμένης παρέμβασης για την άμεση αποκατάσταση των ζημιών μετά την καταστροφική πυρκαγιά του Αυγούστου 1990», Θ. Παπαγιάννης & Συνεργάτες, ΑΕΜ, Αθήνα 1990.
- «Εκθεση ζημιών στο δασικό σύμπλεγμα Σιμωνόπετρας», Φ. Σιαμίδα, Αγ. Ορος 1990.
- «Εκθεση ζημιών στα κτίσματα και έργα υποδομής», Κ. Περτσινίδης, Αγ. Ορος 1990.
- «Μελέτη αποκατάστασης της βλάστησης στις καμμένες από την πυρκαγιά του Αυγούστου 1990 εκτάσεις του Αγ. Ορους», Ντάφης, Μαλαμίδης, Θεσ/νίκη 1990.
- «Διαχειριστική Μελέτη Δασοκτήματος Ι. Μ. Σίμωνος Πέτρας, Δασοπονική, Θεσ/νίκη 1980» (αναπροσαρμογή 1988).
- «Διαχειριστική Μελέτη Δασοκτήματος Ι. Μ. Σίμωνος Πέτρας, Σιαμίδης Φ., Αγ. Ορος, 1992.
- «Η βλάστηση και η χλωρίδα της χερσονήσου του Αγ. Ορους», Γκανιάτσας Κ., Αθωνική Πολιτεία, Θεσ/νίκη 1963, 509-678.
- «Μια οικολογική εκτίμηση των ζημιών στο φυσικό περιβάλλον του Αγ. Ορους», Μαλαμίδης, Θεσ/νίκη 1990.
- «Υδρευση, Αρδευση, Υδροκίνηση», Νομικός Σ., ΙΜΣΠ, ΕΤΒΑ 92, 88-111.
- «Μελέτη» Οριστική μελέτη προσπέλασης – βελτίωσης του δασικού δρόμου «Ι. Μονή-Δάφνη», ΙΜΣΠ, Σιαμίδης Φ., Αγ. Ορος 1992.

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ
ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
ΤΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ 1000/500 hpa
ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ**

ΜΑΚΡΟΓΙΑΝΝΗΣ Τ. Ι. – ΣΑΧΣΑΜΑΝΟΓΛΟΥ Χ. Σ.

Τομέας Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 540 06 Θεσ/νίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετώνται, για την ευρύτερη Ευρωπαϊκή περιοχή, (30 N - 70 N και 30 W - 40 E): α) Η γεωγραφική κατανομή των μέσων μηνιαίων τιμών της μέσης θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού στρώματος 1000 / 500 hpa, β) Η μέση ετήσια πορεία των τιμών αυτών, και γ) οι χρονοσειρές των τιμών αυτών της περιόδου 1945 - 88. Τους μήνες: Ιαν., Απριλ. και Οκτ. το εν λόγω ατμοσφαιρικό στρώμα πάνω από τον ωκεανό είναι θερμότερο σε σχέση με το αντίστοιχο στρώμα από την παρακείμενη Ξηρά.

Τον Ιούλιο συμβαίνει το αντίθετο. Η Μεσόγειος, ως κλειστή θάλασσα, ενεργεί σαν πηγή θέρμανσης της Κατώτερης Τροπόσφαιρας περισσότερο όπως η Ξηρά και όχι όπως ο ωκεανός.

Η μέση ετήσια πορεία της θερμοκρασίας του εν λόγω στρώματος εμφανίζει απλή κύμανση με ελάχιστο τον Ιαν. ή Φεβρ. και μέγιστο τον Ιουλ. ή Αύγ. Από την κατά Fournier ανάλυση προέκυψε ότι ο πρώτος αρμονικός όρος συμμετέχει κατά 88 - 92 % στη συνολική διακύμανση.

Από την ανάλυση των χρονοσειρών προέκυψε ότι, για την ΝΑ Μεσόγειο, η τάση αύξησης της θερμοκρασίας του στρώματος αυτού κατά την τελευταία 10ετία, είναι στατιστικά σημαντική.

SUMMARY

In this paper, for the major European area (30 N - 70 N and 30 W - 40 E), we study: a) The geographical distribution of the mean monthly values of the mean temperature of the atmospheric layer: 1000 / 500 hpa, b) The mean annual of the course and c) The time series analysis of the period 1945-88. Have been found that during the months: Jan., Apr. and Oct. this layer over the ocean is warmer than over the adjacent continental. During the Jul. is happen the opposite. The mediterranean act more as continental and not as ocean. The mean annual course exhibit a simple fluctuation with min in Jan. or Feb. and max. in Jul. or Aug. The first harmonic term participate on 88 - 92% of the total variance.

From the time series analysis has been found that over the SE mediterranean statistical significant positive trend of the temperature is happen during the last decade.

1. Εισαγωγή

Η φυσική κατάσταση του ατμοσφαιρικού στρώματος 1000/500 hPa, πάνω από κάποιο περιοχή εκτιμάται, ως γνωστόν, με τις τιμές ορισμένων μετεωρολογικών παραμέτρων, μεταξύ των οποίων η σημαντικότερη είναι ίσως η μέση θερμοκρασία του στρώματος αυτού. Στη παρούσα εργασία παρουσιάζουμε τη ποράμετρο αυτή από την όψη της γεωγραφικής κατανομής των μέσων μηνιαίων τιμών της, πάνω από την ευρύτερη Ευρωπαϊκή περιοχή καθώς και της μέσης ετήσιας και μακροχρόνιος μεταβολής επίσης των μηνιαίων τιμών της.

Το τελευταία χρόνια, ένας μεγάλος αριθμός εργασιών αναφέρεται στη θερμοκρασία του αέρα στην επιφάνεια του εδάφους ή της κατώτερης τροπόσφαιρος και συσχετίζεται με τις κλιματικές αλλαγές και διακυμάνσεις, (Jones et al., 1986, 1988, Rowntree 1990, Angell and Korshover 1983, Hanley 1978, Kelly et al. 1982, Vinnikov et al. 1987, Maheraw 1989, Sahsamapoglou and Makrogiannis 1992). Οι περισσότερες από τις εργασίες αυτές έδειξαν ότι τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια η θερμοκρασία του αέρα στην επιφάνεια του εδάφους και την κατώτερη τροπόσφαιρα παρουσιάζει γενικά μια τάση αύξησης τόσο στο Βαρειο όσο και στο Νάτιο Ημισφαίριο. Επειδή οι μακροχρόνιες κλιματικές διακυμάνσεις επηρεάζουν τη ζωή μας με διάφορους τρόπους, επόμενο είναι τα θέματα αυτά να παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον για αρκετά χρόνια στο μέλλον.

Η τιμή της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού στρώματος 1000/500 hPa, πάνω από μια περιοχή, διαμορφώνεται από διάφορους παράγοντες, μεταξύ των οποίων σημαντικότεροι είναι η διαβατική θέρμανση ή ψύξη και η οριζόντια μεταφορά της θερμοκρασίας. Είναι γνωστό όμως ότι οι παράγοντες αυτοί είναι στενά συνδεδεμένοι με τη συνοπτική κατάσταση που επικρατεί στην περιοχή. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον επομένως παρουσιάζει η εξέταση των τάσεων και των περιοδικοτήτων των χρονοσειρών των μηνιαίων τιμών της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος 1000/500 hPa πάνω από μια ευρεία και οικονομικά ενδιαφέρουσα περιοχή, όπως είναι η Ευρώπη.

2. Υλικό και μέθοδος

Ως περιοχή μελέτης ορίζουμε αυτή που περιλαμβάνεται μεταξύ των παραλλήλων 30°N και των μεσημβρινών 30°W και 40°E. (Σχ. 1). Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει 72 κόμβους πλέγματος (σχάρας), με διαστάσεις 5° γ. πλάτους και 10° γ. μήκους. Οι μηνιαίες τιμές της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος 1000/500 hPa, στους κόμβους του πλέγματος που αναφέραμε, υπολογίστηκαν από τις αντίστοιχες τιμές του πάχους του στρώματος στα σημεία αυτά με βάση τη γνωστή σχέση:

$$\Delta H = 29.3 T \ln (1000/500)$$

όπου ΔH το πάχος του στρώματος 1000/500 hPa, σε gpm και T η μέση θερμοκρασία του στρώματος αυτού σε °K.

Τα δεδομένα που αφορούν στο πάχος του στρώματος 1000/500 hPa, τα προμη-

θευτήκαμε από το Κλιματολογικό τμήμα της Βρετανικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας και καλύπτουν την περίοδο 1945-1988. Για κάθε ένα από τους 72 κόμβους του πλέγματος υπολογίσαμε την μέση θερμοκρασία της στήλης του στρώματος αυτού, πάνω από αυτά, σε μηνιαία βάση.

3. Η γεωγραφική κατανομή των μέσεων μηνιαίων τιμών της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος 1000/500 hPa

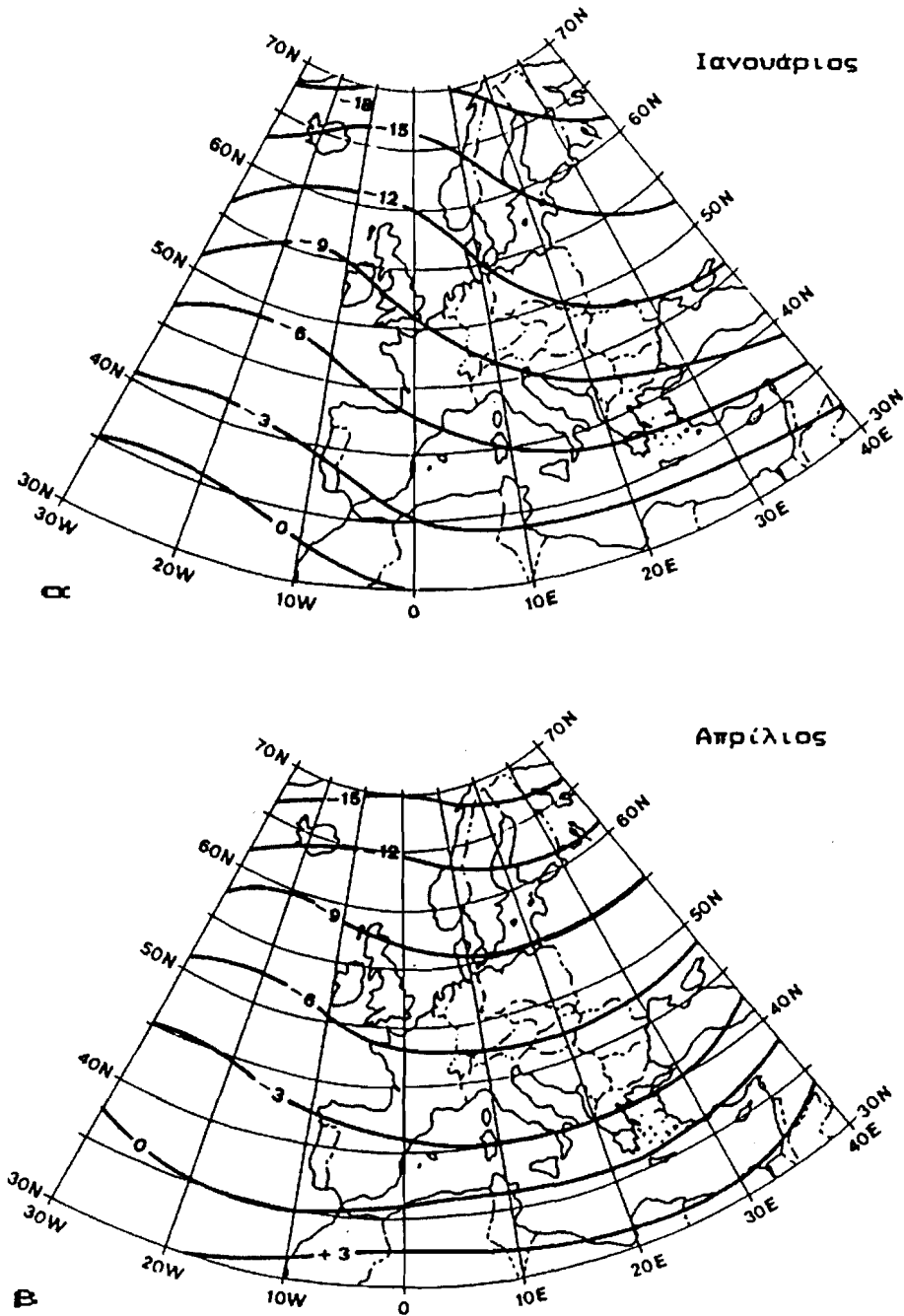
Η γεωγραφική κατανομή των μέσεων μηνιαίων τιμών της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος 1000/500 hPa, για τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο και Οκτώβριο, απεικονίζεται στα Σχ. 1α έως Σχ. 1δ. Πρέπει να σημειώσουμε ότι τους μήνες αυτούς τους θεωρούμε αντιπροσωπευτικούς των τεσσάρων εποχών του έτους.

Κατά τον Ιανουάριο (Σχ. 1α), οι τιμές (T) της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος κυμαίνονται, στην εξεταζόμενη περιοχή, από -18°C μέχρι και 0°C και φυσικά αυξάνονται από βορράν προς νότον. Επομένως θετικές τιμές θερμοκρασίας δεν παρατηρούνται σε κανένα σημείο της υπό μελέτην περιοχής.

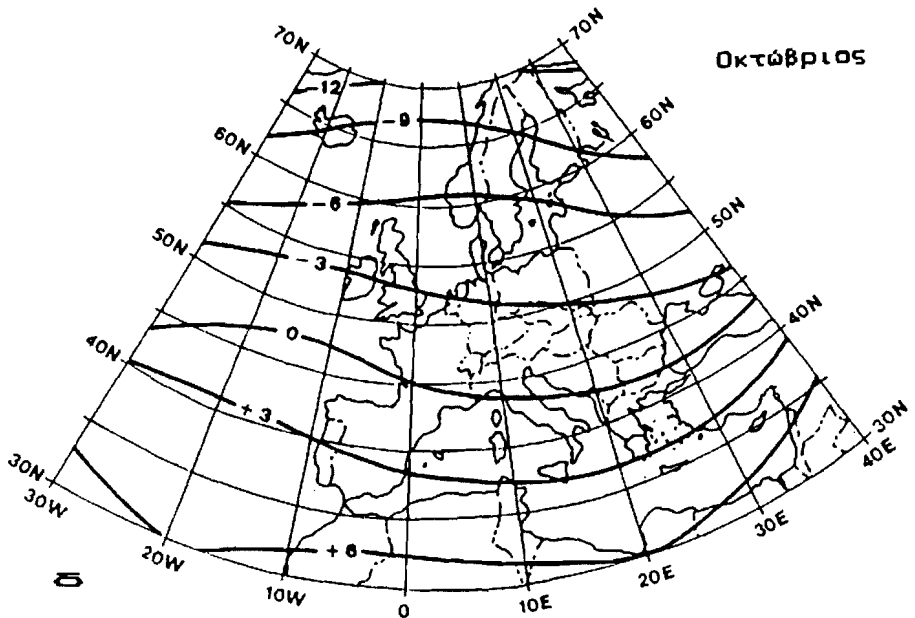
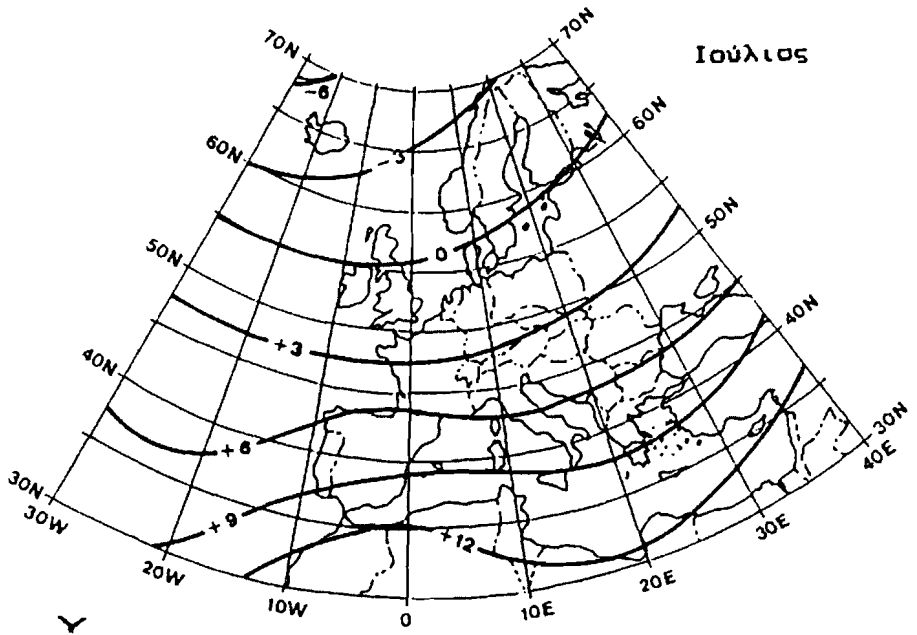
Σε ό,τι αφορά την διάταξη των ισοθέρμων καμπύλων, παρατηρούμε ένα σαφές ridge πάνω από το ΒΑ Ατλαντικό. Αυτό σημαίνει μια θερμή μεταφορά στην περιοχή του ridge και μια ψυχρή μεταφορά στην περιοχή της Ευρώπης. Προκειμένου να μελετήσουμε την διαφορά μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος πάνω από τον ωκεανό, και της αντίστοιχης πάνω από την χέρσο, υπολογίσαμε σε κάθε παράλληλο δύο τιμές θερμοκρασίας. Η μία η T_s , εκφράζει την μέση θερμοκρασία του στρώματος από 10°W μέχρι 30°W και η άλλη T_g από 10°E μέχρι 30°E . Τα αποτελέσματα των υπολογισμών αυτών είναι δημοσιευμένα σε άλλη μας εργασία (Μακρογιάννης and Σαχσαμανογλου, 1992) και δείχνουν ότι η διαφορά $\Delta T_x = T_s - T_g$ τον Ιανουάριο, είναι σε όλη την περιοχή που μελετούμε θετική και το μέγιστο ($\Delta T_x = 5^{\circ}\text{C}$) παρατηρείται στο παράλληλο των 50°N . Το εν λόγω στρώμα πάνω από τη Μεσόγειο (35°N) είναι κατά 4°C ψυχρότερο από τα αντίστοιχα στρώματα πάνω από την περιοχή του Ατλαντικού με το ίδιο γ . πλάτος.

Κατά τον Απρίλιο (Σχ. 1β), η μέση θερμοκρασία του στρώματος κυμαίνεται από -16°C μέχρι $+3^{\circ}\text{C}$. Η ζώνη με αρνητικές τιμές βρίσκεται βορειότερα των 35°N . Ενώ πάνω από τον Ατλαντικό φαίνεται ότι υπάρχει μία μικρή κλίση των ισοθέρμων καμπύλων κατά μήκος των παραλλήλων, γεγονός που δεν παρατηρείται πάνω από την ξηρά. Η διαφορά ΔT_x παρουσιάζει το μέγιστο ($\Delta T_x = 1.8^{\circ}\text{C}$) επίσης στο γ . πλάτος των 50°N . Το στρώμα είναι θερμότερα πάνω από τον ωκεανό ($\Delta T_x > 0$), στη ζώνη από 40°N μέχρι 65°N .

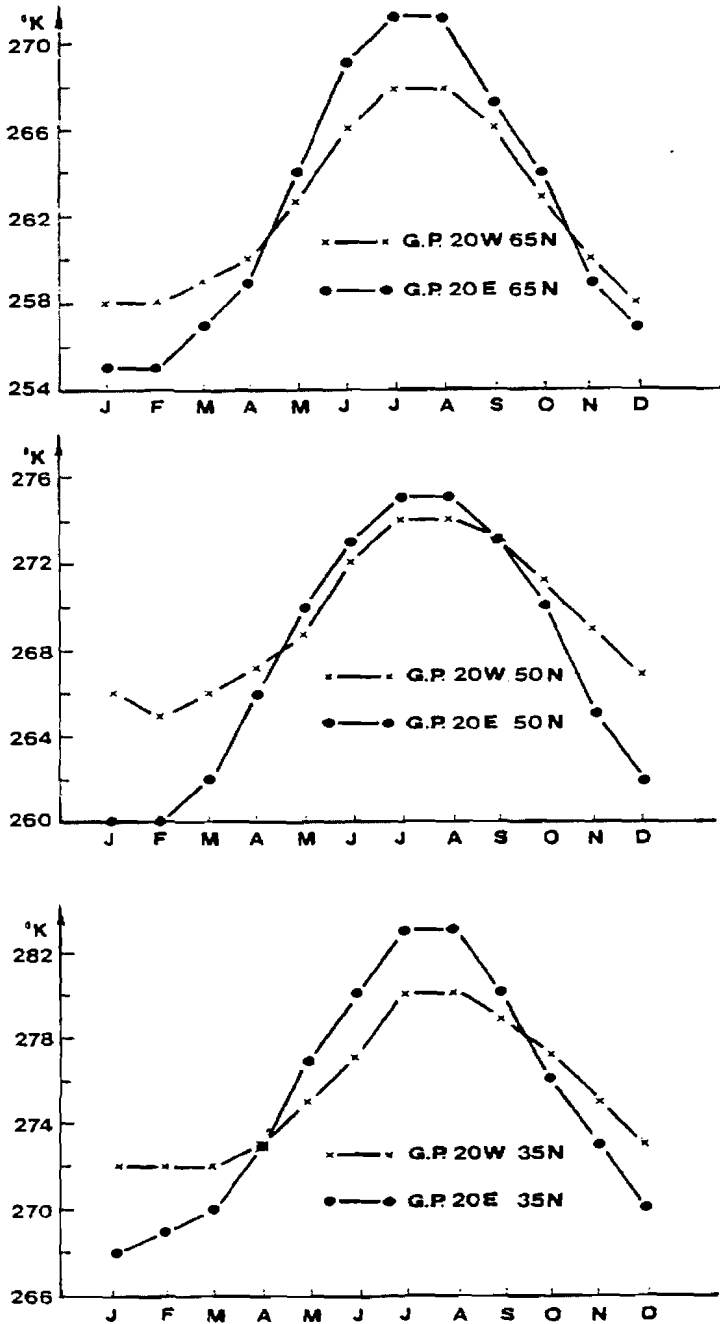
Τον Ιούλιο, το θερμότερο μήνα, οι τιμές κυμαίνονται από -6°C μέχρι $+12^{\circ}\text{C}$ $+6^{\circ}\text{C}$. Αρνητικές τιμές παρατηρούνται σε γ . πλάτη μεγαλύτερα των 40°C πάνω από τη χέρσο και 45°N πάνω από τον ωκεανό μόνο σε γ . πλάτη μικρότερα των 55°N . Η μέγιστη διαφορά ($\Delta T_x = 2.0^{\circ}\text{C}$) παρατηρείται στα γ . πλάτος των 45°N . Συγκρίνοντας τα πεδία των τιμών της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος τον Απρίλιο και τον Οκτώβριο (Σχ. 1β και 1δ), προκύπτει ότι τον Οκτώβριο, το στρώμα αυτό πάνω από την Ευρώπη είναι περισσότερο θερμό.



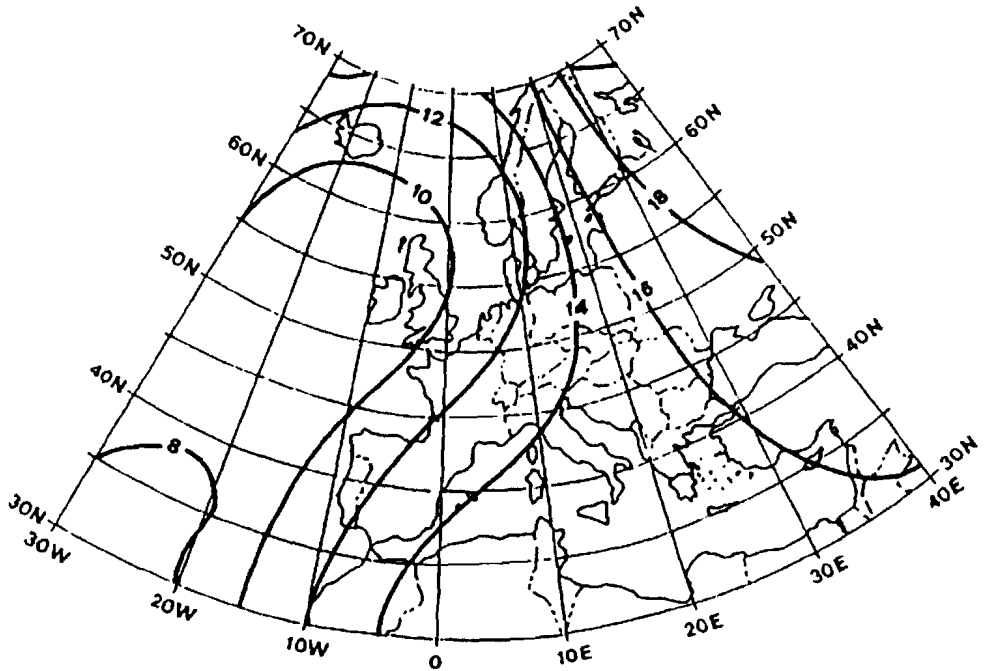
Σχήμα 1. Η γεωγραφική κατανομή των μέσων μηνιαίων τιμών της μέσης θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού στρώματος 1000/500 hPa



Σχήμα 1. Η γεωγραφική κατανομή των μέσων μηνιαίων τιμών της μέσης θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού στρώματος 1000/500 hPa



Σχήμα 2. Η μέση ετήσια κύμηση των τιμών της μέσης θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού στρώματος 1000/500 hPa σε έξι κόμβους.



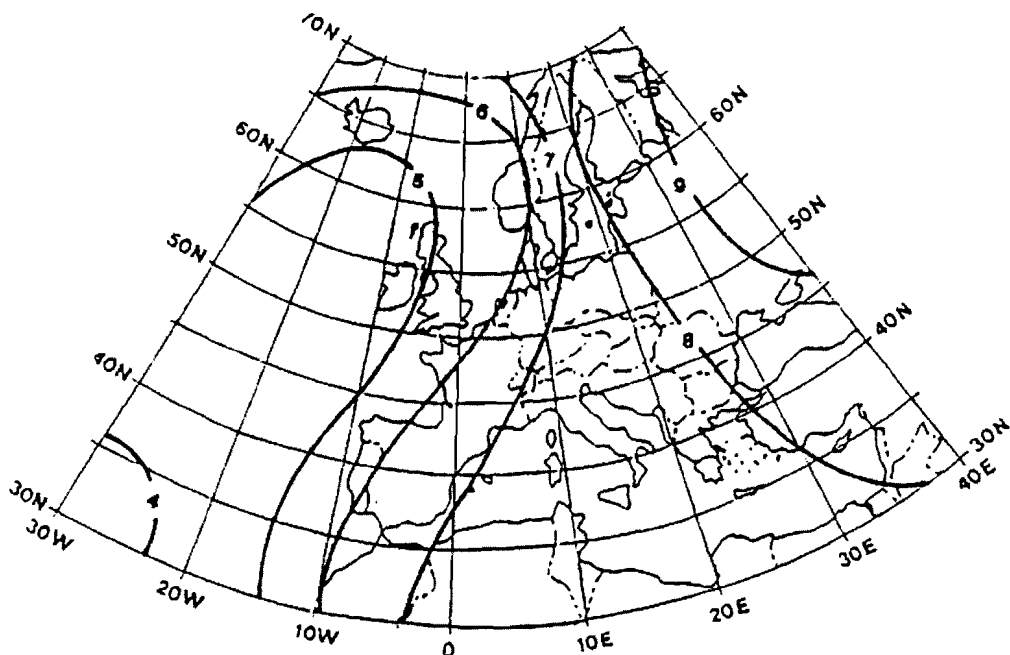
Σχήμα 3. Η γεωγραφική κατανομή του μέσου ετήσιου εύρους των τιμών της μέσης θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) του ατμοσφαιρικού στρώματος 1000/500 hPa

4. Η μέση ετήσια κύμανση

Στο Σχ. 2 απεικονίζεται η μέση ετήσια κύμανση της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος 1000/500 hPa σε έξι επιλεγμένους, πάνω από τη ξηρά και πάνω από τη θάλασσα, κόμβους πλέγματος της περιοχής που μελετούμε. Οπώς μπορεί κανείς να παρατηρήσει, σε όλα τα επιλεγμένα σημεία, η εαθησια αυτή πορεία παρουσιάζει απλή κύμανση με ελάχιστο τον Ιανουάριο ή το Φεβρουάριο, και μέγιστο τον Ιούλιο ή Αύγουστο. Επίσης το μέσο ετήσιο εύρος της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος είναι γενικά μικρότερο πάνω από τον ωκεανό σε σχέση με αυτό που παρατηρείται πάνω από την χέρσο (Σχ. 3). Πάνω από τον ωκεανό, το εύρος αυτό αυξάνει με το γ. πλάτος, ενώ πάνω από την χέρσο, μπορούμε να πούμε ότι αυξάνει από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Η μικρότερη τιμή του εύρους (7°C) παρατηρείται στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής που μελετούμε και η μεγαλύτερη (19°C) στο βορειοανατολικό (Σχ. 3). Αξίζει να σημειωθεί ότι το ετήσιο εύρος της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος που βρίσκεται πάνω από τη Μεσόγειο, δεν έχει τα χαρακτηριστικά του αντιστοίχου στρώματος που βρίσκεται πάνω από τον ωκεανό.

Αρμονική Ανάλυση

Αναλύοντας κατά Fourier (Conrad and Pollak, 1950) την ετήσια κύμανση της μέση



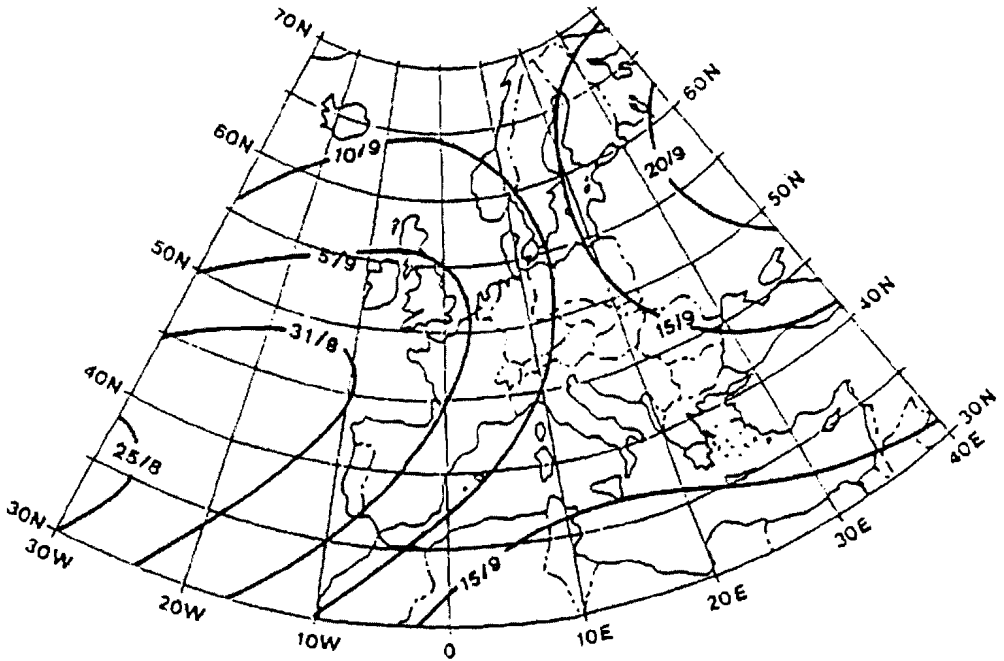
Σχήμα 4. Η γεωγραφική κατανομή του πλάτους (hPa) του πρώτου αρμονικού όρου της ετήσιας κύμανσης της μέσης θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού στρώματος 1000/500 hPa.

θερμοκρασίας του στρώματος, σε όλους τους κόμβους του πλέγματος της περιοχής που μελετήσαμε, βρέθηκε ότι η συμμετοχή του πρώτου αρμονικού στη συνολική διακύμανση κυμαίνεται από 88-92%, ενώ του δεύτερου από 1-3%. Στην περιοχή της Μεσογείου ο δεύτερος αρμονικός έχει ασήμαντη συμμετοχή. Από τη γεωγραφική κατανομή του πλάτους του πρώτου αρμονικού, προκύπτει ότι το πλάτος αυξάνει από τα δυτικά προς τα ανατολικά (Σχ. 4). Το γεγονός αυτό συμφωνεί με την άποψη του Craddock (1959) η οποία βέβαια αφορά στη θερμοκρασία της επιφάνειας στη Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη. Η φάση του πρώτου αρμονικού όρου δίνεται στο Σχ. 5, με την ημερομηνία εμφάνισης του μεγίστου. Όπως παρατηρούμε το μέγιστο του πρώτου αρμονικού παρουσιάζει ένα εύρος ημερομηνιών που κυμαίνεται από 24/8 μέχρι 21/9. Στο δυτικό τμήμα της περιοχής που εξετάζουμε, το μέγιστο αυτό εμφανίζεται ενωρίτερα, ενώ στο ανατολικό τμήμα, εμφανίζεται με ένα μήνα περίπου καθυστέρηση. Οι σχετικοί υπολογισμοί έδειξαν επίσης ότι το μέγιστο του δεύτερου αρμονικού, στο κεντρικό και δυτικό τμήμα της περιοχής, εμφανίζεται το δίμηνο Φεβρουάριος - Μάρτιος, ενώ στο ανατολικό τμήμα, το δίμηνο Απρίλιος - Μάιος.

Ανάλυση των χρονοσειρών

α. Περιοχή Μεσογείου

Στο Σχ. 6 απεικονίζεται η πορεία των χρονοσειρών των μέσων μηνιαίων τιμών της

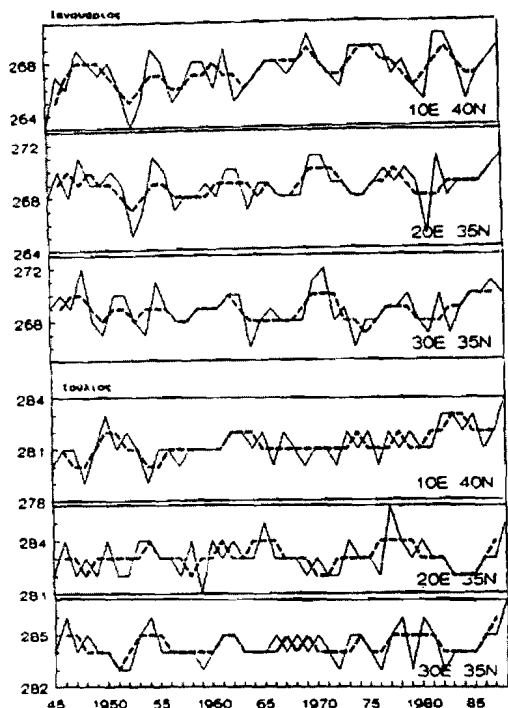


Σχήμα 5. Η γεωγραφική κατανομή της ημερομηνίας μεγιστοποίησης του πλάτους του πρώτου αρμονικού όρου της επίσης κύμανσης της μέσης θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού στρώματος 1000/500 hPa

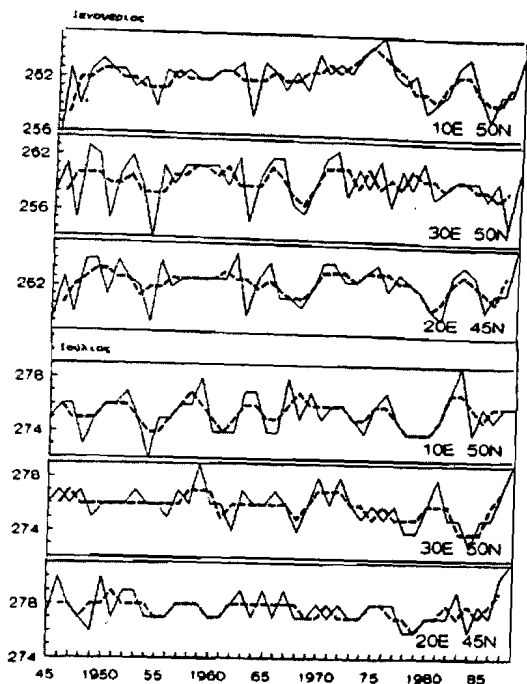
μέσης θερμοκρασίας του στρώματος αυτού, για τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο σε τρεις κόμβους, οι οποίοι κατά την υποκειμενική μας αντίληψη αντιπροσωπεύουν επαρκώς τη περιοχή της Μεσογείου θαλάσσης. Όπως προκύπτει από τις ομαλοποιημένες καμπύλες του σχήματος η πορεία της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος 1000/500 hPa, στις τρεις αυτές θέσεις δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές. Η διασπορά των τιμών γύρω από τη μέση τιμή τον Ιανουάριο, είναι λίγο μεγαλύτερη της αντίστοιχης διασποράς που παρατηρείται τον Ιούλιο. Στις χρονοσειρές αυτές δεν φαίνεται να υπάρχουν αξιοπρόσεκτες ομάδες διαδοχικών ετών με τιμές θερμοκρασίας μεγαλύτερες ή μικρότερες του μέσου όρου. Αξίζει να σημειωθεί η τάση αύξησης της θερμοκρασίας του στρώματος, που σημειώθηκε μετά το 1980 στη ΝΑ Μεσόγειο.

β. Περιοχή ηπειρωτικής Ευρώπης

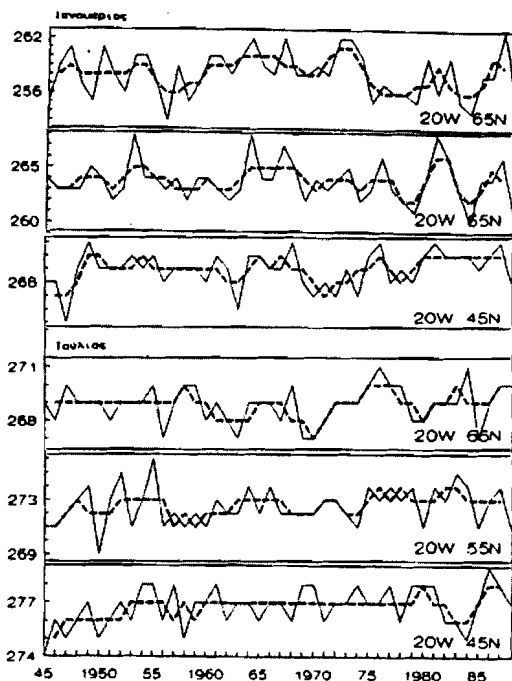
Και η περιοχή αυτή αντιπροσωπεύεται από τρεις κόμβους για τον ίδιο λόγο που έγινε και στην περιοχή της Μεσογείου. Όπως προκύπτει από τη μελέτη των χρονοσειρών (Σχ. 7), η διασπορά των τιμών είναι και εδώ μεγαλύτερη τον Ιανουάριο και μάλιστα σημαντικά μεγαλύτερη εκείνης που παρατηρείται τον Ιούλιο και στους τρεις κόμβους που επιλέξαμε. Στις χρονοσειρές των σημείων αυτών διακρίνονται περίοδοι ετών με τιμές πάνω και κάτω της μέσης τιμής, ιδιαίτερα μετά το 1970. Στη τελευταία



Σχήμα 6. Οι χρονοσειρές των μηνιαίων τιμών της μέσης θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού στρώματος 1000/500 hPa, σε τρεις κόμβους πάνω από τη Μεσόγειο θάλασσα. Η διακεκομμένη γραμμή είναι η ίδια χρονοσειρά εξομαλυμένη με τη βοήθεια του κινητού μέσου πέντε ωρών.



Σχήμα 7. Όπως στο Σχήμα 6, σε τρεις κόμβους πάνω από την ηπειρωτική Ευρώπη.



Σχήμα 8. Όπως στο Σχήμα 6, σε τρεις κόμβους πάνω από την περιοχή του ανατολικού Ατλαντικού.

δεκαετία δεν φαίνεται να επικρατεί η τάση αύξησης ή μείωσης της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος 1000/500 hPa.

γ. Περιοχή του Ανατολικού Ατλαντικού

Οι τρεις κόμβοι που επιλέξαμε για να αντιπροσωπεύσουν τη περιοχή, διαφέρουν εμφανώς στο γ. πλάτος τους, αφού κατά γ. μήκος οι διαφορές ΔΤ στο τμήμα του ωκεανού που εξετάζουμε είναι ασημαντες. Από τις χρονοσειρές των σημείων αυτών (Σχ. 8) προκύπτει ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές, τόσο ως προς τη μέση τιμή, όσο και ως προς τη διακύμανση των τιμών, γύρω από το μέσο όρο. Όσο αυξάνει το γ. πλάτος τόσο αυξάνει και η διακύμανση των τιμών. Στις χρονοσειρές του Ιανουαρίου διακρίνονται ομάδες διαδοχικών ετών με τιμές μεγαλύτερες του μέσου όρου. Κατά τη τελευταία δεκαετία, στο βορειότερο σημείο η τάση της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος είναι μάλλον αυξητική, ενώ στα υπόλοιπα σημεία, μάλλον πτωτική.

6. Συμπεράσματα

Το πεδίο της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος 1000/500 hPa πάνω από την μελετούμενη περιοχή δεν είναι ομοιόμορφο. Τον Ιανουάριο, Απρίλιο και Οκτώβριο, το εν λόγω στρώμα πάνω από τον ωκεανό είναι θερμότερο σε σχέση με το αντίστοιχο στρώμα που βρίσκεται πάνω από την ξηρά. Το αντίθετο συμβαίνει τον Ιούλιο. Το στρώμα που βρίσκεται πάνω από την Μεσόγειο είναι ψυχρότερο από το αντίστοιχο πάνω από την περιοχή του Ατλαντικού, με το ίδιο γ. πλάτος, περίπου 4°C κατά τον Ιανουάριο και 3°C περίπου θερμότερο κατά τον Ιούλιο. δηλαδή η Μεσόγειος σαν πη-

γή θέρμανσης της κατώτερης τροπόσφαιρας ενεργεί όπως η ξηρά και όχι όπως ο ωκεανός.

Η ισόθερμος των 0°C , τον Ιανουάριο βρίσκεται κάτω των 35°N . Τον Απρίλιο πάνω από τις 35°N , τον Ιούλιο πάνω από τις 55°N και τον Οκτώβριο πάνω από τις 45°N .

Η μέση ετήσια μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος αυτού, παρουσιάζει γενικά απλή κύμανση με ελάχιστο τον Ιανουάριο ή τον Φεβρουάριο και μέγιστο τον Ιούλιο ή τον Αύγουστο. Το μέσο εύρος της ετήσιας μεταβολής κυμαίνεται από 7°C μέχρι 19°C και είναι πάνω από τον ωκεανό γενικά μικρότερο σε σχέση με το εύρος πάνω από την ξηρά. Από την κατά Fourier ανάλυση της ετήσιας μεταβολής της μέσης θερμοκρασίας του στρώματος βρέθηκε ότι ο πρώτος αρμονικός συμμετέχει κατά 88-92% στην συνολική διακύμανση, ενώ ο δεύτερος μέχρι 3%.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Angell J. K. - Korshover J., 1983, «Global emperature variations in the Troposphere and Stratosphere, 1958-1982», *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 111, No. 5, pp. 901-921.
- Conrad V. - Pollak L., 1950, «Methods in Climatology» Harvard Univ. Press, p. 459.
- Cradock J. M., 1959, «The representation of the annul temperature variation over central and nortern Europe by two-erm harmonic analysis» *Quar. J. of Meteor. Soc.*, Vol. 82, pp. 275-288.
- Harley W. S., 1978, «Trends and variations of mean Temperature of the lower troposphere» *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 106, pp. 413-434.
- Jones P. D. - Wigley T. M. L. - Wright P. B., 1986, «Global emperature variations between 1861 and 1984» *Nature*, Vol. 322, pp. 430-434.
- Jones P. D. - Wigley T. M. L. - Folland C. K. - Parker D. E. - Angell J. K. - Lebedeff S. - Hansen J. E., 1989 «Evidence for global warming in the past decade», *Nature*, Vol. 332, p. 790.
- Kell P. M. - Jones P D. - Sear C. B. - Cherry B. S. - Tavakol R. K., 1982, «Variations in surface air temperature. Part. 2: Arctic regions, 1881-1980», *Mon. Wea Rev.*, Vol. 110, pp. 71-83.
- Makrogiannis T. J. - Sahsamanoğlu H. S., 1992 «Anlysis of mean temperture variations at the 1000/500 hPa layer over Europe, 1945-88», *Theor. ppl. Climatol.*, Vol. 45, pp. 193-200.
- Maheras P., 1989, «Principal Component Analysis of Western Mediterranean air temperature variations 1866-1985» *Theor. Appl. climat.* Vol. 39, pp. 137-145.
- Sahsamanoğlu H. S. - Makrogiannis T. J., 1992 «Temperature trends over the Mediterranean region, 1950-1988» *Theor. Appl. Climatol.* Vol. 45, pp. 183-192.
- Rowntree P. R., 1990 «Estimates of future climate change over Britain. Part 2: Results» *Weather*, Vol. 45, No. 3, pp. 79-89.
- Vinnikov K. Ya. - Groisman P. Ya. - Lugin K. M. - Goloubev A. A., 1987 «Mean air temperature variations of the Northenrn Hemisphere for 1841-1985» *Meteorologiya i gidrologiya* No. 1 pp. 45-55.

ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΤΑ ΤΟ ΨΥΧΡΟ ΠΕΝΤΑΜΗΝΟ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

ΜΠΑΛΛΑΦΟΥΤΗΣ ΧΡ.*, ΑΡΣΕΝΗ-ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Α.*, ΓΚΙΚΑ Σ. *

* Τομέας Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 540 06 Θεσ/νίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετάται η ημερήσια πορεία της Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (T_e) στην πόλη της Αθήνας για μια χρονική περίοδο 14 ετών (1977-1990) και μόνο για το ψυχρό πεντάμηνο (Νοέμβριο μέχρι Μάρτιο). Η Ισοδύναμη Θερμοκρασία υπολογίστηκε από τον συνδυασμό των ωριαίων τιμών θερμοκρασίας του αέρα και ταχύτητας του ανέμου, καθώς και από τον προσδιορισμό της Ψυκτικής Ικανότητας του αέρα (H). Στη συνέχεια έγινε ο υπολογισμός της T_e για τρεις διαφορετικές καταστάσεις κανονικού ατόμου: α) για άτομο, που περπατά με κανονικό βηματισμό ($v_0=1.3 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$), β) για άτομο ακίνητο, και τέλος, γ) για άτομο, που τρέχει με μέση ταχύτ. $v_0=4.0 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$. Και για τις τρεις περιπτώσεις η Ισοδύναμη Θερμοκρασία συγκρίθηκε με την αντίστοιχη θερμοκρασία του αέρα και επισημάνθηκαν οι διαφορές και οι ομοιότητές τους. Κατόπιν έγινε λεπτομερής ανάλυση των ωριαίων τιμών της T_e για $v_0=1.3 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ και τέλος, έγινε προσπάθεια ερμηνείας των αποτελεσμάτων των παραπάνω αναλύσεων.

Λέξεις-Κλειδιά: Βιοκλιματικοί Δείκτες, Ισοδύναμη Θερμοκρασία, Αθήνα.

ABSTRACT

The daily course of the Equivalent Temperature (T_e) for the city of Athens is studied for a period of 14 years (1977-1990) during the coldest months of the year (November-March). The T_e was calculated by the combination of the hourly values of Air Temperature and Wind Speed using a complicated windchill formula. Then, the estimation of the T_e for three cases was made, where an individual is: a) walking with a speed of 1.3 m/sec, b) watching a football game and c) running with a speed of 4.0 m/sec (a football player). For all these three cases the T_e values were compared with the Air Temperature and the similarities and differences were noted. Finally, a detailed analysis of the hourly values of the first case (walking person) was made, with an attempt to interpret the obtained results.

Key-Words: Bioclimatic Indices, Equivalent Temperature, Athens.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό το κλίμα επηρεάζει, άμεσα είτε έμμεσα, τον άνθρωπο και πολλές φορές υπαγορεύει ή περιορίζει τις δραστηριότητές του. Ο τρόπος δε με τον

οποίο επηρεάζεται ο άνθρωπος από όλους τους παράγοντες, που αποτελούν το κλίμα, είναι αρκετά σύνθετος. Αυτό έχει ως συνέπεια οι ειδικοί επιστήμονες, (βιοκλιματολόγοι, φυσιολόγοι κ.λπ.) να καταβάλουν προσπάθεια αφενός μεν να εκφράσουν με μία κατά το δυνατόν απλή σχέση την επίδραση του κλίματος στον άνθρωπο, αφετέρου δε να καθορίσουν αντικειμενικά όρια δυσφορίας ή άνεσης για ένα μέσο φυσιολογικό άτομο. Παρόλες τις σημαντικές προσπάθειες και την πρόοδο, που έγινε στα τελευταία 50 χρόνια δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι φτάσαμε στο βέλτιστο αποτέλεσμα και επομένως οι προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση εξακολουθούν. Οι πρώτες έρευνες ξεκίνησαν από περιοχές του πλανήτη με ιδιαίτερα αντίξοες συνθήκες διαβίωσης και εξαιρετικά τραχείς χειμώνες (Ανταρκτική). Μετά, όμως, τους ψυχρούς χειμώνες 1984-85 και 1985-86 στη Δ. Ευρώπη, παρουσιάστηκε επιτακτική η ανάγκη να συμπεριληφθεί σε ειδικό δελτίο καιρού, η πρόγνωση της Ταχύτητας Απόψυξης του αέρα σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες, όπως π.χ. η Μεγ. Βρετανία. Οι περισσότεροι γνωστοί βιοκλιματικοί δείκτες είναι εκείνοι της Ψυκτικής Ικανότητας του αέρα (H), της Δυσφορίας (DI), της Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (Te) κ.α.

Προς την κατεύθυνση του καθορισμού των βιοκλιματικών δεικτών, αλλά και της εφαρμογής τους σε περιοχές του πλανήτη εργάστηκαν οι: Siple και Passel (1945), Steadman (1971, 1979a,b, 1984), Mumford (1979), Δικαϊάκος (1976), Dixon & Prior (1987), Balafoutis (1989, 1990), Makrogiannis (1982), Giles and Balafoutis (1992), Balafoutis and Arseni (1992) και άλλοι.

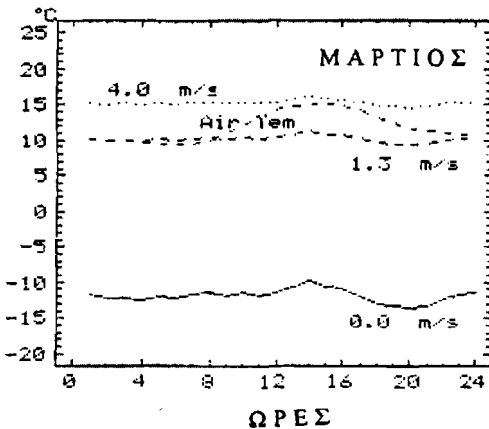
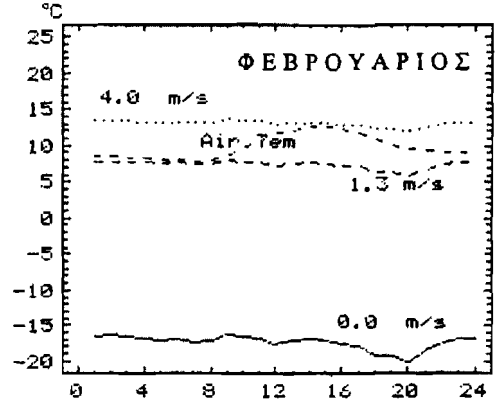
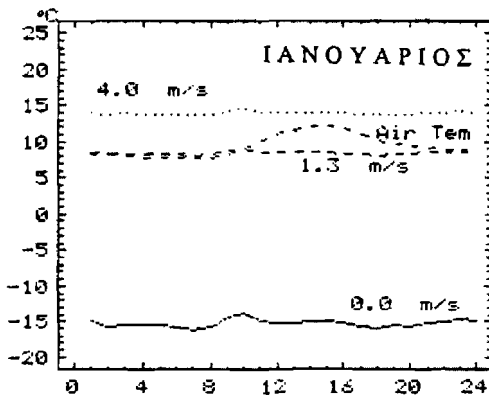
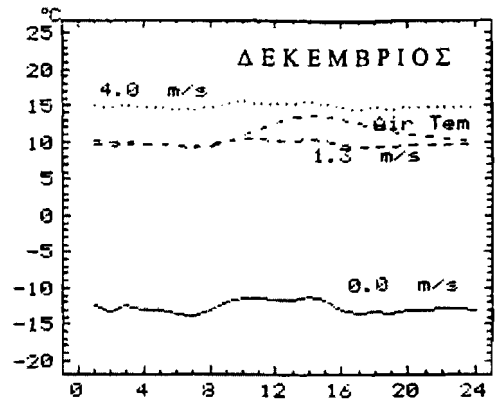
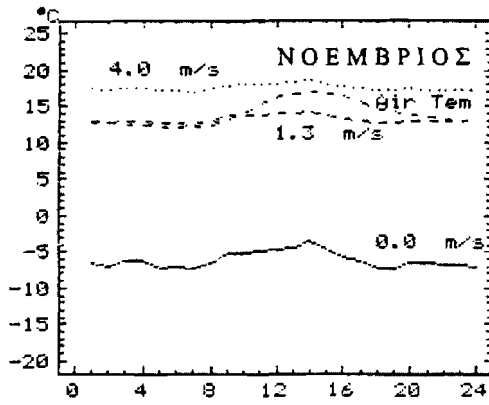
ΜΕΘΟΔΟΣ - ΥΛΙΚΟ

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενες εργασίες, ο δείκτης Ψυκτικής Ικανότητας του αέρα (windchill, H) χρησιμοποιήθηκε πολύ, λόγω της απλής έκφρασής του και λόγω του μικρού αριθμού μεταβλητών που απαιτούνται για τον υπολογισμό του (θερμοκρασία αέρα, άνεμος). Εκφράζεται δε σε $\text{Kcal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ο βιομετεωρολογικός δείκτης της Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (Te), γιατί πιστεύεται ότι, η έκφραση της απώλειας θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα μέσω της Ισοδύναμης Θερμοκρασίας είναι περισσότερο ακριβής, καθόσον κατά την εφαρμογή της η ψυκτική επίδραση του ανέμου μπορεί να εκφραστεί σε όρους της χαμηλότερης θερμοκρασίας, που απαιτείται για να δημιουργήσει την ίδια αίσθηση σε ένα άτομο που περπατά με συνθήκες άπνοιας (Dixon & Prior, 1987). Η αναλυτική σχέση της ισοδύναμης θερμοκρασίας Te είναι η εξής:

$$Te = 33.0 - (H/F)$$

όπου, H είναι η Ψυκτική Ικανότητα του αέρα σε $\text{Kcal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$, σύμφωνα με τη σχέση των Siple & Passel (1945) η οποία δίδεται από τη σχέση:

$$H = (10.45 + 10Vv - v) (33-T)$$



Σχ. 1. Ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα και των τιμών των ισοδυνάμων θερμοκρασιών.

όπου, v η ταχύτητα του ανέμου ($m \cdot sec^{-1}$) και T η θερμοκρασία του αέρα ($^{\circ}C$). Η παράμετρος F αποτελεί μια συνάρτηση της ταχύτητας κίνησης (v_0) του ατόμου, που δίνεται από τη σχέση:

$$F = 10.45 + \sqrt{10Vv_0} - v_0$$

όπου, v_0 εκφράζεται σε $m \cdot sec^{-1}$.

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας υπολογίστηκε η Ισοδύναμη Θερμοκρασία (T_e) για κάθε ώρα του 24ώρου, για το ψυχρό πεντάμηνο Νοεμβρίου - Μαρτίου της περιόδου 1977-1990 (13 χειμώνες) για την πόλη των Αθηνών. Τα δεδομένα των αντίστοιχων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα και της ταχύτητας του ανέμου ελήφθησαν από τις δημοσιεύσεις του Αστεροσκοπείου Αθηνών.

Η μελέτη έγινε λαμβάνοντας υπόψη τρεις διαφορετικές δραστηριότητες φυσιολογικού ατόμου στο χώρο της Αθήνας. Θεωρήσαμε την T_e α) για άτομο που περπατά στους δρόμους της Αθήνας με ταχύτητα κίνησης $v_0 = 1.3 m \cdot sec^{-1}$, β) για άτομο που στέκεται ακίνητο και παρακολουθεί σε ανοικτό χώρο κάποια εκδήλωση (αθλητική ή άλλη), δηλαδή $v_0 = 0.0 m \cdot sec^{-1}$ και γ) για άτομο που τρέχει με ταχύτητα $4.0 m \cdot sec^{-1}$ όπως π.χ. ένας παίχτης του ποδοσφαίρου κατά τη διάρκεια ενός αγώνα.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ T_e

Η στατιστική ανάλυση των ωριαίων τιμών της T_e , για κάθε μήνα του ψυχρού πενταμήνου, για τις τρεις εξεταζόμενες περιπτώσεις μας οδήγησε, μέσα από τη λεπτομερή ανάλυση των διαγραμμάτων του Σχήματος 1, στις παρακάτω διαπιστώσεις:

ι) Ένα ακίνητο άτομο αισθάνεται το περιβάλλον του πολύ ψυχρότερο σε σχέση με αυτό που περιγράφεται μόνο από την θερμοκρασία του αέρα, η διαφορά αυτή ανέρχεται από $18.2^{\circ}C$ (Νοέμβριο) μέχρι $30.0^{\circ}C$ (Φεβρουάριο). Η ημερήσια πορεία της Ισοδύναμης Θερμοκρασίας $T_{e,0}$ ακολουθεί μία ανεπαίσθητη απλή κύμανση με τη μέγιστη τιμή να σημειώνεται μεταξύ των ωρών 09:00 και 14:00. Το χαρακτηριστικό του μεγέθους αυτού είναι ότι μετατοπίζεται προς χαμηλότερες θερμοκρασίες καθώς μεταβαίνουμε από το Νοέμβριο προς τον Φεβρουάριο για να δώσει θερμόμετρο αίσθημα πάλι κατά το Μάρτιο. Η μετατόπιση αυτή παρατηρείται και στις καμπύλες των άλλων καταστάσεων (Σχήμα 1), αλλά δεν είναι τόσο χαρακτηριστική και έντονη. Το εντονότερο αίσθημα ψύχους, που αισθάνεται το ακίνητο άτομο στην Αθήνα εκδηλώνεται συνήθως μετά την 17:00 ώρα και διαρκεί μέχρι την 08:00, αν και το ημερήσιο εύρος δεν είναι και πολύ μεγάλο, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα Ια, αφού αυτό δεν υπερβαίνει τους $4^{\circ}C$.

Όσον αφορά στις μέσες μηνιαίες τιμές, αυτές διαμορφώνονται σε αρκετά χαμηλά επίπεδα (Πίνακας Ια) και κείνται μεταξύ $-6.2^{\circ}C$ (Ν) και $-17.2^{\circ}C$ (Φ). Τόσο από τις μέσες τιμές, όσο και από τις άκρες βλέπουμε ότι, από βιοκλιματική άποψη, ως ψυχρό-

τερος μήνας εμφανίζεται ο Φεβρουάριος, και ως θερμότερος ο Νοέμβριος.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι.

Στατιστικά στοιχεία της ισοδύναμης θερμοκρασίας: α) για ακίνητο άτομο ($v_0=0.0$ m.sec⁻¹) και β) για άτομο που κινείται με ταχύτητα ($v_0=1.3$ m•sec⁻¹).

α)

	N	Δ	I	Φ	M
M.O.	-6.2	-12.6	-15.2	-17.3	-11.9
σ	1.08	0.76	0.54	0.98	0.91
min	-7.4	-13.8	-16.2	-20.1	-13.6
max	3.7	-11.2	-13.8	-16.2	-19.8
Εύρος	3.7	2.6	2.4	3.9	3.8

β)

	N	Δ	I	Φ	M
M.O.	13.1	9.8	8.5	7.4	10.2
σ	0.54	0.39	0.28	0.51	0.46
min	12.4	9.2	8.0	6.0	9.3
max	14.3	10.5	9.2	8.0	11.2
Εύρος	1.9	1.3	1.2	2.0	1.9

ii) Όσον αφορά στο αίσθημα ψύχους ενός περιπατητή στους δρόμους της Αθήνας, αυτό παρουσιάζει μια σταθερή πορεία καθόλη τη διάρκεια του 24ώρου και ευρίσκεται πολύ κοντά στην ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας (Σχήμα 1). Μάλιστα οι δύο καμπύλες σχεδόν ταυτίζονται στο ψυχρότερο τμήμα της ημέρας. Οι διαφορές μεταξύ των $T_{e1.3}$ και T είναι μικρότερες σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση, αλλά και εδώ οι μικρότερες διαφορές (0.1 °C) εντοπίζονται κατά το Νοέμβριο που είναι θερμότερος μήνας, ενώ οι μεγαλύτερες (5.8 °C) τον Φεβρουάριο. Οι συντελεστές συσχέτισης των $T_{e1.3}$ και T είναι αρνητικοί και αρκετά μικροί, δηλαδή -0.18 (Φ) μέχρι -0.75 (M), γεγονός που αποδίδεται στον ημερήσιο ρυθμό πνοής του ανέμου, ο οποίος διαδραματίζει το βασικό ρόλο στην περίπτωση αυτή, καθόσον ο άνεμος λαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές του κατά τις μεσημβρινές ώρες, μετριάζοντας έτσι το θερμικό αποτέλεσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Από τον Πίνακα Ιβ γίνεται φανερό, τόσο από τις μέσες όσο και από τις άκρες τιμές που παρατίθενται, ότι υψηλότερες τιμές της $T_{e1.3}$ παρουσιάζει ο Νοέμβριος και χαμηλότερες ο Φεβρουάριος.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ.

Στατιστικά στοιχεία: α) της θερμοκρασίας του αέρα και β) της ισοδύναμης θερμοκρασίας για άτομο που κινείται με ταχύτητα ($v_0=4.0$ m•sec⁻¹).

α)

	N	Δ	I	Φ	M
M.O.	13.9	11.1	9.4	9.8	11.8
σ	1.67	1.43	1.49	1.63	2.06
min	12.1	9.4	7.7	7.9	9.3
max	16.9	13.7	12.0	12.6	15.1
Εύρος	4.8	4.3	4.3	4.7	5.8

β)

	N	Δ	I	Φ	M
M.O.	17.5	15.0	14.0	13.1	15.3
σ	0.42	0.31	0.22	0.39	0.36
min	17.0	14.5	13.6	12.0	14.6
max	18.5	15.5	14.5	13.6	16.1
Εύρος	1.5	1.0	0.9	1.6	1.5

Παρόλο που, όπως τονίσαμε, η καμπύλη του ως άνω μεγέθους ευρίσκεται πολύ κοντά στην καμπύλη της θερμοκρασίας του αέρα T (πίνακας ΙΙΑ), η τυπική απόκλιση (σ) και το ημερήσιο εύρος της $Te_{1,3}$ κείται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα απ' ότι της θερμοκρασίας του αέρα. Αξιοσημείωτο είναι ότι ο περιπατητής στους δρόμους της Αθήνας αισθάνεται το περιβάλλον του θερμότερο κατά τις μεσημεσιώρες ώρες μέχρι περίπου και την 08:00 ή 09:00 ώρα και ψυχρότερο κατά την υπόλοιπη ημέρα, γεγονός που θα πρέπει να αποδοθεί στην πορεία του ανέμου.

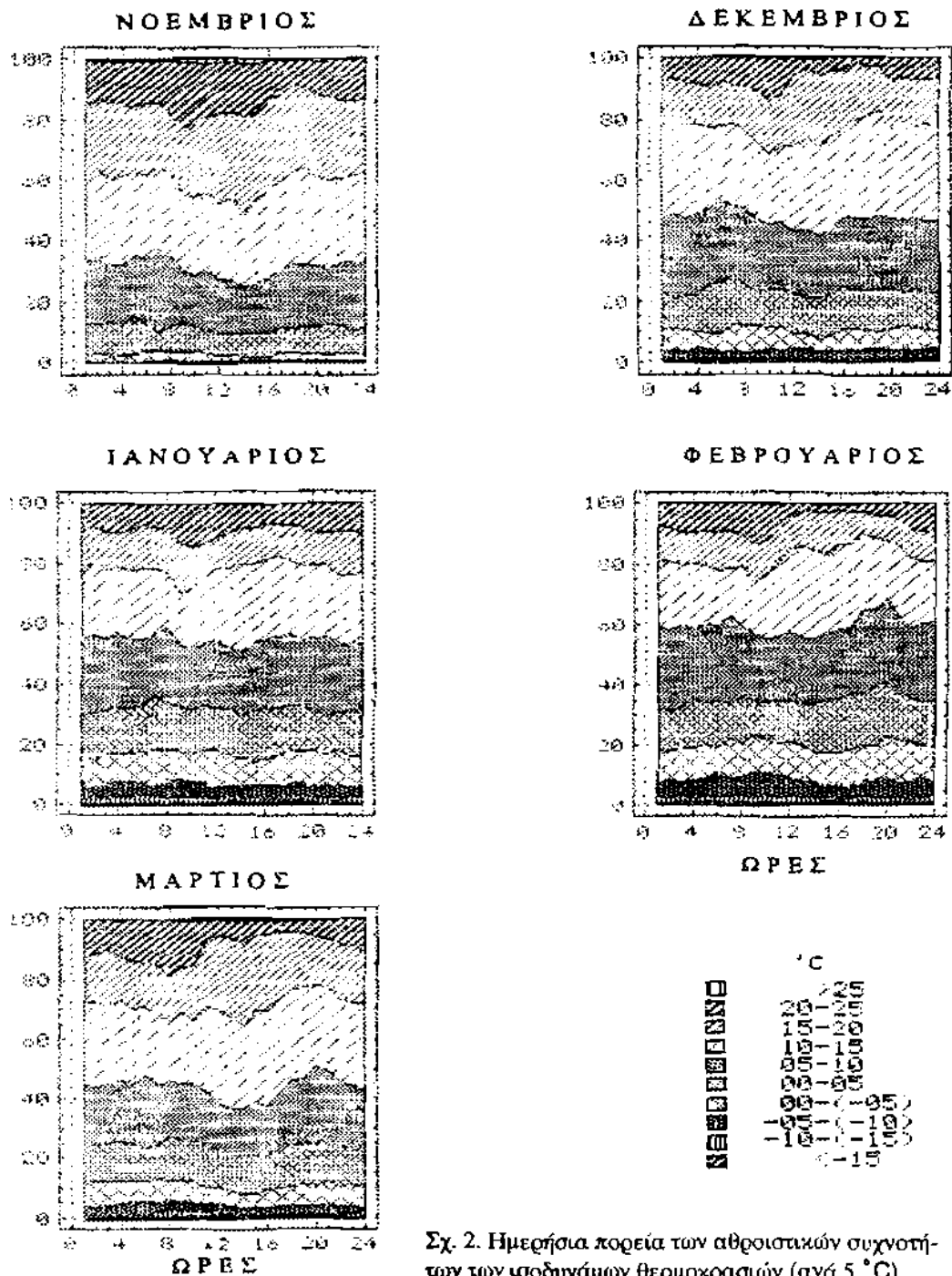
iii) Στην περίπτωση, που το **άτομο κινείται** με ταχύτητα $4.0 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$, στην Αθήνα, αισθάνεται το περιβάλλον του κατά κανόνα θερμότερο απ' ότι στην πραγματικότητα είναι και μάλιστα σε ότι αφορά τις άκρες τιμές, κατά (Φ) μέχρι $6.1 \text{ }^\circ\text{C}$ (I). Οι συντελεστές συσχέτισης ενώ και πάλι είναι αρνητικοί είναι υψηλότεροι απ' ότι στην προηγούμενη περίπτωση, ήτοι από -0.71 έως -0.80 . Οι μέσες τιμές $Te_{4,0}$ (Πίνακας ΙΙβ) κυμαίνονται από $13.1 \text{ }^\circ\text{C}$ (Φ) έως $17.5 \text{ }^\circ\text{C}$ (N), οι δε τιμές των σ και του εύρους διαμορφώνονται σε χαμηλότερα επίπεδα απ' ότι στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις.

Το ημερήσιο εύρος της $Te_{4,0}$ είναι χαμηλό, όπως φαίνεται στον Πίνακα ΙΙβ και στα διαγράμματα του Σχήματος 1 και φτάνει το πολύ στους $1.6 \text{ }^\circ\text{C}$. Οι ανεπαίσθητα υψηλότερες τιμές της $Te_{4,0}$ σημειώνονται κατά τη διάρκεια του φωτεινού τμήματος της ημέρας και μάλιστα μετά την 10:00 πρωινή. Στην περίπτωση αυτή ο ουσιαστικότερος παράγοντας είναι αυτή η ίδια η κίνηση του ατόμου.

Οι σημαντικές βιοκλιματικές αντιθέσεις οι οποίες παρατηρούνται στις τρεις παραπάνω περιπτώσεις αντικατοπτρίζουν και ανταποκρίνονται στο είδος της ενδυμασίας που χρησιμοποιεί το φυσιολογικό άτομο για να αντιμετωπίσει το ψύχος επιδιδόμενο σε κάθε μία από τις περιγραφείσες δραστηριότητες.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ $Te_{1,3}$

Στα διαγράμματα του Σχήματος 2 απεικονίζονται οι αθροιστικές συχνότητες των τιμών της Ισοδύναμης Θερμοκρασίας $Te_{1,3}$ για διάφορες κλίμακες που μεταβάλλονται ανά $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Η επιλογή της κατηγορίας αυτής έγινε διότι αφορά τη συντριπτική πλειοψηφία των κατοίκων, αφού είναι υποχρεωμένοι να κινούνται πεζοί για πολλές ώρες στους δρόμους της Αθήνας, ενώ οι άλλες κατηγορίες αφορούν πολύ περιορισμένο αριθμό ατόμων. Από τη μελέτη των διαγραμμάτων αυτών διαπιστώνεται ότι, ο Νοέμβριος είναι ο θερμότερος βιοκλιματικά μήνας, του ψυχρού πενταμήνου, καθώς η θερμότερη βαθμίδα ($Te > 25.0 \text{ }^\circ\text{C}$) συμμετέχει με ποσοστό ίσο προς 2%, έστω κι αν οι τιμές αυτές σημειώνονται κατά τις μεσημβρινές ώρες. Για τον ίδιο μήνα οι τρεις ψυχρότερες βαθμίδες ($Te < -5.0 \text{ }^\circ\text{C}$) συμμετέχουν με ασήμαντα ποσοστά. Στη συνέχεια, όπως φαίνεται από την ανάλυση των διαγραμμάτων, τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης κατά το Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Μάρτιο παρουσιάζουν οι τρεις βαθμίδες της Te που κυμαίνονται από τους $+5.0 \text{ }^\circ\text{C}$ έως τους $+20.0 \text{ }^\circ\text{C}$. Κατά τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο οι τρεις επικρατέστερες βαθμίδες είναι εκείνες για τις οποίες η Te ευρίσκεται μεταξύ $0.0 \text{ }^\circ\text{C}$ και $15.0 \text{ }^\circ\text{C}$, δηλαδή οι δύο αυτοί μήνες είναι καταφανώς



Σχ. 2. Ημερήσια πορεία των αθροιστικών συχνοτήτων των ισοδυνάμων θερμοκρασιών (ανά 5 °C).

ψυχρότεροι από τους τρεις προηγούμενους μήνες.

Η ψυχρότερη βαθμίδα, όπου $T_e < -15.0$ °C, εμφανίζεται ουσιαστικά μόνο το Φεβρουάριο, που είναι και ο κατ' εξοχήν ψυχρός βιοκλιματικά μήνας, αλλά με ποσοστά λιγότερα από το 1%, και μόνο κατά τις βραδινές ώρες. Στην ίδια βαθμίδα ακολουθούν οι μήνες Ιανουάριος και Μάρτιος, αλλά με ποσοστά που μόλις φτάνουν το 0.5%. Εξάλλου κατά τους κυρίως χειμερινούς μήνες σημαντικό είναι και το ποσοστό των ωρών με $T_e > 10.0$ °C το οποίο όμως εμφανίζεται πιο ενισχυμένο κατά τις μεσημβρινές ώρες.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι θερμότερες βαθμίδες παρουσιάζουν μεγαλύτερα ποσοστά μετά τη 10:00 ώρα και η ημερήσια διακύμανση γίνεται ομαλότερη, καθώς μεταβαίνουμε από τις θερμότερες προς τις ψυχρότερες βαθμίδες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε μελετώντας τις ωριαίες τιμές της Ισοδύναμης Θερμοκρασίας T_e για την Αθήνα, μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω:

Διαπιστώνεται ότι ένα ακίνητο άτομο αισθάνεται το περιβάλλον του ψυχρότερο, σε σύγκριση με εκείνο που διαμορφώνει μόνη της η θερμοκρασία του αέρα, όλες τις ώρες της ημέρας και καθόλη τη διάρκεια του ψυχρού πενταμήνου. Οι διαφορές των τιμών της Ισοδύναμης Θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας του οέρα είναι δυνατόν να φτάσουν ακόμη και τους 30.0 °C.

Κάτοικος της Αθήνας που αθλείται τρέχοντας με ταχύτητα $4.0 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$, νοιώθει κατά κανόνα το περιβάλλον του αρκετά θερμότερο, με διαφορές που φτάνουν και τους 7.0 °C σε σχέση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Στην περίπτωση του ατόμου που περπατά στην Αθήνα (με ταχύτ. $1.3 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$), το περιβάλλον του είναι άλλοτε θερμότερο και άλλοτε ψυχρότερο σε σχέση με αυτό που περιγράφεται μόνο από τη θερμοκρασία του αέρα. Το αίσθημα δε του ψύχους εξαρτάται από την ώρα της ημέρας. Στην περίπτωση αυτή φαίνεται ο ουσιώδης ρόλος που διαδραματίζει η πνοή του ανέμου στη διαμόρφωση του τελικού αισθήματος ψύχους, κατά τις ώρες που συνήθως σημειώνονται τα μέγιστα των ταχυτήτων του. Έτσι, όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί κάποια τιμή, συνήθως τις μεσημβρινές ώρες, τότε μετριάζεται το θερμικό αποτέλεσμα και το περιβάλλον εμφανίζεται ψυχρότερο.

Και για τις τρεις μελετούμενες περιπτώσεις συμπεραίνεται ότι ο Νοέμβριος είναι ο θερμότερος μήνας του ψυχρού πενταμήνου, ενώ ο Φεβρουάριος ο ψυχρότερος. Θα πρέπει ν' αναφέρουμε ότι όλα τα παραπάνω αφορούν φυσιολογικά άτομα κατάλληλα ενδεδυμένα και κατά συνέπεια παρεκκλίσεις από τα συμπεράσματα της μελέτης αυτής θα πρέπει να αναμένονται για κάποιο μικρό τμήμα του πληθυσμού της Αθήνας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Balafoutis Ch. (1989). «Diurnal variation of Wind-chill at Thessaloniki-Greece». *Int. J. Biometeor.* Vol. 33, (266-271).
- Balafoutis Ch. (1990). «Urban effect on the secular variations of annual and seasonal wind-chill index in Athens (Greece)». *J. Meteor.*, Vol 40, 6, (383-386).
- Balafoutis Ch. and Arseni-Papadimitriou A., (1992), «A study of the cold spells in Athens (Greece) as revealed by the analysis of the hourly values of the wind-chill». *Annalen der Meteor.*, Vom 16, bis 18 (17-19).
- Δικαιάκος Ι. (1976). «Συμβολή εις την αποτίμησην των ανθρωπο-βιοκλιματικών συνθηκών εν Αθήναις». *ΕΜΤΕ*, Τομ. 1. Τευχ. 3, (18-27).
- Dixon J.C. and Prior M.J., (1987). «Wind-chill indices - a review». *Meteor. Magazine* N0 1374, Vol. 116.
- Giles B., and Balafoutis Ch. (1992). «Cold wind-chill spells in the south Balkans: a study of the synoptic situations». *J. of Clim.* Vol. 12 (305-312).
- Makrogiannis T. and Angouriadakis V. (1982). «The discomfort-index in Thessaloniki-Greece» *Int. J. of Biometeor.* Vol. 26, N0 1, (53-59).
- Mumford A., (1979). «Problems of estimating lowland windchill». *Weather* 34, (424-429).
- Siple P.A. and Passel C.F., (1945). «Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures». *Proc. Am. Philos. Soc.*, 89, (177-199).
- Steadman R.G., (1971). «Indices of windchill of clothed persons». *J. Appl. Meteor.*, 10, (674-683).
- Steadman R.G., (1979a): «The assessment of sultriness. Part I: Temperature-Humidity Index based on human physiology and clothing sciences». *J. Appl. Meteor.*, Vol. 18, (861-873).
- Steadman R.G., (1979b): «The assessment of sultriness. Part II: Effects of Wind, Extra Radiation and Barometric Pressure on Apparent Temperature». *J. Appl. Meteor.*, Vol. 18, (874-885).
- Steadman R.G., (1984): «A Universal Scale of Apparent Temperature». *J. of Clim. and Appl. Meteor.*, Vol. 23, (1674-1687).

Η ΞΗΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΤΗΣ ΑΙΤΙΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

ΜΑΧΑΙΡΑΣ Π.*, ΚΟΛΥΒΑ-ΜΑΧΑΙΡΑ Φ.**

*Τομέας Μετεωρολογίας -Κλιματολογίας Α.Π.Θ., 540 06 Θεσ/νίκη

**Τομέας Στατιστικής και Επιχ. Έρευνας Α.Π.Θ., 540 06 Θεσ/νίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Χρησιμοποιούνται τα μηνιαία ύψη βροχής 21 σταθμών του ελληνικού χώρου της περιόδου 1950-1990, καθώς και το ημερολόγιο των τύπων κυκλοφορίας για την ίδια περίοδο. Υπολογίζονται τα μέσα εποχιακά και ετήσια ύψη βροχής, κατά σταθμό και για το σύνολο των σταθμών καθώς και οι αντίστοιχες τιμές των τυπικών αποκλίσεων. Καθορίζονται τα ξηρά έτη και οι ξηρές εποχές. Περιγράφεται το φαινόμενο της έντονης ξηρασίας της διετίας 1989 και 1990. Μελετάται η τάση των εποχιακών και των ετήσιων βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια της μελετούμενης περιόδου. Προκύπτει ότι υπάρχει μια έντονη τάση ελάττωσης των βροχοπτώσεων τόσο στις ετήσιες όσο και στις εποχιακές τιμές. Περιγράφονται οι σταθεροί τύποι κυκλοφορίας που επιβάλλουν την εποχιακή και τυχαία ξηρασία στον ελληνικό χώρο και δίνονται τα διαγράμματα συχνοτήτων αυτών κατά τη διάρκεια της μελετούμενης περιόδου. Υπάρχει μία τάση αύξησης συχνοτήτων των σταθερών τύπων τόσο σε ετήσια όσο και σε εποχιακή κλίμακα. Τέλος, η μελέτη των ανωμαλιών της ατμοσφαιρικής πίεσης για ολόκληρο το βόρειο ημισφαίριο δείχνει ότι, η ξηρασία στην Ελλάδα συνοδεύεται, κατά κανόνα, από θετικές ανωμαλίες της ατμοσφαιρικής πίεσης στη νότια Ευρώπη και τη Μεσόγειο.

ABSTRACT

The monthly totals of precipitation of 21 Greek stations for the period 1950-1990 as well as the calendar of classification of the types circulation are used. The mean and standard deviations of rainfall totals are calculated: 1) for every station and 2) for all stations. The dry years and seasons are defined. The phenomenon of intense drought for the biennial 1989-90 is described. The trend of seasonal and annual precipitation for the period under study is studied. There is an intense trend of decrease of precipitation for the annual and seasonal values as well. The stable types of circulation causing the seasonal and random drought in Greece and the diagrams of their frequency for the period under study are given. There is a trend of increase of the frequencies of the stable types of circulation in annual and seasonal scale. Finally, the study of the anomalies of the atmospheric pressure for the whole the northern hemisphere show that the drought in Greece, is accompanied, as a rule, by positive anomalies of the atmospheric pressure over the southern Europe and the Mediterranean.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ξηρασία είναι ένα σύνθετο φαινόμενο και η έννοιά της καθορίζεται με πολλούς τρόπους, ανάλογα με την ειδικότητα και τα επιστημονικά ενδιαφέροντα του συγγραφέα. Για τον Κλιματολόγο π.χ., ο οποίος μελετά το φαινόμενο στην πηγή του που είναι η ατμόσφαιρα, η Ξηρασία προέρχεται από μια μεγάλης διάρκειας απουσία βροχοπτώσεων, η οποία ανάλογα με την έντασή της είναι ικανή να διαταράξει βαθμιαία, τα διάφορα στάδια του υδρολογικού κύκλου.

Από Κλιματολογική άποψη το μέγεθος της απουσίας των βροχοπτώσεων επιτρέπει να εκτιμήσουμε το βαθμό έντασης της Ξηρασίας. Το έλλειμμα αυτό, κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης περιόδου, εκφράζεται πάντοτε σε σχέση με τις μέσες κανονικές τιμές βροχόπτωσης.

Η χώρα μας υφίσταται δύο είδη Ξηρασίας. Την εποχιακή κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και την τυχαία Ξηρασία η οποία μπορεί να εμφανιστεί σε οποιαδήποτε εποχή του έτους εκτός του καλοκαιριού, με διαφορετική διάρκεια και ένταση. Η εποχιακή Ξηρασία είναι εντονότερη στους παράκτιους και νησιωτικούς σταθμούς και κατά κανόνα αυξάνει από βόρεια προς τα νότια.

Η τυχαία Ξηρασία μπορεί να εμφανιστεί σε οποιαδήποτε μήνα ή εποχή της υγρής περιόδου (Οκτώβριος-Απρίλιος ή Μάιος) με οποιαδήποτε διάρκεια και οποιαδήποτε ένταση. Δεν έχει ακόμη διερευνηθεί αν παρουσιάζει κάποια περιοδικότητα κι αν τα πραγματικά αίτια επικράτησής της είναι πάντοτε τα ίδια.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται τα μηνιαία ύψη βροχής 21 σταθμών του ελληνικού χώρου για την περίοδο 1950-1990. Επίσης, χρησιμοποιείται το ημερολόγιο κατάταξης των ημερήσιων τύπων κυκλοφορίας για την ίδια περίοδο καθώς και τα στοιχεία του αρχείου CD ROM WORLD CLIMATIC DISC για ολόκληρο το βόρειο ημισφαίριο (στοιχεία ατμοσφαιρικής πίεσης επιφάνειας) διαθέσιμα σε κομβικά σημεία ανά 5° γεωγραφικού πλάτους και 10° γεωγραφικού μήκους (περίοδος 1950-1990).

Σε ένα πρώτο στάδιο υπολογίζονται τα μέσα εποχιακά ύψη βροχής κατά σταθμό και για το σύνολο των σταθμών, καθώς και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις. Εντοπίζονται οι Ξηρές εποχές και τα Ξηρά έτη, γίνεται χαρτογράφηση αυτών και μελετώνται οι τάσεις των εποχιακών και των ετησίων υψών κατά τη διάρκεια της μελετούμενης περιόδου.

Σε ένα δεύτερο στάδιο μελετώνται οι εποχιακές και ετήσιες συχνότητες των τύπων κυκλοφορίας καθώς και τάσεις αυτών κατά τη διάρκεια της μελετούμενης περιόδου.

Τέλος, σε ένα τρίτο και τελευταίο στάδιο γίνεται η μελέτη των ανωμαλιών της ατμοσφαιρικής πίεσης για ολόκληρο το βόρειο ημισφαίριο για χαρακτηριστικά παραδείγματα Ξηρασίας.

2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΠΟΧΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ

Όπως αναφέρθηκε, από τα μηνιαία ύψη για κάθε σταθμό, υπολογίστηκαν τα εποχιακά και τα ετήσια ύψη. Αντίστοιχα, υπολογίστηκαν οι τυπικές αποκλίσεις. Ο καθορισμός των Ξηρών εποχών και ετών έγινε, συνδυάζοντας για κάθε σταθμό, τους μέ-
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

σους όρους με τις αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις. Ένα έτος είναι σχετικά ξηρό όταν η βροχόπτωση x_i είναι μικρότερη του ποσού $\bar{x} - \sigma$ ($\bar{x} = \sigma$ μέσος όρος, $\sigma = \eta$ τυπική απόκλιση), είναι ξηρό όταν η βροχόπτωσή του περιλαμβάνεται ανάμεσα στα ποσά $\bar{x} - \sigma > x_i > \bar{x} - 2\sigma$ ενώ τέλος, είναι πολύ ξηρό όταν η βροχόπτωσή του είναι μικρότερη του ποσού $\bar{x} - 2\sigma > x_i$ (Charre, 1977; Dorize, 1986; Μαχαίρας, 1992).

Όπως προκύπτει από το σχήμα 1α που αφορά στις ετήσιες βροχοπτώσεις τα ξηρότερα έτη της μελετούμενης περιόδου είναι, για το σύνολο σχεδόν των σταθμών, το 1989 και το 1990. Εξαίρεση αποτελεί για το 1989 ο σταθμός της Ρόδου και για το 1990 ο σταθμός των Κυθήρων των οποίων οι βροχοπτώσεις είναι περίπου γύρω από το μέσο όρο. Ξηρό επίσης έτος είναι το 1977 όπου εξαίρεση αυτή τη φορά αποτελούν οι σταθμοί της Σάμου και του Ηρακλείου. Πολύ ξηρά έτη σημειώθηκαν επίσης μεμονομένα σε ορισμένους σταθμούς, όπως το 1970 στη Λάρισα.

Το σχήμα 1β αφορά στις βροχοπτώσεις του χειμώνα ο οποίος περιλαμβάνει τους μήνες Ιανουάριο-Φεβρουάριο-Μάρτιο. Όπως προκύπτει από αυτό το σχήμα, οι χειμώνες των ετών 1989 και 1990 είναι οι ξηρότεροι όλων, ενώ επίσης ξηροί είναι και οι χειμώνες των ετών 1977, 1983, 1959, 1967.

Η ξηρότερη άνοιξη (Απρίλιος - Μάιος - Ιούνιος) παρουσιάζεται το 1985 και ακολουθεί η άνοιξη του 1977 (σχήμα 1γ).

Το φθινόπωρο τέλος, (Οκτώβριος - Νοέμβριος - Δεκέμβριος, σχήμα 1δ), παρουσιάζεται ξηρότερο τα έτη 1989 και 1984 και ακολουθούν οι βροχοπτώσεις του φθινοπώρου των ετών 1971 και 1977.

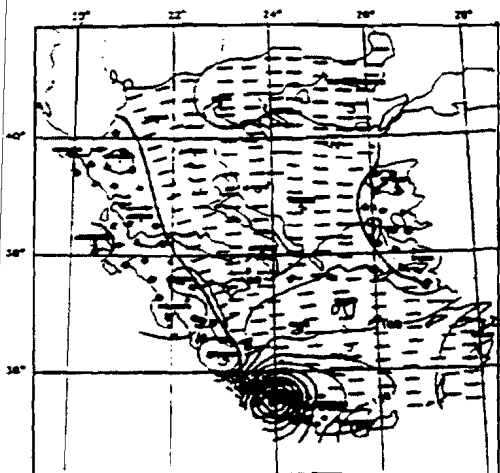
2.1. Το παράδειγμα της ξηρασίας 1989 και 1990.

Ενώ στον ελληνικό χώρο η βροχόπτωση του φθινοπώρου 1988 κυμάνθηκε περίπου γύρω από το μέσο όρο, με έντονες βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις κατά τη διάρκεια του δεύτερου δεκαήμερου του Δεκεμβρίου, μπορούμε να πούμε ότι η μακρά περίοδος ξηρασίας που γνώρισε η χώρας μας άρχισε από το τρίτο δεκαήμερο του Δεκεμβρίου. Πραγματικά, στο μεγαλύτερο μέρος των ελληνικών σταθμών οι βροχοπτώσεις υπήρξαν πρακτικά ανύπαρκτες μέχρι το τέλος του Φεβρουαρίου. Οι βροχοπτώσεις του Μαρτίου, σχεδόν γύρω από το μέσο όρο, δεν άλλαξαν τον ξηρό ή πολύ ξηρό χαρακτήρα του πρώτου τριμήνου της χρονιάς (σχήμα 2α). Αυτός ο χαρακτήρας είναι πιο τονισμένος στα δυτικά και στα ανατολικά του ελληνικού χώρου.

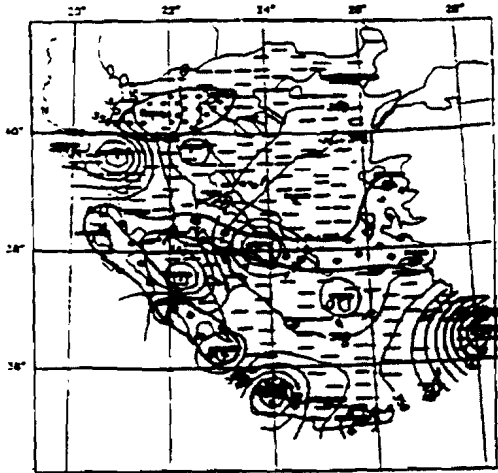
Κατά τη διάρκεια της επόμενης εποχής (άνοιξη 1989) οι βροχοπτώσεις είτε βρίσκονται κοντά στις κανονικές τιμές (στα δυτικά και στα βόρεια της χώρας) είτε κάτω από αυτές (στο υπόλοιπο της χώρας). Ο ελλειμματικός χαρακτήρας των βροχοπτώσεων είναι περισσότερο τονισμένος στους νοτιότερους σταθμούς.

Κατά τη διάρκεια της φθινοπώρου, με εξαίρεση μερικούς νοτιότερους σταθμούς, το έλλειμμα βροχοπτώσεων είναι περισσότερο τονισμένο από ότι την άνοιξη, ιδιαίτερα κατά μήκος των ακτών και των νήσων του Ιονίου. Ιδιαίτερα, το αθροιστικό αποτέλεσμα που προέρχεται από ένα χειμώνα ελλειμματικό από μία άνοιξη σχετικά ελλειμ-

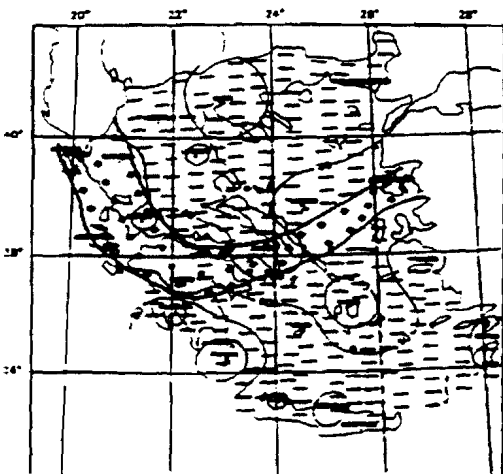
ΧΕΙΜΩΝΑΣ 1989



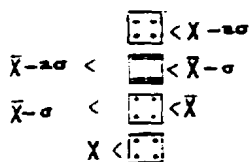
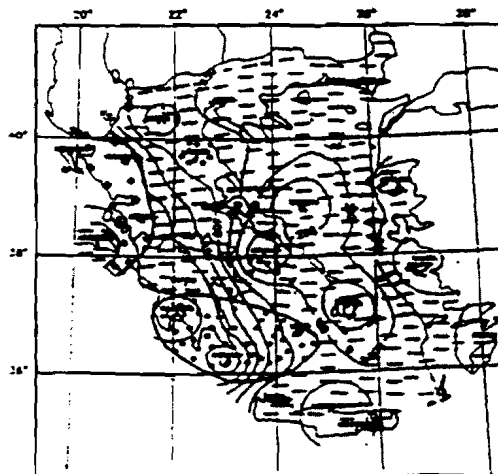
ΕΤΟΣ 1989



ΧΕΙΜΩΝΑΣ 1990



ΕΤΟΣ 1990



Σχ. 2. Γεωγραφική κατανομή των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια των ετών και των χειμώνων 1989 και 1990.

ματική και από ένα φθινόπωρο ελλειμματικό διαμόρφωσαν μια εξαιρετική Ξηρή χρονιά (σχήμα 2β). Από την εξέταση αυτού του σχήματος το οποίο δίνει την γεωγραφική κατανομή των ετησίων βροχοπτώσεων καθώς και το συνδυασμό τους με τις τυπικές αποκλίσεις προκύπτει ότι, υπάρχουν πολύ μικρές διαφορές ανάμεσα στις βροχοπτώσεις των διαφορετικών ελληνικών περιοχών. Ο βροχερότερος σταθμός είναι εκείνος της Ρόδου (αποτελεί μια εξαίρεση) ενώ οι Ξηρότεροι σταθμοί είναι εκείνοι που βρίσκονται στα νοτιοδυτικά και στο κέντρο του ελληνικού χώρου.

Οι βροχομετρικές συνθήκες του επόμενου (1990) επέτειναν ακόμη περισσότερο το μεγάλο έλλειμμα της προηγούμενης χρονιάς. Το σχήμα 2γ που δίνει την κατανομή των βροχοπτώσεων της περιόδου Ιανουάριος - Μάρτιος 1990, καθώς επίσης και τις σχέσεις αυτών με τις τυπικές αποκλίσεις, δείχνει τον έντονα Ξηρό χαρακτήρα αυτής της εποχής. Βλέπουμε ότι ολόκληρος ο ελληνικός χώρος υφίσταται ένα βροχομετρικό έλλειμμα περισσότερο έντονο από ότι, κατά τη διάρκεια του προηγούμενου χειμώνα. Πραγματικά, οι βροχοπτώσεις του τριμήνου Ιανουάριος - Μάρτιος δεν ξεπερνούν τα 80 χιλιοστά ενώ ο μήνας Μάρτιος είναι επίσης ένας Ξηρός μήνας, διότι οι ασθενείς βροχές δεν άρχισαν παρά από τις αρχές Απριλίου.

Η πολύ ανώμαλη εξέλιξη του καιρού κατά τη διάρκεια του χειμώνα είχε πολύ δυσμενείς επιπτώσεις στο ισοζύγιο ύδατος, γιατί η χρησιμοποίηση από τη βλάστηση των υδατικών αποθεμάτων του καλλιεργήσιμου εδάφους είχε σαν αποτέλεσμα τη γρήγορη εξάντλησή τους. Για το λόγο αυτό η άρδευση των καλλιεργιών άρχισε πολύ νωρίς (μέσα Μαρτίου - αρχές Απριλίου) ακόμη και των καλλιεργειών που συνήθως δεν αρδεύονται, όπως τα σιτηρά. Αυτή η κατάσταση οδήγησε σε μια έντονη κατανάλωση των υπογείων υδάτων των οποίων η στάθμη έπεσε γρήγορα. Πριν από το τέλος του καλοκαιριού εκεί όπου υπήρχαν θερινές αρδεύσεις καλλιέργειας καταναλώθηκε όχι μόνο η διαθέσιμη ποσότητα ύδατος, αλλά και τα μόνιμα αποθέματα ύδατος, γεγονός που οδήγησε σε ορισμένες περιπτώσεις, στην εισαγωγή υφάλμυρων υδάτων, και στην καταστροφή των καλλιεργειών.

Η κατάσταση σε πόσιμο νερό δεν ήταν καλύτερη. Εάν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 1989, υπήρξαν, στις μεγάλες πόλεις συνεχείς διακοπές του πόσιμου νερού, κατά τη διάρκεια του 1990 η κατάσταση ήταν δραματική τόσο στην Αθήνα όσο και στη Θεσ/νίκη. Ειδικότερα για την πρωτεύουσα, από τα μέσα Ιουλίου σύμφωνα με τους υπολογισμούς, η ποσότητα ύδατος που υπήρχε στους ταμιευτήρες αρκούσε μέχρι τα τέλη Οκτωβρίου για να εξασφαλίσει την ύδρευση των κατοικιών και των διαμερισμάτων.

Ευτυχώς, οι βροχές του φθινοπώρου που άρχισαν από την αρχή του Οκτωβρίου, ανακούφισαν μερικώς την κατάσταση. Πραγματικά, το φθινόπωρο του 1990 υπήρξε συνολικά βροχερό καθώς και ο επόμενος χειμώνας. Παρόλα αυτά, η κατάσταση σε υδατικούς πόρους παραμένει ακόμη προβληματική στη χώρα μας. Η στάθμη στους φυσικούς και τεχνητούς ταμιευτήρες είναι πολύ χαμηλά, δεκάδες μέτρα κάτω από την συνηθισμένη στάθμη τους, πριν από την Ξηρασία των ετών 1989 και 1990.

2.2. Τάση μεταβολής των ετησίων και εποχιακών βροχοπτώσεων στον ελληνικό χώρο.

Για τη μελέτη της τάσης των εποχιακών και ετησίων βροχοπτώσεων υπολογίστηκαν οι μέσες κατ' έτος τιμές για ένα ορισμένο αριθμό σταθμών. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 18 σταθμοί, εκείνοι οι οπαίοι παραυσιάζουν βροχοπτώσεις για το σύνολο της μελετούμενης περιόδου. Εξαιρέθηκαν οι σταθμοί Νάξος, Ιεράπετρα και Καλαμάτα οι οποίοι παρουσιάζουν κενά παρατηρήσεων στην αρχή της μελετούμενης περιόδου.

Είναι ευνόητο ότι ο αριθμός των σταθμών, η γεωγραφική τους κατανομή και κυρίως η μέθοδος υπολογισμού των μέσων όρων δεν είναι επιστημονικά απόλυτα παραδεκτή ώστε να μπορεί κανείς να ισχυριστεί ότι τα αποτελέσματα των υπολογισμών μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά για τις μέσες βροχοπτώσεις του ελληνικού χώρου. Παρόλα αυτά νομίζουμε ότι δίνουν μια καλή εικόνα των μέσων ετησίων και εποχιακών βροχοπτώσεων της χώρας μας και επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη των τάσεων κατά τη διάρκεια της μελετούμενης περιόδου.

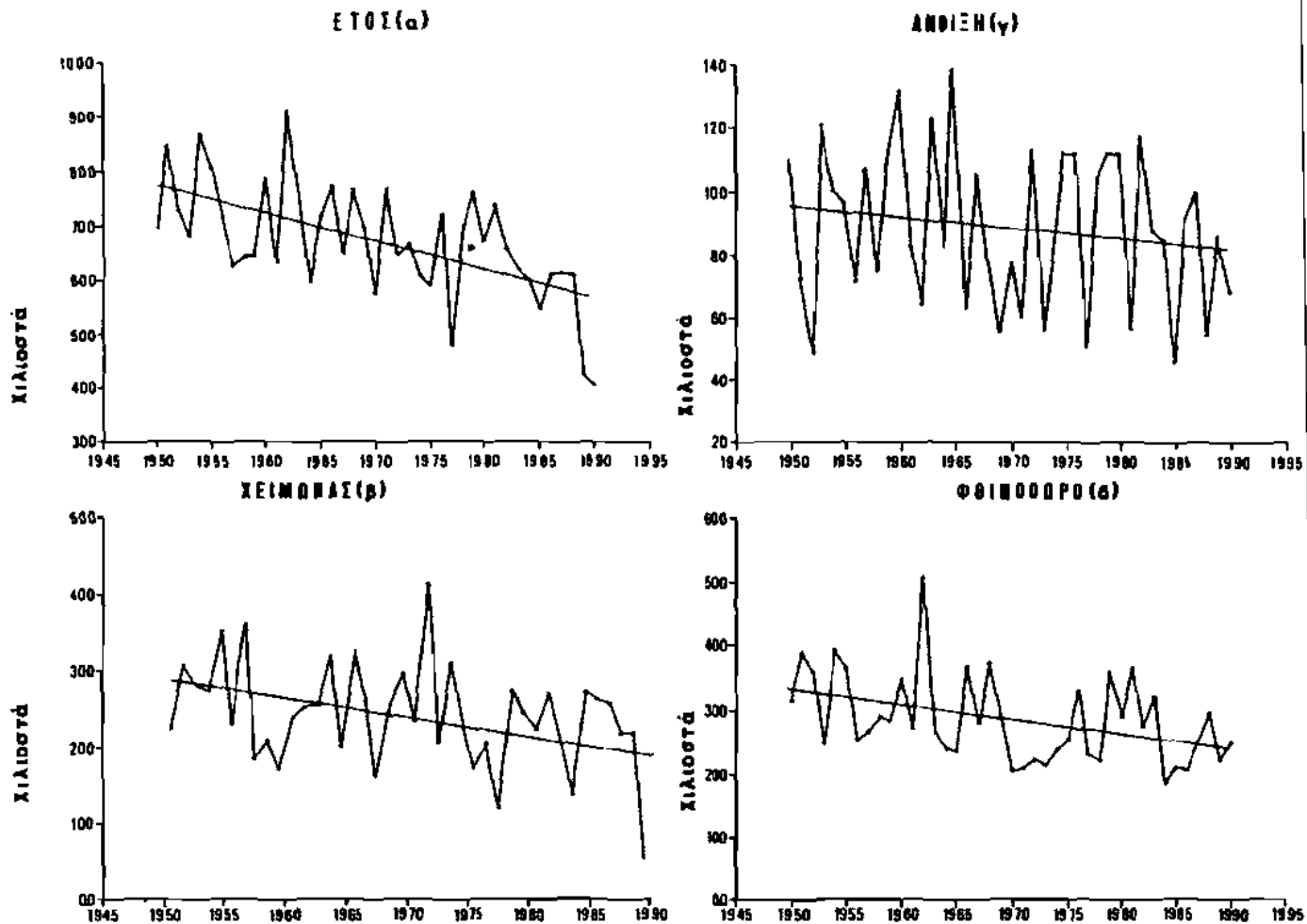
2.3. Ετήσιες βροχοπτώσεις (σχήμα 3α)

Το μέγιστο βροχόπτωσης παρουσιάζεται το 1962 ενώ το ελάχιστο το 1990. Πολύ ξηρές χρονιές είναι επίσης το 1989 και 1977. Η τάση μεταβολής των ετησίων βροχοπτώσεων είναι έντονα πτωτική. Για τη μελετούμενη περίοδο υπάρχει, κατά μέσο όρο, μια ελάττωση ίση με 190 χιλιοστά περίπου, ποσό που αντιστοιχεί σε 50 χιλιοστά ελάττωσης ανά δεκαετία.

Χειμώνας (Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, σχήμα 3β). Το μέγιστο βροχόπτωσης παρουσιάζεται το 1971 ενώ το ελάχιστο το 1990. Πολύ ξηροί χειμώνες είναι επίσης το 1989 και 1977 γεγονός που μπορεί να σημαίνει ότι ένας ξηρός χειμώνας έχει σαν αποτέλεσμα, κατά κανόνα, ένα ξηρό έτος. Η τάση μεταβολής όπως και στις ετήσιες βροχοπτώσεις είναι πτωτική. Υπάρχει κατά μέσο όρο, μια ελάττωση από την αρχή μέχρι το τέλος της μελετούμενης περιόδου ίση με 80 χιλιοστά περίπου, δηλαδή ελάττωση ίση με 20 χιλιοστά ανά δεκαετία.

Ανοιξη (Απρίλιος - Μάιος - Ιούνιος, σχήμα 3γ). Το μέγιστο βροχόπτωσης παρουσιάζεται το 1965 ενώ το ελάχιστο το 1985. Η τάση μεταβολής είναι όπως και στον χειμώνα πτωτική, η ένταση όμως της πτώσης είναι ασθενέστερη. Η ελάττωση, κατά μέσο όρο, από την αρχή μέχρι το τέλος της περιόδου είναι ίση με 13 χιλιοστά περίπου.

Φθινόπωρο (Οκτώβριος - Νοέμβριος - Δεκέμβριος, σχήμα 3δ). Το μέγιστο βροχόπτωσης παρουσιάζεται το 1962 ενώ το ελάχιστο το 1970. Το φθινόπωρο του έτους 1989 είναι επίσης ξηρό, όχι όμως τόσο ξηρό όπως ο αντίστοιχος χειμώνας. Η τάση μεταβολής είναι και πάλι πτωτική. Η ελάττωση σε απόλυτους αριθμούς είναι ίδια με εκείνη του χειμώνα: 80 χιλιοστά για το σύνολο της περιόδου, δηλαδή ίση με 20 χιλιο-



Σχ 3. Τάση των ετήσιων ημερησίων βροχών στα χρόνια 1950-1990, για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο και Απρίλιο της περιόδου 1950 - 1990.

στά ανά δεκαετία. Η σχετική όμως μεταβολή (%) είναι χαμηλότερη εκείνης του χειμώνα γιατί τα φθινόπωρο δέχεται συναλικά περισσότερες βροχοπτώσεις από ότι ο χειμώνας.

3. ΤΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΑΙΤΙΑ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Η Ξηρασία στην Ελλάδα κυρίως εξαρτάται:

- Από την επίδραση του αντικυκλώνα του Ατλαντικού στην επιφάνεια και καθ' ύψος.
- Από την επίδραση των ηπειρωτικών αντικυκλώνων της Σκανδιναβίας, της Κεντρικής Ευρώπης και της Σιβηρίας, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου.
- Από την επίδραση των ηπείρων της Ασίας και της Αφρικής, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου.

3.1. Μελέτη των τύπων κυκλοφορίας στον ελληνικό χώρο.

Οι τύποι κυκλοφορίας που καθορίζουν την εποχιακή ξηρασία κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου ανήκουν κατά κύριο λόγο σε τρεις κατηγορίες (Maheras, 1983a, 1983b, 1989, 1992).

α. Αντικυκλωνικοί τύποι (Α) της κεντρικής Ευρώπης, του Ατλαντικού, της Βαλκανικής και της Μεσογείου (σχήμα 4). Όπως προκύπτει από τον πίνακα 1 η συχνότητα των αντικυκλωνικών αυτών τύπων κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια του διμήνου Ιούλιος - Αύγουστος παυ είναι το ξηρότερο του έτους είναι κατά μέσο όρο 22,5% τον Ιούλιο και 28,1% τον Αύγουστο.

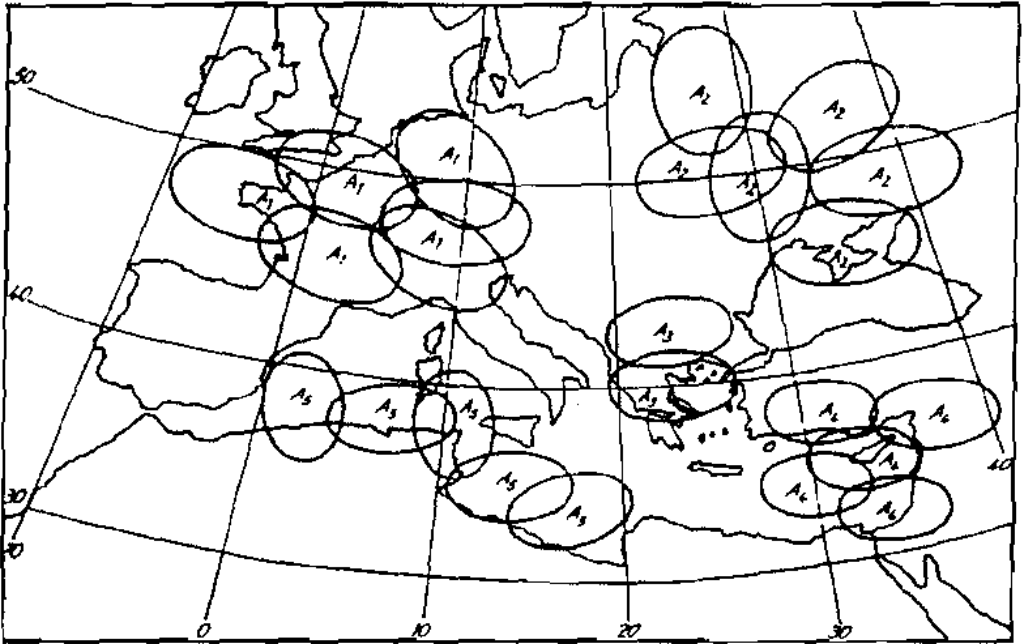
β. Ο Ξηρός υφειακός τύπος (Dsec). Η ελληνική περιοχή στην επιφάνεια, καλύπτεται από το θερμικό χαμηλό της ΝΑ Ασίας, το οποίο επεκτείνεται προς τα δυτικά και καλύπτει ολόκληρη την ανατολική Μεσόγειο. Καθ' ύψος το θερμικό χαμηλό καλύπτεται από υψηλές πιέσεις δυναμικής προέλευσης.

γ. Ο τύπος κυκλοφορίας με ασθενή ή μηδενική βοροβαθμίδα (Mb). Ο τύπος αυτός κυκλοφορίας χαρακτηρίζει όλες τις συνοπτικές καταστάσεις όπου η βοροβαθμίδα στην επιφάνεια, πάνω από τον ελληνικό χώρο, είναι πολύ ασθενής ή μηδενική. Με άλλα λόγια, κανένα κέντρο δράσης (αντικυκλωνικό ή υφειακό) δεν επιδρά στον καιρό της χώρας μας. Η πίεση, στην επιφάνεια, είναι ελαφρά αντικυκλωνική, ενώ καθ' ύψος, ολόκληρη η ανατολική Μεσόγειος και η Βαλκανική καλύπτονται από μία υπατροπική δυναμική αντικυκλωνική ράχη που ευνοεί τις έντονες καθαδικές κινήσεις του αέρα, που λαμβάνουν χώρα στην χαμηλή και μέση τροπόσφαιρα υπεύθυνη για την ξηρασία στη χώρα μας.

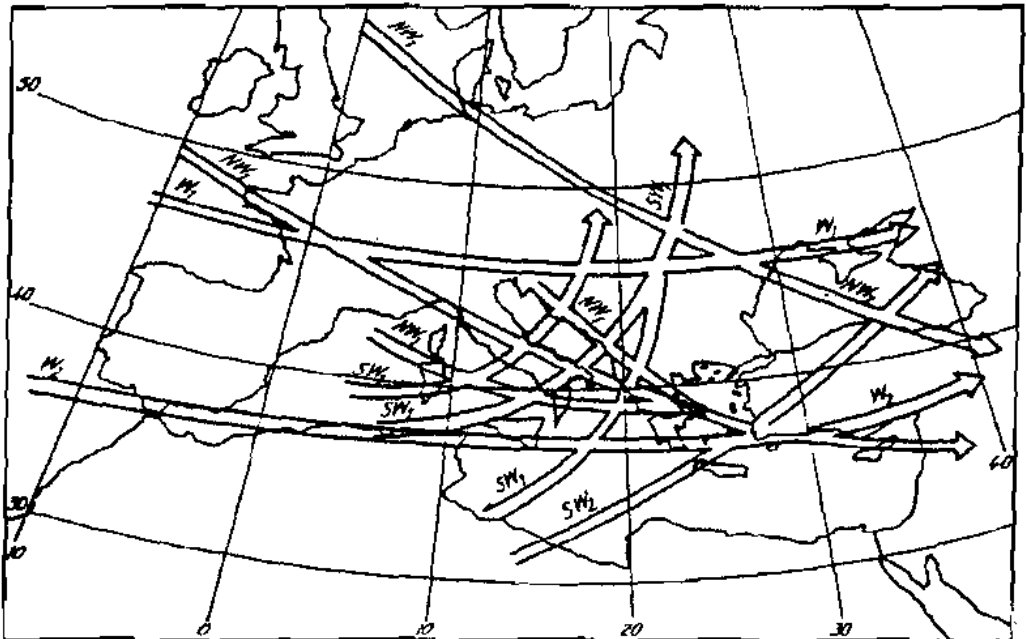
Υπάρχουν ακόμη, τρεις τύποι κυκλοφορίας οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν βροχοπτώσεις κυρίως στη βόρεια ηπειρωτική Ελλάδα ενώ στην υπόλοιπη χώρα επικρατεί ξηρασία.

α. Ο τύπος κυκλοφορίας της ψυχρής λίμνης (Dor). Ο καιρός κατά κύριο λόγο, εξαρτάται από την ένταση, την έκταση και τη θέση κατά γεωγραφικό πλάτος

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



Σχήμα 4. Συνήθη κέντρα Αντικυκλωνικών Τύπων Κυκλοφορίας.



Σχήμα 5. Τροχιές υφέσεων στη Μεσόγειο και στη νότια Ευρώπη.

και μήκος του ψυχρού αέρα που εμφανίζεται με τη μορφή μιας ψυχρής λίμνης.

β. Ο τύπος κυκλοφορίας NW2. Οι λίγες βροχοπτώσεις που προκαλούνται στο βόρειο-ηπειρωτικό ελλαδικό χώρο οφείλονται στη διέλευση ενός ψυχρού μετώπου που επηρεάζει τη χώρα μας μόνο με τα νότια κρασπεδά του (σχήμα 5).

γ. Ο Μικτός τύπος κυκλοφορίας Mtl. Πρόκειται για το μικτό τύπο ο οποίος προκαλεί τους ισχυρούς ΒΔ ανέμους στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, λόγω καναλισμού των αερίων μαζών κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού. Στον υπόλοιπο βόρειο ελλαδικό χώρο όπου δεν προκαλείται καναλισμός είναι δυνατόν να σημειωθούν ορισμένες βροχοπτώσεις, λόγω αστάθειας, ενώ στην υπόλοιπη χώρα επικρατεί Ξηρασία.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Συχνότητες (%) των τύπων κυκλοφορίας Ιουλίου-Αυγούστου (περίοδος 1950-1990) υπεύθυνων για την εποχιακή θερινή Ξηρασία στον ελλαδικό χώρο.

	Αντιξ. Τύποι	Dsec	Mb	Σύνολο A+Dsec+Mb	Dor	NW2	Mtl	Σύνολο A+Dsec+Mb+Dor+NW2+Mtl
Ιούλιος	22.5	27.3	15.0	64.8	8.4	13.9	13.9	91.1
Αύγουστος	28.1	25.8	16.2	70.1	7.9	9.7	9.7	89.7

Από τον πίνακα Ι προκύπτει ότι η συχνότητα της πρώτης κατηγορίας των τύπων κυκλοφορίας ανέρχεται στο 64.8% και 70.1% κατά τους Ιούλιο και Αύγουστο αντίστοιχα, ενώ η συχνότητα όλων των τύπων κυκλοφορίας που καθορίζουν συνολικά ή μερικά εποχιακή Ξηρασία ανέρχεται στο 91.1% και 89.7% κατά τους Ιούλιο και Αύγουστο οντίστοιχα.

Οι τύποι κυκλοφορίας που καθορίζουν την τυχαία Ξηρασία ανήκουν, κατά κύριο λόγο, σε δύο κατηγορίες.

α. Αντικυκλώνικοί τύποι της κεντρικής Ευρώπης, της Σκανδιναβίας, της ανατολικής Ευρώπης, του Ατλαντικού, της Βαλκανικής και της Μεσογείου. Εδώ θα μπορούσαν επίσης να υπαχθούν και οι τύποι κυκλοφορίας με ασθενή ή μηδενική βαροβαθμίδα (Mb).

β. Υψεισικοί τύποι των οποίων οι τροχιές βρίσκονται μακριά του ελληνικού χώρου και επηρεάζουν την χώρα μας μόνο με τα νότια ή ανατολικά κρασπεδά τους. Σ' αυτήν την κατηγορία υπάγονται οι τύποι W1 (για την κεντρική και νότια Ελλάδα), NW2 για την δυτική, κεντρική και νότια Ελλάδα και SW1 (για την νότια και κυρίως νότια-ανατολική Ελλάδα, Maheiras, 1983a, 1983b, 1988, 1992).

Κυρίως όμως, η Ξηρασία επικρατεί όταν απουσιάζουν από τον ελληνικό χώρο οι τύποι κυκλοφορίας NW1 (σχήμα 5) που προκαλούν βροχοπτώσεις σε ολόκληρη την χώρα μας (Maheiras, 1983a, 1983b), τύποι Mt2 που προκαλούν βροχοπτώσεις κυρίως

στη νότια Ελλάδα (Maheras, 1983a, 1983b), οι τύποι SW1 που προκαλούν κυρίως βροχοπτώσεις στη δυτική και ΒΔ Ελλάδα και τέλος, οι τύποι SW2 που προκαλούν τις βροχοπτώσεις της άνοιξης σε ολόκληρο τον ελληνικό χώρο (Καρούλιας, 1975; Maheras, 1983a, 1983b).

ΠΙΝΑΚΑΣ II

Συχνότητες τύπων κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια του διμήνου Ιαν. Φεβρ. 1989 και του τριμήνου Ιαν. - Φεβρ. - Μάρτιος 1990.

τύποι περιόδου	Αντικ	MB	W1+SW1+NW2	NW1	Σύνολο ημερών
Ι.Φ. 1989	43	8	6	2	59
Ι.Φ.Μ. 1990	58	14	17	2	91

Τα αίτια της ξηρασίας του 1989 δε διαφέρουν σημαντικά από εκείνα του 1990. Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα η ξηρασία του 1989 είχε διάρκεια δύο μήνες (Ιανουάριος - Φεβρουάριος) και οι βροχοπτώσεις που σημειώθηκαν ήταν ελάχιστες σε ολόκληρο τον ελληνικό χώρο, ενώ το 1990 είχε διάρκεια τρεις μήνες (Ιανουάριος - Φεβρουάριος - Μάρτιος) και οι βροχοπτώσεις ήταν σχεδόν ανύπαρκτες σε ολόκληρη τη χώρα μας. Από τον πίνακα II προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια του διμήνου Ι.Φ. του 1989 σε ένα σύνολο 59 ημερών, ελληνική περιοχή καλύφθηκε για 43 ημέρες από αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας, για 8 ημέρες από ομαλό βαρομετρικό πεδίο, για 6 ημέρες από υφειακούς τύπους των οποίων το κέντρο βρίσκεται μακριά από τη χώρα μας και μόνο 2 ημέρες από τον τύπο NW1.

Κατά τη διάρκεια του τριμήνου Ι.Φ.Μ. του 1990 σε ένα σύνολο 91 ημερών, οι αντικυκλωνικοί τύποι εμφανίστηκαν 58 ημέρες, τα ομαλά βαρομετρικά πεδία 14 ημέρες, οι υφειακοί τύποι W1+SW1+NW2 17 ημέρες και ο τύπος NW1 μόνο 2 ημέρες. Τα αίτια λοιπόν της μεγάλης ξηρασίας είναι προφανή: Μεγάλη αυχρότητα αντικυκλωνικών τύπων και σχεδόν παντελή απουσία υφειακών τύπων κυκλοφορίας που προκαλούν έντονες βροχοπτώσεις.

Τόσο το 1989 όσο και το 1990 οι αντικυκλώνες που επικράτησαν είχαν στη με-γάλη τους πλειοψηφία Ατλαντική προέλευση και κατά κανόνα ζωνική κυκλοφορία καθ' ύψος. Οι αέριες μάζες που κάλυψαν την ελληνική περιοχή ήταν κατά κανόνα σχετικά θερμές και γι' αυτό οι θερμοκρασίες που διαμορφώθηκαν, ιδιαίτερα κατά τον Φεβρουάριο 1989 και Φεβρουάριο - Μάρτιο 1990 ήταν υψηλότερες του μέσου όρου. Οι Ιανουάριοι 1989 και 1990 αποτελούν μερική εξαίρεση γιατί οι θερμοκρασίες που διαμορφώθηκαν βρίσκονται γύρω από το μέσο όρο. Το κυριώτερο αίτιο αποτελεί τόσο το 1989 όσο και το 1990, η κάθοδος αντικυκλώνων στα ανατολικά της Σκανδιναβίας με ψυχρές αέριες μάζες, μεσημβρινής κυκλοφορίας και επομένως διαμόρφωση χαμηλότερων θερμοκρασιών.

3.2. Τάση μεταβολής συχνοτήτων των τύπων κυκλοφορίας.

Όπως είναι ευνόητο, οι συχνότητες των τύπων κυκλοφορίας παρουσιάζουν μεταβολές στις συχνότητές τους, από χρονιά σε χρονιά, τόσο σε ετήσια όσο και σε εποχιακή κλίμακα. Οι μεταβολές αυτές έχουν άμεση επίδραση στο ποσό των βροχοπτώσεων. Μια αύξηση π.χ. συχνοτήτων των αντικυκλωνικών τύπων κατά τη διάρκεια μιας εποχής έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση των βροχοπτώσεων σ' αυτήν την εποχή, ενώ αντίθετα αύξηση συχνοτήτων των υφαιστικών τύπων κυκλοφορίας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των βροχοπτώσεων.

Για την μελέτη της τάσης των συχνοτήτων των τύπων κυκλοφορίας υπολογίστηκαν, σε ετήσια και εποχιακή κλίμακα, οι κατ' έτος συχνότητες όλων των τύπων κυκλοφορίας για την περίοδο 1950-1990. Επειδή το αποτέλεσμα των αντικυκλωνικών τύπων, του MB τύπου και του Dsec τύπου εκφράζεται στον κοινό με τον ίδιο τρόπο (επικράτηση ανομβρίας) για το λόγο αυτό οι συχνότητες όλων των σταθερών τύπων δίνονται αθροιστικά στο ίδιο διάγραμμα (σχήμα 6).

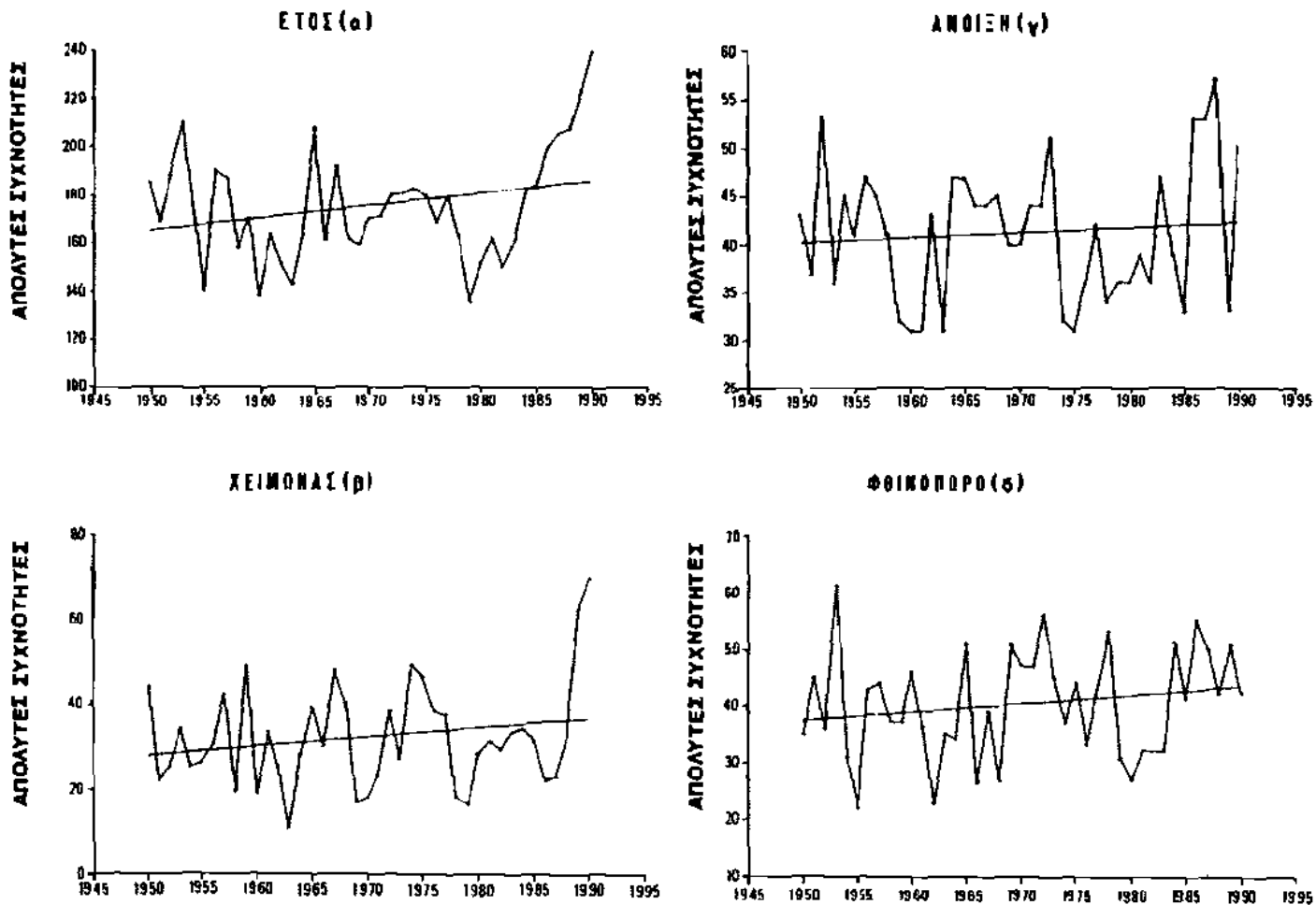
Όπως προκύπτει από το σχήμα 6α, σε ετήσια κλίμακα, υπάρχουν δυο περίοδοι σημαντικής ελάττωσης συχνοτήτων των σταθερών τύπων κυκλοφορίας και δυο περίοδοι σημαντικής αύξησης αυτών.

Η πρώτη περίοδος ελάττωσης βρίσκεται ονάμεσα στα έτη 1958 και 1964 και η δεύτερη περίοδος ονάμεσα στα έτη 1977 και 1983. Η πρώτη περίοδος αύξησης συχνοτήτων βρίσκεται στην αρχή της περιόδου, από το 1950 μέχρι το 1957 (εκτός του 1955) ενώ η δεύτερη περίοδος αύξησης πολύ περισσότερο έντονη και σταθερή βρίσκεται στο τέλος της περιόδου, από το 1985 μέχρι το 1990. Η τελευταία αυτή περίοδος αντιστοιχεί, ακριβώς, με την περίοδο σημαντικής ελάττωσης των βροχοπτώσεων στον ελληνικό χώρο.

Η τάση συχνοτήτων των σταθερών τύπων κυκλοφορίας παρουσιάζει ανοδική πορεία κατά τη διάρκεια της μελετούμενης περιόδου. Η τάση αύξησης συχνοτήτων, κατά μέσο όρο, είναι 20 μονάδες που σημαίνει ότι, για την μελετούμενη περίοδο υπάρχει μια τάση αύξησης κατά 1 μονάδα ανά δύο χρόνια στις απόλυτες συχνότητες των σταθερών τύπων κυκλοφορίας.

Εάν γίνει μια σύγκριση του σχήματος 6α με το σχήμα 3ο προκύπτει ότι η τάση των βροχοπτώσεων είναι αντίστροφη εκείνης των συχνοτήτων των σταθερών τύπων κυκλοφορίας. Από την ίδια σύγκριση επίσης προκύπτει ότι η σημαντική ελάττωση των βροχοπτώσεων κατά διάρκεια της τελευταίας εφταετίας οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στη σημαντική αύξηση συχνοτήτων των σταθερών τύπων κυκλοφορίας της ίδιας περιόδου.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα (σχήμα 6β), όπως και στις ετήσιες συχνότητες, υπάρχουν περίοδοι σημαντικής ελάττωσης συχνοτήτων των σταθερών τύπων, καθώς και περίοδοι, σημαντικής αύξησης συχνοτήτων με μέγιστο το τελευταίο έτος της υπό μελέτη περιόδου (1990). Το ελάχιστο συχνοτήτων εμφανίζεται το 1963. Η γενική τάση είναι αυξητική όπως και τις ετήσιες συχνότητες, γεγονός που φαίνεται να ερμηνεύει



Σχ 6. Τάση των ετήσιων και εποχιακών συχνοτήτων των σταθερών τύπων κυκλοφορίας στον Ελλαδικό χώρο κατά τη διάρκεια της Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστους - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. 1950-1996

τη σημαντική μείωση των βροχοπτώσεων της χειμερινής περιόδου.

Κατά τη διάρκεια της άνοιξης (σχήμα 6γ) ή από έτος σε έτος μεταβλητότητα συχνοτήτων των σταθερών τύπων κυκλοφορίας είναι πολύ σημαντική. Το μέγιστο συχνοτήτων σημειώνεται το 1988 ενώ το ελάχιστο περισσότερες φορές. Όπως και στον χειμώνα, η γενική τάση είναι ανοδική.

Οι σταθεροί τύποι κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου (σχήμα 6δ) παρουσιάζουν μεγαλύτερες συνολικά συχνότητες από ότι κατά τη διάρκεια των άλλων εποχών, με εξαίρεση το καλοκαίρι. Το μέγιστο συχνοτήτων παρατηρείται το 1953 ενώ το ελάχιστο δυο χρόνια αργότερα, το 1955. Όπως θα το περίμενε κανείς και στο φθινόπωρο η γενική τάση είναι αυξητική.

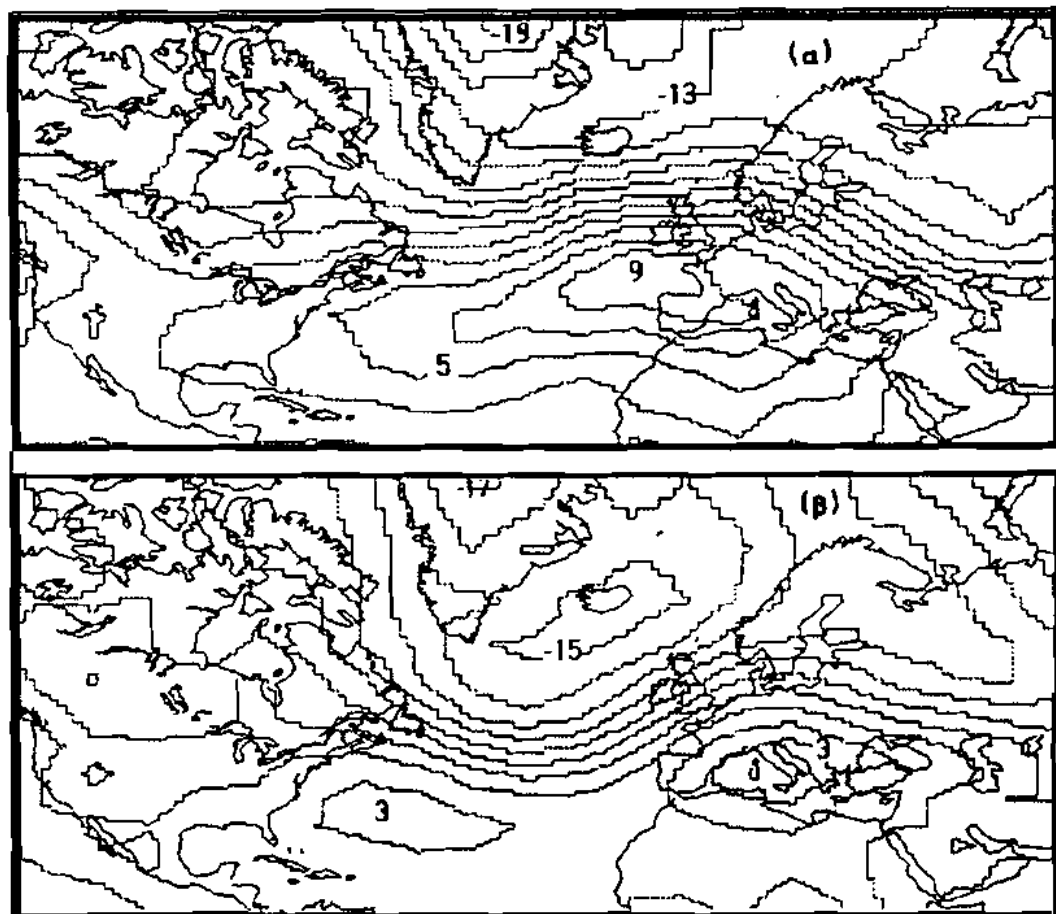
3.3. Ανωμαλίες της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων.

Η δυνατότητα για ανάλυση και πρόβλεψη του καιρού και του κλίματος εξαρτάται από τον καθορισμό και τη διερεύνηση φυσικών φαινομένων όπως είναι η κατανομή της ατμοσφαιρικής πίεσης, και από αυτήν προκύπτουσα κυκλοφορία της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια μιας εποχής ή και μακρότερης εμμονής, όπως π.χ. είναι μια περίοδος ξηρασίας. Σύμφωνα με τις απόψεις πολλών επιστημόνων (Davis, 1976; Μεταξάς et al., 1992) αν είναι δυνατόν να προβλεφθεί ή να καθοριστεί με τη βοήθεια της εμμονής ή με κάποια άλλη μέθοδο η γενική κυκλοφορία, τότε είναι δυνατόν να ανακαλυφθούν και να ερμηνευτούν οι διάφορες μορφές του καιρού και του κλίματος.

Για κάθε έτος το οποίο χαρακτηρίζεται σαν ξηρό καθώς και για κάθε εποχή (χειμώνας, άνοιξη, φθινόπωρο) που χαρακτηρίζεται σαν ξηρή κατασκευάστηκαν οι χάρτες των ανωμαλιών της ατμοσφαιρικής πίεσης για ολόκληρο το βόρειο ημισφαίριο. Στην παρούσα εργασία, για λόγους έλλειψης χώρου παρατίθενται και περιγράφονται δυο μόνο χαρακτηριστικές περιπτώσεις ξηρασίας του χειμώνα 1989 και του χειμώνα 1990.

Κοτά τη διάρκεια του χειμώνα 1989 (σχήμα 7α) θετικές ανωμαλίες καλύπτουν την περιοχή του ανατολικού Ατλαντικού, τη δυτική και νότια Ευρώπη και τη Μεσόγειο. Βορειότερα έντονες αρνητικές ανωμαλίες κολύπτουν όλες τις βόρειες χώρες και βόρειες θάλασσες με κέντρο τη Γροιλανδία. Το Ισλανδικό χαμηλό επομένως είναι κατά πολύ βαθύτερο από ότι συνήθως και επεκτείνεται προς τα νότια και νότια-ανατολικά. Ο συνδυασμός των δυο αυτών ανωμαλιών, θετικών στα νότια και αρνητικών στα βόρεια προκάλεσε ισχυρούς δυτικούς - νοτιοδυτικούς ανέμους πάνω από το βόρειο και βορειοανατολικό Ατλαντικό και τη ΒΔ Ευρώπη και επομένως ισχυρή θερμική μεταφορά πάνω από το μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης, κυρίως στη βόρεια Ευρώπη και στη δυτική Μεσόγειο. Στην ανατολική Μεσόγειο και στη μέση Ανατολή επικράτησαν ψυχρές αέριες μάζες.

Η κατανομή αυτή των ανωμαλιών δείχνει ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα 1989 στο χώρο του βόρειου Ατλαντικού και της Ευρώπης επικράτησαν συνθήκες δυτικής κυκλοφορίας με υφέσεις που κυκλοφορούσαν σε γεωγραφικό πλάτη βορειότερα των



Σχήμα 7. Ανωμαλίες της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια (hpa) κατά τη διάρκεια (α) του χειμώνα 1989 και (β) του χειμώνα 1990.

50°, επιβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στις νοτιότερες περιοχές και ιδιαίτερα στην νότια Ευρώπη και στη Μεσόγειο συνθήκες έντονης ξηρασίας. Εξάλλου στα ίδια αποτελέσματα καταλήγουν και ο Μεταξάς με τους συνεργάτες του (1992).

Η κατανομή των ανωμαλιών της ατμοσφαιρικής πίεσης, κατά τη διάρκεια του χειμώνα 1990 δε διαφέρει σημαντικά από εκείνη του προηγούμενου χειμώνα. Βρίσκουμε και πάλι τις θετικές ανωμαλίες στην περιοχή του ανατολικού Ατλαντικού και τη Μεσόγειο και τις αρνητικές ανωμαλίες βορειότερα στην περιοχή της Γροιλανδίας και της Ισλανδίας. Η διαφορά σε σχέση με τον χειμώνα του 1989 έγκειται στο γεγονός ότι οι αρνητικές ανωμαλίες στο βόρειο Ατλαντικό επεκτείνονται περισσότερο προς τα νότια και ΝΔ ενώ οι θετικές ανωμαλίες είναι ασθενέστερες. Η κατανομή αυτή των κέντρων δράσης είχε σαν αποτέλεσμα την επικράτηση έντονου δυτικού - νότιου - Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

δυτικού ρεύματος πάνω από τη νότια Ευρώπη και τη Μεσόγειο που επεκτάθηκε πολύ περισσότερο προς τα ανατολικά από ότι το 1989. Σ' αυτή την περίπτωση υψηλές θερμοκρασίες σημειώθηκαν όχι μόνο στη νότια Ευρώπη και τη Μεσόγειο αλλά και στην ανατολική Ευρώπη και τη Σιβηρία (Parker and Jones, 1990). Η απουσία δε των υφέσεων από την Μεσόγειο είχε σαν αποτέλεσμα την επικράτηση απόλυτης σχεδόν ξηρασίας στην νότια Ευρώπη και στη Μεσόγειο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πρόβλημα της έλλειψης του νερού στη χώρα μας είναι έντονα κατά τη διάρκεια των 10 τελευταίων χρόνων. Όπως προκύπτει, υπάρχει μια έντονη μείωση των βροχοπτώσεων σε ολόκληρη τη χώρα ίση με 200 χιλιοστά περίπου κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 ετών. Παρόλο που η ελάττωση αυτή των βροχοπτώσεων είναι αισθητή σε όλες τις εποχές, ο χειμώνας είναι εκείνη η εποχή που υφίσταται την εντονότερη μείωση. Είναι επίσης η εποχή στην οποία εμφανίζονται τα πιο ακραία φαινόμενα ξηρασίας.

Η ξηρασία του 1989 και του 1990 μπορούν να χαρακτηριστούν, αντικειμενικά, σαν εξαιρετικό φαινόμενο από τη διάρκειά της και την έντασή της, που επιπλέον, συνδέεται από μια σημαντική διαταραχή του εποχιακού κύκλου των βραχο-πτώσεων.

Μπορούμε να αποδώσουμε τις αιτίες αυτής της ξηρασίας τόσο στην δυτική κυκλοφορία με υψηλές τιμές του ζωνικού δείκτη όσο και στην μεσημβρινή κυκλοφορία. Σε κάθε περίπτωση τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια της περιόδου της ξηρασίας είναι διπλά:

- Εμφάνιση έντονων θετικών ανωμαλιών στην νότια Ευρώπη και τη Μεσόγειο με επικράτηση ισχυρών αντικυκλώνων στις αντίστοιχες περιοχές.
- Ανώμαλα μεγάλη διάρκεια (εμμονή) αυτών των θετικών ανωμαλιών.

Μια λογική ερώτηση που θα μπορούσε κανείς να υποβάλει είναι η ακόλουθη: Η ξηρασία που γνώρισε η χώρα μας αποτελεί ένα κλιματικά δυστύχημα ή μπορεί να οφείλεται σε μια κλιματική τάση με μόνιμο χαρακτήρα; Η ερώτηση είναι πιο κατάλληλη και πιο επίκαιρη από τα γεγονότα ότι και άλλες περιοχές, όπως η δυτική και κεντρική Ευρώπη υφίστανται ταυτόχρονα με τη χώρα μας παρόμοια ξηρασία και ακόμη η ξηρασία επανεμφανίστηκε στη χώρα μας κατά τη διάρκεια του προηγούμενου χειμώνα (1992) και του παρόντα χειμώνα (1993) με τα ίδια περίπου χαρακτηριστικά και την ίδια περίπου ένταση με εκείνα του 1989 και του 1990.

Κατ' αρχάς θα πρέπει να σημειωθεί ότι τόσο η τάση ελάττωσης των ετήσιων και εποχιακών βροχοπτώσεων όσο και η τάση αύξησης συχνοτήτων των σταθερών τύπων κυκλοφορίας δείχνουν ότι πραγματικά η χώρα μας υφίσταται μια σημαντική μείωση των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 ετών. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι τα προγνωστικά μοντέλα (GISS και GFDL, Brazdil, 1992) βασισμένα στην επίδραση του θερμοκηπίου (διπλή ποσότητα CO₂ στην ατμόσφαιρα) δίνουν για

την ανατολική Μεσόγειο μια μικρή αύξηση των ετησίων βροχοπτώσεων με αύξηση των χειμερινών βροχοπτώσεων και ελάττωση των θερινών. Τα φαινόμενα ξηρασίας που υφίσταται η χώρα μας βρίσκονται στην αντίθετη κατεύθυνση. Το ίδιο συμβαίνει σ' ότι αφορά στις θερμοκρασίες.

Η ερώτηση λοιπόν που τέθηκε δεν μπορεί να απαντηθεί με βεβαιότητα. Πι-στεύ-ουμε όμως ότι παρόλη την τάση ελάττωσης των βροχοπτώσεων στη χώρα μας, τα ακραία φαινόμενα ξηρασίας του 1989 και 1990 καθώς και τα πιο πρόσφατα το 1992 και 1993 είναι κλιματικά δυστυχήματα που συνέβησαν τα τελευταία χρόνια με μεγάλη συχνότητα και μεγάλη ένταση και δεν εντάσσονται σε μια μόνιμη κλιματική αλλαγή στη χώρα μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BRAZDIL R., 1992: Fluctuations of Atmospheric Precipitation in Europe. *Geojournal*, 27, 3, 275-291.
- CHARRE J., 1977: A Propos de Sécheresse. *Revue de Géographie de Lyon* Vol. 52, 215-226.
- DAVIS R.E., 1976: Predictability of sea surface temperature and sea level pressure anomalies over the north Pacific Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 6, 249-266.
- DORIZE J., 1976: Analyse comparée de la dynamique des sécheresses aux latitudes moyennes et dans les régions tropicales. *C.R. Congrès accidents climatiques*, 1-4.
- ΚΑΡΟΥΛΙΑΣ Α., 1975: Οι Σαχαριανές υφέσεις. Διδακτορική διατριβή, σελ. 115 Θεσ/νίκη.
- MAHERAS P., 1983a: Climatologie de la mer Egée et de ses marges continentales. Thèse de Doctorat d'Etat. *Atelier de Reproduction de Thèses de Lille III*, p. 783.
- MAHERAS P., 1983b: Les types de temps depressionnaires perturbés au-dessus de la mer Egée. *Riv. Meteor. Aeron.*, XLIII, n° 1/2, 13-22.
- MAHERAS P., 1988: The synoptic Weather Types and Objective Delimitation on the Winter Period in Greece. *Weather*, 43, 40-45.
- MAHERAS P., 1989: Delimitation of the Summer-Dry Period in Greece According to the Frequency of Weather-Types. *Theor. Appl. Climatol.* 39, 171-176.
- ΜΑΧΑΪΡΑΣ Π., 1992: Αίτια και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της ξηρασίας στον ελληνικό χώρο. Συμπόσιο Λειψυδρία και Πλημμύρες, υπό δημοσίευση.
- ΜΕΤΑΞΑΣ Δ., ΜΗΠΑΡΤΖΩΚΑΣ Α., ΡΕΠΑΠΗΣ Χ., ΔΑΛΕΖΙΟΣ Ν., 1992: Η Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία και η θερμοκρασία επιφάνειας θαλάσσης κατά τους υγρούς και ξηρούς χειμώνες στην Ελλάδα. *Πρακτικά 1ου Παν. Συν. Μετ-Κλιμ. Φυσ. Ατμ.*, 11-17.
- PARKER D.E., and JONES P.D., 1991: Global warmth in 1990. *Weather*, 46, n° 10 302-311.

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ KRIGING ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

ΝΑΣΤΟΣ Π.

Αριστοτέλους 1, 141 22 Ν. Ηράκλειο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη μελέτη αυτή παρουσιάζονται και συγκρίνονται οι βασικές αρχές δύο μεθόδων παρεμβολής στο χώρο (spatial interpolation), καθώς επίσης και τα αποτελέσματα εφαρμογής τους πάνω σ' ένα πλέγμα σημείων, της μεθόδου Kriging και της μεθόδου Distance - Weighting. Οι δύο προαναφερθείσες μέθοδοι παρεμβολής δημιουργούν ένα πλέγμα δεδομένων από ένα αρχικό σετ δεδομένων με τελικό σκοπό την χάραξη ισοπληθών πάνω από την εξεταζόμενη περιοχή. Τα αποτελέσματα της μεθόδου Kriging υπερτερούν των αντιστοίχων της μεθόδου Distance - Weighting εφόσον οι ισοπληθείς που σχεδιάζονται με την πρώτη μέθοδο περνούν από τα σημεία του αρχικού σετ δεδομένων και οι υπολογιζόμενες τιμές έχουν ελάχιστη διασπορά. Η τεχνική της μεθόδου Kriging δεν είναι μόνο ένας αλγόριθμος που δημιουργεί ένα πλέγμα σημείων, αλλά είναι ένας κλάδος μιας γενικότερης στατιστικής θεωρίας που μελετά όχι μόνο τον αυτόματο σχεδιασμό ισοπληθών αλλά και άλλα προβλήματα που σχετίζονται με τις χωρικές ιδιότητες φυσικών φαινομένων (OLEA A. RICARDO, 1974).

ABSTRACT

Two spatial interpolation methods, the Kriging method and the Weighting - Distance method are examined and applied on a hypothetical grid of points. Kriging is not simply an algorithm to generate a contour grid but is a branch of a general statistical theory, the Regionalized Variable Theory. It is important, for points that belongs to the set of samples, Kriging returns the original data values and so constitutes an exact interpolation method.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Το πρόβλημα της παρεμβολής στο χώρο, έχοντας δηλ. ένα αρχικό πλέγμα σημείων στο χώρο στα οποία έχουν συλλεχθεί δεδομένα, όπως θερμοκρασία, άνεμος, να υπολογίσουμε την συνάρτηση, που αντιπροσωπεύει την ολική επιφάνεια και να

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

δώσουμε τιμές σε άλλα σημεία με τελικό στόχο την χάραξη ισοπληθών πάνω στην εξεταζόμενη επιφάνεια, είναι πολύ γνωστό σε επιστήμες όπως η Κλιματολογία (ισοβαρείς, ισόθερμες) και η Γεωγραφία (ισοϋψείς). Η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών βοήθησε πολύ το πρόβλημα της παρεμβολής στο χώρο, ιδιαίτερα στην επίπληση επίλυση εξισώσεων και στη δημιουργία πολύ πυκνού πλέγματος σημείων, ώστε η χάραξη των ισοπληθών να είναι ακριβής και κατά το δυνατόν να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

Δυο μέθοδοι παρεμβολής παρουσιάζονται, η μέθοδος Distance - Weighting και η μέθοδος Kriging, που και οι δύο αναφέρονται σε δεδομένα που έχουν συλλεχθεί σε σημεία, όπως είναι π.χ. οι παρατηρήσεις πίεσης, θερμοκρασίας, που πραγματοποιούνται σ' ένα μετεωρολογικό σταθμό.

1) Η αρχή στην οποία στηρίζεται η μέθοδος Distance - Weighting είναι η ακόλουθη: Στον υπολογισμό μιας νέας τιμής σ' ένα σημείο, τα γειτονικά σημεία έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα από εκείνη των πιο απομακρυσμένων. Η συνήθης έκφραση είναι:

$$F(x, y) = \left[\sum_{i=1}^N w(d_i)z_i \right] / \left[\sum_{i=1}^N w(d_i) \right]$$

όπου $w(d)$ είναι η συνάρτηση βάρους, z_i είναι η τιμή του μετρούμενου μεγέθους στο σημείο i και d_i είναι η απόσταση από το σημείο i (x, y). Όταν η συνάρτηση βάρους είναι $w=d^{-1}$ ($w(0) = \infty$) η μέθοδος βάρους δίνει την ακριβή τιμή των αρχικών σημείων του δείγματος. Από την άλλη πλευρά για αρνητικές εκθετικές συναρτήσεις βάρους η μέθοδος προσεγγίζει τις πραγματικές τιμές στις αρχικές θέσεις των σημείων. Όπως είναι φανερό η επίδραση των δεδομένων στα σημεία του πλέγματος ελαττώνεται με την απόσταση από το σημείο που επιχειρείται να γίνει η εκτίμηση. Όσο μεγαλώνει η δύναμη, τόσο πιο γρήγορα ελαττώνεται η επίδραση των απομακρυσμένων σημείων από το υπό εκτίμηση σημείο. Οι τιμές που προκύπτουν με την παρεμβολή σε κάθε σημείο περιορίζονται από την συνθήκη $\min(z_i) \leq F(x, y) \leq \max(z_i)$ εφόσον $w(d_i) > 0$ (Nina Siu - Ngam Lam, 1983).

Μ' άλλα λόγια αποιδήπστε συνάρτηση βάρους και να χρησιμοποιηθεί, η μέθοδος στην ουσία είναι μία διεργασία εξομάλυνσης. Η παραπάνω μέθοδος χαρακτηρίζεται από τον απλοποιημένο τύπο υπολογισμού, την ταχύτητα υπολογισμού και την ευκολία προγραμματισμού σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Υπάρχουν όμως και μειονεκτήματα που χαρακτηρίζουν την προαναφερθείσα μέθοδο όπως είναι η ασάφεια που εισάγεται με την εκλογή της συνάρτησης βάρους, ειδικότερα όταν δεν είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά της υπό εξέταση επιφάνειας. Επίσης η μέθοδος επηρεάζεται εύκολα από ανώμαλες κατανομές των δεδομένων των σημείων αφού ίσο βάρος αποδίδεται σε κάθε ένα από τα σημεία ακόμη και αν το σημείο ανήκει σε ένα σύμπλεγμα. Αυτό το πρόβλημα έχει αναγνωρισθεί από καιρό (DELFINER and DELHOMME, 1975) και έχει αντιμετωπισθεί είτε παίρνοντας τον μέσο όρο των σημείων είτε επιλέγοντας ένα μόνο σημείο να αντιπροσωπεύει το σύμπλεγμα (SAMPSON, 1978).

II) Η μέθοδος Kriging είναι ίσως η καλύτερη μέθοδος παρεμβολής. Ο όρος προέρχεται από το όνομα D. G. Krige, που εισήγαγε την χρήση των κινούμενων μέσων (moving average). Ο Matheron (1971), έχει γενικεύσει την θεωρία στην περίπτωση μη στατικών σημείων και η μέθοδος τελικά ονομάστηκε Universal Kriging. Αποτελεί ένα σπουδαίο εργαλείο στο χώρο των Γεωεπιστημών για τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Η μέθοδος αυτή θεωρεί την επιφάνεια στην οποία θα γίνει η παρεμβολή σαν τοπική μεταβλητή, που έχει ένα συγκεκριμένο βαθμό συνέχειας. Με τον όρο τοπική μεταβλητή χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε συνάρτηση με μία ορισμένη χωρική κατανομή, η οποία μεταβάλλεται από σημείο σε σημείο με φανερή συνέχεια, της οποίας οι μεταβολές δεν μπορούν να παρασταθούν από καμμία άλλη συνάρτηση (MATHERON, 1971).

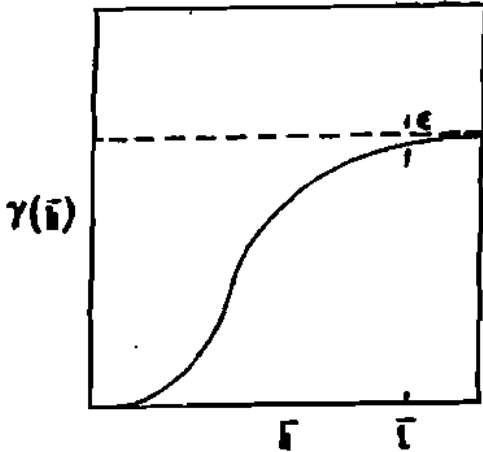
Σε ορισμένες περιπτώσεις μία τοπική μεταβλητή μπορεί να έχει ένα ελάχιστο βαθμό συνέχειας έτσι ώστε ανεξάρτητα του πόσο κοντά είναι η απόσταση μεταξύ των σημείων, οι τιμές τους είναι απλά ανεξάρτητες η μία από την άλλη. Οι τοπικές μεταβλητές μπορούν να έχουν ένα συγκεκριμένο βαθμό ανισοτροπίας, δηλ. η ζώνη επίδρασης ενός δείγματος να μην έχει την ίδια έκταση σ' όλες τις διευθύνσεις. Επίσης πρέπει να υπάρχει και η δομή της αυτοσυσχέτισης στο χώρο, δηλ. η εξάρτηση μεταξύ των τιμών των σημείων, που ελαττώνεται με την απόστασή τους. Αυτά τα χαρακτηριστικά των τοπικών μεταβλητών εκφράζονται ποσοτικά από την διασπορά και την συνδιασπορά του δείγματος με την βοήθεια των οποίων γίνεται η εκτίμηση των τιμών των αγνώστων σημείων του πλέγματος. Δύο μέθοδοι έχουν εφαρμοστεί η απλή Kriging και η Universal Kriging. Στην απλή Kriging διακρίνονται δύο διαφορετικές υποθέσεις για τον υπολογισμό του πλέγματος. Σύμφωνα με την πρώτη προσέγγιση, υπολογίζεται η συνάρτηση της συνδιασποράς, που εκφράζει την σχέση μεταξύ της συνδιασποράς των σημείων του δείγματος και της απόστασής τους. Το διάγραμμα της συνάρτησης συνδιασποράς (covariogram), παρουσιάζει φθίνουσα συμπεριφορά με την απόσταση, όμως σε πραγματικές εφαρμογές τα διαγράμματα που προκύπτουν διαφέρουν απ' αυτή την θεωρητική συμπεριφορά.

Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στην σταθερή υπόθεση ότι όλα τα σημεία του δείγματος έχουν ληφθεί τυχαία και ανεξάρτητα από μία απλή κατανομή πιθανότητας. Ομως φυσικά φαινόμενα με τα παραπάνω στατικά χαρακτηριστικά σπάνια υπάρχουν, γι' αυτό η παρεμβολή βασίζεται σε μία άλλη υπόθεση, σύμφωνα με την οποία μόνο οι αυξήσεις της συνάρτησης και όχι η ίδια η συνάρτηση απαιτείται να είναι σταθερές.

Εκτός από το διάγραμμα της συνάρτησης συνδιασποράς χρησιμοποιείται και το διάγραμμα της διασποράς (variogram), που εκφράζει την σχέση μεταξύ της διαφοράς των μέσων τετραγώνων μεταξύ των τιμών του δείγματος και της μεταξύ τους απόστασης. Μαθηματικά η συνάρτηση της διασποράς (2γ) ή της ημιδιασποράς (γ), ορίζεται (Nina Siu - Ngan Lam, 1983), ως εξής:

$$\gamma = 1/2 N \sum_{i=1}^N [z(x_i + d) - z(x_i)]^2$$

όπου d είναι η απόσταση μεταξύ δύο σημείων. Αυτή η συνάρτηση αναμένεται να αυξάνει με την απόσταση μεταξύ δύο σημείων του δείγματος, παίρνοντας τιμή κοντά στο μηδέν για μικρές αποστάσεις και παίρνει σταθερή τιμή για αποστάσεις μεγαλύτερες από την ζώνη επίδρασης. Το διάγραμμα της ημιδιασποράς έχει όλες τις δομικές πληροφορίες που χρειάζονται για μία τοπική μεταβλητή: το μέγεθος της ζώνης επίδρασης γύρω από το δείγμα, την ιστροπική φύση της μεταβλητής και την συνέχεια της μεταβλητής στο χώρο.



Σχήμα 1. Διάγραμμα της ημιδιασποράς γ με την απόσταση κατά μήκος του διανύσματος h . Το L είναι το όριο της απόστασης πέρα από το οποίο η διαφορά ϵ μεταξύ της ημιδιασποράς και διασποράς (στικτή γραμμή) θεωρείται αμελητέα.

L , παρέχουν πληροφορίες για το σημείο. Τα σημεία έξω από την γειτονιά που ορίζεται από το L είναι ανεξάρτητες ως προς το σημείο παρατηρήσεις (OLEA A. RICARDO, 1974). Το πραγματικό διάγραμμα της διασποράς διαφέρει σημαντικά από το θεωρητικό μοντέλο.

Στη Universal Kriging γίνεται η υπόθεση, ότι οι αυξήσεις της τοπικής μεταβλητής έχουν κάποιες ιδιότητες στατικότητας μόνο μέσα στην οριζόμενη γειτονιά σημείων και ότι η τάση μεταβολής στην περιοχή της γειτονιάς μπορεί να περιγραφεί με μία πολυωνυμική συνάρτηση.

Επίσης γίνεται η υπόθεση ότι τα υπόλοιπα $Y(x) = Z(x) - m(x)$, όπου $m(x)$ είναι η προσδοκώμενη τιμή της τοπικής μεταβλητής στη θέση x , της τοπικής μεταβλητής έχουν σταθερό variogram μέσα στην περιοχή της γειτονιάς. Οι υπολογισμοί των αγνώστων σημείων γίνονται με γραμμικό συνδυασμό των τιμών του δείγματος:

$$z^* = \sum_i \lambda_i z(x_i)$$

όπου λ_i είναι οι τιμές βάρους που υπολογίζονται κάτω από τις ακόλουθες δύο συνθήκες:

$$E(z^* - z) = 0, \text{ var}(z^* - z) = \min$$

Η πρώτη είναι η γενική συνθήκη που υποδηλώνει ότι η διαφορά z^*-z είναι αμερόληπτη και η δεύτερη συνθήκη δηλώνει ότι το l_i πρέπει να έχει τέτοιες τιμές έτσι ώστε η υπολογιζόμενη μεταβλητότητα της διαφοράς z^*-z να είναι ελάχιστη.

Η διασπορά που υπολογίζεται για ένα άγνωστο σημείο είναι το σφάλμα της Kriging. Σημαντικό είναι το γεγονός, ότι για σημεία που ανήκουν στο αρχικό σετ του δείγματος, η Kriging επιστρέφει τις πραγματικές τιμές των σημείων με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζεται σαν η πλέον ακριβής μέθοδος παρεμβολής. Γενικά η απλή Kriging έχει πολλές περιοριστικές υποθέσεις αλλά λιγότερο προβλήματα υπολογισμού ενώ οι υποθέσεις της Universal Kriging είναι περισσότερο γενικές αλλά υπάρχουν πολλές υπολογιστικές δυσκολίες.

Η Universal Kriging χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό σετ εξισώσεων για τον υπολογισμό κάθε σημείου, σε διαφορετικές γειτονίες. Το διάγραμμα της συνάρτησης της διασποράς (variogram), αντιπροσωπεύει τα υπόλοιπα $Y(x) = z(x) - m(x)$, αντί των παρατηρούμενων τιμών, πράγμα που απαιτεί να έχουν υπολογιστεί πρώτα οι τοπικές πορείες μεταβολής. Αφού οι πραγματικές πορείες μεταβολής (drift), δεν είναι γνωστές, πρέπει να υπολογιστούν από τις τιμές των σημείων του δείγματος. Το variogram που υπολογίζεται απ' αυτές είναι επίσης μία εκτίμηση του πραγματικού variogram. Πόσο κοντά το variogram των υπολοίπων, που έχουν υπολογιστεί, πλησιάζει το πραγματικό αλλά άγνωστο variogram εξαρτάται από την συνάρτηση που επιλέχθηκε για να παριστάνει την πορεία μεταβολής, την συνάρτηση που αναπαριστά το variogram και το μέγεθος της γειτονιάς του υπολογιζόμενου σημείου. Αυτά τα τρία προβλήματα σχετίζονται στενά και κανένα δεν μπορεί να καθοριστεί ανεξάρτητα από τα άλλα.

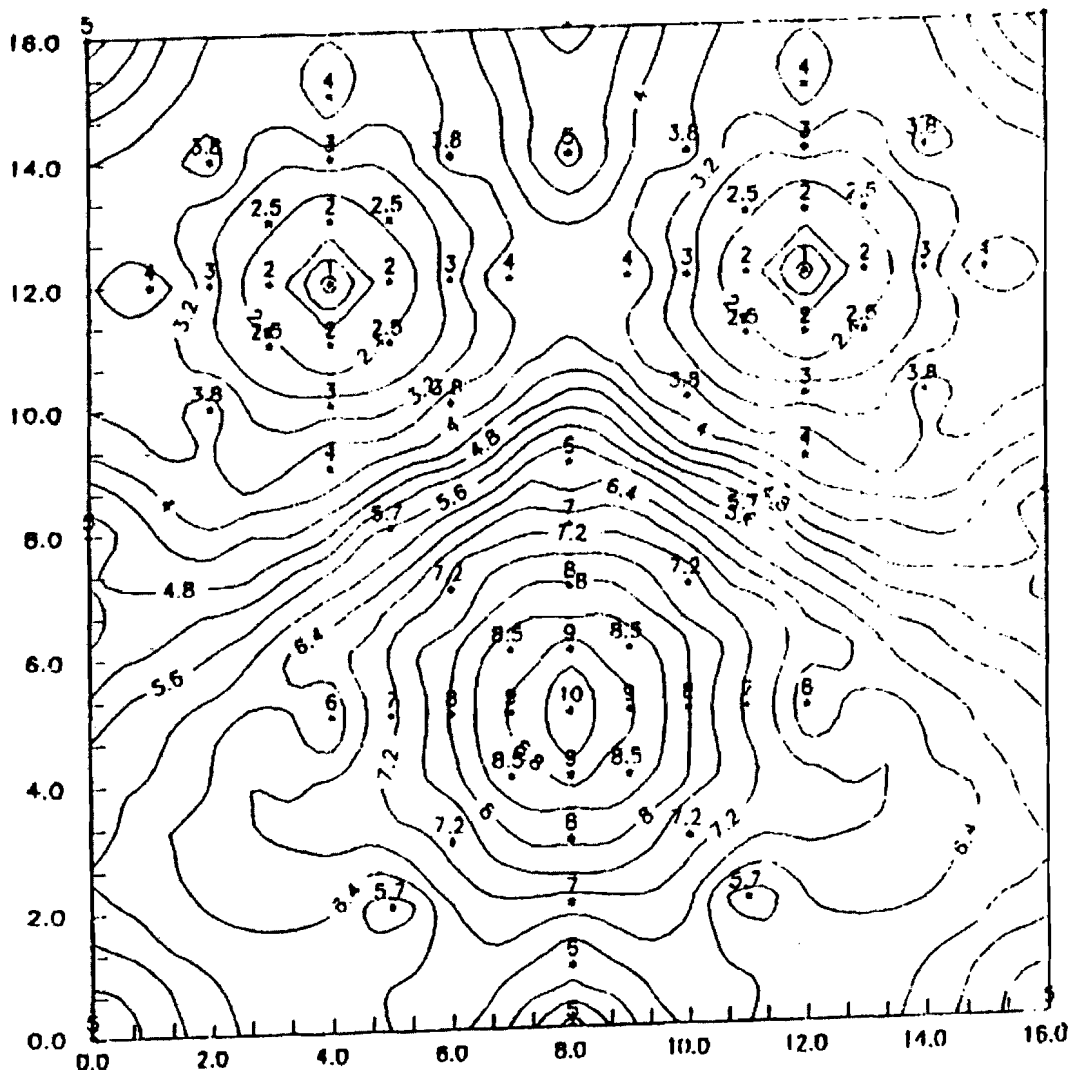
Η συνήθης πορεία είναι ότι πρώτα θεωρούμε μία απλή σχέση για το variogram των υπολοίπων και έπειτα διαλέγουμε το μέγεθος της γειτονιάς. Στη συνέχεια υπολογίζεται η πορεία μεταβολής μέσα στην γειτονιά και το πειραματικό variogram των υπολοίπων. Μετά συγκρίνονται τα δύο variogram. Υπάρχουν αρκετοί συνδυασμοί πορείας μεταβολής και variogram που μπορεί να είναι εξίσου ικανοποιητικοί.

Μεταξύ άλλων προβλημάτων σχετικά με την Universal Kriging είναι η επιλογή του ιδανικού μεγέθους της γειτονιάς. Αν η γειτονιά είναι μεγάλη τότε η πορεία μεταβολής είναι κανονική και έχει μικρές κυμάνσεις ενώ το variogram που προκύπτει είναι περισσότερο σύνθετο και αντίστροφο. Αν η μεταβολή των τιμών των σημείων, από μία γειτονιά σε μία άλλη, είναι απότομη, μπορεί να εμφανιστούν ασυνέχειες ακόμη κι αν το πραγματικό φαινόμενο είναι συνεχές. Τέλος η αξιοπιστία της μεθόδου βασίζεται στο μεγάλο αριθμό τιμών του δείγματος.

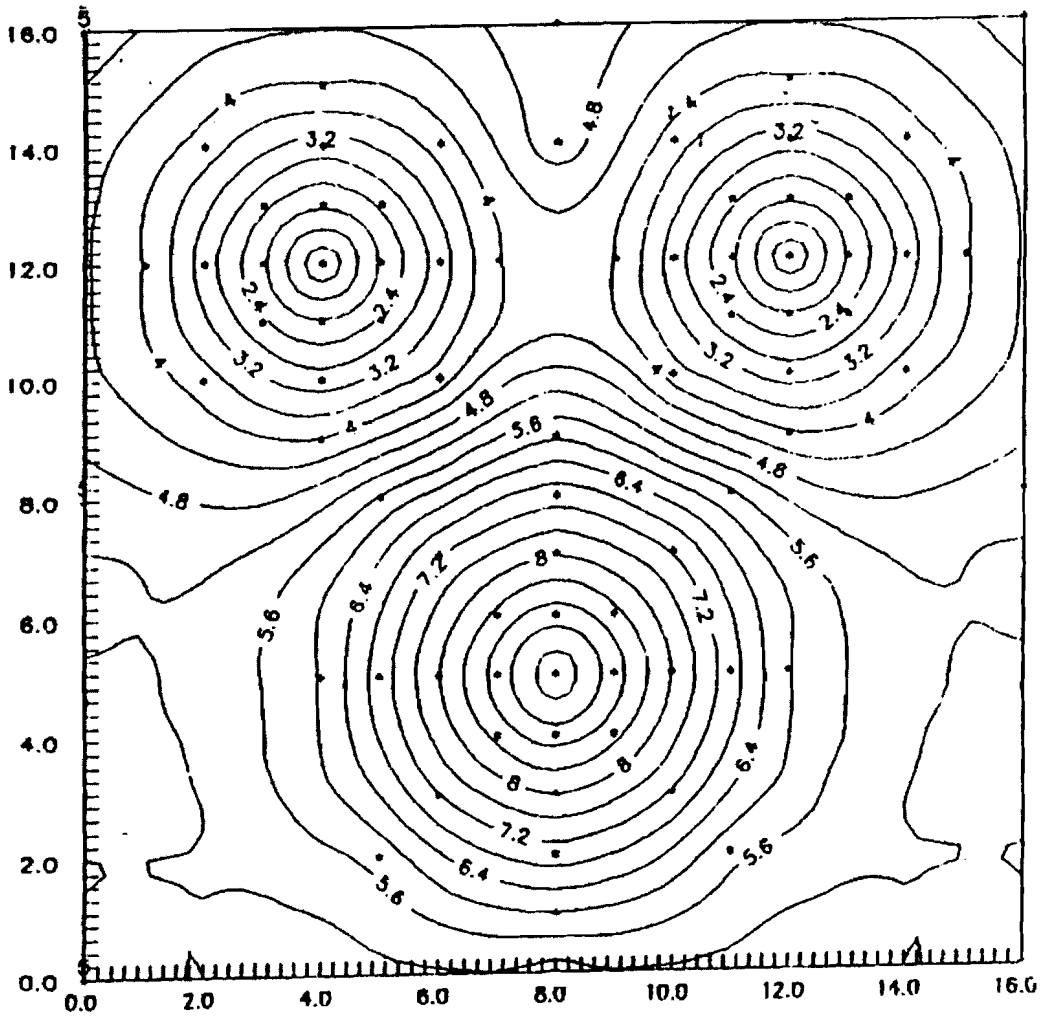
Από μόνο του το μοντέλο της Kriging αποτελεί μία βελτίωση σε σχέση με άλλες μεθόδους παρεμβολής, ειδικότερο πολυκωνυμικής παρεμβολής, αφού ο βαθμός έχει ληφθεί υπόψη. Η μέθοδος βασίζεται στα δομικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων που συνοψίζονται στη συνάρτηση διασποράς με αποτέλεσμα τον καλύτερο υπολογισμό και τέλος παρέχει υπολογισμό του σφάλματος και διαστήματα εμπιστοσύνης για κάθε ένα από τα άγνωστα σημεία, πράγμα που δεν δίνεται από άλλες μεθόδους παρεμβολής.

2. Τα δύο σελ των σημείων έχουν τιμές που αυξάνουν προς την περιφέρεια δίνοντας την εικόνα δύο βαρομετρικών χαμηλών ενώ το τρίτο σελ περιλαμβάνει σημεία με τιμές που αυξάνουν προς το κέντρο της περιοχής (βαρομετρικό υψηλό). Αρχικά εφαρμόζεται η μέθοδος Weighting Distance με συνάρτηση βάρους $1/r^2$ (σχήμα 3) και στη συνέχεια εφαρμόζεται η μέθοδος Kriging (σχήμα 4).

Είναι φανερό, όπως προκύπτει από τα δύο σχήματα ότι η μέθοδος Kriging επιστρέ-



Σχήμα 3. Ισοπληθείς καμπύλες που σχεδιάστηκαν με εφαρμογή της μεθόδου Weighting - Distance ($1/r^2$) πάνω στο υποθετικό πλέγμα σημείων.



Σχήμα 4. Ισοπληθείς καμπύλες που σχεδιάστηκαν με εφαρμογή της μεθόδου Kriging πάνω στο υποθετικό πλέγμα σημείων.

φει στα αρχικά σημεία του πλέγματος την αρχική τους τιμή με αποτέλεσμα οι αντίστοιχες ισοπληθείς να περνούν από τα αρχικά σημεία του πλέγματος. Η δεύτερη μέθοδος με συνάρτηση βάρους $1/r^2$, δίνει λιγότερο ικανοποιητικά αποτελέσματα αφού δημιουργούνται αδικαιολόγητες κλειστές καμπύλες, ακριβώς λόγω του ότι η επίδραση των πιο απομακρυσμένων σημείων από το υπό παρεμβολή σημείο είναι μικρή με αποτέλεσμα τα πολύ γειτονικά σημεία να προκαλούν αυτή την αυξημένη καμπυλότητα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1) Από την εφαρμογή των μεθόδων Kriging και Distance - Weighting πάνω σε πλέγμα σημείων, η πρώτη είναι η πλέον αξιόπιστη για την χάραξη ισοπληθών πάνω σε μία δεδομένη επιφάνεια.

2) Η μέθοδος Kriging δεν είναι απλώς ένας αλγόριθμος αλλά αποτελεί κλάδο μιας σημαντικής θεωρίας, αυτής των τοπικών μεταβλητών (Theory of regionalized variables).

3) Το διάγραμμα της ημιδιασποράς, (πυρήνας της μεθόδου Kriging), παρέχει πληροφορίες για το μέγεθος της ζώνης επίδρασης γύρω από το δείγμα, την ιστροπική φύση και την συνέχεια της επιφάνειας στην οποία επιχειρείται η παρεμβολή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Delfiner P., and Delhomme J.P., 1975, Optimum interpolation by Kriging, Display and analysis of spatial data, ed., J.C. Davis and M.J. McCullagh, pp. 97-114, Toronto:Wiley.
- Matheron G., 1971, The Theory of Regionalized variables and its application, Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathematique de Fontainebleau, vol. 5.221 pp.
- Nina Siu - Ngan Lam, 1983, Spatial Interpolation Methods: A Review, The American Cartographer, Vol. 10, No 2, pp. 129-137.
- Olea R.A., 1974, Optimal contour mapping using Universal Kriging, Journal of Geophysical Research, Vol. 79, No 5, pp. 695-702.
- Samson R.J., 1978, Surface II graphics system, Lawrence: Kansas Geological Survey.

**ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΧΙΝΟΥ (Ν. ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ),
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Γ.Σ.Π.)**

ΒΑΛΑΔΑΚΗ-ΠΛΕΣΣΑ ΑΙΚ.* — ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ Α.**

*Εθν. Μακαρίου 16, 167 77 Ελληνικό,

** Τομέας Γεωλογικών Επιστημών Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Ζωγράφου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η περιοχή του Σχίνου βρίσκεται στην βορειοανατολική ακτή του Κορινθιακού κόλπου, στον κόλπο των Αλκυονίδων.

Η εργασία αυτή εισάγει στην έννοια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) και στο πλήθος των εφαρμογών τους στους τομείς των Γεωεπιστημών. Παρουσιάζονται και αναλύονται οι γεωμορφές που παρατηρούνται στην μελετηθείσα περιοχή. Οι παρατηρήσεις αυτές προέρχονται από την υπαίθρια εργασία, από τη μελέτη των αεροφωτογραφιών και του γεωλογικού χάρτη, καθώς και από την επεξεργασία των δεδομένων σε Η/Υ με τη χρήση Γ.Σ.Π. Το Γ.Σ.Π. χρησιμοποιήθηκε για την ψηφιακή χαρτογραφία του αναγλύφου, για τη σύνταξη του χάρτη μορφολογικών τομών κατά μήκος της κοίτης των ρεμάτων (profiles), καθώς και τρισδιάστατων ψηφιακών εικόνων εδάφους.

Από το συνδυασμό και την επεξεργασία των στοιχείων, εξήχθησαν και παρουσιάζονται συμπεράσματα σχετικά με την νεοτεκτονική δραστηριότητα.

ABSTRACT

Schinus area lays on the northeast coast of Corinthiakos Gulf in Alkyonides Bay. It is in an active tectonic and seismic zone.

This paper introduces the meaning of G.I.S. and presents our morphotectonic investigations. Aided G.I.S. the map of elevation bands, the slope and the aspect map, some cross section profiles along the streams and some 3 dimensional views were created. The G.I.S. products were correlated to the field observations and the remarks from the aerial photographs study. The investigations were focused to the hilly and plain area, where most of the human activities take place.

At least, some remarkable conclusions relative to the neotectonic effects were presented by the authors and a model about the tectonic situation was suggested.

ΘΕΣΗ - ΣΚΟΠΟΣ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή του Σχίνου και αξιολογήθηκαν με την χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) σε συνδυασμό με την μελέτη αεροφωτογραφιών:

Η περιοχή Σχίνου βρίσκεται στην βορειοανατολική ακτή του Κορινθιακού κόλπου, στον Κόλπο των Αλκυονίδων, στις βόρειες κλιτύες των Γερανίων Ορέων.

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στην ευρύτερη περιοχή του Σχίνου, είναι τα ιζημάτα του Μεσοζωϊκού και τα εκρηξιγενή πετρώματα που εντάσσονται γεωτεκτονικά στη ζώνη Ανατολικής Ελλάδας (Γεωλ. χάρτης ΙΓΜΕ, 1984). Κατά θέσεις καλύπτονται από μεταλπικά ιζημάτα (αποθέσεις Νεογενούς και Τεταρτογενούς). Σε καμιά θέση δεν αποκαλύπτεται το ημιμεταμορφωμένο παλαιοζωϊκό υπόβαθρο.

Στην περιοχή που μελετήθηκε, η ορεινή ζώνη συνίσταται από αλπικούς σχηματισμούς που αποτελούνται από τη σχιστοκερατολιθική διάπλαση και μεσοζωϊκούς ασβεστόλιθους της Ανατολικής Ελλάδας, ενώ η πεδινή έκταση αποτελείται από τεταρτογενείς αποθέσεις που διακρίνονται σε:

- α) Θαλάσσιες αποθέσεις που αποτελούνται από χαλαρά λεπτοκοκκώδη αργιλοαμμώδη υλικά, που έχουν υποστεί έντονη θαλάσσια επεξεργασία, με μέγιστο πάχος 2 m και καλύπτουν την παράκτια περιοχή. Εξαιτίας της πολύ υψηλής στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και την έλλειψη φυσικής αποστράγγισης έχουν όψη τενάγους.
- β) Αλλουβιακές αποθέσεις, από χερσαία υλικά, που μορφολογικά αποτελούν συνέχεια με ασαφή όρια των αλλουβιακών ριπιδίων και πλευρικών κορημάτων. Αποτελούνται από ασύνδετα υλικά, άμμους, κροκαλολατύπες αργιλοαμμώδη και ποταμοχειμάρρια υλικά ποικίλου πάχους, που δημιουργήθηκαν από παλαιότερο ενεργό υδρογραφικό δίκτυο.
- γ) Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων πλειστοκαινικής ηλικίας, πάχους 25 m. Αποτελούνται από λατύπες συγκολλημένες με ασβεστιτικό ή αργιλικό υλικό.

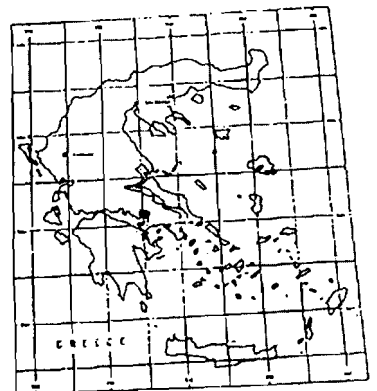
Η τεκτονική δομή της ευρύτερης περιοχής παρουσιάζει τους χαρακτήρες της ζώνης Ανατολικής Ελλάδας. Οι κύριοι τεκτονικοί χαρακτήρες της (άξονες των πτυχών, μέτωπα επιπτεύσεων και ρήγματα) έχουν διεύθυνση Α-Δ. Ολόκληρη η περιοχή κατατέμνεται από ταφροειδείς καταβυθίσεις με διεύθυνση Α-Δ, που η γένεσή τους αποδίδεται στο Τριτογενές. Τα ρήγματα παρέμειναν ενεργά και επαναδραστηριοποιήθηκαν κατά το Πλειο-Πλειστόκαινο με αποτέλεσμα τη δημιουργία του χαμηλού μέχρι λοφώδους αναγλύφου των νοτίων υπορειών των Γερανίων. Μια νεότερη τεκτονική

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



Σχ. 1: Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Σχίνου (Φύλλο Καπαρέλλι, ΙΓΜΕ 1984)

Fig. 1: Geological map of Schinos area (Kararelli sheet, IGME 1984) cd Αμμοι ακτών (coastal sands), Αl Αλλουβιακές αποθέσεις (alluvial deposits), Η.sc Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (recent scree and talus cones), Pt.sc πλειστοκαινικοί κώνοι κορημάτων (pleistocene), Pt Ποταμοχερσαίες αποθέσεις (fluvial deposits), Fb Βοιωτικός φλύσχος (Boeotian flysch), Ji-mK-J-Jik, d Ασβεστόλιθοι-δολομίτες Μεσοζωικού (limestones), Ο Υπερβασικά πετρώματα (ultrabasic rocks).



φάση, μετά το Τυρρηνίο, προσέβαλε την περιοχή και δημιούργησε ρήγματα με διεύθυνση Β-Ν και ΒΔ-ΝΑ.

Στην περίοδο Πλειοκαίνου-Πλειστοκαίνου αλληπάλληλες τεκτονικές φάσεις προκάλούσαν διαδοχικές ανυψώσεις και βυθίσεις που είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία των νεότερων αποθέσεων των ποτάμιων αναβαθμίδων.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από μεγάλη σεισμικότητα, η οποία οφείλεται στην εξέλιξη της τάφρου του Κορινθιακού, που συνεχίζονται ακόμη και σήμερα.

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η περιοχή μελέτης αποτελεί τμήμα των νοτίων υπορείων των Γερανίων ορέων που αναπτύσσονται με άξονα Α-Δ. Μορφολογικά διακρίνονται τρεις ενότητες:

Η ορεινή από υψόμετρο 1.070 m έως 300 m, που κυριαρχούν ανθρακικά πετρώματα έντονα καρστικοποιημένα και πετρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης με κλίσεις κλιτύων, που κατά θέσεις φθάνουν ή υπερβαίνουν το 150%.

Η λοφώδης, από υψόμετρο 300 m έως 50 m. Σ' αυτήν αναπτύσσονται κυρίως σχιστόλιθοι, ενώ πολύ περιορισμένη είναι η παρουσία των ανθρακικών σχηματισμών.

Η πεδινή περιοχή αποτελείται κυρίως από κώνους κορημάτων και αλλουβιακά ριπίδια με κλίσεις 0-15% και εκτείνεται από υψόμετρο 50 m έως τη θάλασσα.

Το υδρογραφικό δίκτυο δεν είναι καλά αναπτυγμένο. Αναπτύσσονται δύο αυτοτελείς λεκάνες απορροής 2ης τάξης και δύο 3ης τάξης καθώς και αυτοτελείς λεκάνες 1ης τάξης. Το μήκος των κλάδων είναι μεγάλο χωρίς διακλαδώσεις. Αυτό οφείλεται αφ' ενός στις σχετικά μεγάλες κλίσεις των κλιτύων, στις οποίες ρέουν και που μειώνουν τη δυνατότητα ανάπτυξης εκτεταμένων λεκανών απορροής και αφ' ετέρου στη νεαρή ηλικία του υδρογραφικού δικτύου, το οποίο αναπτύχθηκε μετά την ανύψωση της περιοχής, που έγινε μετά το Τυρρηνίο. Τα κυριώτερα ρέματα συναντώνται νότια του χωριού Σχίνος. Η μέση κλίση των λεκανών απορροής κυμαίνεται από 30-50%, ενώ τοπικά οι κλίσεις φθάνουν το 80-100%. Το έντονο ανάγλυφο και οι μεγάλες κλίσεις, που σε πολλές περιπτώσεις φθάνουν μέχρι κατακόρυφες, οφείλεται στην ύπαρξη μιας εκτεταμένης ζώνης ρηγμάτων. Στα ανώτερα τμήματα των κλάδων παρατηρείται έντονη κατά βάθος διάβρωση της κοίτης, που φθάνει έως και 30 m βάθος, εξαιτίας έντονων ανοδικών κινήσεων του τμήματος αυτού της χέρσου. Από το υψόμετρο 25 m και κάτω τα ρέματα δεν έχουν καθόλου διαμορφωμένες κοίτες και χάνονται μέσα στις προσχώσεις. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη ότι το τμήμα αυτό της χέρσου υφίσταται καθοδικές κινήσεις, όπως φαίνεται και από πρόσφατα βυθισμένες ακτογραμμές και beach rocks. Στις ακτές του όρμου Αγ. Σωτήρα και Σχίνου κατά τους σεισμούς του Φεβρουαρίου-Μαρτίου 1981 παρατηρήθηκε βύθιση της τάξης του 1 m περίπου, με σημαντική απώλεια ξηράς.

Στην περιοχή Αλμύρα ένα μεγάλο τμήμα της πεδινής έκτασης είναι τέγανος. Αυτό οφείλεται αφ' ενός στη μηδενική μορφολογική κλίση και αφ' ετέρου στη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα που βρίσκεται σχεδόν στην επιφάνεια του εδάφους. Οι ακτές είναι κρημνώδεις, εκτός δύο μικρών αιγιαλών που αναπτύσσονται στους όρμους Αγ. Σωτήρα και Σχίνου.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Μεθοδολογία

Προκειμένου να επεξεργαστούμε, να παρουσιάσουμε και να αξιολογήσουμε τις μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις που πραγματοποιήσαμε κατά την υπαίθρια εργασία, τη συλλογή βιβλιογραφικών δεδομένων και τη μελέτη των αεροφωτογραφιών διαφόρων χρονολογιών λήψης και κλιμάκων, προσφύγαμε στη χρήση του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή και χρησιμοποιήσαμε το Γ.Σ.Π. που υπήρχε στην περιοχή.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα πληροφοριών είναι μια οργανωμένη συλλογή από συσκευές (computer hardware), λεπτουργικά συστήματα Η/Υ (software), γεωγραφικά δεδομένα και ανθρώπινο δυναμικό, έτσι σχεδιασμένη, ώστε να συλλέγει, να αποθηκεύει, να ενημερώνει, να διαχειρίζεται, να αναλύει και να εμφανίζει όλες τις μορφές πληροφοριών που επηρεάζονται από τη Γεωγραφία.

Το Γ.Σ.Π. χρησιμοποιήθηκε στη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, στη σύνταξη χαρτών των μορφολογικών κλίσεων και χαρτών προσανατολισμού των κλίσεων, στη σύνταξη χάρτη υψογραφικών καμπυλών, στην δημιουργία μορφολογικών τομών κατά μήκος της κοίτης των ρεμάτων (profiles) καθώς και στην εκπόνηση τρισδιάστατων εικόνων της μορφολογίας του εδάφους.

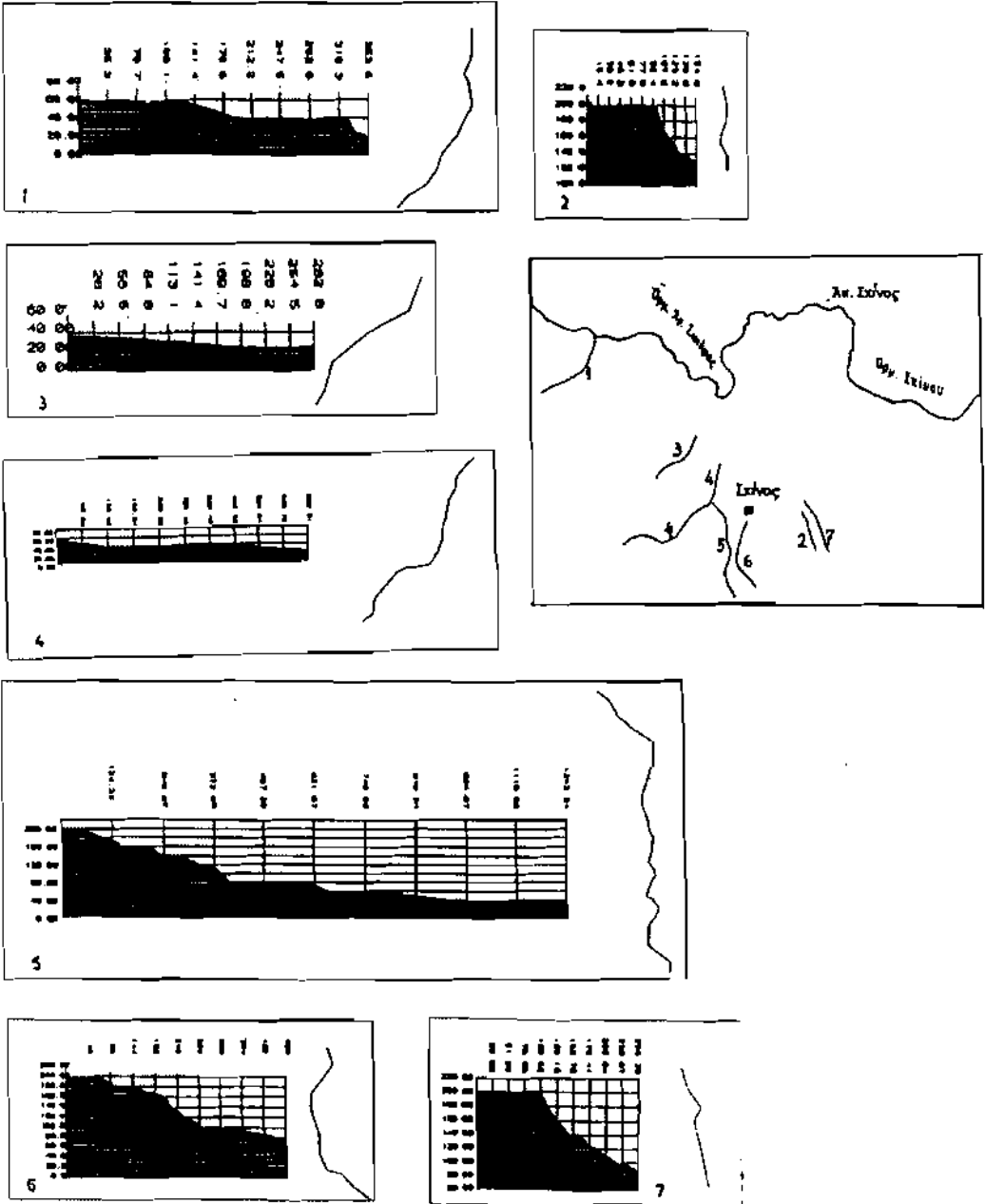
Από τη μελέτη των αεροφωτογραφιών και τις υπαίθριες παρατηρήσεις, υπήρχαν ενδείξεις για σύγχρονη ενεργό τεκτονική δράση στην περιοχή, που δεν είχε αναφερθεί από τους μέχρι τώρα μελετητές. Πιο συγκεκριμένα διακρίναμε:

Τουλάχιστον δύο μορφολογικές ασυνέχειες στη θέση του παλιού χωριού Σχίνος, και μερικά ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά στα ρέματα της περιοχής.

Στη συνέχεια, αξιοποιώντας την δομή του Γ.Σ.Π. της περιοχής, με βάση ότι κάθε σημείο του χώρου έχει συγκεκριμένες συντεταγμένες και το υψόμετρο ως ιδιότητα (x, y, z), δημιουργήθηκαν μέσω του λαγισμικού οι χάρτες, οι τομές και τα μοντέλα, που αναφέρουμε πιο κάτω:

Μορφολογικές τομές κατά μήκος των ρεμάτων

Κατά μήκος όλων των ρεμάτων της περιοχής, που υπήρχαν σε ψηφιακή μορφή, προέκυψαν κατά αυτοματοποιημένο τρόπο μέσω του λογισμικού, μορφολογικές τομές της κοίτης (Σχ. 2). Από τη μελέτη τους παρατηρούμε επιφάνειες με μεγάλες κλίσεις να εναλλάσσονται με επιφάνειες σχεδόν επίπεδες. Οι μεταβολές αυτές της κλίσης της αύλακας των ρεμάτων μπορεί να οφείλονται σε λιθολογικά αίτια, στην ύπαρξη αναβαθμίδων ή σε τεκτονικά αίτια. Από την υπαίθρια εργασία δεν διαπιστώθηκε διαφοροποίηση στη λιθολογία κατά μήκος της κοίτης, καθώς και υλικά αναβαθμίδων. Συνεπώς, η βροχική ροή οφείλεται σε τεκτονικά αίτια. Α.Π.Θ.



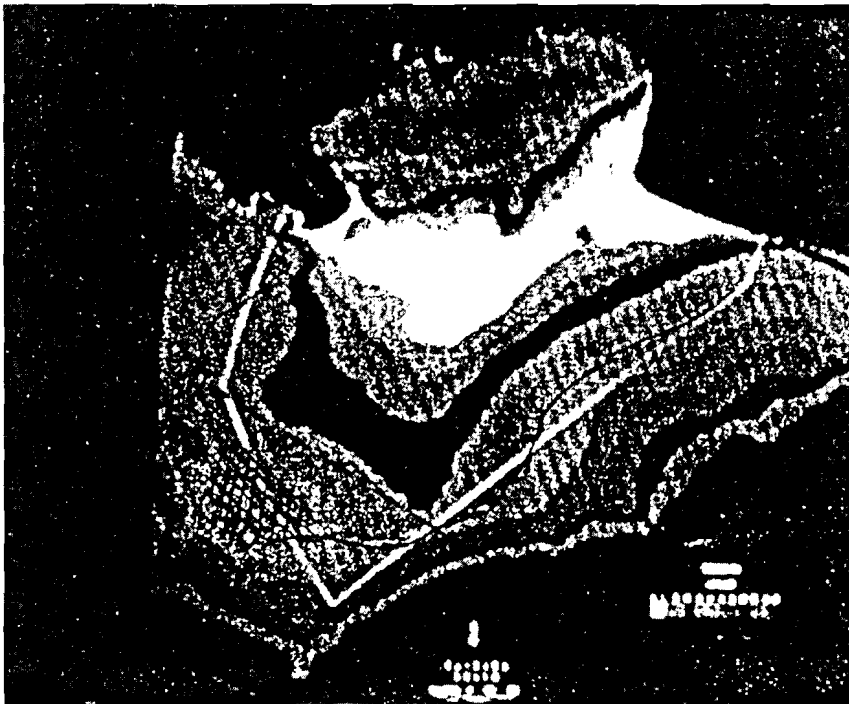
Σχ. 2: Τομές κατά μήκος της κοίτης των ρεμάτων

Fig. 2: Morphological profiles along the channels of the streams
Γεωγραφική Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Από τη μελέτη των τομών παρατηρούμε ότι τέτοιες επίπεδες επιφάνειες, που αντιστοιχούν στο ίδιο υψόμετρο, διακρίνονται σε περισσότερες της μιας τομής, πιθανόν με διαφορετικό βαθμό ανάπτυξης στην κάθε μια, που αυτό όμως μπορεί να οφείλεται και στο διαφορετικό προσανατολισμό των τομών ή στο είδος των πετρωμάτων. Η τομή 5 (Σχ. 2) παρουσιάζει την καλύτερη ανάπτυξη τέτοιων επιφανειών και εμφανίζει κλιμακωτή μορφή. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και διακρίνονται σε πολλές τομές (στην 1, 4, 5 και 5, 6, 7) οι επιφάνειες που αντιστοιχούν στα υψόμετρα 40 και 120 αντίστοιχα. Στα σημεία αυτά παρατηρούνται στο χάρτη ενδείξεις μεταβολής της πορείας των ρεμάτων. Διακρίνονται επίσης σημεία απότομης μεταβολής της κλίσης αύλακος στα 180 m (ρέματα 5 και 6), στα 160 m (ρέμα 2), στα 140 m (ρέματα 6, 7), στα 100 m (ρέματα 5, 6 και 7) και στα 80 m (ρέματα 5 και 6).

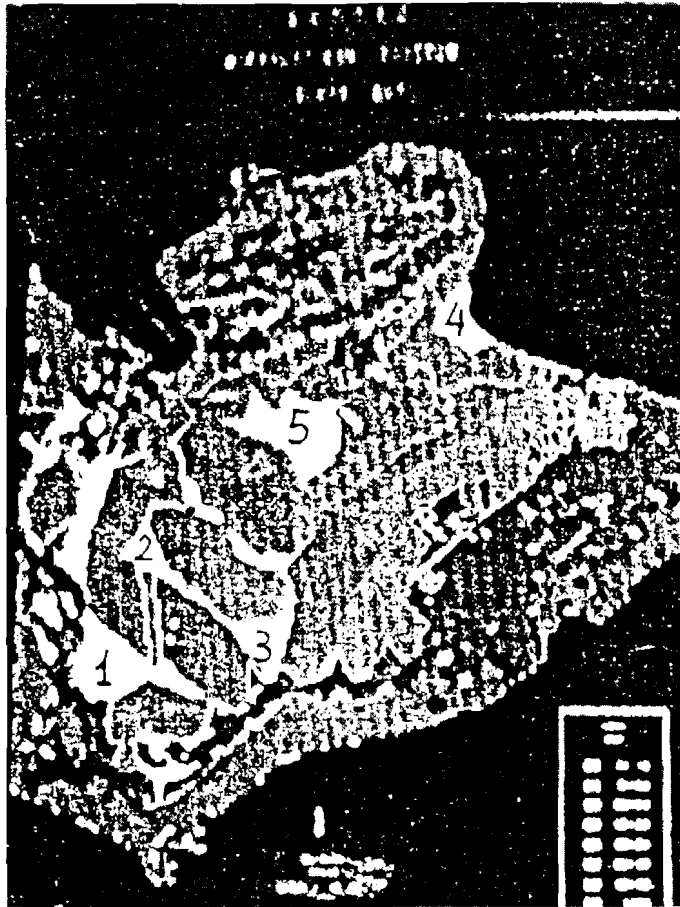
Χάρτης υψογραφικών καμπυλών

Ο χάρτης υψογραφικών καμπυλών παρουσιάζει περιοχές που έχουν υψόμετρο μεταξύ δύο διαδοχικών τιμών, που εμείς έχουμε ορίσει και κατασκευάζεται αυτόματα με τη χρήση του Software. Εναν τέτοιο χάρτη κατασκευάσαμε για να μελετήσουμε τις τεκτονικές διατα-

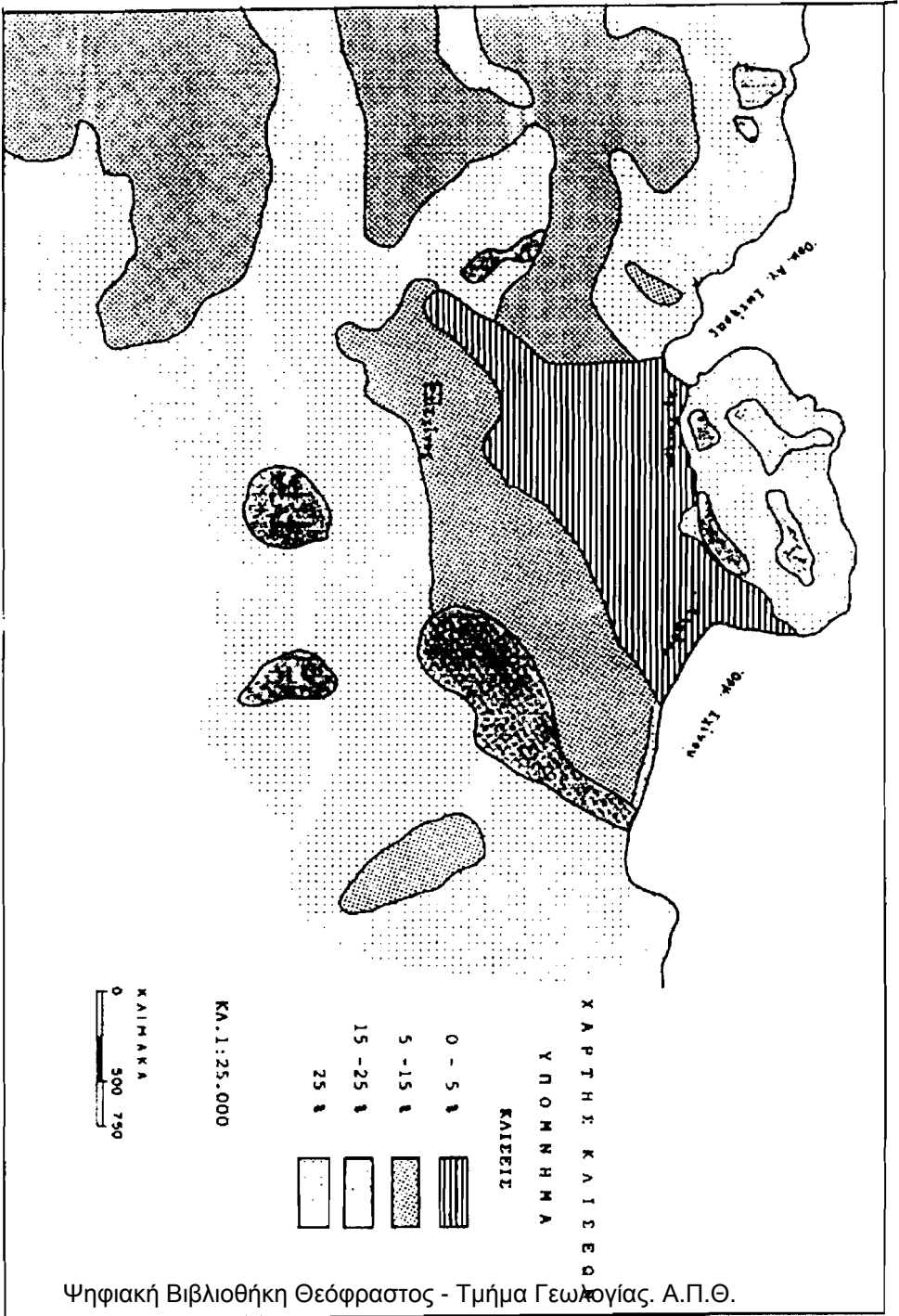


Σχ. 3: Χάρτης υψογραφικών καμπυλών. Η διακεκομμένη γραμμή σημειώνει τη διεύθυνση μορφολογικής ανωμαλίας και η διαγράμμιση δείχνει την επιφάνεια της αναβαθμίδας.

Fig. 3: Map of elevation bands. The dashed line shows the direction of a morphological unconformity and the hatching shows the surface of the terrace.



Σχ. 4: Χάρτης μορφολογικών ζώνων με αναλογικές μεθόδους – Fig. 4: Slope map by the classical methods.
 Σχ. 5: Χάρτης μορφολογικών ζώνων με ψηφιακή μέθοδο – Fig. 5: Slope map by the digital method.



Σχ. 6: Χάρτης των διεθνύσεων των μορφολογικών κλίσεων — Fig. 6: Aspect map.

ραχές που είχαν εκδηλωθεί στην περιοχή, με τη σκέψη ότι αυτές θα πρέπει να αποτυπώνονται στο σχήμα των ισοϋψών καμπυλών. (Παραθέτουμε ενδεικτικά φωτοτυπία του χάρτη, στην οποία όμως δεν διακρίνονται καθαρά λεπτομέρειες, Σχ. 3).

Στο χάρτη που δημιουργήθηκε παρατηρείται κάμψη των ισοϋψών στο νότιο τμήμα κατά τη διεύθυνση Β.Δ.-Ν.Α., εκτός από την ισοϋψή των 40 m, που δημιουργεί μια επίπεδη επιφάνεια και υποδηλώνει την ύπαρξη αναβαθμίδας.

Χάρτες τιμής και προσανατολισμού των μορφολογικών κλίσεων

Μια άλλη δυνατότητα της εφαρμογής των Γ.Σ.Π. είναι η κατασκευή χαρτών μορφολογικών κλίσεων και προσανατολισμού των κλίσεων. Για τη μελέτη των επιφανειών αυτών κατασκευάστηκε ένας χάρτης, όπου παρουσιάζονται οι τιμές των κλίσεων (Σχ. 4) και άλλος που παρουσιάζεται η διεύθυνσή τους (Σχ. 6), (Οι φωτοτυπίες των χαρτών παραθέτονται ενδεικτικά).

Στους χάρτες αυτούς ομαδοποιούνται οι περιοχές με την ίδια εκατοστιαία τιμή μορφολογικής κλίσης. Σημειώνουμε ιδιαίτερα το γεγονός, ότι με τη χρήση του Γ.Σ.Π. γίνεται επίσης δυνατό σε μια σχεδόν επίπεδη περιοχή να διακριθούν λεπτομέρειες των μορφολογικών κλίσεων, ενώ με τις αναλογικές μεθόδους αυτό δεν είναι δυνατόν. Στο Σχ. 5 παρουσιάζεται ο χάρτης κλίσεων της ευρύτερης περιοχής, που δημιουργήθηκε με αναλογικές μεθόδους για λόγους συγκριτικής παρατήρησης.

Στο χάρτη των μορφολογικών κλίσεων (Σχ. 4) διακρίνουμε περιοχές με διαφορά κλίσεων ανά 2,5% δηλ. 0-2,5% και μέχρι την κλίση 10% και συνεχίζουμε με διαβάθμιση ανά 10% έως την κλίση 50%, που είναι και η μεγαλύτερη στην περιοχή. Παρατηρούμε ότι μέχρι την ισοϋψή των 40 m οι κλίσεις είναι ομαλές και φθάνουν έως 10%. Η προσοχή μας εστιάστηκε στο πεδινό και λοφώδες τμήμα προκειμένου να ανιχνεύσουμε ενδείξεις ύπαρξης νεοτεκτονικής δράσης. Στους χάρτες παρουσιάζονται «ανάγλυφα» οι επιφάνειες επιπέδωσης που οφείλονται σε παλιότερες και πρόσφατες θαλάσσιες διεργασίες, όταν η ακτή ήταν στο εσωτερικό της σημερινής χέρσου. Αυτές είναι: Η επιφάνεια (1) στο Ν.Δ. τμήμα, δείχνει την ανάπτυξη ποτάμιας αναβαθμίδας. Οι επόμενες επιφάνειες (2 και 3) δημιουργούνται από τη συνένωση δύο αλλουβιακών ριπιδίων, μια επίπεδη επιφάνεια στην Αλμύρα (4), που δημιουργείται από τις θαλάσσιες διεργασίες σε συνδυασμό με τις καθοδικές τεκτονικές κινήσεις και τέλος η επιφάνεια (5) στο κέντρο, ανάμεσα στους όρμους Αγ. Σωτήρας και Αλμύρας, που βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο κατά μερικά μέτρα από τα περιβάλλοντα τμήματα και αποτελεί πιθανώς υπόλειμμα παλιότερου αναγλύφου.

Στο χάρτη προσανατολισμού των κλίσεων, απομονώθηκαν οι περιοχές με μηδενική μορφολογική κλίση και γίνεται εμφανής τόσο η κλιμακωτή διάταξη, που παρουσιάζουν, όσον και η φορά κλίσης τους. Στο Σχ. 5 οι μαύρες περιοχές είναι οι επιφάνειες με κλίση 0% και αντιστοιχούν στις επίπεδες περιοχές του Σχ. 4, ενώ οι άλλες, ανάλογα με τη φορά κλίσης εμφανίζονται με το χρώμα που αντιστοιχεί στο τεταρτημόριο του κύκλου που δείχνει τη διεύθυνσή τους. Στον έγχρωμο χάρτη των μορφολογικών

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

- β) Την λοφώδη περιοχή, από υψόμετρο 300 m έως 50 m, που συνίσταται κυρίως από σχιστολιθικούς σχηματισμούς και
- γ) Την πεδινή περιοχή από υψόμετρο 50 m έως τη στάθμη της θάλασσας. Η περιοχή αυτή καλύπτεται από κώνους κορημάτων και αλλουβιακά ριπίδια, με μέση κλίση κλιτύων 0-15%.

Το υδρογραφικό δίκτυο δεν είναι καλά αναπτυγμένο και αυτό οφείλεται αφ' ενός στη μεγάλη κλίση των πρηνών και αφ' ετέρου στο νεαρό της ηλικίας του. Διακρίνονται δύο αυτοτελείς λεκάνες 3ης τάξης, δύο αυτοτελείς λεκάνες 2ης τάξης και μερικές 1ης τάξης. Τα ρέματα που αναπτύσσονται βορειοδυτικά και νότια του χωριού Σχίνος παρουσιάζουν στα ανάντη τμήματα έντονη κατά βάθος διάβρωση και των αποθέσεών τους (μέχρι το υψόμετρο 35 περίπου), ενώ στα κατάντη πεδινά χάνονται μέσα στις προσχώσεις τους.

Η δική μας έρευνα εστιάστηκε σε μορφοτεκτονικές αναλύσεις και παρατηρήσεις της λοφώδους και πεδινής ζώνης, για τις οποίες δεν υπήρχαν προηγούμενες αναφορές και παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί αποτελούν χώρο οικιστικής δραστηριότητας.

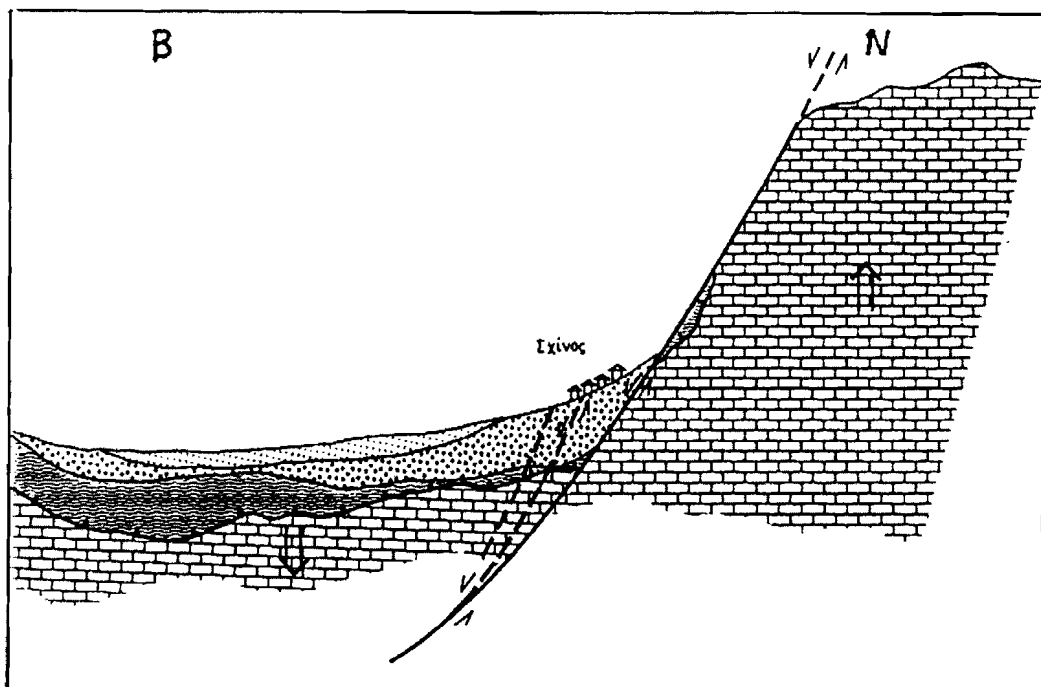
Από το σύνολο των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν, τόσο των υπαίθριων όσο και των εργαστηριακών, προέκυψαν στοιχεία και ενδείξεις, που θα αναφέρουμε πιο κάτω, συνεχιζόμενης έντονης τεκτονικής δραστηριότητας.

Την έντονη τεκτονική ανησυχία του χώρου φανερώνει η κατά διαστήματα εκδήλωση σεισμικής δράσης. Κατά τους σεισμούς του 1981 η περιοχή από το Ηράιο ως τη Μαυρολίμνη βυθίστηκε από 0,60-1 m, γεγονός που διαπιστώσαμε και στις ακτές των όρμων Αγ. Σωτήρας και Σχίνου.

Από τις μορφολογικές τομές που κατασκευάστηκαν κατά μήκος της κοίτης των ρεμάτων διαπιστώθηκαν εναλλαγές τμημάτων με μεγάλη κλίση, με τμήματα επίπεδα σχεδόν οριζόντια, σε κλιμακωτή διάταξη. Από την υπαίθρια εργασία οι μεταβολές αυτές στην κλίση της αύλακας των ρευμάτων φαίνεται ότι δεν οφείλονται σε λιθολογικές διαφορές του υποβάθρου αλλά ούτε και στην ύπαρξη αναβαθμίδων, γιατί δεν βρέθηκε υλικό θαλάσσιων αναβαθμίδων στην περιοχή. Θα πρέπει λοιπόν να θεωρήσουμε ότι οφείλονται στη συνεχιζόμενη τεκτονική δραστηριότητα. Η υψομετρική διαφορά των επιπέδων αυτών και η ανάπτυξή τους δίνει την τάξη μεγέθους της τεκτονικής δράσης.

Τα ρέματα, που αναπτύσσονται βορειοδυτικά και νότια του χωριού Σχίνος, παρουσιάζουν στα ανάντη τμήματα έντονη κατά βάθος διάβρωση (μέχρι το υψόμετρο 35 περίπου), ενώ στα κατάντη πεδινά χάνονται στις προσχώσεις τους. Η εξαφάνιση των κοιτών βρίσκεται επί μιας νοητής γραμμής που συμπίπτει με τη διεύθυνση των τεκτονικών γραμμών. Από τη μελέτη των αεροφωτογραφικών και των ψηφιακών εικόνων, παρατηρείται μια απότομη διακοπή της οριζόντιας μορφολογίας στη θέση του παλιού χωριού Σχίνος, που δίνει την εντύπωση ενός σκαλοπατιού. Στο σημείο αυτό παρατηρείται, επίσης, αλλαγή της πορείας του ρέματος που εκβάλλει στο παλιό χωριό προς τα ανατολικά και προχωρεί με διεύθυνση Α-Δ με σύγχρονη διάβρωση των προσχώ-

σεών του. Η διεύθυνση κάμψης ταυτίζεται με τις κύριες τεκτονικές γραμμές της περιοχής. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη γενικότερη τεκτονική του χώρου, συνηγορούν στη διατύπωση της ακόλουθης υπόθεσης. Παράλληλα προς τα ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ που βρίσκονται νότια του χωριού Σχίνος και που πρόσφατα ενεργοποιήθηκαν, έχουν δημιουργηθεί διαρρήξεις, οι οποίες καλύπτονται από τα ιζήματα. Ενδείξεις ύπαρξής τους μας έδωσαν οι έρευνες που κάναμε και αναφέραμε πιο πάνω. Τα τεκτονικά τεμάχια εκατέρωθεν του ρήγματος μετακινούνται κατά την κατακόρυφη διεύθυνση με αποτέλεσμα να ανυψώνεται το βόρειο τμήμα σε σχέση προς το νότιο (Σχ. 8). Η υπόθεση αυτή πρέπει να διερευνηθεί με άλλες μεθόδους, όπως γεωφυσικές διασκοπίσεις κ.λπ.



Σχ. 8: Πιθανή τεκτονική δομή της περιοχής Σχίνου

Fig. 8. The probable tectonic model of the area of Schinos village

Συνοψίζοντας πρέπει να πούμε, ότι με τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν διαπιστώθηκαν μορφολογικές ανωμαλίες, που οφείλονται στη συνεχιζόμενη έντονη τεκτονική δραστηριότητα που επικρατεί στο χώρο, η οποία είναι παραδεκτή και από τη βιβλιογραφία.

Σε ό,τι αφορά στην εφαρμογή των Γ.Σ.Π. στη γεωμορφολογική και τεκτονική μελέτη, αυτά παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα: Παρέχουν τη δυνατότητα γρήγορης και λεπτομερούς επεξεργα-

σίας μεγάλου πλήθους δεδομένων, καθώς και σύνδεσής τους με το χώρο, αυτόματα και ταχεία ενημέρωση των αρχείων με νέα στοιχεία, κατασκευή χαρτών σε διάφορες κλίμακες με τα αντίστοιχα υπομνήματα και εποπτικές απεικονίσεις.

Μειονεκτήματα: Υψηλό κόστος των συσκευών και του λογισμικού καθώς και εξειδικευμένο προσωπικό για τη χρήση τους. Μεγάλο μειονέκτημα αποτελεί επίσης η έλλειψη ψηφιακής υποδομής (τοπογραφικών υπόβαθρων, θεματικοί χάρτες) για τη δημιουργία των οποίων απαιτείται από κάθε ερευνητή να δαπανήσει σημαντικό χρόνο.

DISCUSSION – CONCLUSION

The studied area of Schinos belongs to the geotectonic zone of Eastern Greece and consists of schist-chert formation and Mesozoic limestones. While the plain area consists of Neogene and Quaternary deposits.

This area is characterised by active tectonic activity and increased seismicity.

Geomorphologically the area is subdivided into three units: The mountainous from the altimeter of 1.070 m to 300 m consisted of strongly karstified limestones. The gradient of the slope reaches up to 150%. The hilly area from the altimeter of 300 m to 50 m, consisting mainly of schists and the plainy area from the altimeter of 50 m up to the sea level. This area consists of talus cones and alluvial fans. The mean gradient of the slopes is 0-15%.

The hydrological network is not well developed because of the high gradient of the slopes and the young age of it.

Our research was based on morphotectonic analysis and observations of the hilly and flat zones of the greater Schinos area, where there is increased urban activity and no such previous references exist.

The field and the laboratory investigations indicated continuing tectonic activity. Seismic action is present in Greece as a result of the vigorous tectonic status of the whole county.

During the 1981 earthquakes activity, the area from Hiraio to Mavrolimni submerged from about 0,6 m to 1 m. The same was certified at the shoreline of Schinos and Ag. Sotira bays.

The cross section profiles along the streambeds, showed parts with a great deal of inclination, alternating with others of almost horizontal position. The field work showed that the slope changes of the stream beds are neither the result of lithological differences of the background, nor the consequence of the presence of sea terraces. We consider that the height difference of these levels is due to tectonic activity of the adjacent area.

The streams that occur northwest and south of the Schinos village, appear with

vigorous deep corrosion at the upper part of their basins, until the 35 m contour, while at the lower part they disappear in their deposits.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αθανασόπουλος Γ. (1988): Εδαφοτεχνικές συνθήκες - Εδαφοδυναμική Μέρος ΙΙ. Δυναμικές ιδιότητες εδαφών. Πρακτικά 3ου Συνεδρίου ΕΓΕ. Αθήνα 1986. Τόμος ΧΧ/3. Αθήνα.
- Ανδρονόπουλος Β., Ελευθερίου Α., Κούκης Γ., Ρόζος Δ., Αγγελίδης Χρ., (1986): Μακροσεισμικές, Γεωλογικές και Τεκτονικές παρατηρήσεις στην περιοχή που επηρεάστηκε από τους σεισμούς του Κορινθιακού Κόλπου (Φεβρουάριος - Μάρτιος 1981). Εκθεση Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- Arc/Info: Arc/Info ARCPLOT, Arc/Info AML Macro Language.
- Burrough A. (1986): Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon press, Oxford 1986.
- Castellani A., Chesi C., Peano A and Sardella L. (1982): Seismic Response of Topographic Irregularities. Soil Dyn. Earthq. Engin. Conf., Southampton, 13-15 Inglio, pp. 251-268.
- Focardi P. (1982): Parametri geomorfologici che influiscono sugli effetti sismici. Bull Ing., 9:7-10.
- Γαλανόπουλος Α. (1984): Σύγκριση μακροσεισμικών στοιχείων και αποτελεσμάτων της μικροζωνικής στην Κόρινθο. Πρακτικά Συνεδρίου Σεισμοί και Κατασκευές, Τόμος Ι, Αθήνα.
- Γαλανόπουλος Α. (1984): Μακροσκοπικές παρατηρήσεις των σεισμών του Φεβρουαρίου - Μαρτίου 1981 από την σκοπιά της γεωτεχνικής μηχανικής. Πρακτικά Συνεδρίου, Σεισμοί και Κατασκευές, Τόμος ΙΙ, Αθήνα.
- Ι.Γ.Μ.Ε. (1984): Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, φύλλον Καπαρέλλιον.
- Karotsieris Z., Sideris Ch. (1981): The deformation of the area around the eastern Korinithian Gulf affected by the earthquakes of February-March 1981, Intern. Symp. Hell. Arc and Trench Abstracts, Athens.
- Μαρίνος Π. (1981): Κατολισθητικά φαινόμενα από τους σεισμούς των Αλκυονίδων 1981. Σύνδεση με τα ενεργά ρήγματα και χωροταξικός σχεδιασμός της περιοχής. Δελτίο ΚΕΔΕ, Αθήνα.
- Μαριολάκος Η. (1984): Η παραμόρφωση της περιοχής γύρω από τον Ανατ. Κορινθιακό κόλπο που προκλήθηκε από τους σεισμούς του Φεβρουαρίου - Μαρτίου 1981. Πρακτικά Συνεδρίου «Σεισμοί και Κατασκευές», Τόμος ΙΙ, Αθήνα.
- Mariolakos I. et al, (1981): The deformation of the area around the eastern Korinithian Gulf affected, by the earthquakes of February-March 1981. Symp. on the Hell Arc and Trench. Proccedings Vol. I, Athens.

- Panizza M., Castaldini D., Ballettinari G., Cardon A. and Mantovani F. (1987): Neotectonic research in applied geomorphological studies. *Z. Geomorphol. Suppl.*, 63:173-211.
- Panizza M. (1991): Geomorphology and seismic risk. *Earth-Sci. Rev.* 31:11-20.
- Papazachos B., Comninakis P., Moundrakis D. and Pavlides S. (1981, 1982): Preliminary Results of an Investigation of the February-March 1981 Alkionides Gulf (Greece) earthquakes. *Intern. Symp. of the H.E.A.T. proceed vol. II Athens.*
- Φουντούλης Δ. (1984): Σχέση μεταξύ σεισμικότητας και τεκτονικής. Εκτίμηση σεισμικής επικινδυνότητας. Πρακτικά Συνεδρίου «Σεισμοί και Κατασκευές», Τόμος II, Αθήνα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Β' ΤΟΜΟΥ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Αρ. Σελ.

ΓΑΚΗ-ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Κ. - ΜΑΡΟΥΚΙΑΝ Χ. - ΖΑΜΑΝΗ Α.:	
Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στο άνω τμήμα του Ινάχου ποταμού, Αργολίδα	163 - 179
GRUBNER E. - VERGNIS S. : Der Boden als Hauptfaktor einer angewandten landschftsökologischen Gliederung mit Beispielen aus dem Pielachtal - Niederöstetteich	180 - 209
ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Δ - ΓΑΚΗ-ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Κ.: Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στην ευρύτερη περιοχή Κεχριών Κορινθίας και συσχετίσή τους με σεισμολογικά δεδομένα	210 - 223
ΦΡΥΔΑΣ Δ.: Έρευνα παγετωδών αποθέσεων με τη μέθοδο της Φωτογεωλογίας	224 - 232
✠ ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α. - ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ Λ. - ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε. - ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ.: Η αλληλεπίδραση φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος της Κασσάνδρας Χαλκιδικής	233 - 241
VERGNIS S.: Paläaböden und Klimaschwankungen während des Jungpleistozäns - am Beispiel des Profils Stiefen, Niederösterreich	242 - 251
ΛΕΙΒΑΔΙΤΗΣ Γ. - ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ Α.: Μορφολογικές παρατηρήσεις στη νήσο Ζάκυνθο	252 - 266
✕ ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α. - ΡΟΚΚΑ Α. - ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΥ Ε. - ΧΑΤΖΗΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Μ.: Τεταρτογενείς διεργασίες απογύμνωσης και απόθεσης υλικών στην περιοχή του ΒΔ Παγγαίου όρους, στο Νομό Σερρών	267 - 274
ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε. - ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ. - ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΥ Ε. - ΓΕΡΑΜΙΑΝ Α.:	
Ανθρωπογενείς επιδράσεις στην εξέλιξη της Λίμνης Βεγορίτιδας	275 - 289
ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ-ΒΡΥΝΙΩΤΗ Κ.: Ελληνικό Κάρστ και Περιβάλλον	290 - 299
ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ Κ. - ΓΚΟΥΡΝΕΛΜΟΣ Θ.: Ποσοτική ανάλυση των σπηλαίων καταβοθρών της πρώην λίμνης της Κωπαΐδος	300 - 310
✕ ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ. - ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε. - ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α. - ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ Λ.:	
Μηχανισμοί και εξέλιξη του Δέλτα του Αξιού ποταμού κατά τον 20 ^ο αιώνα	311 - 325
ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ Κ - ΖΑΜΑΝΗ Α. - ΜΑΡΟΥΚΙΑΝ Χ.: Γεωμορφολογική εξέλιξη περιοχής Κερατέας - Θορικού (νότια Αττική) από το τέλος του Νεογενούς μέχρι σήμερα	326 - 334
ΓΚΙΩΝΗΣ Γ.: Γεωμορφολογικές διεργασίες και ρυθμικές γεωμορφές στην παράκτια ζώνη του Κυπαρισσιακού κόλπου	335 - 349
ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ Κ. - ΚΟΥΛΗ Κ.: Γεωλογικές επιστημονικές στο έργο του Παισανία	
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.	350 - 359

Αρ. Σελ.

ΚΟΝΙΣΠΟΛΙΑΤΗΣ Ν. - ΒΑΡΝΑΒΑΣ Σ. - ΠΑΝΑΓΟΣ Α: Λιθολογικά και Ορυκτολογικά χαρακτηριστικά των παρακτίων υποθαλασσιών ιζημάτων του Λακωνικού κόλπου	360 - 379
ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ Α. - ΣΑΧΠΑΖΗΣ Κ.: Διεύρυνση της ευστάθειας των πρανών της περιοχής Αλμυρής - Κατακαλίθου (Ν. Κορίνθου) - Τρόποι αντιπετώπισης - Συγκράτησης αστοχιών	380 - 402
ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Χ. - ΓΚΟΥΡΝΕΛΛΟΣ Θ.: Αυτόματη χάραξη ισοϋψών καμπυλών	403 - 410
GOURNELLOS TH., ALEXOPOULOS CHR.: Random walk models in Earth Sciences	411 - 415
ΚΡΕΜΙΖΗΣ Α. - ΒΑΪΟΠΟΥΛΟΣ Δ.: Μαθηματικό μοντέλλο ροής υπογείων υδάτων και μεταφοράς λυμάτων	416 - 427
ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ Ν.: Διαχωρισμός περιοχών σε ενότητες με βάση τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά τους - Ενα παράδειγμα από την Πιερία Λεκάνη (Ανατ. Μακεδονία)	428 - 441
ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ Γ. - ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ Γ.: Εφαρμογή μεθόδων στατιστικής πολυμεταβλητής ανάλυσης σε προβλήματα μόλυνσης του θαλασσίου περιβάλλοντος από βάρεια μέταλλα	442 - 469
ΑΛΙΒΑΝΗΣ Κ. - ΑΣΤΑΡΑΣ Θ. - ΣΟΥΛΑΚΕΛΛΗΣ Ν.: Η χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.) στην εξεύρεση-επιλογή νέων Χώρων Υγειονομικής Ταφής (Χ.Υ.Τ.) μείζονος Θεσ/νίκης	470 - 483
ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ Β. - ΠΙΤΕΡΗ Σ.: Τα δορυφορικά δεδομένα του ακτινόμετρου AVHRR του Μετεωρολογικού Δορυφόρου NOAA σαν γεωγραφικό εργαλείο	484 - 493
ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ Γ.: Γεωγραφικό Αρχείο Πληροφοριών Ιεράς Μονής Σίμωνος Πέτρας	494 - 507
ΜΑΚΡΟΓΙΑΝΝΗΣ Τ. - ΣΑΧΣΑΜΑΝΟΓΛΟΥ Χ.: Ανάλυση και γεωγραφική κατανομή των μέσων μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού στρώματος 100/500 hpa πάνω από την Ευρώπη	508 - 519
ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗΣ Χ. - ΑΡΣΕΝΗ-ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Α. - ΓΚΙΚΑ Σ.: Η ισοδύναμη θερμοκρασία κατά το ψυχρό πεντάμηνο στην Αθήνα	520 - 528
ΜΑΧΑΙΡΑΣ Π. - ΚΟΛΥΒΑ-ΜΑΧΑΙΡΑ Φ.: Η ξηρασία και τα δυναμικά της αίτια στον Ελληνικό χώρο	529 - 546
ΝΑΣΤΟΣ Π.: Η μέθοδος kriging και οι εφαρμογές της στη Κλιματολογία ...	547 - 555
ΒΑΛΑΔΑΚΗ-ΠΛΕΣΣΑ ΑΙΚ. - ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ Α.: Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στην περιοχή Σχίνου (Ν. Κορινθίας) με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.)	556 - 572