

ΤΟΜΟΣ
VOLUME XXVII

ΔΕΛΤΙΟ

ΤΗΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF GREECE



ΑΘΗΝΑ
ATHENS 1991



ΤΟΜΟΣ
VOLUME XXVII

ΔΕΛΤΙΟ

ΤΗΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF GREECE



ΑΘΗΝΑ
ATHENS 1991





ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ:
ΓΡΑΦΕΙΟ ΕΚΔΟΣΕΩΝ
ΕΘΝΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

ΕΚΤΥΠΩΣΗ:
ACCESS
Σολωμού 46,
106 82, Αθήνα

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ

(που εκλέχτηκε στη Γενική Συνέλευση των μελών της Εταιρίας την 7/3/1988)

Δρ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., Αναπλ. Καθηγ. Παν/μίου Αθηνών	Πρόεδρος
Δρ. ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν., Αναπλ. Καθηγ. Ε.Μ.Π.	Αντιπρόεδρος
Δρ. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ, Ι., Αναπλ. Καθηγ. Ε.Μ.Π.	Γεν. Γραμματέας
Δρ. ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ - ΔΙΑΚΑΝΤΩΝΗ Α., Επικ. Καθηγ. Παν/μίου Αθηνών	Ειδ. Γραμματέας
Δρ. ΣΚΑΡΠΕΛΗΣ, Ν., Λέκτορας Παν/μίου Αθηνών	Ταμίας
Δρ. ΣΑΜΠΩ, Β., Επικ. Καθηγ. Παν/μίου Αθηνών	Έφορος
Δρ. ΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., Καθηγ. Παν/μίου Αθηνών, Πρόεδρος Δ.Σ. ΙΓΜΕ	Σύμβουλος
Δρ. ΚΙΡΟΣ, Γ., Γεωλόγος ΙΓΜΕ	Σύμβουλος
Δρ. ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ, Κ., Λέκτορας Παν/μίου Αθηνών, Γενικός Δ/ντης ΙΓΜΕ	Σύμβουλος
Δρ. ΤΣΙΑΜΠΑΟΣ, Γ., Γεωλόγος Υπουργ. Περ. Χωρ. Δημ. Έργων	Σύμβουλος

GEOLOGICAL SOCIETY OF GREECE

BOARD OF DIRECTORS

(elected at the General Assembly of the members of the Society on March 7/3/1988)

Dr. PAPANIKOLAOU, D., Assoc.Prof. University of Athens	President
Dr. FYTROLAKIS, N., Assoc.Prof. National Technical University of Athens	Vice-President
Dr. KOUMANTAKIS, J., Assoc.Prof. National Technical University of Athens	Secretary-General
Dr. MARKOPOULOU-DIAKANTONI, A., Assis.Prof. University of Athens	Exec. Secretary
Dr. SKARPELIS, N., Lecturer, University of Athens	Cashier
Dr. SABOT, V., Assis.Prof. University of Athens	Trustee
Dr. MARIOLAKOS, I., Prof. University of Athens, President of the Board of Inst. Geol. Min. Expl. (I.G.M.E.)	Member
Dr. MIGIROS, G., Geologist, Inst. Geol. Min. Expl. (I.G.M.E.)	Member
Dr. PAPAVALIIOU, K., Lecturer, University of Athens, Director General of Inst. Geol. Min. Expl. (I.G.M.E.)	Member
Dr. TSIAMBAOS, G., Geologist, Ministry of Environment, Planning and Public Works	Member

**Οι εργασίες του τόμου αυτού ανακοινώθηκαν σε
Επιστημονικές Συνεδρίες της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας
το 1991 (Γεωενημέρωση, Νο 12, 14).**

**Εκτυπώθηκαν το 2002, με την εκδοτική και οικονομική
συνδρομή του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών**



Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας Bulletin of the Geological Society of Greece	Τόμ. Vol.	XXVII	σελ. pag.	5-16	Αθήνα Athens	1991
---	----------------------------	--------------	----------------------------	-------------	-------------------------------	-------------

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ Ν. ΡΟΔΟΠΗΣ)*

Χρ. Πεταλάς¹ & Ι. Διαμαντής²

ABSTRACT

The plio-pleistocene alluvial sediments of the coastal area of Rhodopi - Thrace, exhibit a specific lithology characterized by an irregular size-stratification and display as a whole a considerable degree of primary heterogeneity.

The above mentioned structural arrangement facilitate sea - water intrusion into coastal aquifers through different passages.

Thus in the cause of the chosen and followed methodology which comprises: (1) a systematic evaluation of the observed TDS - variation in g.w. under consideration through periodically repeated study of specific electrical conductance (especially during pumping periods) and (2) a critical study (distribution, interrelation, evaluation) of various parameters taken from appropriate chemical analyses of g.w. samples.

It was finally concluded that the deterioration of g.w. quality is due to other factors apart from the sea - intrusion regime and also that the location - procedure of the various pollutive agents requires a detailed, thorough and well conducted site investigation and research work.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παράκτια περιοχή του νομού Ροδόπης παρουσιάζει μια ιδιόμορφη λιθολογική δομή, αποτελείται από πλειο-πλειστοκαινικές αποθέσεις (ποτάμιας-ποταμοχειμάρριας προέλευσης), που χαρακτηρίζονται από τις άτακτες εναλλαγές των οριζόντων τους και οι οποίες εναλλαγές δημιουργούν στο σύνολο της ανάπτυξής τους μια ετερογένεια. Η δομή αυτή δημιουργεί αρχικά μια ευνοϊκή διάταξη για τη διείσδυση της θάλασσας μέσα από διαφορετικές διαδρομές μέχρι την ενδοχώρα.

Με τη μεθοδολογία όμως που ακολουθήθηκε, όπως:

1. Με τη συστηματική παρακολούθηση των μεταβολών της συγκέντρωσης αλάτων στα υπόγεια νερά με διαχρονικές μετρήσεις της ηλεκτραγωγιμότητας κυρίως κατά την αντλητική περίοδο.

* A systematic approach in locating the different ground water pollutive agents in a certain area (The case of the coastal area of Rhodopi - THRACE).

¹ Petalas, Chr., Γεωλόγος, Ερευνητής Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης.

² Diamantis, I., Επ. Καθηγητής Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης.

Ανακοινώθηκε κατά την επιστημονική συνεδρία της Ξάνθης, την 9/5/1991.

2. Με τη διανομή των διαφόρων δεικτών που προέρχονται από τα στοιχεία των χημικών αναλύσεων των νερών ή και τις μεταξύ τους σχέσεις αυτών των στοιχείων.

Προέκυψε ότι σε διάφορες περιοχές η επιβάρυνση οφείλεται και σε άλλους παράγοντες εκτός της θάλασσας, καθώς επίσης ότι η διάκριση αυτή δεν είναι εύκολη και απαιτείται πάντα λεπτομερής και επίπονη έρευνα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υφάλμυρα και αλμυρά νερά συχνά βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία με γλυκά υπόγεια νερά και μπορεί να προκαλέσουν αξιοσημείωτους περιορισμούς στην αξιοποίηση των γλυκών υδάτινων πόρων. Ιδιαίτερα η διείσδυση αλμυρού νερού σε παράκτιους υδροφορείς έχει γίνει τελευταία αντικείμενο μιας πολύ αξιόλογης ερευνητικής προσπάθειας. Το ενδιαφέρον για την αυτού του προβλήματος έχει προκληθεί και από την ανάγκη της αυξημένης ζήτησης τόσο για την άρδευση αυτών των περιοχών όσο και για την κάλυψη των αναγκών σε νερο οιαφόρων άλλων δραστηριοτήτων π.χ. ανάπτυξη τουρισμού.

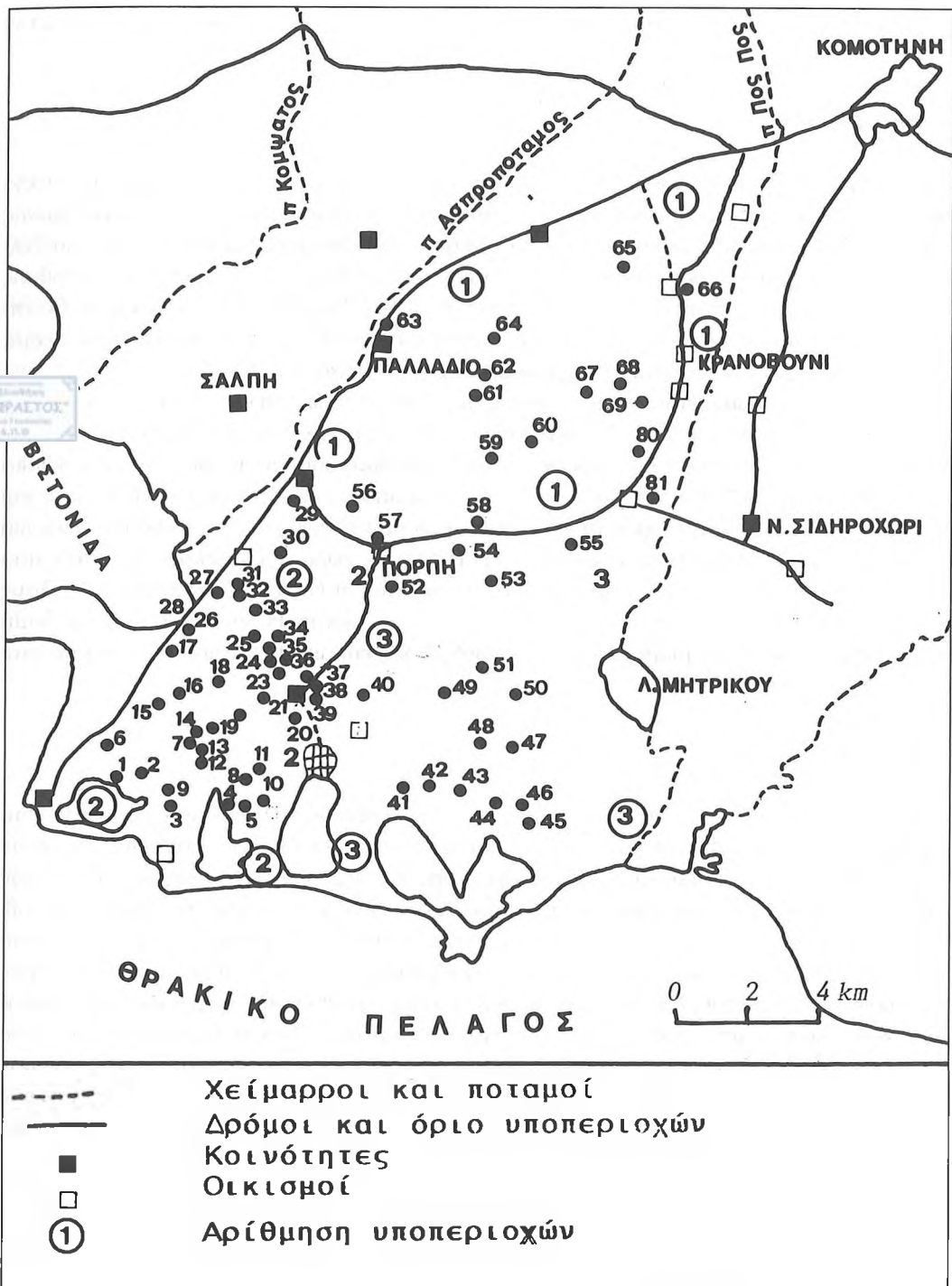
Για την επαρκή διαχείριση των υδάτινων πόρων μιας παράκτιας περιοχής θα πρέπει να προβλεφθούν τόσο οι αλλαγές στην αλμυρότητα των υδροφορέων που συνδέονται μ' ένα οποιοδήποτε σχήμα εκμετάλλευσης όσο και η πηγή προέλευσής της που δεν είναι πάντα η θάλασσα.

Η κατανόηση της αντιστοιχίας ενός υφάλμυρου υπόγειου υδροφόρου σε σχέση με την εντατικοποίηση της εκμετάλλευσής του ή μη απαιτεί την ολοκληρωμένη γνώση του συνόλου του συστήματος (σύνολο υδρογεωλογικών συνθηκών). Μερικώς η αντιστοιχία αυτή θα υπαγορεύεται από τη διάταξη του επιβαρυσμένου νερού η οποία με τη σειρά της υπαγορεύεται από την προέλευσή του. Ο καθορισμός της προέλευσής του είναι συνθήτως υδροχημικός, ιδιαίτερα στην περίπτωση που η επιβάρυνση του υδροφορέα είναι αποτέλεσμα της διείσδυσης της θάλασσας. Η αξία της υδροχημικής διερεύνησης μπορεί οπωσδήποτε να είναι περιορισμένη στην περίπτωση που οι χημικές παρατηρήσεις μπορούν ισομερώς να ερμηνευτούν στη βάση δύο ή περισσότερων σειρών διαδικασιών. Κατ' ακολουθία η ορθή γνώση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής όπου εντοπίζεται το πρόβλημα της επιβάρυνσης κρίνεται σαν απαραίτητη για την αξιοποίηση των στοιχείων της υδροχημείας και προς αποφυγή εσφαλμένων συμπερασμάτων όσον αφορά την προέλευσή της.

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια για την ερμηνεία της προέλευσης της επιβάρυνσης στους υδροφορείς της νότιας περιοχής του Νομού Ροδόπης (Εικ. 1) που ορίζεται δυτικά και βόρεια από το τμήμα της Ε.Ο. Ξάνθης-Κομοτηνής μεταξύ του οικισμού Γλυκονερίου και της Κομοτηνής, ανατολικότερα του χειμάρρου Βοσβόζη και νότια από το Θρακικό Πέλαγος. Η προσπάθεια της εργασίας στηρίζεται κυρίως σε στοιχεία υδρογεωλογίας και υδροχημείας τα οποία συγκεντρώθηκαν κυρίως κατά τα δύο τελευταία έτη. Γίνεται σύγκριση των διαφόρων δεικτών όπως Revelle, Na/Cl, τόσο σε δείγματα από διαφορετικές γεωτρήσεις όσο και με αναλύσεις δειγμάτων θαλάσσιου νερού της περιοχής. Επίσης γίνεται μια προσπάθεια να εντοπισθούν σημαντικές αλλαγές στην ειδική ηλεκτραγωγιμότητα (SEC) με την πάροδο των ετών.

Η παρουσία ανθρακούχων στρωμάτων καθώς και η παρουσία λεπτόκοκκων υλικών ερμηνεύει τις αυξημένες αλατότητες εκεί όπου οι άλλοι παράγοντες αποκλείονται.

Τέλος, επιχειρείται μια προσπάθεια διάκρισης σε περιοχές όπου έχουμε διείσδυση της θάλασσας και στις περιοχές όπου πηγές παγιδευμένης αλμύρας προκαλούν την επιβάρυνση των υδροφόρων οριζόντων.



Εικ. 1: Τοπογραφικός χάρτης με τις υποπεριοχές έρευνας και τις θέσεις των γεωτρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν.

Η περιοχή της μελέτης εντοπίζεται στο ανατολικό τμήμα του τεκτονικού βυθίσματος της λεκάνης Ξάνθης-Κομοτηνής.

Γεωμορφολογία

Η υπό μελέτη περιοχή εμφανίζει ένα λοφώδες έως ημιλοφώδες ανάγλυφο με την παρουσία μικρών χειμάρρων που κατευθύνονται κυρίως προς τα νότια. Αυτό είναι αποτέλεσμα της έντονης διάβρωσης της περιοχής κατά το τεταρτογενές εξαπίας των έντονων αυξομειώσεων του επιπέδου της θάλασσας με αποκορύφωμα το ανώτερο Wisconsinan-Holocene οπότε η πώση της στάθμης της θάλασσας άγγιξε περίπου τα 115m (PIPER *et al.*, 1991). Παράλληλα προς την κατεύθυνση αυτή (κατά την ίδια περίοδο) συνέβαλε και η τεκτονική δράση η οποία είχε σαν αποτέλεσμα

την ανύψωση της περιοχής συγκριτικά με αυτήν της Βιστωνίδας.

ολογικά το ανώτερο τμήμα της περιοχής δομείται από υλικά τα οποία στρωματογραφικά ανήκουν στο πλειοπλειστοκαινο. Η διάκριση των δύο περιοχών δεν είναι δυνατή μόνον από τα ιζηματολογικά χαρακτηριστικά, επειδή και οι δύο σχηματισμοί αποτέθηκαν σε αλλουβιακό περιβάλλον χωρίς διακοπή. Ίσως το χρώμα μόνον να αποτελεί κάποιο στοιχείο διάκρισης και αυτό όχι ασφαλές. Οι υδροφορείς της περιοχής αναπτύσσονται κυρίως μέσα στα πλειοκαινικά ιζήματα. Πρόκειται για αδιαβάθμητα υλικά κυρίως άμμο, κάλικες και μικρές κροκάλες που έχουν υποστεί διαγένεση σε μικρό βαθμό, με αλλεπάλληλες ενστρώσεις από αργίλους ασβεστιτικούς έως πλαστικούς, κίτρινωπού-καστανού χρώματος. Η σύνθετη εσωτερική δομή τους αντανakλά τα πολυάριθμα «επεισόδια» διάβρωσης και απόθεσης στα οποία αποδίδεται και η ετερογένεια του υλικού.

Υδρογεωλογία

Τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της υδροφορίας που αναπτύσσεται στα πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα έχουν από παλιά προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών (ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, 1987). Η περιοχή χαρακτηρίζεται από χαμηλές βροχοπτώσεις μικρότερες των 750mm το έτος και μια παρατεταμένη ξηρή περίοδο που ευνοεί την αυξημένη εξατμισοδιαπνοή.

Η παρουσία μόνον εφήμερων μικροχειμάρρων και η κάλυψη των υδροφορέων από αδιαπέρατο αργιλικό κάλυμμα στο μεγαλύτερο τμήμα τους δεν επιτρέπει την τροφοδοσία τους παρά μόνον σε μικρό βαθμό και μόνον εκεί όπου έχουμε εξασθένηση του αργιλικού καλύμματος και σχηματισμό φρεατίου υδροφορέα στις σύγχρονες αποθέσεις. Παρά τη σημαντική ετερογένεια του υλικού, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα υλικά της πλειοπλειστοκαινικής σειράς συμπεριφέρονται στον κυρίως όγκο τους σαν ένας ενιαίος υδροφορέας υπό πίεση ο οποίος οριοθετείται από την παρουσία των γκριζοπράσινων αργίλων. Η τροφοδοσία του γίνεται κυρίως μέσω των απορροών του Κομφάτου και κατά δεύτερο λόγο από τους άλλους χειμάρρους της περιοχής όπως ο Ασπροπόταμος και το Χιονόρεμμα κατά τις υγρές περιόδους. Η υδρογεωλογία και η τεκτονική της περιοχής συγκλίνουν στην παραδοχή ότι η κίνηση του νερού από τον Κομφάτο για την τροφοδοσία των υδροφόρων της περιοχής γίνεται διαμέσου του Τμήματος Παλλαδίου-Γλυκονερίου.

Ο κύριος όγκος του υδροφορέα αποτελείται από ένα και συνήθως δύο και τρία στρώματα σημαντικού πάχους τα οποία βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία μεταξύ τους. Το πάχος του ποικίλει όπως και το βάθος στο οποίο αρχίζει το ανώτερο στρώμα. Γεωτρήσεις διέτρησαν υδροφόρα στρώματα πάχους μέχρι και 90m. Η μέση παροχή των γεωτρήσεων είναι 120 m³/h

(τα στοιχεία αναφέρονται στην περίοδο της ανόρυξης). Βαθμιαία όσο πλησιάζουμε προς τα όρια του υδροφορέα η παροχή μειώνεται και έχουμε την παρουσία μεγαλύτερου αριθμού επάλληλων υδροφόρων στρωμάτων τα οποία όμως βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία με τον κύριο υδροφορέα. Η διάταξη αυτή ευνοεί τοπικά την υδραυλική επικοινωνία ορισμένων απ' αυτά τα υδροφόρα στρώματα με τη θάλασσα ή και με πρόσφατης ηλικίας εγκλωβισμένα αλμυρά νερά.

Ως αποτέλεσμα έχουμε, όπως θα δούμε στη συνέχεια, σε ορισμένες περιοχές, την υποβάθμιση της ποιότητας των νερών του υδροφορέα, είτε λόγω της εκμετάλλευσής του είτε όχι.

Εγκλωβισμένα αλμυρά νερά πρόσφατης ηλικίας αναπτύσσονται και στην περιοχή νότια της λίμνης Μητρικού. Εδώ ενώ επηρεάζουν την ποιότητα των υδροφορέων της Μειοκαινικής σειράς καθώς και αυτή του φρεάτιου των πρόσφατων αποθέσεων, δεν διαφαίνεται να αποτελούν απειλή για τον κυρίως υδροφορέα της περιοχής, επειδή αυτός δεν βρίσκεται σε υδραυλική επικοινωνία με τα στρώματα αυτά λόγω του ότι στην περιοχή αυτή (ΝΑ της Πόρπης) απαντάται σε σημαντικό βάθος.

ΠΗΓΕΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Τα φαινόμενα που προκαλούν επιβάρυνση στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες οφείλονται σε πολλές αιτίες.

Οι σπουδαιότερες και οι πλέον συνηθισμένες απ' αυτές είναι η γειτονία με τη θάλασσα, η παρουσία παλιών θαμμένων αλμυρών, η γεωθερμία καθώς επίσης και η παρουσία βιογενών ιζημάτων.

Στην περιοχή έρευνας η διεύθυνση της θάλασσας σε γλυκούς υδροφορείς ή η ρύπανση αυτών από την παρουσία παλιών θαμμένων αλμυρών είναι ένα φαινόμενο που παρατηρείται κατά μήκος όλης της παράκτιας περιοχής του Νομού Ροδόπης και συμβαίνει πάντα σε αντιστοιχία με την υπεράντληση των διαφόρων υδροφόρων. Στην περιοχή Γλυκονερίου-Μέσης πριν ακόμη αρχίσει η εκμετάλλευση σε ευρεία κλίμακα των υδροφόρων της περιοχής αυτής, (τη δεκαετία του '70), οι πρώτες γεωτρήσεις που ανορύχθηκαν συνάντησαν αλμυρά υδροφόρα στρώματα. Για το λόγο αυτό επιχειρήθηκε (έστω και με όχι επαρκή μέσα) η απομόνωση των υδροφόρων που απαντούσαν στα πρώτα 100 μέτρα από την επιφάνεια γιατί η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (SEC) των βαθύτερων υδροφόρων στρωμάτων ενεφάνιζε τιμές κάτω των 1000 mS/cm. Το στοιχείο αυτό είναι σοβαρή ένδειξη βέβαια για την ύπαρξη εγκλωβισμένων παλιών αλμυρών και εναπομένει ο προσδιορισμός των επιβαρυσμένων υδροφόρων στρωμάτων.

Στην περίπτωση που επαληθευτεί η παρουσία τέτοιων στρωμάτων δύο εκδοχές μπορεί να δοθούν για την ύπαρξή τους:

α) ότι πρόκειται για εγκλωβισμένα και σχετικά πρόσφατης ηλικίας, σε περιοχές που υπόκεινται στη δράση της παλίρροιας

β) ότι πρόκειται για υδροφόρα στρώματα τα οποία ήρθαν σε επικοινωνία με το θαλάσσιο νερό, όταν συνέβαιναν καταρρεύσεις ιζημάτων που συνδεόταν με μετατοπίσεις κατά μήκος κάποιου ρήγματος και οι οποίες δημιούργησαν ευνοϊκές συνθήκες για τη διεύθυνση του θαλάσσιου νερού προς την ενδοχώρα (GREENE, 1970). Ακόμη εδώ, αλλαγές στο βασικό επίπεδο της θάλασσας, είναι δυνατόν, να έχουν παίξει ένα ρόλο στο φαινόμενο της διεύθυνσης της. Οι ευστατικές ανυψώσεις του μέσου επιπέδου της συνδυαζόμενες με προηγούμενη (πριν την άνοδο) εκσκαφή της κοίτης κάποιου ρεύματος δια μέσου ιζημάτων, οδήγησε στη δημιουργία

ευνοϊκών συνθηκών διεύθυνσης (FARRAR *et al.*, 1988). Στη συνέχεια σε κάποια φάση των ευστατικών κινήσεων (κάθοδος στάθμης της θάλασσας) τα υδροφόρα αυτά παρέμειναν εγκλωβισμένα και αποκομμένα απ' αυτήν. Η περίπτωση αυτή θεωρείται η πλέον πιθανή.

Στην υπόλοιπη περιοχή η ύπαρξη εγκλωβισμένων αλμυρών στρωμάτων δεν έχει διαπιστωθεί.

Γενικά, όπως ειπώθηκε και στην αρχή, κατά μήκος των ακτών παρατηρείται η ανάπτυξη επάλληλων υδροφόρων στρωμάτων υπό πίεση που διαχωρίζονται από αργιλικά υλικά, και από τα οποία ορισμένα βρίσκονται σε επικοινωνία με τη θάλασσα. Πλησίον της επιφάνειας παρατηρείται ο σχηματισμός φρεάτιου ή μερικώς υπό πίεση, υδροφορέων, μέσα σε σύγχρονες αποθέσεις. Οι τελευταίοι κυρίως και κατά δεύτερο λόγο οι υπό πίεση και σε βάθος ευρισκόμενοι υδροφορείς, βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα. Ο υποβιβασμός της στάθμης τους κάτω από το επίπεδο της θάλασσας, λόγω υπεράντησης, σε συνδυασμό με τις δυσμενείς

ες τροφοδοσίας τους, ευνοεί την ανάπτυξη της διεύθυνσης. Ο πυθμένας των πολυάριθμων » όπως και αυτός των διαφόρων καναλιών της παλίρροιας, που βρίσκονται κατά μήκος της ακτής, είναι διαπερατός. Κάτι που σε συνδυασμό με την άνοδο της επιφάνειας της θάλασσας κατά την παλίρροια ευνοεί τη διήθηση προς τα κάτω του αλμυρού νερού.

Στα παραπάνω κατά κύριο λόγο οφείλεται η επιβάρυνση των νερών της παραλιακής περιοχής και κατά δεύτερο λόγο στην είσοδο της θάλασσας στους βαθείς υδροφορείς.

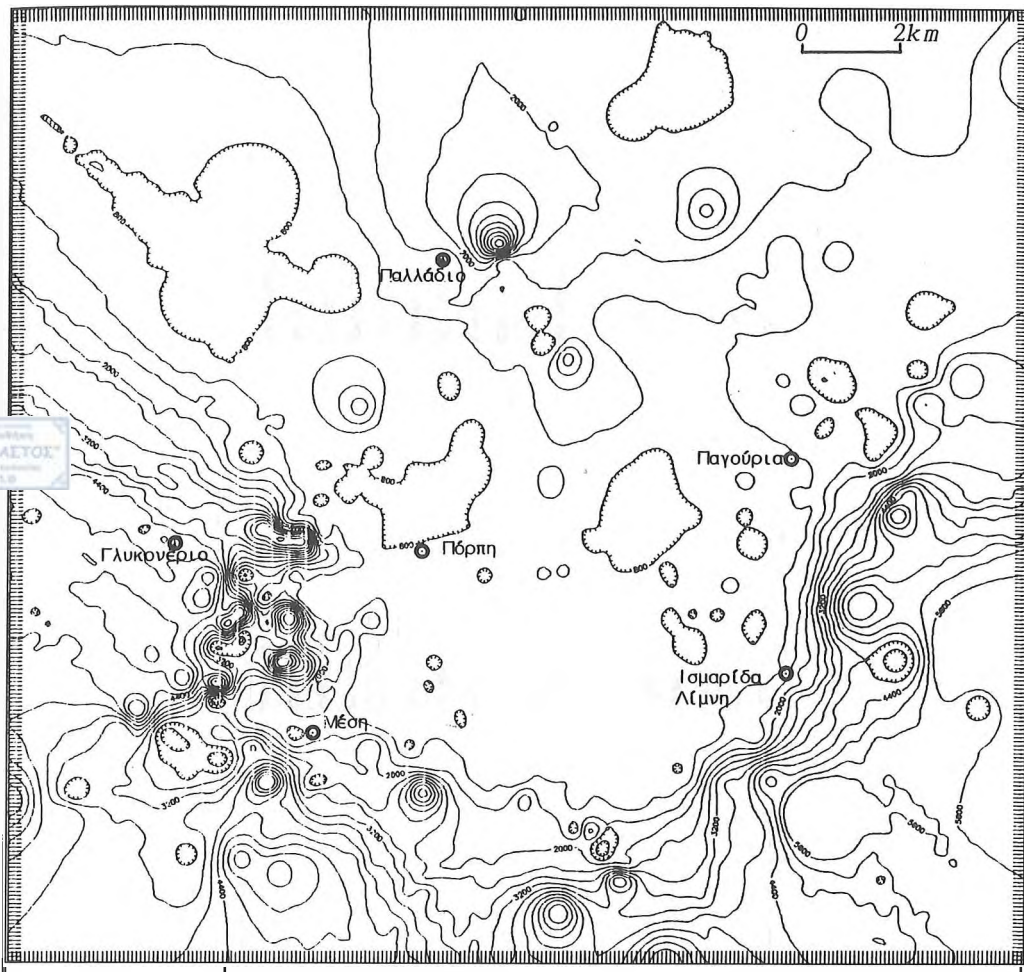
Στην ενδοχώρα εντοπίζονται περιοχές όπου γεωτρήσεις διέτρησαν και εκμεταλλεύονται υδροφόρα στρώματα του Μειοκαίνου τα οποία φιλοξενούν και λιγνιτικά στρώματα.

Τα παραπάνω υδροφόρα είναι περιορισμένων δυνατοτήτων. Επίσης οι συνθήκες ροής μέσα σ' αυτά είναι τέτοιες που επιτρέπουν την παρατεταμένη επαφή του νερού με τα υλικά μέσα στα οποία κινείται. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι ιδιαίτερα πλούσιοι σε ανθρακικό ασβέστιο.

Αποτελέσματα έρευνας στην περιοχή

Η μελέτη της διεύθυνσης στηρίχθηκε σε μια εκτεταμένη δειγματοληψία νερού κατά την περίοδο των αντλήσεων. Η επεξεργασία της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (SEC) με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή συνέβαλε στον εντοπισμό περιοχών όπου το πρόβλημα της επιβάρυνσης είναι λιγότερο ή περισσότερο έντονο. Στην Εικόνα 2, όπως αυτό προέκυψε από τον Η/Υ και στο οποίο συμπληρώθηκαν ορισμένα τοπογραφικά στοιχεία, παρατηρείται μια ζώνη με SEC η οποία κυμαίνεται από 2.000-4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και που σε αρκετές περιπτώσεις ξεπερνά και τις 19000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (περιοχή 2). Επίσης μια ζώνη με υψηλές αγωγιμότητες που ξεπερνούν και τις 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ αναπτύσσεται προς τα νότια κατά μήκος της ακτής (περιοχή 2 και κατά δεύτερο λόγο 3). Στην ενδοχώρα (περιοχή Παλλαδίου) παρατηρούνται τοπικά αυξημένες SEC έως και 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, με μεγαλύτερη συχνότητα μεταξύ των τιμών 1.000-2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Στην Εικόνα 3 φαίνονται οι τιμές SEC των γεωτρήσεων, που έχουν ομαδοποιηθεί κατά γεωγραφική ενότητα (Εικ. 1) και μετρήθηκαν πριν από το 1983 και κατά το θέρους του 1990. Παρατηρούμε λοιπόν ότι στις γεωτρήσεις της περιοχής (1) υπάρχει μια τάση αύξησης, των τιμών της SEC σε σημαντικό αριθμό από αυτές, που κυμαίνεται μεταξύ 100 και 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην υπερεκμετάλλευση των υδροφόρων στρωμάτων του παλαιογενούς τα οποία ρυπαίνονται από την επαφή τους με λιγνιτικά στρώματα, σε συνδυασμό πάντα με την εξάντληση των περιορισμένων δυνατοτήτων πλειοπλειστοκαινικών υδροφόρων στρωμάτων, ιδιαίτερα κατά την αρδευτική περίοδο. Η μικρή μείωση των τιμών SEC σε ορισμένες



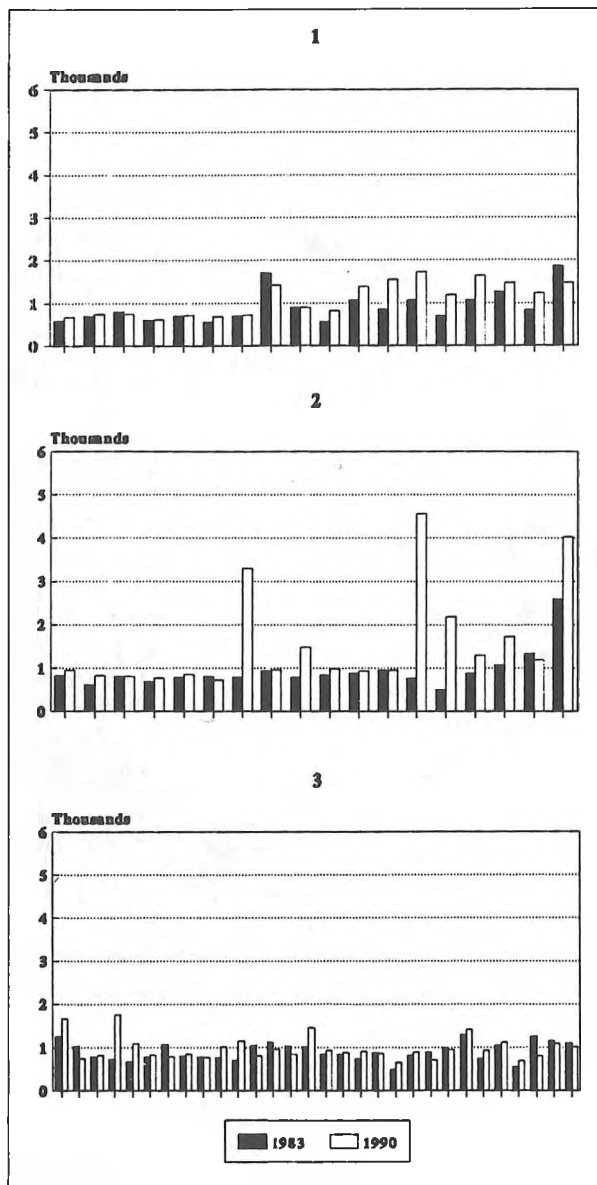
Εικ. 2: Χάρτης κατανομής ηλεκτραγωγιμοτήτων περιοχής έρευνας (ισοδιάσταση 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (σχεδιάστηκε με Η/Υ).

γεωτρήσεις, οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στη βελτίωση (για διαφόρους λόγους) των συνθηκών τροφοδοσίας των υδροφόρων στρωμάτων.

Στην περιοχή (2) παρατηρείται σε μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων μια μεγάλη αύξηση της SEC που κυμαίνεται από 200 έως 10500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Στις περισσότερες από αυτές η διείσδυση του θαλάσσιου νερού φαίνεται να αποτελεί την κυριότερη αιτία της επιβάρυνσης λόγω της γειονίας με τη θάλασσα.

Τέλος, στην περιοχή (3) παρατηρείται μια τάση αύξησης αλλά και μείωσης της SEC σε πολλές γεωτρήσεις. Η αύξηση αποδίδεται τόσο στην υπερεκμετάλλευση των υδροφόρων στρωμάτων του Μειόκαινου (ιδίως προς την ενδοχώρα), όσο και στη διείσδυση της θάλασσας στις γεωτρήσεις πλησίον των ακτών. Η βελτίωση της ποιότητας του νερού σε αριθμό γεωτρήσεων μπορεί να αποδοθεί στη δημιουργία περισσότερο ευνοϊκών συνθηκών εμπλουτισμού, πιθανός εξαίτιας της εγκατάλειψης των υδροβόρων καλλιεργειών στην ερευνούμενη περιοχή.

Γενικά μπορεί να ειπωθεί ότι, στις περισσότερες γεωτρήσεις του συνόλου της περιοχής έρευνας και ιδιαίτερα σε αυτές που εντοπίζονται στην περιοχή του κυρίως υδροφορέα,



Εικ. 3: Ιστογράμματα απεικόνισης της μεταβολής της ηλεκτραγωγιμότητας κατά την περίοδο πριν από το 1983 και κατά το έτος 1990 για τις τρεις περιοχές έρευνας.

παρατηρείται μία σταθερότητα των τιμών SEC, γεγονός που αποδίδεται στη μη ουσιαστική μεταβολή των συνθηκών τροφοδοσίας και εκμετάλλευσης, πέραν των μικρών μεταβολών που προκαλούνται από την εναλλαγή υγρών και ξηρών ετών, καθώς και από τη σημαντική μείωση των αντλήσεων λόγω του περιορισμού των υδροφόρων καλλιεργειών.

Η κατανομή των ηλεκτραγωγιμοτήτων μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά και στην κατεύθυνση αναζήτησης περιοχών φυσικού εμπλουτισμού του κύριου υδροφορέα, όπως επίσης και στην οριοθέτησή του.

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ

Δείκτης Revelle

Ο Revelle (1945), πρότεινε τη χρησιμοποίηση της σχέσης $\frac{Cl}{CO_2 + HCO_3}$ σαν κριτήριο

για τη σωστή «διάγνωση» της διείδυσης της θάλασσας στους υπόγειους υδροφορείς. Για τον χαρακτηρισμό του βαθμού της διείδυσης χρησιμοποιήθηκε ο τροποποιημένος από τον ΚΑΛΛΕΡΓΗ (1986) πίνακας του SIMPSON, επειδή θεωρήθηκε σαν πιο ασφαλής. Η επεξεργασία των χημικών αναλύσεων από (71) σημεία νερού έδωσε γι' αυτά τον δείκτη Revelle (Πιν. 1). Όπως δείχνει η κατανομή των δειγμάτων στον Πίνακα 2, δεκατρία από τα δείγματα ιρίζονται ως επικίνδυνα μολυσμένα από τη θάλασσα, τρία επίσης δείγματα εμφανίζονται αρά ρυπασμένα, και δεκαοκτώ δείγματα ως μετρίως ρυπασμένα.

Χαρακτηριστικό εδώ είναι ότι κανένα δείγμα της περιοχής (1) δεν χαρακτηρίζεται ως επικίνδυνα ρυπασμένο, ενώ πέντε δείγματα από την ίδια περιοχή χαρακτηρίζονται ως μετρίως ρυπασμένα. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία όσον αφορά την αξιοπιστία του συντελεστή Revelle, επειδή η περιοχή αυτή δομείται από μη θαλάσσια ιζήματα και βρίσκεται σε σημαντική απόσταση από τη θάλασσα.

Σχέση Na / Cl

Η σχέση αυτή μελετήθηκε για τα ίδια δείγματα σε σύγκριση με αυτήν των θαλάσσιων δειγμάτων που πάρθηκαν πρόσφατα στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος του Δ.Π.Θ. (ΟΥΖΟΥΝΗΣ, 1989) από τρεις σταθμούς της θαλάσσιας περιοχής τού Φαναριου σε μηνιαία βάση και επί ένα έτος.

Η μέση τιμή της σχέσης Na^+/Cl^- κυμαίνεται στους τρεις αυτούς σταθμούς μεταξύ 0,58 και 0,59. Η συσχέτιση των τιμών αυτών με αυτές του Πίνακα 1 δείχνει ότι υπάρχει μια σημαντική απόκλιση των τελευταίων απ' αυτές των θαλάσσιων δειγμάτων. Ένας περιορισμένος αριθμός δειγμάτων παρουσιάζει υψηλότερες τιμές ενώ αυτές των περισσότερων δειγμάτων είναι σημαντικά μικρότερες.

Συζήτηση

Ο δείκτης του Revelle επιβεβαιώνει ότι από τα εξετασθέντα δείγματα τα περισσότερα έχουν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό ρυπανθεί από τη διείδυση της θάλασσας.

Το γεγονός επίσης της απόκλισης της σχέσης Na^+/Cl^- στα υδροφόρα της περιοχής από τη μέση τιμή αυτής των θαλάσσιων δειγμάτων σε καμμία περίπτωση δεν αποκλείει τη σύγχρονη διείδυση της θάλασσας.

Η μείωση του Na μπορεί να οφείλεται στην ανάστροφη ανταλλαγή ιόντων, κατά την οποία οι συγκεντρώσεις των ιόντων Na^+ μειώνονται κατά προτίμηση επειδή αντικαθίστανται από τα ιόντα Ca^{++} . Είναι δε αυτό χαρακτηριστικό των νερών στις παρυφές της θαλάσσιας διείδυσης και μπορεί σχετικά εύκολα να αναγνωρισθεί. (LLOYD *et al.*, 1985).

Άλλα στοιχεία τα οποία έρχονται για να στηρίξουν την εκδοχή της διείδυσης είναι το γεγονός ότι στην περιοχή ΒΔ της Μέσης, γεωτρήσεις οι οποίες κατά την ανόρυξή τους είχαν

Πίνακας 1
Συντελεστής Revelle και σχέση Na/Cl των νερών των γεωτρήσεων της Εικ. 1.

A/Γ	Na/Cl	R	A/Γ	Na/Cl	R	A/Γ	Na/Cl	R
περιοχή 2			25	0.18	50.4	49	0.57	0.8
1	0.20	10.9	26	0.16	6.2	50.	0.63	0.9
2	0.21	19.2	27	1.38	0.9	51	0.45	0.9
3	0.40	1.3	28	1.17	1.1	52	0.84	1.3
4	0.19	19.9	29	0.47	1.3	53	0.58	1.1
5	0.22	5.3	30	0.15	10.3	54	0.60	0.9
6	0.29	4.5	31	0.55	1.5	55	0.46	0.8
7	0.26	2.3	32	0.40	4.3	περιοχή 1		
8	0.76	0.7	33	0.74	1.4	56	0.53	0.8
9	0.13	41.5	34	0.21	2.8	57	0.50	1.2
10	0.26	28.5	35	0.11	19.4	58	0.55	0.8
11	0.21	10.9	36	0.17	4.0	59	0.22	2.9
12	0.19	4.5	37	0.21	2.0	60	0.25	2.3
13	0.14	13.8	38	0.81	0.8	61	0.22	5.0
14	0.24	3.3	περιοχή 3			62	0.28	3.8
15	0.30	2.7	39	0.41	2.9	63	0.65	1.3
16	0.30	1.7	40	0.53	0.9	64	0.84	1.3
17	0.11	4.7	41	0.40	1.4	65	0.75	1.8
18	0.31	1.3	42	0.87	0.6	66	1.07	1.1
19	0.20	2.3	43	0.29	2.0	67	0.35	4.0
20	0.19	12.0	44	0.74	0.7	68	1.81	1.3
21	0.21	8.7	45	0.20	13.9	69	0.64	0.9
22	0.40	12.7	46	0.28	3.0	80	0.85	0.6
23	0.39	0.2	47	0.56	1.0	81	0.67	1.1
24	0.13	7.5	48	0.68	0.8			

Πίνακας 2

Χαρακτηρισμός του βαθμού ρύπανσης των νερών των γεωτρήσεων του χάρτη (Εικ. 1), λόγω διεύθυνσης της θάλασσας, σύμφωνα με το συντελεστή Revelle.

	χαρακτηρισμός του υπόγειου νερού από πλευράς ρυπάνσης από τη θάλασσα				
	Χωρίς ρύπανση	Ελαφρά ρυπασμένο	Μέτρια ρυπασμένο	Σοβαρά ρυπασμένο	Επικίνδυνα ρυπασμένο
Συντελ. R*	<1	1-2	2-6	6-10	10-150
περιοχή** 1	4	7	5	-	-
περιοχή 2	4	8	11	3	12
περιοχή 3	10	4	2	-	1

* όρια συντελεστή R όπως προτάθηκαν από τον ΚΑΛΛΕΡΓΗ (1985)

** οι περιοχές 1, 2, 3 αναφέρονται στην Εικ. 1

νερό πολύ καλής ποιότητας, σήμερα έχουν αχρηστευθεί εντελώς, ενώ το ενδεχόμενο να ρυπάνθηκαν από τα εγκλωβισμένα αλμυρά νερά της περιοχής αποκλείεται από το γεγονός ότι δεν παρουσιάζουν διακυμάνσεις στην ποιότητα του νερού, κάτι χαρακτηριστικό στις περιπτώσεις αυτές.

Επίσης δύο άλλα σημαντικά στοιχεία που συνηγορούν υπέρ της διεύθυνσης, είναι ο υποβιβασμός της στάθμης από τις υπεραντλήσεις, αρκετές δεκάδες μέτρα κάτω από το μέσο

επίπεδο της θάλασσας σε συνδυασμό με την περιορισμένη τροφοδοσία των υδροφορέων λόγω των δυσμενών κλιματικών συνθηκών και λόγω του περιορισμού από τεχνικά έργα των περιοχών φυσικού εμπλουτισμού.

Οι υψηλές αγωγιμότητες που παρουσιάζονται στην περιοχή τοπικά κυρίως, όπως επίσης και οι διακυμάνσεις που αυτές εμφανίζονται με το χρόνο, οφείλονται κυρίως στην παρουσία λιγνιτικών στρωμάτων πάχους μερικών εκατοστών έως και μερικών μέτρων.

Η επαφή του νερού με τα στρώματα αυτά συντελεί στον εμπλουτισμό τους με διάφορα ιόντα και τα οποία στη συνέχεια είναι υπεύθυνα για τις υψηλές SEC.

Υπεύθυνες ακόμη για τις διακυμάνσεις στην περιοχή είναι οι εναλλαγές ξηρών και υγρών ετών σε συνδυασμό πάντα με τις υπεραντλήσεις στην περιοχή αυτή. Γενικότερα σε τέτοιους σχηματισμούς είναι συνήθεις οι υψηλές αγωγιμότητες (GROENEWOLD *et al.*, 1981).



ΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην περιοχή μελέτης παρουσιάζονται προβλήματα επιβάρυνσης των υπόγειων νερών που οφείλονται τόσο στη σύγχρονη διείδυση της θάλασσας σε παράκτιους υδροφορείς, όσο και στην παρουσία εγκλωβισμένων αλμυρών στρωμάτων.

Στην ενδοχώρα το πρόβλημα της επιβάρυνσης οφείλεται κύρια σε υδρογεωλογικές συνθήκες.

Αίτια που συνέβαλαν στην επιβάρυνση είναι οι υπεραντλήσεις, ο περιορισμός των περιοχών εμπλουτισμού, παράλληλα με τις δυσμενείς κλιματικές συνθήκες, που παρεμποδίζουν την τροφοδοσία των υδροφόρων και φυσικά οι ευνοϊκές υδρογεωλογικές συνθήκες.

Η επεξεργασία της SEC και των στοιχείων της υδροχημείας για την αναγνώριση της πηγής προέλευσης της επιβάρυνσης είναι χρήσιμη αλλά πάντοτε, θα πρέπει να συνδυάζεται με τα υδρογεωλογικά στοιχεία.

Η διάκριση της θαλάσσιας διείδυσης και παλιών εγκλωβισμένων αλμυρών στρωμάτων δεν είναι εύκολη βασιζόμενοι μόνο στους συνηθισμένους δείκτες (Δείκτης Revelle, σχέσεις Na/CL κ.ά.) αλλά απαιτεί μια καλή γνώση της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης της περιοχής και των υδρογεωλογικών συνθηκών.

Τιμές του συντελεστή Revelle, μεγαλύτερες της τιμής έξι (6), προβάλλουν ως μια αξιόπιστη μαρτυρία για την παρουσία του φαινομένου της διείδυσης της θάλασσας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- COLLINSON, J.D., 1986. Alluvial Sediments. In., Sedimentary Environments and Facies. Edited by H.G. Reading, Second Edition. Blackwell Scientific Publications. London.
- ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι.Β., 1987. Ανάπτυξη υδροφόρων οριζόντων στις Πλειο-Πλειστοκαινικές αποθέσεις της Θράκης. *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΥΕ*. Τόμος 3 - Σελ. 687-697.
- DIAMANTIS, J.B. & PETALAS C.L., 1989. Seawater intrusion into Coastal aquifers of Thrace and its impact on the Environment. *Toxicological and Environmental Chemistry*. Vols 20-21, pp. 291-305.
- FARRAR, C.D. & BERTOLDI, G.L., 1988. Central Valley and Pacific Coast Ranges. *The Geology of North America*. In Vol.0-2, Hydrogeology. The Geological Society of America, 1988. Chapter 7, Region 4, p. 59-67.
- GREENE, G.H., 1970. Geology of Southern Monterey Bay and its relationship to the groundwater basin and saltwater intrusion. *U.S. Geological Survey, Open-File Report*, 50p.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., 1986. Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία. Τόμοι 2. Έκδοση Τ.Ε.Ε., Αθήνα.

- GROENEWOLD, G.H., REHM, B.W. & CHERRY, J.A., 1981. Depositional setting and groundwater quality, in Coal-Bearing Sediments and Soils in Western North Dakota. In Recent and ancient non-marine depositional environments. Models for exploration. S.E.P.M. Special Publication No 31 p. 157-167.
- LLOYD, J.W. & HEATHCOTE, J.A., 1985. Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater - An introduction. Glarendon Press. Oxford.
- ΟΥΖΟΥΝΗΣ, Κ., 1989. Περιβαλλοντική μελέτη παράκτιας ζώνης Ν. Ξάνθης 12, 1989. Έκθεση προς Νομαρχία Ξάνθης.
- PIPER, J.W. & PERISSORATIS, C., 1991. Late Quaternary Sedimentation on the North Aegean Continental Margin, Greece. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Vol 75, No 1, P. 46-61.
- REVELLE, R., 1941. Criteria for recognition of seawater in groundwater. *Transactions of the American Geophysical Union*, 22, 593-7.
- TELLAM, J.H. & LLOYD, J.W., 1986. Problems in the recognition of seawater intrusion by chemical means: an example of apparent chemical equivalence. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, London, 1986, 19, pp 389-398.



Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας <i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	Τόμ. <i>Vol.</i> XXVII	σελ. <i>pag.</i> 17-26	Αθήνα <i>Athens</i> 1991
---	---------------------------	---------------------------	-----------------------------

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΕ ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ, ΣΕ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

I. Διαμαντίς ¹ & Δ. Κωνσταντινίδης ²

RESUME

Par des donnees pluviometriques des stations de la vaste region de Xanthi provient que les pluies du dernier cinquieme ont la plus petit hauteur de cinq derniers cinquieme qui signifit qu' il faut transformer les programmes des travaux d' accord de ces donnees.

En examinant l' evolution des pluies pour une serie d' annees, on voit qu' il poursuit une periodicite de maxima et minima. Pour la prefecture de Xanthi c' est de 8 a 10 annes. Qui signifit que pour un estimation precis des pluies moyennes d' une station il faut tenir compt une telle cycle du temps pour les pluies annuelles.

Pour la repartition des pluies on consider qu' il existe une reaction des condition horeographiques d' une region.

Par la depouillement des donnees pluviometriques des stations des zones montagneuses de Xanthi on voit l' influence du relief intence sur la repartition pluviometrique.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από τα βροχομετρικά δεδομένα τουλάχιστον των σταθμών της ευρύτερης περιοχής Ν. Ξάνθης προκύπτει ότι οι βροχοπτώσεις της τελευταίας πενταετίας παρουσιάζουν το μικρότερο ύψος τουλάχιστον των πέντε τελευταίων πενταετιών που σημαίνει πως θα πρέπει να τροποποιηθούν οι σχεδιασμοί των προγραμματισμένων έργων σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά. Εξετάζοντας όμως την εξέλιξη της βροχοπτώσης επί σειρά ετών φαίνεται πως ακολουθεί μια περιοδικότητα όσον αφορά την εμφάνιση των μέγιστων και ελάχιστων. Για την περιοχή Ξάνθης φαίνεται πως η περίοδος αυτή είναι από 8-10 χρόνια. Αυτό σημαίνει πως για μια ορθότερη εκτίμηση της μέσης βροχοπτώσης ενός σταθμού θα πρέπει να λαμβάνεται στις επίσεις βροχοπτώσεις ένας τουλάχιστον τέτοιος χρονικός κύκλος.

Στην κατανομή της βροχοπτώσης θεωρείται ουσιαστική η επίδραση των διαφορετικών ορειογραφικών συνθηκών μιας περιοχής. Από την επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων των σταθμών της ορεινής ζώνης του Ν. Ξάνθης προκύπτει σαφέστατα η επίδραση στην κατανομή της βροχοπτώσης του έντονου ανάγλυφου παρά του υψομέτρου της περιοχής.

¹ Επ. Καθηγητής Δημοκρετίου Πανεπιστημίου Θράκης.

² Δρ Υδρογεωλόγος, Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων Ξάνθης.

Ανακοινώθηκε κατά την επιστημονική συνεδρία της Ξάνθης, την 9/5/1991.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υπερβολική αύξηση της κατανάλωσης του νερού τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα για την άρδευση, σε συνδυασμό με την αισθητή μείωση των βροχοπτώσεων, έχει δημιουργήσει την ανάγκη μιας ορθολογικής και συνδυασμένης διαχείρισης υπόγειων και επιφανειακών νερών. Για να έχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επιτυχία αυτό χρειάζεται μια πολύ καλύτερη προσέγγιση των στοιχείων του υδρολογικού ισοζυγίου και ιδιαίτερα των βροχοπτώσεων και της θερμοκρασίας της περιοχής.

Μέχρι σήμερα για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων όσον αφορά τον προσδιορισμό του κλίματος αλλά και για υδρογεωλογικές μελέτες, εθεωρείτο για τις βροχοπτώσεις ως κανονική περίοδος η τριακονταετία ή έστω ακόμη και η εικοσαετία. Όμως η μεταβολή που σημειώνεται τελευταία χρόνια στα κλιματικά δεδομένα όχι μόνο βέβαια της Ελλάδας, δημιουργεί το θέμα αν η παραπάνω περίοδος προσεγγίζει την πραγματικότητα ή θα πρέπει να λαμβάνονται υπ όψη μόνο τα στοιχεία της τελευταίας 10ετίας ή και μικρότερης περιόδου. Επίσης οι ετήσιες διακυμάνσεις της βροχόπτωσης, οι οποίες είναι χαρακτηριστικές κυρίως των ξηρών κλιμάτων, όπως της Ελλάδας, χρειάζονται ιδιαίτερη μελέτη αν η εμφάνιση των μέγιστων ή ελάχιστων ακολουθούν κάποια περιοδικότητα ή όχι. Το φαινόμενο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στις περιοχές όπου το παρεχόμενο νερό υπόγειο ή επιφανειακό εγγίζει τα όρια εφοδιασμού των καλλιεργειών.

Η κατανομή του επίσης ούγκου της βροχόπτωσης συνήθως υπολογίζεται με βάση την αρχή ότι είναι ανάλογη με το υψόμετρο της περιοχής (υψομετρική κατανομή βροχοπτώσεων = βροχαβαθμίδα). Είναι όμως γνωστό ότι και οι ορεογραφικές συνθήκες, πέρα απ' όλους τους άλλους παράγοντες μιας περιοχής, επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά τη βροχόπτωση.

Πολλές φορές είναι αρκετά διακινδυνευμένο να χρησιμοποιείται η βροχαβαθμίδα ή ο βροχομετρικός χάρτης για τον υπολογισμό των βροχοπτώσεων έστω και σε μια μικρή περιοχή (έκταση Νομού), όπου όμως εμφανίζεται ένα σύνθετο πολυσιχίδες ανάγλυφο. Μια τέτοια περιοχή μπορεί να θεωρηθεί η ευρύτερη του Νομού Ξάνθης. Με την εργασία αυτή γίνεται μια πρώτη προσπάθεια να μελετηθούν τα παραπάνω φαινόμενα στην ευρύτερη περιοχή του Νομού και να φανεί ακόμη ότι το μικροκλίμα πολλές φορές, έστω και μιας τέτοιας περιοχής, δεν συνθέτει αρμονικά το μεσοκλίμα ή και το μακροκλίμα της ευρύτερης περιοχής που ανήκει.

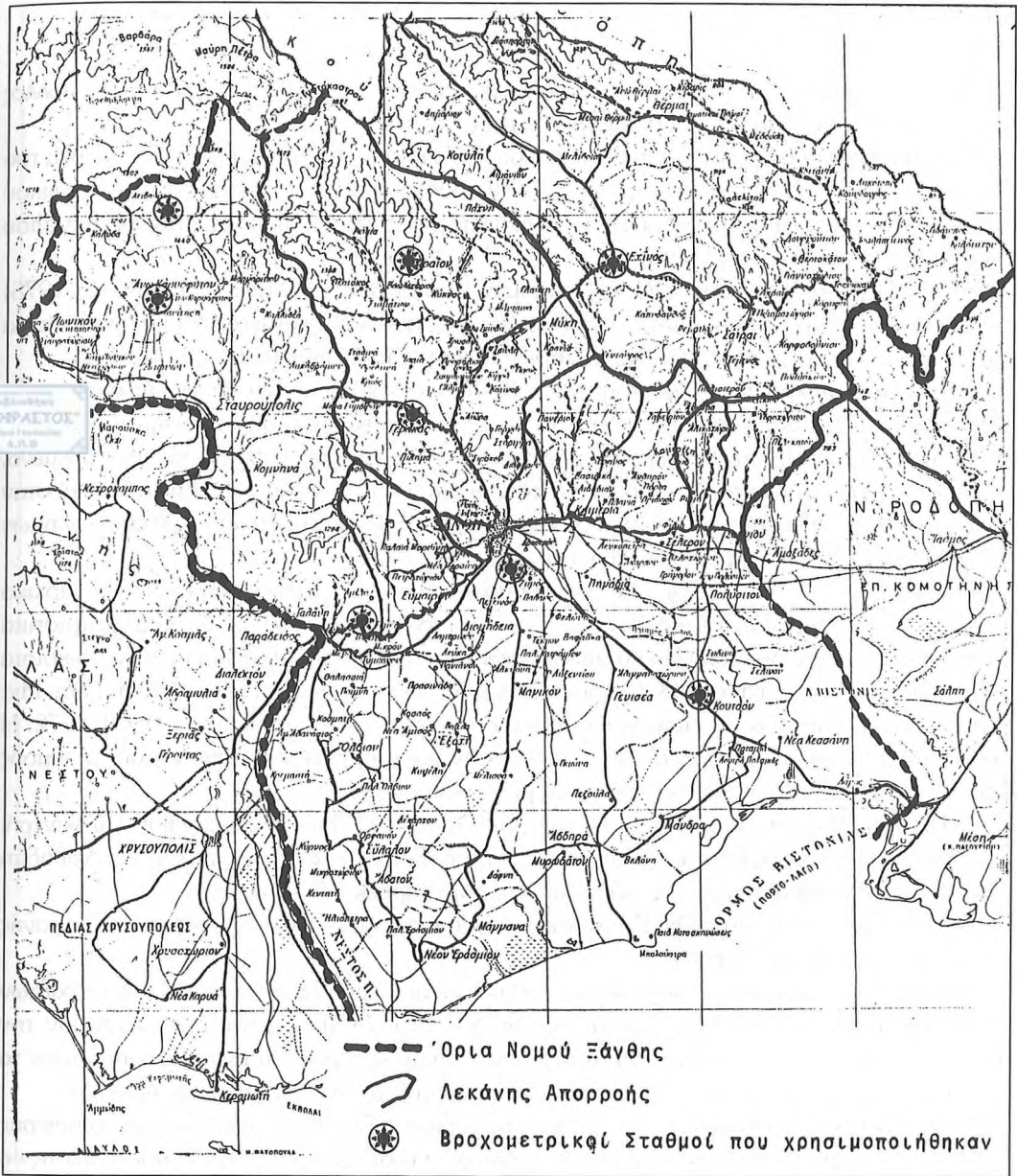
ΟΡΕΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ-ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Η περιοχή που εξετάζεται περιλαμβάνει την ευρύτερη περιοχή του νομού Ξάνθης, της οποίας ένα σημαντικό τμήμα, προς τα βόρεια αποτελεί μέρος της οροσειράς της Ροδόπης.

Χαρακτηρίζεται από ένα έντονο πολυσιχίδες ανάγλυφο με υψόμετρα που δεν ξεπερνούν τα 1900m, που όμως προς το Βουλγαρικό έδαφος είναι αρκετά ψηλότερα. Η διάταξη των ορέων είναι Β.ΒΑ-Ν.ΝΑ, έτσι που να παρεμβάλλονται προς την κατεύθυνση των βορείων ανέμων.

Η ορεινή περιοχή, επίσης διασχίζεται από ένα αριθμό κοιλάδων με κατεύθυνση κυρίως Β-Ν ως Β.ΒΔ-Ν.ΝΑ (Εικ. 1).

Το νότιο τμήμα του νομού φιλοξενεί μια μεγάλη πεδινή έκταση που διακόπτεται από μικρές λοφοσειρές. Οι λοφοσειρές αυτές παρεμβάλλονται σχεδόν στο μεγαλύτερο μέρος, παράλληλα προς τις ακτές απομονώνοντας έτσι, κατά κάποιο τρόπο την πεδινή έκταση από την άμεση επίδραση της θάλασσας.



Εικ. 1: Τοπογραφικός χάρτης ν. Ξάνθης με τις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών.

Οι βροχομετρικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στο χάρτη της Εικ. 1 και κατέχουν διάφορα υψόμετρα. Στο νομό υπάρχουν και άλλοι σταθμοί εκτός απ' αυτούς που λήφθηκαν υπ' όψη, αλλά με πολύ λιγότερες παρατηρήσεις. Ο μεγαλύτερος αριθμός από τους σταθμούς λειτουργεί από το 1965, εκτός εκείνου της Ξάνθης που λειτουργεί από το 1956. Όλοι παρουσιάζουν, ελάχιστες μηνιαίες ελλείψεις της τάξης όχι πάνω από το 2%. Βέβαια τα έτη λειτουργίας είναι σχετικά λίγα, αλλά όμως πιστεύουμε ότι δίνουν αρκετές απαντήσεις στα θέματα που έχουν τεθεί.

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΩΝ

Η περιοδικότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων –σε υπερετήσια βάση– είναι πολλές φορές εμφανής και αναφέρεται σε διάφορες μελέτες.

Από τα παγκόσμια βροχομετρικά στοιχεία στο βόρειο ημισφαίριο, σύμφωνα με έρευνα του Γαλλικού Περιοδικού Recherche (Μάρτιος 1990) προέκυψε ότι, στις μεν μικρού γεωγραφικού πλάτους περιοχές οι βροχοπτώσεις τα τελευταία χρόνια, μειώνονται, στις δε μεγάλου γεωγραφικού πλάτους αυξάνονται.

Για την Ελλάδα από έρευνες και συγκεκριμένα για τη Θεσσαλία (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ, 1978) αναφέρεται ότι η χρονική κατανομή των βροχών ακολουθεί μια επταετή (7ετη) περιοδικότητα μικρής διάρκειας και μια άλλη μακράς διάρκειας που διαρκεί περί τα 18 χρόνια.

Εν και η μακροχρόνια περιοδικότητα των 30-33 ετών δεν ήταν απολύτως εμφανής για τη Θεσσαλία, στα μαθηματικά μοντέλα που κατασκευάστηκαν έχουν χρησιμοποιηθεί ως παράγοντες περιοδικότητας τα 30 μέχρι 50 έτη και με ορισμένο εύρος μεταβολής προστιθέμενο.

Η περιοδικότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο νομό Ξάνθης αλλά και στην ευρύτερη περιοχή γίνεται εμφανής από τη χάραξη των (υδρογραφημάτων) ή των ετήσιων τιμών για τη διάρκεια λειτουργίας των σταθμών ως εξής:

α) Για το σταθμό Ξάνθης (Εικ. 2α) όπου υπάρχουν στοιχεία περίπου σαράντα ετών, αρχικά είναι εμφανής μια περιοδικότητα με διάρκεια 8-10 έτη που είναι χαρακτηριστικά επαναλαμβανόμενη. Δηλαδή εδώ θα μπορούσε να ειπωθεί ότι παρατηρείται μια περιοδικότητα στην εμφάνιση των ελάχιστων (8-10 χρόνια), ενώ η εμφάνιση των μέγιστων είναι τυχαία. Μια άλλη περιοδικότητα των 30 ετών φαίνεται στο διάγραμμα με τα ελάχιστα έτη 1971-1972. Η περιοδικότητα αυτή των 30 ετών δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθεί στους υπόλοιπους σταθμούς γιατί οι παρατηρήσεις δεν ξεπερνούν τα 20 με 25 χρόνια.

β) Για το σταθμό του Γέρακα (Εικ. 2γ) η περιοδικότητα των 8-10 ετών γίνεται και εδώ φανερό.

γ) Για τους σταθμούς Γεννησέας (Εικ. 2δ), Σεμέλης (Εικ. 2ε), Ωραίου (Εικ. 2στ) και Λειβαδίτη (Εικ. 2η) παρατηρείται πάλι η περιοδικότητα μικρής διάρκειας 8-10 ετών.

δ) Ο σταθμός του Εχίνου (Εικ. 2ζ) αν και έχει λίγα έτη παρατηρήσεων όμως είναι καταφανής η περιοδικότητα των 8-10 ετών.

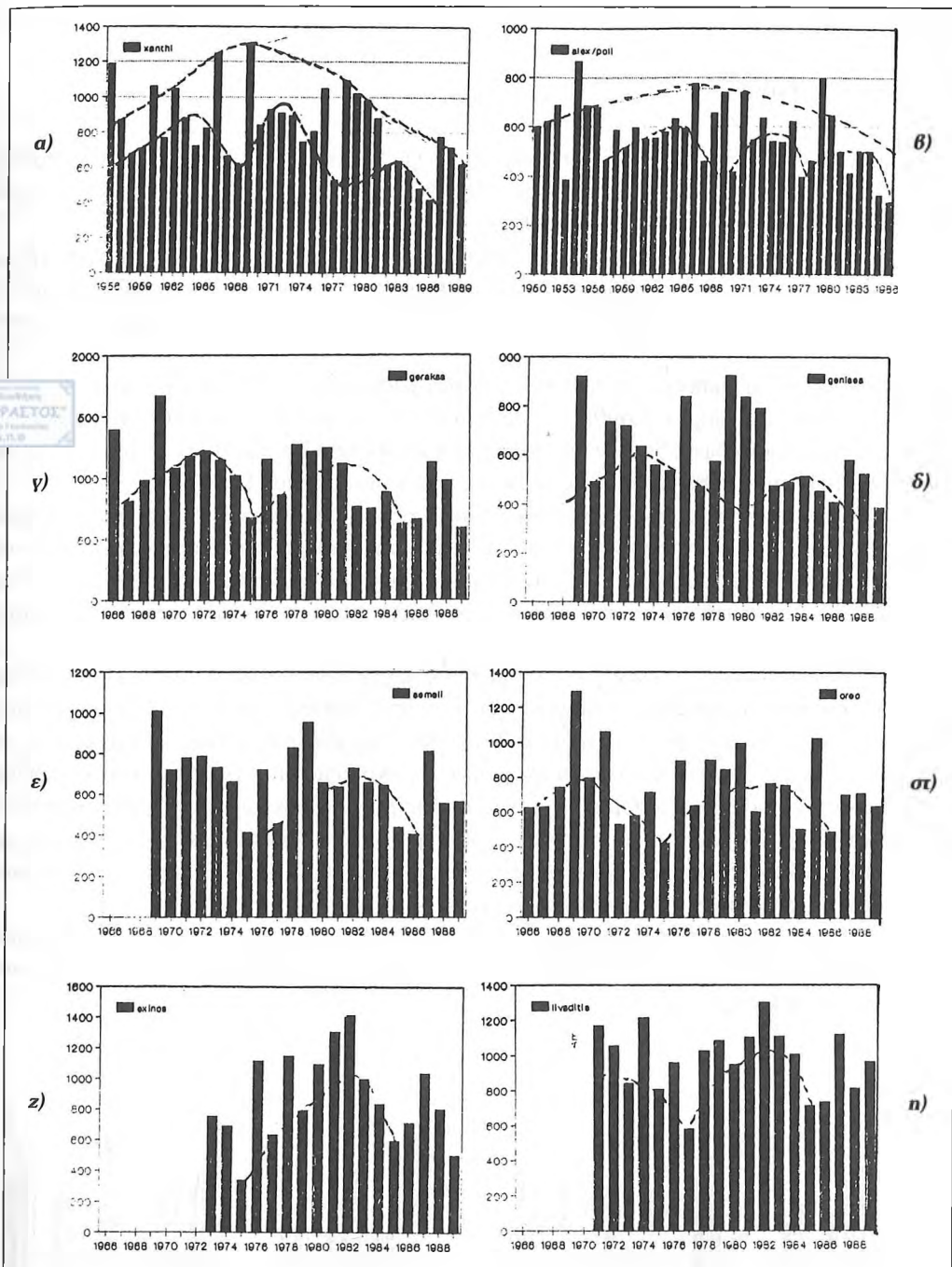
Χαρακτηριστικό όλων των παραπάνω σταθμών είναι η περιοδική εμφάνιση των ελάχιστων και το τυχαίο στην εμφάνιση των μέγιστων ενώ οι ενδιαμέσες τιμές ακολουθούν την προαναφερόμενη περιοδικότητα. Επίσης είναι εμφανής η μείωση των βροχοπτώσεων τα τελευταία χρόνια (αρκετά συνεχόμενα χρόνια κάτω από το μέσο ετήσιο ύψος βροχής).

Η σύγκριση των βροχομετρικών στοιχείων της περιοχής Ξάνθης με σταθμούς της ευρύτερης περιοχής και σαν παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί ο σταθμός της «Αλεξανδρούπολης» ο οποίος παρουσιάζει 40 χρόνια παρατηρήσεις δείχνει ότι:

Η περιοδικότητα των 30 ετών και εδώ μπορεί να καταδειχθεί μαζί με τη συνεχή πρόσφατη μείωση των βροχοπτώσεων για μια σειρά ετών (Εικ. 2θ). Επίσης τα ελάχιστα και τα μέγιστα εμφανίζονται σχεδόν στα ίδια χρόνια όπως και στο σταθμό της Ξάνθης δηλ. 1957-58, 1986-87 και 1971-72 αντίστοιχα.

Από τα παραπάνω καταδεικνύεται ότι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα δεν είναι τυχαία για το ίδιο σημείο (σταθμό) αλλά έχουν και μια περιοδικότητα.

Επίσης ότι η μείωση των βροχοπτώσεων των τελευταίων ετών είναι γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε όλες τις μελέτες έργων υδροληψίας καθώς και αποθήκευσης υπόγειου και επιφανειακού νερού.



Εικ. 2: Η μεταβολή των ετήσιων τιμών βροχόπτωσης, σε υπερετήσια βάση, για τους βροχομετρικούς σταθμούς του ν. Ξάνθης. Περιοδικότητα φαινομένου.

Είναι δυνατή η προγραμματισμένη χρήση ή απόληψη σε υπερετήσια και σε ετήσια βάση - και ρύθμιση των νερών μιας περιοχής π.χ. εμπλουτισμός μεγάλος για τα ξηρά έτη και μικρότερος για τα βροχερά, αν υπάρχει κόστος κατανάλωσης ενέργειας κ.λπ.

ΠΟΡΕΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΝΟΜΟ

Σε υπερεπίσημα βάση

Ενδιαφέρον, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένα για τη σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου για υδρογεωλογικές μελέτες και κυρίως για μελέτες έργων αποθήκευσης του νερού, παρουσιάζει η χρονική περίοδος που θα χρησιμοποιηθεί.

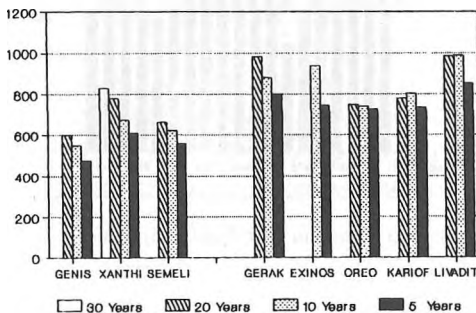
Από τις μέχρι σήμερα αναφορές σ' αυτό το θέμα, από μελέτες ή έρευνες, σε συνδυασμό με την αισθητή μεταβολή των κλιματικών συνθηκών τα τελευταία χρόνια, φαίνεται πως οι μακροχρόνιες παρατηρήσεις, τριακονταετία ή έστω 20ετία, δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

Η παραπάνω θέση επιβεβαιώνεται από την επεξεργασία των βροχομετρικών στοιχείων στην ορεινή περιοχή του Νομού Ξάνθης. Στην Εικόνα 3 απεικονίζεται για κάθε βροχομετρικό σταθμό το μέσο ετήσιο ύψος βροχής για την τελευταία 30ετία (1960-89), την τελευταία 20ετία (1970, 89), τη 10ετία (1980-89) καθώς και για την τελευταία 5ετία (1984-85).

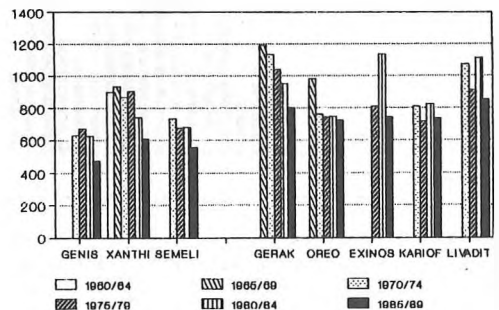
Φαίνεται λοιπόν εκεί και μπορεί να θεωρηθεί ως ένα γενικό συμπέρασμα, ότι όλοι οι σταθμοί με μια μικρή εξαίρεση το Καρυόφυτο παρουσιάζουν μια σταθερή μείωση του ύψους βροχής υπολογίζοντας αυτό στα περισσότερα πρόσφατα χρόνια, δηλ. η 10ετία είναι πτωχότερη από την 20ετία κ.λπ. Αυτό επιβεβαιώνει το γεγονός του περιορισμού των βροχοπτώσεων τα τελευταία χρόνια σε αντίθεση με τα πολύ παλαιότερα.

Η παραπάνω εικόνα συνδυαζόμενη με εκείνη της περιοδικότητας των ετήσιων υψών μπορεί αβίαστα να δώσει το συμπέρασμα ότι η τελευταία 10ετία αποτελεί τη χρονική περίοδο, που δίνει στοιχεία, που προσεγγίζουν περισσότερο την πραγματικότητα και έτσι μπορούν να θεωρηθούν πιο πραγματικά για τον υπολογισμό των στοιχείων του υδρολογικού ισοζυγίου μιας περιοχής. Το παραπάνω συμπέρασμα αφορά κυρίως υδρογεωλογικές και υδραυλικές μελέτες που έχουν να κάνουν με τα έδρα υδροληψίας και αποθήκευσης του νερού και με κανένα τρόπο το διάστημα πλημμυρών όπως για παράδειγμα κατά το σχεδιασμό των γεφυρών, υπερχειλιστών φραγμάτων, έργων εκτροπής κ.λπ.

Στην Εικόνα 4 φαίνεται η πορεία της βροχόπτωσης κάθε σταθμού ανά πενταετία. Έτσι φαίνεται άλλη μια φορά σαφέστερα για τους περισσότερους σταθμούς η πτωτική πορεία των τελευταίων πενταετιών.



Εικ. 3: Μέσο ύψος βροχόπτωσης των βροχομετρικών σταθμών του νομού για διάφορες χρονικές περιόδους.



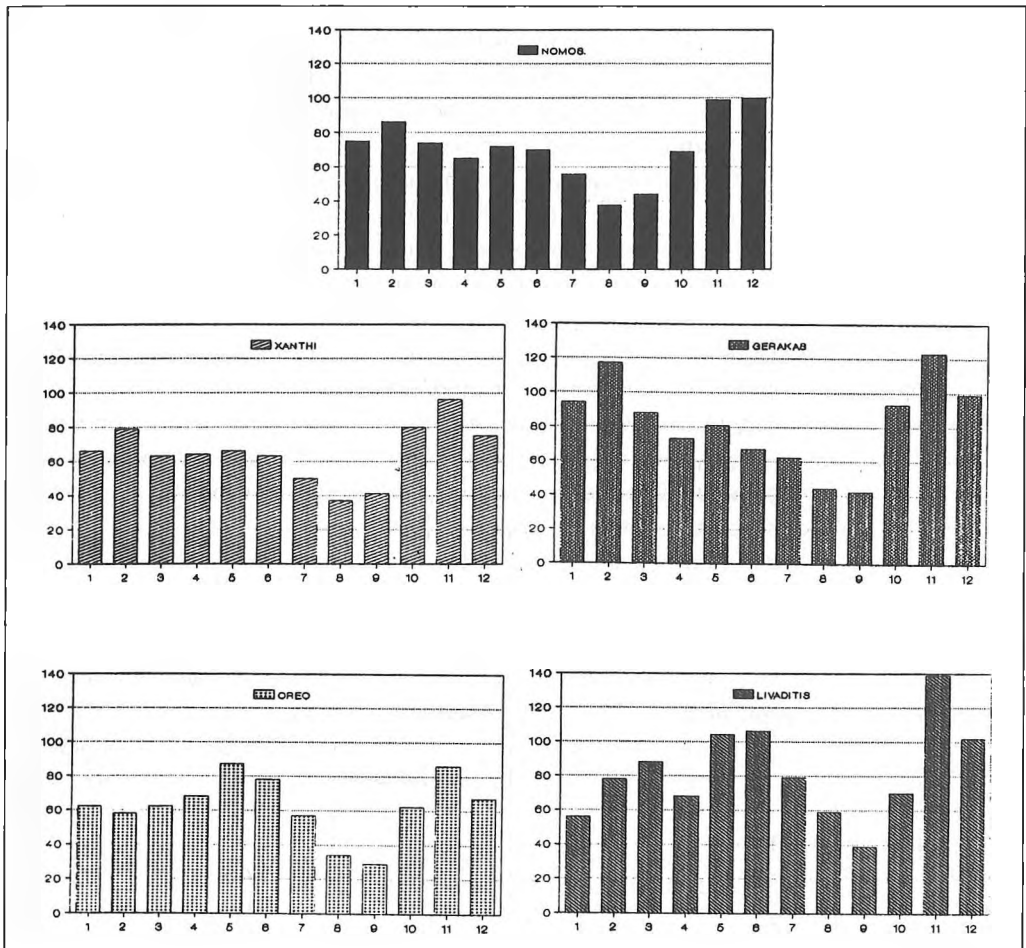
Εικ. 4: Μέσο ετήσιο ύψος βροχής πενταετιών των βροχομετρικών σταθμών του νομού.

Ετήσια Πορεία

Η ετήσια πορεία των βροχοπτώσεων μιας περιοχής προσδιορίζει κυρίως το κλίμα. Το κλίμα μιας ευρύτερης περιοχής (π.χ. Νομού) αποτελεί το μέσο κλίμα των επί μέρους περιοχών της. Όμως η επί μέρους σύνθεση των μικροκλιμάτων πολλές φορές δίνει τέτοιο αποτέλεσμα που ελάχιστα ομοιάζει με τα μεσοκλιματικά δεδομένα. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα αισθητό σε περιοχές με έντονο και διαφορετικό ανάγλυφο.

Για το Νομό Ξάνθης το μεσόκλιμα συντίθεται από τα μικροκλίματα της ευρύτερης περιοχής των σταθμών.

Στην Εικ. 5 φαίνεται η ετήσια πορεία των βροχοπτώσεων του νομού, καθώς και ορισμένων χαρακτηριστικών σταθμών που έχουν επιλεγεί. Φαίνεται λοιπόν από το σχήμα πως ορισμένοι σταθμοί έχουν ουσιαστικά διάφορο κλίμα από αυτό του μεσοκλίματος του νομού καθώς και τους. Έτσι λοιπόν πιστεύουμε ότι η πραγματική εικόνα του κλίματος μιας περιοχής με πικές ορειογραφικές συνθήκες πρέπει να δίνεται χωριστά για τις επιμέρους διαφορετικές περιοχές.



Εικ. 5: Η ετήσια πορεία των βροχοπτώσεων του νομού συνολικά (Α) και των βροχομετρικών σταθμών μεμονωμένα (Β-Ε).

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Για τον υπολογισμό της μέσης βροχόπτωσης σε μια περιοχή χρησιμοποιούνται συνήθως ορισμένες μέθοδοι, όπως εκείνης της βροχοβαθμίδας, των ισοϋέτιων καμπυλών και του πολυγώνου του Thiessen. Οι δύο πρώτες μέθοδοι στηρίζονται στην αρχή ότι το ύψος βροχής είναι ανάλογο του υψομέτρου, ενώ κατά δεύτερο λόγο λαμβάνουν υπόψη και ορισμένους άλλους παράγοντες. Η τρίτη μέθοδος δεν λαμβάνει υπόψη της το υψόμετρο, βασίζεται σε ορισμένες σημειακές τιμές (π.χ. μέσα ετήσια ύψη σταθμών) και ξεχωρίζει ορισμένες επιφάνειες που έχουν επιρροή οι σταθμοί αυτοί.

Το ερώτημα που τίθεται είναι πόσο αξιόπιστη είναι η κάθε μέθοδος για τον υπολογισμό της μέσης βροχόπτωσης σε μια περιοχή σαν παράδειγμα όπως αυτή του ν. Ξάνθης με χαρακτηριστικό το έντονο και διαφορετικό ανάγλυφο.

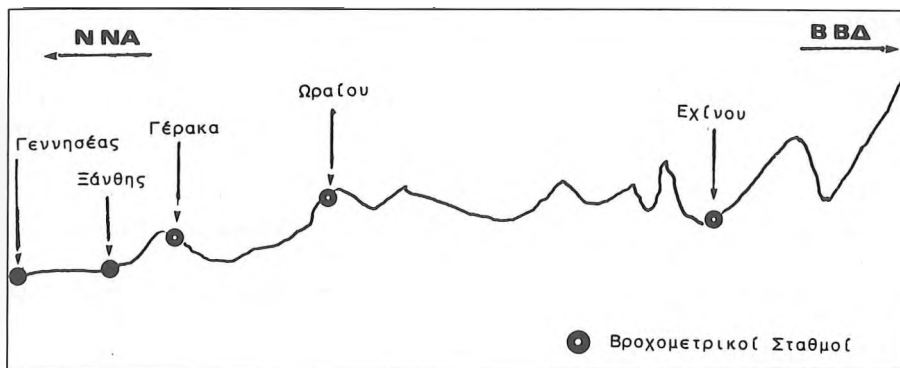
Παρατηρώντας τα στοιχεία του Πίνακα 1 με τις μέσες ετήσιες τιμές των σταθμών για την 20ετία, 10ετία και 5ετία σε σύγκριση με τα υψόμετρα γίνεται σαφέστατο ότι για πολλούς σταθμούς δεν υπάρχει αναλογία υψομέτρων-ύψους βροχής. Η διαφοροποίηση αυτή επίσης μπορεί να φανεί στις Εικόνες 4 και 5 όπου για τους περισσότερους σταθμούς ακολουθείται ένας διαφορετικός ρυθμός μεταβολής τόσο των πενταετιών όσο και των μηνιαίων τιμών. Όμως μέσα από αυτές τις αντιθέσεις μπορεί να ξεχωρίσει μια ομάδα σταθμών (Γεννησέας, Ξάνθης, Γέρακα) όπου ακολουθείται μια αναλογία ύψους βροχής-υψομέτρου και μια ομοιότητα στη μηνιαία πορεία των τιμών. Αυτή η ομάδα εντοπίζεται είτε στο πεδικό τμήμα (Εικ. 1) είτε στη γειτονία της πεδινής περιοχής, που σημαίνει σχετικά όμοιες ορογραφικές συνθήκες. Αντίθετα, οι υπόλοιποι σταθμοί εντοπίζονται μέσα στην ορεινή ζώνη.

Από μια πρώτη εκτίμηση αυτό οφείλεται σαφέστατα στις απότομες μεταπτώσεις και εναλλαγές των ορέων σε κοιλάδες σχετικά μικρού εύρους και με μεγάλες κλίσεις κλιτύων (Εικ. 6). Το παραπάνω ανάγλυφο δημιουργεί ιδιαίτερη γεωμετρία στο υδρογραφικό δίκτυο της ορεινής ζώνης. Σε κάθε κοιλάδα οι υδρομορφολογικές συνθήκες είναι διαφορετικές και επηρεάζονται από τα υψόμετρα των ορεινών όγκων που την περιβάλλουν.

Λόγω του μικρού ανοίγματος των κοιλάδων στις περισσότερες περιοχές, σε συνδυασμό με τους υψηλούς ορεινούς όγκους δημιουργούνται συνθήκες εγκλωβισμού των, ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σ' όλα τα σημεία της κοιλάδας (χαμηλά-πλευρικά), ανεξάρτητα υψομέτρου, ομοιόμορφες συνθήκες ως προς την ποσότητα των βροχοπτώσεων. Αντίθετα τους υπόλοιπους μήνες όταν η νέφωση είναι αρκετά υψηλή οι

Πίνακας 1
Μέσες τιμές διαφόρων περιόδων των βροχομετρικών σταθμών και του νομού Ξάνθης.

Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Χρονικές περιόδοι			
		1960-89	1970-89	1980-89	1985-89
ΓΕΝΗΣΕΑΣ	20		600	550	475
ΞΑΝΘΗΣ	65	829	780	675	607
ΣΕΜΕΛΗΣ	120		663	621	558
ΓΕΡΑΚΑ	340		981	878	800
ΩΡΑΙΟΥ	800		750	741	724
ΕΧΙΝΟΥ	340			935	744
ΚΑΡΙΟΦΥΤΟ	550		779	804	735
ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ	1240		984	987	850



Σχ. 6: Σχηματική τομή της μορφολογίας της μάζας της Ροδόπης. Επηρεασμός του ύψους βροχόπτωσης από τη ρογία.

ορεινοί όγκοι δημιουργούν στις κλιθείς των κοιλάδων μια διαφοροποίηση της ποσότητας της βροχής ανάλογα με τον προσανατολισμό και το υψόμετρο.

Στην Εικ. 5 φαίνεται ότι η βροχόπτωση κατά τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες είναι μεγαλύτερη στους υψηλότερους σταθμούς σε αντίθεση με τη συνολική ή τη χειμερινή βροχόπτωση.

Με βάση τα προηγούμενα προκύπτει σαφέστατα ότι η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος για τον υπολογισμό της μέσης βροχόπτωσης σε περιοχές με έντονο και διαφορετικό ανάγλυφο είναι η μέθοδος του THIESSEN με την προϋπόθεση της ύπαρξης ικανού αριθμού σταθμών εντός του χώρου μελέτης ή εφαρμογής, ενώ αντίθετα η εφαρμογή της μεθόδου της βροχοβαθμίδας ή των ισοϋείπων καμπυλών σε ομαλές περιοχές είναι περισσότερο αξιόπιστη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραπάνω προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Η βροχόπτωση στην ευρύτερη περιοχή του νομού Ξάνθης ακολουθεί μια υπερετήσια περιοδικότητα που έχει κύκλο από 8-10 χρόνια με ιδιαίτερη εμφάνιση των ελαχίστων. Επίσης ένας κύκλος 30 ετών είναι εμφανής μέχρι και το τέλος στα ελάχιστα.

2. Η περιοδική εμφάνιση των ελαχίστων είναι ένα σημαντικό στοιχείο για τη μελέτη διαχείρισης των υπόγειων και επιφανειακών νερών και όπως και για τη σύνταξη μαθηματικών μοντέλων διαχείρισης.

3. Η μείωση των βροχοπτώσεων των τελευταίων ετών που χαρακτηρίζει το βόρειο ημισφαίριο για τα γεωγραφικά πλάτη μέχρι 37° είναι αισθητή και για την ευρύτερη περιοχή του νομού Ξάνθης. Ένα στοιχείο που συνηγορεί στο ότι η σύνταξη ενός ικανοποιητικού ισοζυγίου πρέπει να στηρίζεται κυρίως στις βροχοκαμπύλες της τελευταίας 10ετίας.

4. Η Κατανομή των βροχοπτώσεων στο χώρο, επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τις έντονες ορογραφικές συνθήκες μιας περιοχής. Αυτό σημαίνει ότι σε τέτοιες περιοχές απορρίπτονται οι μέθοδοι υπολογισμού της μέσης βροχόπτωσης με την εφαρμογή μεθόδων που στηρίζονται στην αναλογία υψόμετρου-ύψους βροχής. Αντίθετα σε περιοχές με ομαλές μορφολογικές συνθήκες οι μέθοδοι αυτές είναι περισσότερο ενδεδειγμένες και κατά συνέπεια πιο αξιόπιστες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., 1985. Υδρογεωλογική μελέτη λεκάνης λίμνης Βιστονίδας. Διδακτορική Διατριβή Δ.Π. Θράκης.
- ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ Δ., 1978. Hydrodynamique d' un systeme aquifere heterogene-These D^r D' ETAT-Univ. Grenoble.
- ΜΑΧΑΙΡΑΣ,Π. - ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗΣ, Χ.,1984. Γενική κλιματολογία με στοιχεία μετεωρολογίας.
- ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗΣ, Χ.,1977. Συμβολή εις τη μελέτη του κλίματος της Μακεδονίας και Δ. Θράκης. Διδακτορική Διατριβή Παν. Θεσσαλονίκης.
- ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ, Θ.,1980. Η Επιστημονική περιοχή της Υδρολογίας-II Πανελλήνιο Σεμινάριο Υδρολογίας - Πρακτικά τ.Ι.
- ROCHE, M.,1963. Hydrologie de surface Geuthier-Villars Paris.
- RECHERCHE, 1990. Γαλλικό περιοδικό - Μάρτιος 1990.



<i>Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας</i>	<i>Τόμ.</i> XXVII	<i>σελ.</i> 27-36	<i>Αθήνα</i> 1991
<i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	<i>Vol.</i>	<i>pag.</i>	<i>Athens</i>

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΩΝ ΚΑΡΣΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΤΟΥ ΦΑΛΑΚΡΟΥ ΟΡΟΥΣ - ΔΡΑΜΑ

Α. Δημάδη

Γεωλογία - Υδρογεωλογία

Το Φαλακρό αποτελείται από μάρμαρα και στο σχηματισμό του συμμετέχουν σε μικρό ποσοστό οι σχιστογενεύσιοι και μικρές εμφανίσεις γρανοδιοριτών στο ΝΔ Φαλακρό (Εικ. 1α).

Από υδρογεωλογική άποψη το Φαλακρό μπορεί να χωριστεί σε δύο ενότητες στο Δυτικό Φαλακρό και στο Ανατολικό Φαλακρό.

Το Δ. Φαλακρό αποτέλεσε αντικείμενο παλαιότερα ευρύτερης μελέτης και μπορούμε να περιγράψουμε με σαφήνεια τις υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν.

Το Δ. Φαλακρό είναι ένας όγκος μαρμάρων του οποίου η τροφοδοσία γίνεται από τις βροχοπτώσεις από το χείμαρρο του Νευροκοπίου μέσω των καταβοθρών και υπογείως από το Α. Φαλακρό.

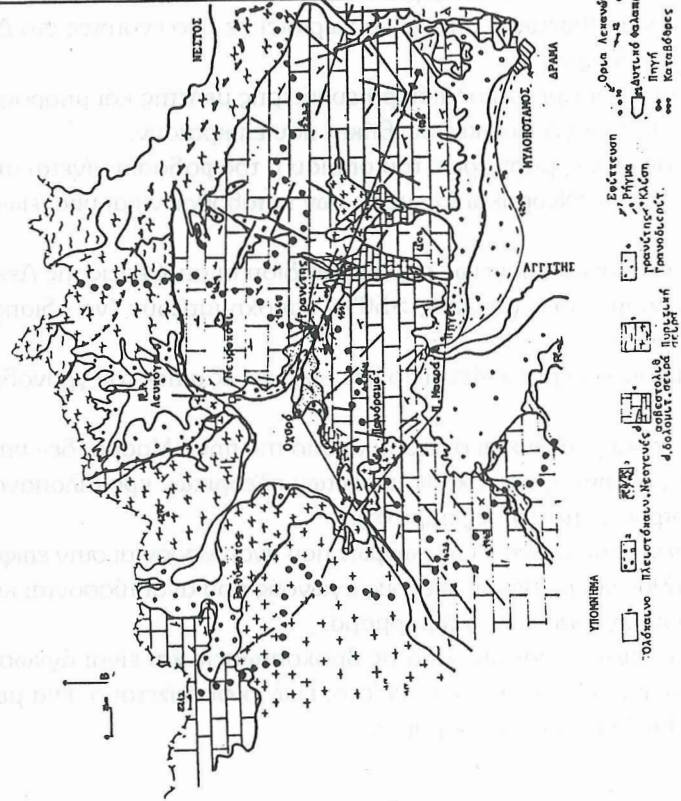
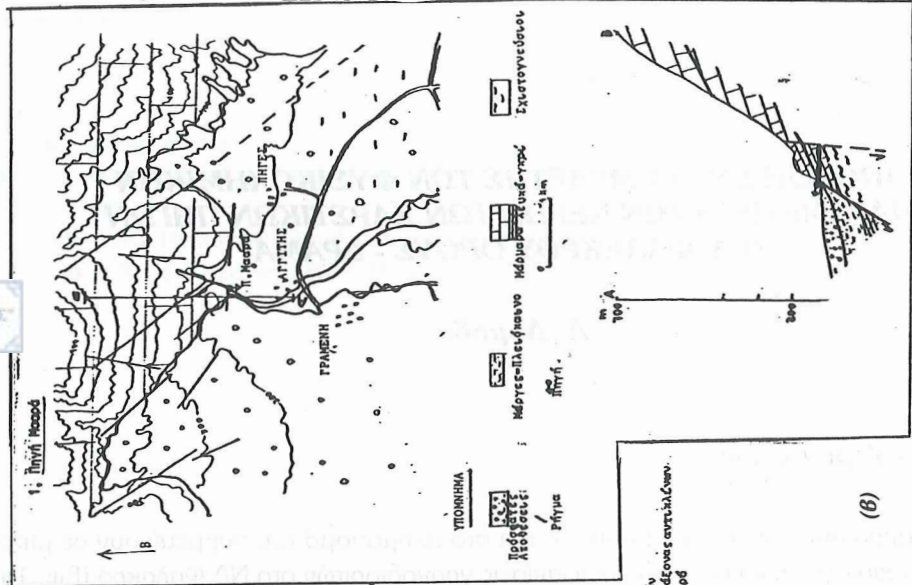
Το Δ. Φαλακρό δεν τροφοδοτείται υπογείως από βορρά διότι οι αποθέσεις της Λεκάνης του Νευροκοπίου είναι αργιλοαμμώδεις (άργιλος >50%) και σχηματίζουν ένα αδιαπέρατο στρώμα σε επαφή με τα μάρμαρα.

Η υπόγεια υδραυλική επικοινωνία με το Μενοίκιο δεν υπάρχει εξ αιτίας του γρανοδιορίτη του Πανοράματος.

Η αποστράγγιση του Δ. Φαλακρού γίνεται ουσιαστικά από την πηγή Μααρά, δεν υπάρχει μέτωπο πηγών και ελάχιστες διαφυγές υπάρχουν μέσω των πλευρικών κροκαλοπαγών, οι οποίες τροφοδοτούν τις γεωτρήσεις με μέτριες παροχές.

Η κυκλοφορία των νερών γίνεται διαμέσω των ρωγμών που αναπτύσσονται στην επιφάνεια και κλείνουν γρήγορα σε βάθος και με μεμονωμένους αγωγούς που αναπτύσσονται κυρίως στα κατώτερα λεπτοστρωματώδη γκρίζα-ταινιωτά μάρμαρα.

Το Α. Φαλακρό τροφοδοτείται ουσιαστικά από τις βροχοπτώσεις και είναι άγνωστο αν υπάρχει υδραυλική σημαντική επικοινωνία με το Νέστο, ενώ εκφορτίζεται σ' ένα μεγάλο ποσοστό από τις δύο πηγές Μυλοπόταμου και Δράμας.

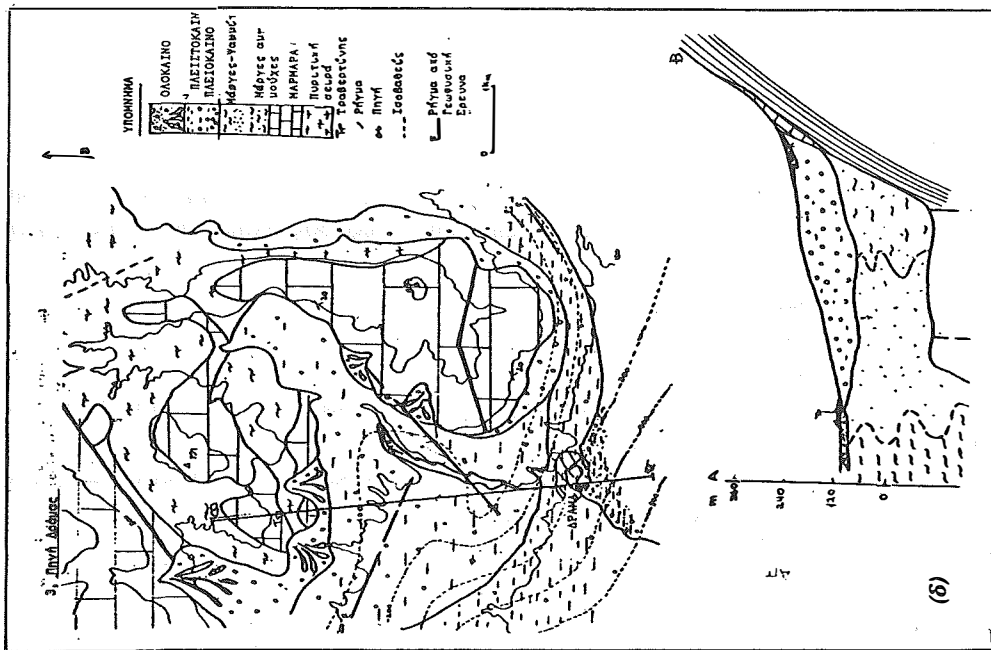
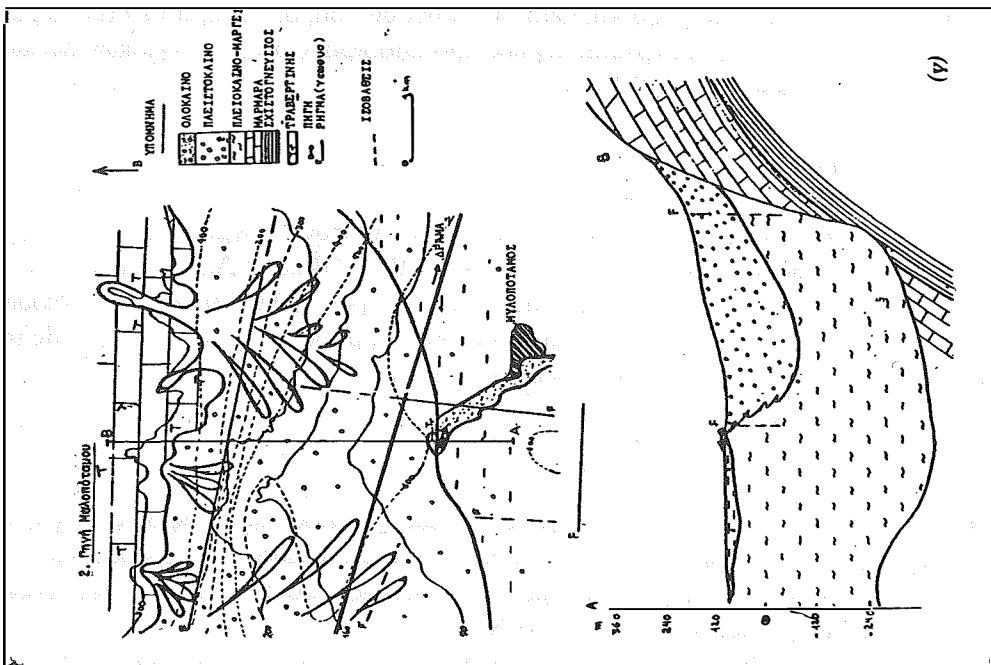


(α)

(β)

Εικ. 1α: Γεωλογικός χάρτης Φαλακρού.

Εικ. 1β: Θέση και γεωλογικές τομές της πηγής Μαζαρά.



Εικ. 1γ & 1δ: Θόσεις και γεωλογικές τομές των πηγών Μυλοπόταμου (γ) και Δρίφως (δ).

αλύτερη γνώση της υδρογεωλογίας του Δυτικού Φαλακρού μας βοήθησε στη συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων από τις μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων ανάμεσα στις πηγές του Δυτικού και του Ανατολικού Φαλακρού.

Οι πηγές που μελετήθηκαν στο Δυτικό Φαλακρό είναι οι εξής:

Πηγή Μααρά (υψόμ. 127m)

Η πηγή αυτή (Εικ. 18) είναι η έξοδος ενός υπόγειου ποταμού από τα μάρμαρα στην επαφή με τις νεογενείς αποθέσεις της Λεκάνης της Δράμας. Η έξοδος σχηματίζεται στο σημείο συνάντησης τριών ρηγμάτων:

110°B κλίση 65°NΔ

6°B κλίση 78°NΔ

160°B κλίση 30°NΔ

Τα μάρμαρα της περιοχής αυτής είναι γκρίζα, ταινιωτά με μοσχοβίτη στην επιφάνεια (διεύθυνση 110-120°B, κλίση 30°BΔ).

Τα επιφανειακά στρώματα έχουν γραμμώσεις με στοιχεία 220°B, βύθισμα 40°NΔ και δείχνουν την ύπαρξη ενός κανονικού ρήγματος.

Πηγή Πανοράματος (υψόμ. 690m)

Σχηματίζεται στην επαφή γρανοδιορίτη και Skarn κοντά σε ρήγμα 140°B. Μέχρι το υψόμετρο των 700m υπάρχουν γκρι μάρμαρα και μετά ακολουθούν άσπρα. Δεχόμαστε ότι ο κύριος όγκος των νερών της πηγής προέρχεται κυρίως από αποστράγγιση επιφανειακών λευκών μαρμάρων με μέση ετήσια παροχή 1 lit/sec.

Πηγή Οχυρού (υψόμ. 760m)

Εμφανίζεται μέσα στους γρανοδιορίτες σε μια περιοχή έντονα ρωγματομένη. Το ρήγμα που δεσπόζει είναι 160°B και τα άλλα είναι (10°B, 40°B, 60°B και A-Δ). Πιστεύουμε ότι τα νερά προέρχονται κυρίως από την αποστράγγιση των μαρμάρων, φθάνουν στον γρανοδιορίτη μέσω των ρηγμάτων αλλά δεν εισέρχονται μέσα στα μάρμαρα εκ νέου ίσως εξαιτίας της παρεμβολής αδιαπέρατου σχηματισμού, πιθανόν δολομίτη.

Πηγή Μυλοπόταμου (υψόμ. 101m)

Εδώ υπάρχει ένα μέτωπο πηγών που εμφανίζεται μέσα στο πλειστόκαινο (κροκαλοπαγή) και κοντά στην επαφή με το ανώτερο πλειστόκαινο, στο κέντρο της πεδιάδας της Δράμας (Εικ. 1γ).

Η περιοχή με βάση τα Γεωφυσικά δεδομένα, περιορίζεται από 4 ρήγματα, 2 διευθύνσεις 110°-120°B και δύο με διεύθυνση περίπου B-N.

Η πηγή αυτή κυρίως δεν λειτουργεί κατά την περίοδο του καλοκαιριού-φθινοπώρου και τα νερά που υπάρχουν αντλούνται με γεώτρηση. Η πηγή λειτουργεί προφανώς όταν η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στα μάρμαρα του Φαλακρού είναι υψηλότερη από τη στάθμη των πηγών.

Η καλύτερη γνώση της υδρογεωλογίας του Δυτικού Φαλακρού μας βοήθησε στη συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων από τις μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων ανάμεσα στις πηγές του Δυτικού και του Ανατολικού Φαλακρού.

Οι πηγές που μελετήθηκαν στο Δυτικό Φαλακρό είναι οι εξής:

Πηγή Μααρά (υψόμ. 127m)

Η πηγή αυτή (Εικ. 1β) είναι η έξοδος ενός υπόγειου ποταμού από τα μάρμαρα στην επαφή με τις νεογενείς αποθέσεις της Λεκάνης της Δράμας. Η έξοδος σχηματίζεται στο σημείο συνάντησης τριών ρηγμάτων:

0° Β κλίση 65° ΝΔ

5° Β κλίση 78° ΝΔ

160° Β κλίση 30° ΝΔ

Τα μάρμαρα της περιοχής αυτής είναι γκρίζα, ταινιωτά με μοσχοβίτη στην επιφάνεια (διεύθυνση 110-120° Β, κλίση 30° ΒΔ).

Τα επιφανειακά στρώματα έχουν γραμμώσεις με στοιχεία 220° Β, βύθισμα 40° ΝΔ και δείχνουν την ύπαρξη ενός κανονικού ρήγματος.

Πηγή Πανοράματος (υψόμ. 690m)

Σχηματίζεται στην επαφή γρανοδιορίτη και Skarn κοντά σε ρήγμα 140° Β. Μέχρι το υψόμετρο των 700m υπάρχουν γκρι μάρμαρα και μετά ακολουθούν άσπρα. Δεχόμαστε ότι ο κύριος όγκος των νερών της πηγής προέρχεται κυρίως από αποστράγγιση επιφανειακών λευκών μαρμάρων με μέση ετήσια παροχή 1 lit/sec.

Πηγή Οχυρού (υψόμ. 760m)

Εμφανίζεται μέσα στους γρανοδιορίτες σε μια περιοχή έντονα ρωγματομένη. Το ρήγμα που δεσπόζει είναι 160° Β και τα άλλα είναι (10° Β, 40° Β, 60° Β και Α-Δ). Πιστεύουμε ότι τα νερά προέρχονται κυρίως από την αποστράγγιση των μαρμάρων, φθάνουν στον γρανοδιορίτη μέσω των ρηγμάτων αλλά δεν εισέρχονται μέσα στα μάρμαρα εκ νέου ίσως εξαιτίας της παρεμβολής αδιαπέρατου σχηματισμού, πιθανόν δολομίτη.

Πηγή Μυλοπόταμου (υψόμ. 101m)

Εδώ υπάρχει ένα μέτωπο πηγών που εμφανίζεται μέσα στο πλειστόκαινο (κροκαλοπαγή) και κοντά στην επαφή με το ανώτερο πλειστόκαινο, στο κέντρο της πεδιάδας της Δράμας (Εικ. 1γ).

Η περιοχή με βάση τα Γεωφυσικά δεδομένα, περιορίζεται από 4 ρήγματα, 2 διευθύνσεις 110° -120° Β και δύο με διεύθυνση περίπου Β-Ν.

Η πηγή αυτή κυρίως δεν λειτουργεί κατά την περίοδο του καλοκαιριού-φθινοπώρου και τα νερά που υπάρχουν αντλούνται με γεώτρηση. Η πηγή λειτουργεί προφανώς όταν η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στα μάρμαρα του Φαλακρού είναι υψηλότερη από τη στάθμη των πηγών.

Πηγή Δράμας (υψόμε. 95m)

Η πηγή Δράμας (Εικ. 1δ) είναι ένα μέτωπο πηγών μέσα στην πόλη. Εμφανίζεται στην επαφή του ανώτερου πλειστοκαινίου και ολόκαινου αλλά η τροφοδοσία της γίνεται από τα μάρμαρα. Η πυριτική σειρά που εμφανίζεται κυρίως βόρεια της Δράμας δρα σαν ένα φράγμα και τα νερά καταλήγουν στη θέση των πηγών Δράμας.

Υδροχημεία

Χρησιμοποιήθηκε η μελέτη των φυσικοχημικών παραμέτρων για το διαχωρισμό σε ομάδες των πηγών που ανήκουν στον ίδιο ορεινό όγκο. Επίσης η μελέτη της εξέλιξης των χημικών παραμέτρων στο χρόνο έδωσε πληροφορίες για τη δομή και λειτουργία των πηγών συστημάτων Ανατολικού Φαλακρού - Δυτικού Φαλακρού και των πηγών που εμφανίζονται σ' αυτά.

Όλα τα νερά είναι όξινα ανθρακικά, θειούχα ασβεστίτικα.

Θερμοκρασία

	Μέση ετήσια θερμοκρασία σε °C
Πηγή Μααρά	11.5
Πηγή Οχυρό	11.0
Πηγή Πανοράμα	11.5
Πηγή Μυλοπόταμου	15.6
Πηγή Δράμας	15.2
Νευροκόπι YEB	11.0
Σπήλαιο Μααρά	12.5
Μααρά	12.4
Δράμα YEB	14.8

Παρατηρείται ότι η θερμοκρασία των πηγών του Δ. Φαλακρού είναι χαμηλότερη περίπου 4°C από τις αντίστοιχες του Α. Φαλακρού.

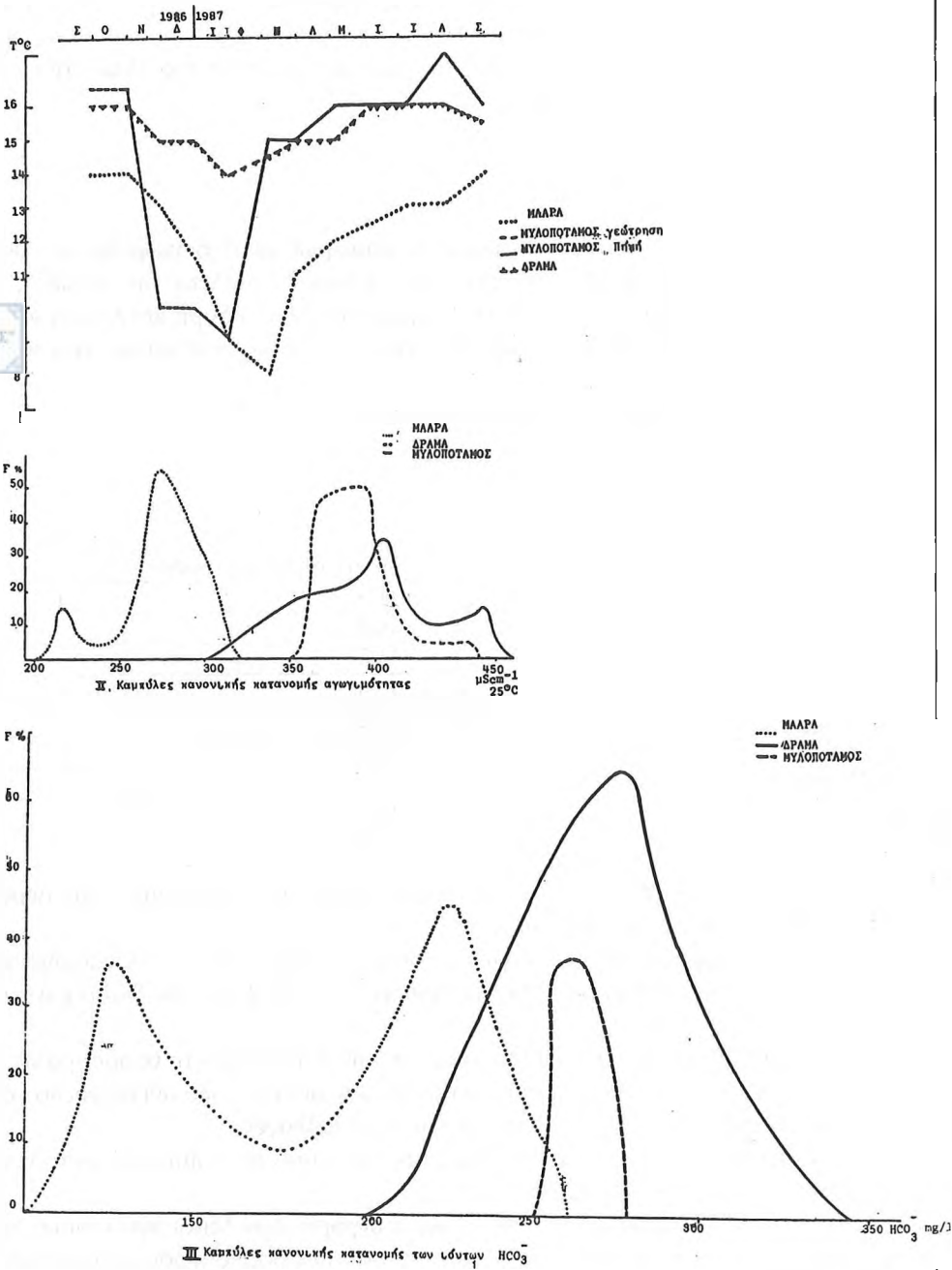
Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες των πηγών με τις αντίστοιχες τοπικές, συμπεραίνεται ότι τα νερά των πηγών Οχυρού, Πανοράματος και Μααρά διατρέχουν μεγάλη διαδρομή και σε βάθος.

Ιδιαίτερα η θερμοκρασία των πηγών Μααρά είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του Νευροκοπίου αλλά προσεγγίζει την αντίστοιχη της περιοχής διότι τα καλά ανεπτυγμένο κάρσι κοντά στην έξοδο διευκολύνουν τις ανάλογες θερμικές ανταλλαγές.

Οι θερμοκρασίες της πηγής Δράμας είναι μεγαλύτερες από την τοπική και αυτό ευνοεί ένδειξη ότι η κυκλοφορία γίνεται σε μεγάλο βάθος.

Η πηγή Μυλοπόταμου παρουσιάζει την ίδια συμπεριφορά όταν λειτουργεί η πηγή, αλλά εδώ η επίδραση των βροχών είναι έντονη. Με την έναρξη των βροχοπτώσεων παρατηρείται μια πτώση της θερμοκρασίας λόγω της πορείας του νερού μέσα στα κροκαλοπαγή.

Οι μεταβολές της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια ενός υδρολογικού κύκλου δείχνουν ότι στις πηγές Μααρά και Μυλοπόταμου έχουμε άμεση συμμετοχή των νερών κατείσδυσης στην εκροή ενώ στις πηγές της Δράμας τα νερά της κατείσδυσης πρέπει να αναμειγνύονται καλά με το προϋπάρχον αποθηκευμένο νερό (Εικ. 2).



Εικ. 2: Μεταβολή της Μέσης Μηνιαίας θερμοκρασίας των Πηγών Μααρά, Μυλοπόταμου, Δράμας.

Οι μεταβολές της θερμοκρασίας στην πηγή Μααρά χρησίμευαν και σαν ικνηθέτες σε συνδυασμό με την αύξηση ή ελάττωση της παροχής της, αναλόγως με την περίοδο και επιβεβαίωσαν την εκδοχή ότι τα νερά από τις καταβόθρες του Οχυρού ως την πηγή Μααρά χρειάζονται 36 ώρες για να φθάσουν στην έξοδο στο τέλος της ξηρής περιόδου και 6 ώρες κατά την υγρή περίοδο.

Η πτώση ή η άνοδος γίνεται με βαθμίδες και το εύρος της δεν ξεπερνά τον 1°C/24 ώρες. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια ανάμιξη των νερών με προϋπάρχοντα νερά.

Το ΡΗ των πηγών είναι σχεδόν σταθερό και έχει την ίδια τιμή 7.7.

Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα των πηγών του Δ. Φαλακρού είναι μικρότερη σε σχέση με την αγωγιμότητα αλακρού.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ σε μScm^{-1} σε 25°C

ΠΗΓΗ	ΜΑΑΡΑ	ΟΧΥΡΟΥ	ΠΑΝΟΡΑΜ.	ΜΥΛΟΠΟΤ.	ΔΡΑΜΑΣ
Μέση Τιμή	270	260	280	397	380

Οι πηγές του Μυλοπόταμου παρουσιάζουν αυξημένη αγωγιμότητα ίσως λόγω της διαδρομής των νερών μέσα στα κροκαλοπαγή.

Το ίδιο πιθανόν ισχύει και για την πηγή Δράμας αλλά η διαδρομή τους μέσα στα κροκαλοπαγή είναι μικρότερη και παρουσιάζουν μικρότερη αύξηση της αγωγιμότητας.

Το εύρος της διακύμανσης είναι περίπου $100\mu\text{Scm}^{-1}$.

Καμπύλες κανονικής κατανομής

Σύμφωνα με το νόμο της κανονικής κατανομής κατασκευάστηκαν οι καμπύλες κατανομής των συχνοτήτων των τιμών της αγωγιμότητας για τις πηγές Μααρά, Μυλοπόταμου και Δράμας (Εικ. 2).

Η καμπύλη του Μααρά δείχνει την ύπαρξη δύο ομάδων νερών η μία προέρχεται από τις ρωγμές ενώ η άλλη από τους αγωγούς.

Οι καμπύλες των πηγών Δράμας και Μυλοπόταμου δείχνουν ότι η κυκλοφορία των νερών γίνεται περισσότερο σ' ένα ομοιογενές μέσον.

Δισανθρακικά

Οι τιμές των Δισανθρακικών του Δ. Φαλακρού είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες στο Α. Φαλακρό αλλά παρουσιάζουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια ενός υδρολογικού κύκλου. Αυτό είναι ένδειξη ότι τα νερά των βροχοπτώσεων φθάνουν γρηγορότερα στις εξόδους στο Δ. Φαλακρό ενώ τα νερά της πηγής Δράμας αναμειγνύονται καλά προηγουμένως με τα προϋπάρχοντα αποθέματα.

ΔΙΣΑΝΘΡΑΚΙΚΑ σε mg/lit

ΠΗΓΗ	ΜΑΑΡΑ	ΟΧΥΡΟΥ	ΠΑΝΟΡΑΜ.	ΜΥΛΟΠΟΤ.	ΔΡΑΜΑΣ
Μέση Τιμή	221	205	204	299	296

Η κατασκευή των καμπυλών της κανονικής κατανομής με μεταβλητή τη συγκέντρωση σε HCO_3^- , έδειξε ότι το σύστημα του Μααρά είναι περισσότερο σύνθετο (2pic), το σύστημα του Μυλοπόταμου εμφανίζει 1-pic που πιθανόν να οφείλεται στη διαδρομή μέσα στα κροκαλοπαγή ενώ το σύστημα της Πηγής Δράμης είναι ενδιάμεσο (Εικ. 2).

Θειικά

Όλες οι πηγές παρουσιάζουν καλές συγκεντρώσεις $\text{SO}_4^{=}$ (17,7-46.4mg/lit). Η πηγή του Μααρά παρουσιάζει τις μεγαλύτερες ενώ οι πηγές Οχυρού και Πανοράματος τις μικρότερες.

Η περιεκτικότητα σε $\text{SO}_4^{=}$ των νερών της πηγής Μααρά ελαττώνεται κατά την υγρή περίοδο και αυξάνεται κατά την ξηρά περίοδο ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τις υπόλοιπες πηγές.

Πιθανόν τα $\text{SO}_4^{=}$ να προέρχονται από την απόπλυση των συγκεντρώσεων PBG που κονται κυρίως μέσα στις καρστικές κοιλότητες.

Η βασική κυκλοφορία των νερών της πηγής Μααρά υποθέτουμε ότι γίνεται στην επαφή του στεγανού υποβάθρου και της υπερκείμενης ασβεσπιτικής σειράς. Στο όριο όμως αυτό υπάρχουν και οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των PBG άρα η αύξηση των $\text{SO}_4^{=}$ κατά την ξηρά περίοδο επιβεβαιώνει την παραπάνω υπόθεση.

Ο λόγος $\text{rHCO}_3^- / \text{SO}_4^{=}$ παρουσιάζει μια αύξηση από την πηγή Μααρά προς την Πηγή Δράμης.

ΠΗΓΗ	ΜΑΑΡΑ	ΟΧΥΡΟ	ΠΑΝΟΡΑΜ.	ΜΥΛΟΠΟΤ.	ΔΡΑΜΑΣ
$\text{rHCO}_3^- / \text{SO}_4^{=}$	3.7	6.3	6.1	8.0	7.5

Η αύξηση αυτή δείχνει ότι τα νερά έχουν κυρίως κινηθεί διαμέσου ανθρακούχων πετρωμάτων των οποίων το ποσοστό αυξάνεται από την Πηγή Μααρά προς την Πηγή Δράμης.

Χλώριο-Νάτριο-Κάλιο

Οι τιμές των ιόντων κυμαίνονται σε όλες τις πηγές:

Cl:3.5-7.4 mg/lit

Na:2.0-6.0 mg/lit

K:0.2-1.6 mg/lit

και δεν παρουσιάζουν μεγάλες αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια ενός υδρολογικού κύκλου.

Ασβέσιο-Μαγνήσιο

Η περιεκτικότητα σε Ca^{++} κυμαίνεται ανάμεσα σε 38.1 mg/lit (Οχυρό) και 79.7 mg/lit (Μυλοπόταμος) ενώ οι διακυμάνσεις της είναι σχετικά μικρές και αυτή είναι σχεδόν σταθερή στις πηγές Δράμης και Πανοράματος.

Η περιεκτικότητα σε Mg^{++} κυμαίνεται ανάμεσα σε 2.7 mg/lit (Πανόραμα) και σε 13.3 mg/lit (Οχυρό).

Οι διακυμάνσεις είναι μικρές με εξαίρεση τη μεγάλη αύξηση που παρουσιάζεται στην πηγή Οχυρού κατά την ξηρά περίοδο.

Όλες οι πηγές παρουσιάζουν λόγο $rMg^{++} / Ca^{++} < 1$.
 και συγκρίνοντας με τον αντίστοιχο λόγο των πετρωμάτων της περιοχής παρατηρείται ότι ο λόγος αυτός είναι πλησιέστερος προς τον αντίστοιχο του γνευσίου.

Πηγές	Μααρά 0.22	Οχυρού 0.3	Πανοράμ. 0.15	Μυλοπόταμ. 0.21	Δράμα 0.18	
Γεωλογικοί σχηματισμ.	Μάρμαρα λευκά 903	Μάρμαρα ταινιωτά γκρι 0.068	Δολομίτης 0.81	Γνεύσιος 0.18	Ασβεστιπ. σχιστόλιθος 0.045	Γρανίτης 0.6

Ανταλλαγή ιόντων (βάσεων)

έγινε εφαρμογή του δείκτη της ανταλλαγής των βάσεων (H. SCHOELLER 1934):

$$i.e.b. = r \frac{Cl - (Na+k)}{Cl} \quad \text{ή} \quad r \frac{Cl - (Na+k)}{SO_4 + HCO_3 + NO_3}$$

Τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

Πηγές	Μααρά	Οχυρού	Πανοράμ.	Μυλοπόταμ.	Δράμας
i.e.b.	-0.83	-1.13	0.31	0.36	0.005

Ο δείκτης αυτός όταν είναι αρνητικός δείχνει ότι τα νερά κυκλοφορούν μέσα σε αλλοιωμένα κρυσταλλικά και κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα.

Επειδή τα πετρώματα αυτά παρουσιάζουν αύξηση της περιεκτικότητάς τους σε ιόντα αλκαλίων παρά σε ιόντα Cl^- εξ αιτίας της αλλοίωσης των ορυκτών τους με πυριτική ούσταση η παρατήρηση αυτή για τις πηγές Οχυρού και Μααρά και κυρίως για την πηγή Μααρά είναι μια επιβεβαίωση ότι η κυκλοφορία των νερών κυρίως κοντά στην ξηρή περίοδο γίνεται στην επαφή της πυριτικής σειράς και της σειράς των μαρμάρων.

Περιεκτικότητα σε T

Οι τιμές που μετρήθηκαν ήταν για τις πηγές Μααρά και Μυλοπόταμου περίπου 40UT ενώ για την πηγή Δράμας 30UT. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσα στα νερά του Μυλοπόταμου και του Μααρά. Ίσως αυτό αποτελεί και την επιβεβαίωση της ύπαρξης τρίτης πηγής τροφοδοσίας, της πηγής Μααρά, που προέκυψε από το υδρολογικό ισοζύγιο για το Δ. Φαλακρό.

Αντιθέτως τα νερά της πηγής Δράμας παρουσιάζουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε UT δείχνουν ότι υπάρχει μια αποθήκη αρκετά εκτεταμένη ή μια καλή ανάμειξη ανάμεσα στα νερά της βροχής και τα αποθέματα. Η δεύτερη υπόθεση σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων θεωρείται η πιθανότερη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη των Φυσικοχημικών παραμέτρων διαχωρίζει σαφώς τις πηγές του Δυτικού Φαλακρού από τις πηγές του Ανατολικού Φαλακρού. Οι πρώτες παρουσιάζουν μικρότερη

περιεκτικότητα σε άλατα.

Η διαδρομή των νερών όλων των πηγών είναι μεγάλη σε μήκος και γίνεται σε μεγάλο βάθος.

Οι διακυμάνσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια ενός υδρολογικού κύκλου δείχνουν ότι τα νερά των πηγών Μααρά από τη στιγμή της κατείσδυσης φθάνουν γρηγορότερα στην έξοδο από τα νερά των πηγών Μυλοπόταμου και Δράμας.

Η υπόγεια υδρογεωλογική λεκάνη της πηγής Δράμας είναι μεγαλύτερη και μέσα σ' αυτήν αναμειγνύονται πολύ καλά τα νεώτερα και παλαιότερα νερά. Η καρστικοποίηση είναι ίσως περισσότερο ανεπτυγμένη στο Δυτικό Φαλακρό.

Οι μεταβολές της θερμοκρασίας ανά βαθμίδες στην Πηγή Μααρά δείχνουν ότι υπάρχει ένα σύστημα από λεκάνες οι οποίες συνδέονται με αγωγούς μεταξύ τους. Στις λεκάνες αυτές γίνεται καλή ανάμειξη των νεώτερων και προϋπαρχόντων νερών και δια μέσου της υπερχειλίσης ιβιβάζονται στην επόμενη λεκάνη. Αυτή τη μορφή αναπτύσσει ο κεντρικός αγωγός που δέει τις καταβόθρες του Οχυρού και των Πηγών Μααρά.

Οι καμπύλες της κανονικής κατανομής για την αγωγιμότητα και τα δισανθρακικά έδειξαν ότι το σύστημα της πηγής Μααρά είναι περισσότερο σύνθετο, ενώ διακρίνεται ξεκάθαρα η λειτουργία των ρωγμών και των αγωγών.

Τα καρστικά συστήματα του Μυλοπόταμου και της Δράμας είναι περισσότερο απλά και διακρίνονται περισσότερο από του Μααρά.

Ο αρνητικός δείκτης i.e.d. για τις πηγές Μααρά και Οχυρού επιβεβαίωσαν ότι τα νερά τους είναι σε επαφή με τους σχιστογενεύσιους και τον γρανίτη.

Η μελέτη των φυσικοχημικών παραμέτρων μας επέτρεψε να επιβεβαιώσουμε και να συμπληρώσουμε τις γνώσεις μας από υδρογεωλογική άποψη του Φαλακρού και κυρίως του Δυτικού Φαλακρού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BAKALOWICZ, M., 1974. Geochimie des eaux d aquifer karstiques. Relation entre mineralisation et karstification.
- BELLEVILLE, LUC, 1985. Hydrogeologie Karstique. Geometrie fonctionnement et karstogenese des systemes karstiques de Gorges de l Ardeche. These Grenoble I.
- ΕΠΙΤΡΟΠΟΥ, Ν. & ΧΑΤΖΗΠΑΝΑΓΗΣ Ι., 1978. Συμβολή στη Γεωλογία του Δυτικού Φαλακρού Εσωτερική Έκθεση ΙΓΜΕ, Ξάνθη.
- SCHOLLER, H., 1962. Les eaux souterraines. Ed. Masson Paris.
- ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΔΡΑΜΑΣ - ΤΕΝΑΓΩΝ ΦΙΛΙΠΠΩΝ, 1984. Υδροέρευνα.

Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας <i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	Τόμ. XXVII Vol.	σελ. 37-46 pag.	Αθήνα 1991 Athens
---	--------------------	--------------------	----------------------

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΤΗΣ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ Σ' ΕΝΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΟ ΠΕΔΙΟ

Ι. Διαμαντής¹ & Θ. Τζεβελέκης²

RESUME

L' exploitation de variation dans l' espace et le temps des nappes alluvionaires, pres de la mer, se fait par la systematique poursuit de concentration des sels des differentes epoques pour les nappes de differentes profondeurs surtout par les mesures frequents de la conductivite electrique des eaux et de depouillement de document des analyses chimiques.

Sur cette travaille resulte que les nappes (pheatiques, peu artesiennes ou artesiennes) se reagit par de differentes sources.

Les aquiferes profondes par des eaux des failles existantes aux socle (eaux thermominerales), ici la variation qualitative est indepentant du temps. Les napper peu profonds se reagit par la mer et la variation qualitative depende du temps et les donnees, hydrologiques et les quantite d' eau pompee par les nappes pendant la periode d' irrigation.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διερεύνηση των χωροχρονικών μεταβολών σ' ένα περιορισμένο, σε έκταση και βάθος παράκτιο αλλουβιακό πεδίο, επιτυγχάνεται με τη συστηματική παρακολούθηση της συγκέντρωσης αλάτων σε διάφορες εποχές και για τα διαφορετικά βάθη των υδροφοριών, κυρίως με συχνές μετρήσεις της ηλεκτραγωγιμότητας των νερών και με την επεξεργασία των στοιχείων των χημικών αναλύσεων.

Στην παρούσα εργασία προέκυψε ότι οι διαφορετικοί υδροφόροι (φρεάτιοι ή μερικώς υπό πίεση και υπό πίεση), επηρεάζονται από διαφορετικές πηγές. Η βαθιά (υπό πίεση) επηρεάζεται από την υδροφορία των υπαρχόντων ρηγμάτων στο υπόβαθρο (θερμομεταλλικά νερά), όπου η ποιοτική μεταβολή είναι ανεξάρτητη του χρόνου. Η σχετικά αβαθής επηρεάζεται από τη θάλασσα και η ποιοτική μεταβολή είναι συνάρτηση του χρόνου, των υδρολογικών δεδομένων και των αντλούμενων ποσοτήτων νερού κατά την αρδευτική περίοδο.

¹ Επ. Καθηγητής Τομέα Γεωτεχνικής Μηχανικής του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης - Assoc. Professor of Dept. of Geotechnical Engineering of Demokritian University of Thrace.

² Γεωλόγος - Geologist

Ανακοινώθηκε κατά την επιστημονική συνεδρία της Ξάνθης, την 9/5/1991.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαχείριση των υπόγειων και επιφανειακών νερών, σε παράκτιες κυρίως περιοχές, για την καλύτερη δυνατή χρησιμοποίησή τους, ελέγχεται εκτός από τα υδρολογικά στοιχεία της περιοχής και από το βαθμό επηρεασμού των υπόγειων νερών, από τη θάλασσα ή από άλλες πηγές επιβάρυνσης. Ο επηρεασμός αυτός εξαρτάται πολλές φορές όχι μόνο από τις εκμεταλλεύσιμες ποσότητες ή τον τρόπο ανανέωσης του υπόγειου νερού, αλλά κυρίως από τον τρόπο κίνησής του στον υδροφορέα και κατά συνέπεια από τη δομή του υδροφορέα και γενικά τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του.

Ο μηχανισμός και ο ρυθμός επιβάρυνσης είναι διαφορετικός σ' ένα ευρύ ανοικτό παράκτιο πεδίο, για τη διαμόρφωση του οποίου έχουν συμβάλει αρκετοί παράγοντες και διαφορετικός ένα περιορισμένης έκτασης αλλουβιακό πεδίο, σχετικά κλειστό, που η διαμόρφωσή του, μεγαλύτερο βαθμό οφείλεται στη δράση ενός σημαντικού χειμάρρου.

Γενικά ο χημισμός του υπόγειου νερού και οι χωροχρονικές αλλαγές στην ποιότητα και στην ποσότητα των περιεχομένων αλάτων, έχει άμεση σχέση με τις υδρογεωλογικές συνθήκες εκτός αν υπάρχει στο περιβάλλον των υπόγειων υδροφοριών κάποια σημαντική πηγή επιβάρυνσης (θάλασσα, γεωθερμία κ.ά).

Η περίπτωση επικοινωνίας με τη θάλασσα, αποτελεί μια ιδιομορφία, που ο μηχανισμός εξάπλωσης της επιβαρυσμένης ζώνης είναι διαφορετικός για τις διαφορετικές δομές των υδροφορέων, ανεξάρτητα πολλές φορές από τις αντλούμενες ποσότητες του γλυκού νερού.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια να φανεί ο ρυθμός εξάπλωσης της υφάλμυρης ζώνης, στο περιορισμένο αλλουβιακό παράκτιο πεδίο της Νέας Περάμου, συγκριτικά με το γειτονικό ανατολικό πεδίο της περιοχής Κάριανης Καβάλας, που αποτελεί ένα παράκτιο πεδίο με εντελώς διαφορετική δομή. Ο έλεγχος βασίσθηκε σε μετρήσεις της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε ένα αριθμό επιλεγμένων σημείων νερού για μια σειρά ετών.

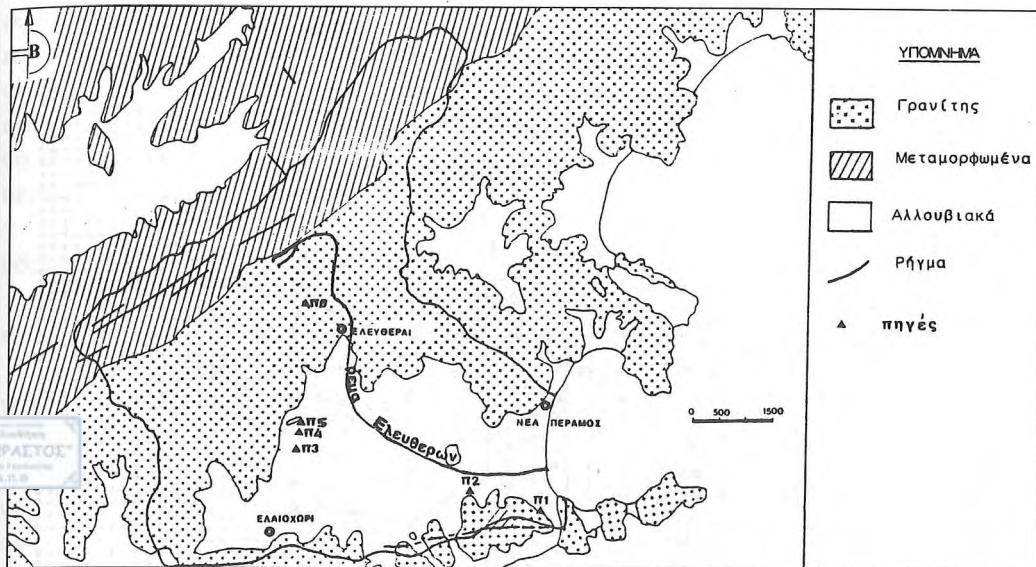
Επίσης σχολιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων με στόχο την εξακρίβωση της προέλευσης της επιβάρυνσης.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η ευρύτερη περιοχή Περάμου-Ελαιοχωρίου χαρακτηρίζεται μορφολογικά ως ένα πεδινό τμήμα, που περιβάλλεται από ένα λοφώδες ως ημιλοφώδες ανάγλυφο και από ένα ορεινό προς τα ΒΑ (Σύμβολο Ορος), παραμένει δε ένα μικρό άνοιγμα προς τη θάλασσα στα ανατολικά. Το ορεινό και λοφώδες τμήμα σήμερα συμπίπτει με τα γρανιτικά υλικά ενώ το πεδινό με τις αλλουβιακές αποθέσεις (Εικ. 1).

Το ορεινό τμήμα φιλοξενεί τις λεκάνες απορροής των χειμάρρων και ρεμμάτων που εκβάλουν μέσα από το πεδινό στη θάλασσα. Το μεγαλύτερο μέρος καταλαμβάνει η λεκάνη του χειμάρρου Ελευθερών, ο οποίος αποτελεί και το σημαντικότερο παράγοντα διαμόρφωσης του πεδινού τμήματος.

Η έναρξη της γεωμορφολογικής διαφοροποίησης του πεδινού τμήματος είχε σαν αρχική αιτία τεκτονικά γεγονότα, αλλά όμως στη συνέχεια τον κύριο ρόλο έπαιξαν τα ρέοντα επιφανειακά νερά με τη μεταφορική και διαβρωτική τους ικανότητα. Η μικρή απόσταση από το σημείο εξόδου των χειμάρρων από την ορεινή ζώνη μέχρι τη θάλασσα και τα αποσθρωμένα και κερματισμένα γρανιτικά υλικά στην ορεινή ζώνη συνετέλεσαν στην έντονη παρουσία



Εικ. 1: Γεωλογικός χάρτης με τα όρια των λεκανών απορροής του πεδινού τμήματος Περάμου - Ελευθερών - Ελαιοχωρίου. (πηγή χάρης 1:50.000 ΙΓΜΕ με συμπληρώσεις).

χονδρόκοκκων υλικών στη μεγαλύτερη έκταση και σχεδόν σ' όλο το βάθος του πεδινού τμήματος.

Γεωλογικά η περιοχή εντοπίζεται στη γεωτεκτονική μάζα της Ροδόπης. Ως υπόβαθρο της περιοχής θεωρείται ο γρανίτης του Συμβόλου Όρους, ο οποίος εμφανίζεται αρκετά ρωγματωμένος για ένα σημαντικό βάθος εξαπίας των τεκτονικών γεγονότων της περιοχής. Το γρανιτικό αυτό υπόβαθρο βυθίζεται προς τα βόρεια και σ' ένα μεγάλο τμήμα του φιλοξενεί τις αλλουβιακές αποθέσεις.

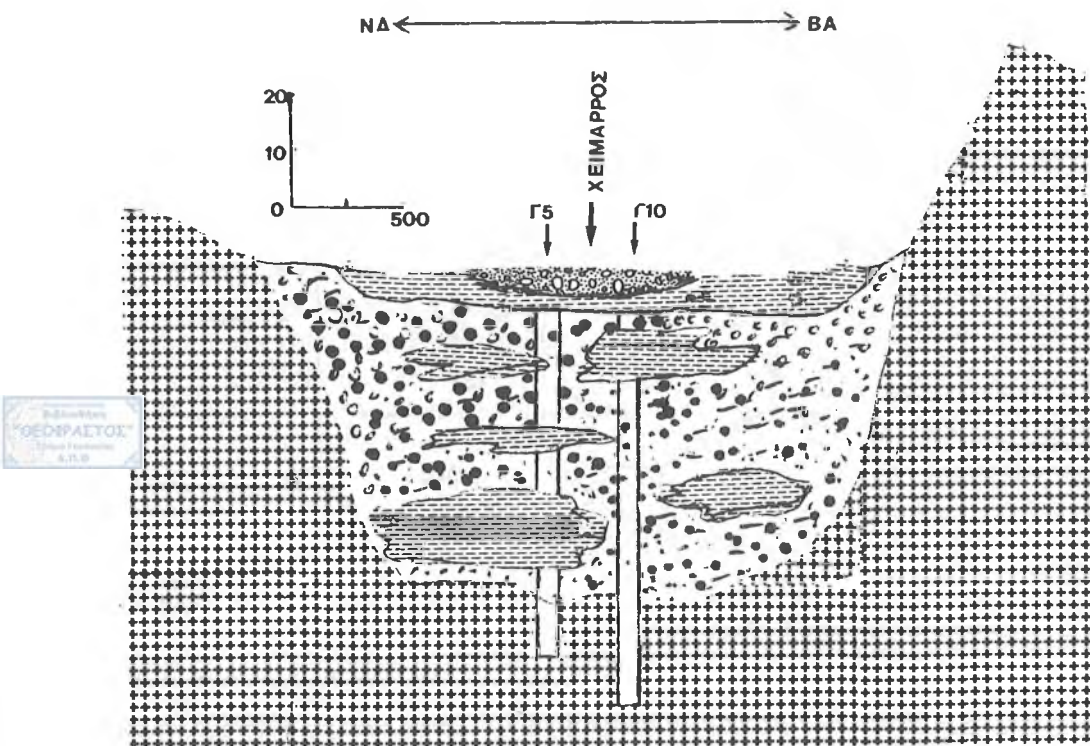
Οι αποθέσεις αυτές αποτελούνται από εναλλαγές σχετικά μεγάλου πάχους άμμου (γρανιτικής προέλευσης) διαφόρων μεγεθών κόκκων, με μικρές παρεμβολές στρώσεων αργιλικών υλικών. Η διάταξη των υλικών αυτών χαρακτηρίζεται από μια μικρή αταξία (Εικ. 2) εξ αιτίας των διαδοχικών αποθέσεων και διαβρώσεων των νερών των χειμάρρων της ορεινής ζώνης που κατέληγαν στον κάμπο.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Γρανίτης

Οι ρωγμές που διέπουν τον γρανίτη έχουν συμβάλει αφ' ενός στην παρουσία ενός αποσαθρωμένου επιφανειακού καλύμματος και αφ' ετέρου στη δημιουργία υδροφόρων οριζώντων που εκδηλώνεται στα κράσπεδα υπό μορφή πηγών (Εικ. 1).

Ο γρανίτης αντίθετα κάτω από τις αλλουβιακές αποθέσεις δεν φαίνεται να παρουσιάζει αξιόλογη υδροφορία εκτός ορισμένων θέσεων όπου διασχίζονται από βαθιά ρήγματα που έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μιας θερμομεταλλικής υδροφορίας, που εκδηλώνεται και αυτή υπό μορφή πηγών στα κράσπεδα των ΝΑ λόφων (Εικ. 1).



Εικ. 2: Σχηματική τομή μεταβολής του υλικού των προσχώσεων κατά μήκος της ζώνης της κοίτης του χειμάρρου Ελευθερών.

Αλλουβιακές αποθέσεις

Οι αλλουβιακές αποθέσεις που καταλαμβάνουν τα χαμηλά σημεία της περιοχής εμφανίζονται με ένα μέγιστο πάχος 60m περίπου στο ύψος της κοίτης του χειμάρρου. Φιλοξενούν ένα μέσου δυναμικού φρεάτιο που εντοπίζεται κυρίως στην ευρύτερη περιοχή της κοίτης του χειμάρρου καθώς και τους υπό πίεση επάλληλους οριζόντες Εικ. 2. Το δυναμικό αυτό αντλείται σήμερα από έναν αριθμό πηγαδιών και γεωτρήσεων.

Η τροφοδοσία του γίνεται εν μέρει από την κατείσδυση του νερού της βροχής που πέφτει στο ανάπτυγμά τους αλλά κυρίως όμως από τη διήθηση των νερών των χειμάρρων κατά την έξοδό τους από την ορεινή ζώνη στον κάμπο, καθώς επίσης και από πλευρικές διηθήσεις από την υδροφορία του ρωγματωμένου γρανίτη.

ΑΙΤΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ

Όπως προέκυψε από τα προηγούμενα, οι υπόγειοι αλλουβιακοί υδροφορείς δέχονται τροφοδοσίες από νερά στα οποία κύρια έχει επίδραση η παρουσία του γρανίτη. Αυτό σημαίνει πως δέχονται τροφοδοσία ίδιας ποιότητας νερού.

Επομένως η διαφοροποίηση που παρατηρείται στο ανάπτυγμα του πεδινού τμήματος,

οφείλεται ή σε υδρογεωλογικές συνθήκες ή σε κάποια ενδογενή ή εξωγενή πηγή επιβάρυνσης, που συναντιέται κατά τη διαδρομή του υπόγειου νερού. Όπως αναφέρθηκε όμως, όλο το ανάπτυγμα του κάμπου χαρακτηρίζεται από την παρουσία χονδρόκοκκων υλικών με μικρές παρεμβολές αργιλικών. Οι υδρογεωλογικές όμως συνθήκες στο σύνολο του πεδίου, μπορεί να θεωρηθούν ίδιες. Επομένως η επιβάρυνση οφείλεται αποκλειστικά στην παρουσία στο περιβάλλον των υδροφοριών κάποιας πηγής.

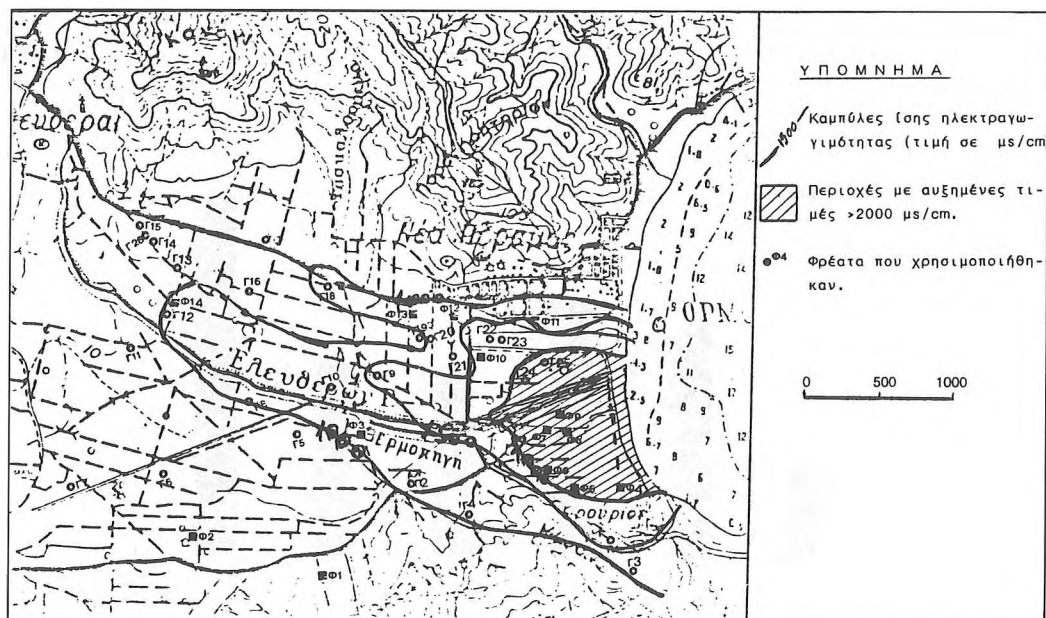
Σαν κύρια πηγή για εδώ θεωρείται η θάλασσα, που σε συνδυασμό με τη δομή των υδροφορέων διευκολύνεται μια πλευρική υδραυλική επαφή με το υπόγειο νερό της περιοχής.

Επίσης η παρουσία των θερμομεταλλικών πηγών μπορεί ν' αποτελέσει παράγοντα μιας επιπλέον πηγής επιβάρυνσης.

Για τον προσδιορισμό των περιοχών των υπόγειων νερών με διαφορετική επιβάρυνση ή γενικά για τη χωροχρονική μεταβολή της ποιότητας ένα σύνθητες μέσον, αποτελούν οι μετρήσεις ύν της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Επί τέτοιες μετρήσεις στην περιοχή Περάμου (σε 40 περίπου αβαθείς και 12 βαθιές γεωτρήσεις) συντάχθηκε ο χάρτης της Εικόνας 3. Φαίνεται λοιπόν από τη διανομή των αγωγιμοτήτων στο χώρο ένα μέτωπο φυσιολογικού νερού που ξεκινά από τα δυτικά και κατευθύνεται προς τη θάλασσα. Στο μέσο περίπου του κάμπου ανακόπτεται από δύο σφήνες νερού υψηλότερων τιμών οι οποίες πλησιάζοντας προς τη θάλασσα αυξάνουν το βαθμό επιβάρυνσης αλλά και διευρύνουν το μέτωπό τους.

Η εξήγηση του φαινομένου θεωρείται γενικά απλή και οφείλεται κύρια στη δομή των υδροφορέων. Στην ευρύτερη κοίτη του ποταμού εντοπίζονται τα μεγαλύτερης διαμέτρου υλικά. Αυτό σε συνδυασμό με τον περιορισμό κάποιους μήνες της επιφανειακής ροής και γενικά της τροφοδοσίας των υδροφορέων από τα νερά του χειμάρρου δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες διείσδυσης της θάλασσας. Στη συνέχεια δε η υπερεκμετάλλευση των γεωτρήσεων της περιοχής



Εικ. 3: Χάρτης διανομής ηλεκτραγωγιμότητας στους αβαθείς ορίζοντες της περιοχής Περάμου-Ελαιοχωρίου.

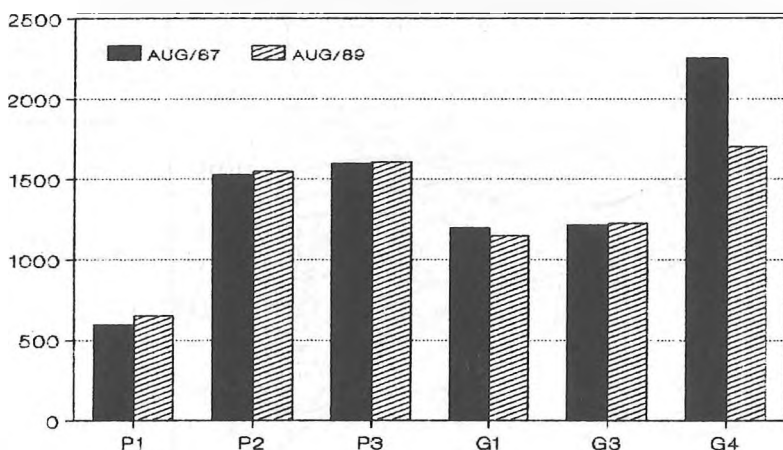
προκαλεί μια αύξηση του ρυθμού διεύθυνσης. Γι' αυτό παρατηρείται ένα διευρυμένο μέτωπο κοντά στη θάλασσα και μια προεξοχή προς την ενδοχώρα σχεδόν κατά μήκος του χειμάρρου.

Η διάκριση αυτή δε, μπορεί να γίνει για τους βαθείς ή αβαθείς υδροφόρους ορίζοντες μια και ο μηχανισμός τροφοδοσίας είναι βασικά ο ίδιος.

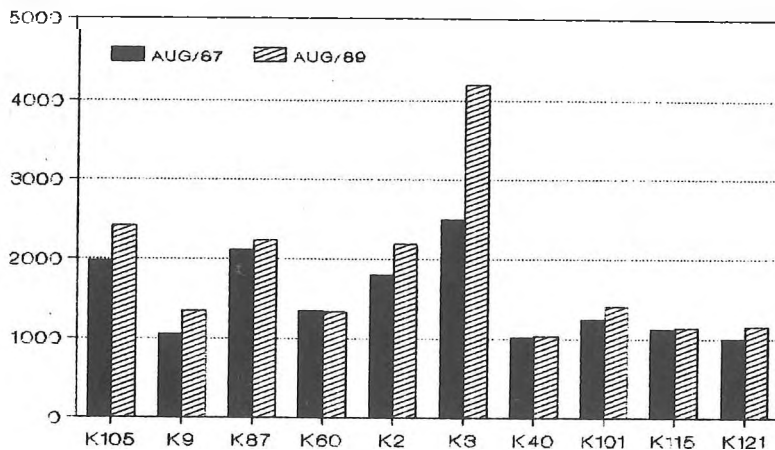
Όσον αφορά τα νερά των πηγών που εντοπίζονται στα δυτικά κράσπεδα έχουν πολύ χαμηλές τιμές ενώ εκείνες στα νότια (ρηγματογενείς) όπως και αναμένεται παρουσιάζουν σχετικά υψηλότερες τιμές. Η αύξηση αυτή έχει σχέση με το γεωθερμικό καθεστώς των πηγών μια και η σημαντική υδροφορία που παρουσιάζουν εντοπίζεται σε ρήγματα και οι ποσότητες τους δεν δικαιολογούνται μόνο από τις πλευρικές διηθήσεις των γειτονικών υδροφόρων.

ΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Ένα σημαντικό στοιχείο είναι το πως μεταβάλλεται σ' ένα πεδίο με τέτοια δομή η ηλεκτραγωγιμότητα του νερού με το χρόνο. Η εικόνα που προέκυψε εδώ είναι ότι η μεταβολή αυτή είναι περιορισμένη. Στην Εικόνα 4 φαίνεται για ορισμένες πηγές και ορισμένες γεωτρήσεις η μεταβολή αυτή. Για μεν τις πηγές και στα δύο μέτωπα (δυτικό και νότιο) παρατηρείται μια σχετική ισορροπία. Για τις γεωτρήσεις επίσης φαίνεται πως και αυτές εξελίσσονται σχετικά ομαλά. Αυτό οφείλεται στην καλή περατότητα του υδροφορέα στην ευρύτερη περιοχή της κοίτης και της άμεσης ανταπόκρισης των χειμερινών απορροών. Δηλαδή το χειμώνα που οι απορροές του χειμάρρου είναι μεγάλες περιορίζεται αρνητικά το μέτωπο της υφαλμύρωσης. Αυτό σημαίνει πως η πορεία του μετώπου είναι συνυφασμένη αποκλειστικά με τις ετήσιες απορροές. Αντίθετα η εικόνα που παρουσιάζει η χρονική μεταβολή στο ευρύ γειτονικό παράκτιο πεδίο της Κάριανης είναι διαφορετική. Παρατηρείται εκεί μια σχετική μεταβολή με το χρόνο (Εικ. 5). Αυτό έχει σχέση κυρίως με τη δομή και ιδιαίτερα με τη μικρή περατότητα των υδροφορέων από την μια και τις σχετικά περιορισμένες αφίξεις γλυκού νερού, όπου αυτό δεν μπορεί ν' απωθήσει το μέτωπο της υφαλμύρωσης, με την ίδια ευκολία με το προηγούμενο πεδίο. Επιπλέον αυτό σημαίνει πως σε τέτοια αντίστοιχα πεδία, κυρίαρχο πλέον ρόλο παίζει, στην εξάπλωση του μετώπου, η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδροφοριών.



Εικ 4: Ιστόγραμμα μεταβολής της ηλεκτραγωγιμότητας πηγών (P) και γεωτρήσεων (G) του ίδιου μήνα (ΑΥΓ) σε διαφορετικά έτη (1987, 1989).



Σχήμα 3: Ιστόγραμμα μεταβολής της ηλεκτραγωγιμότητας γεωτρήσεων του πεδίου της Κάριανης για τον ίδιο μήνα (ΑΥΓ) αλλά σε διαφορετικά έτη (1987, 1989).

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

Στις ήδη προσδιορισμένες περιοχές με διαφορετικό βαθμό επιβάρυνσης έγινε μια επιλογή γεωτρήσεων στις οποίες πραγματοποιήθηκε χημική ανάλυση στα νερά τους.

Ο χημισμός του υπόγειου νερού μαρτυρά πολλές φορές την πηγή προέλευσης. Είναι δηλαδή δυνατόν να προσδιορίσουμε επιβαρυσμένα νερά λόγω διείσδυσης της θάλασσας ή από κάποια άλλη διαφορετική αιτία.

Στο περιορισμένο πεδίο της Περάμου έχοντας γνώση πλέον τόσο των περιοχών με διαφορετική επιβάρυνση, όσο και των αιτιών που τις προκάλεσαν, έγινε μια προσπάθεια ερμηνείας αυτών με βάση ορισμένους δείκτες ή σχέσεις με βάση τις χημικές αναλύσεις.

Δείκτης Revelle ($Cl / HCO_3 + CO_3$)

Το Cl^- , που είναι το επικρατούν ανιόν στο θαλασσινό νερό δεν μεταβάλλεται σε καμία από τις διαδικασίες μεταβολής του χημισμού του θαλασσίου νερού και απαντά συνήθως σε μικρές συγκεντρώσεις στο υπόγειο νερό. Αντίθετα η HCO_3^- είναι κατά κανόνα το επικρατούν ανιόν στο υπόγειο νερό και απαντά σε μικρές συγκεντρώσεις στο θαλασσινό. Με βάση λοιπόν τα παραπάνω ο συντελεστής Revelle (R) μαζί με την τροποποίησή του από τον SIMPSON (1946) και τον ΚΑΛΛΕΡΓΗ (1986), μπορεί να χαρακτηρίσει το βαθμό ρύπανσης του νερού από τη διείσδυση της θάλασσας. Στον Πίνακα 1 φαίνονται οι τιμές του R που προέκυψαν από τα χημικά στοιχεία των νερών των γεωτρήσεων των πηγών. Διακρίνεται λοιπόν, όπως και αναμενόμενο ότι τα νερά των δυτικών πηγών δεν παρουσιάζουν καμιά απολύτως ρύπανση ($R < 1$). Ενώ τα νερά των νότιων πηγών εμφανίζονται ελαφρά ρυπασμένα ($R = 1-2$) και αυτό μπορεί βέβαια να επιβεβαιώσει, ότι ο συντελεστής Revelle δεν μπορεί να διακρίνει τη ρύπανση από τη θάλασσα από αυτή των θερμομεταλλικών πηγών (ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, 1986).

Τα νερά των γεωτρήσεων αυτών που εντοπίζονται στη ζώνη με τις σχετικά μεγαλύτερες τιμές ηλεκτραγωγιμότητας (χάρτης σχ. 3) είναι από μέτρια ως ελαφρά ρυπασμένα ($R = 1-3$).

Πίνακας 1

Με τις τιμές του δείκτη Revelle (R) και τις σχέσεις Na/Cl των υπόγειων νερών της περιοχής Περάμου όπως προέκυψαν από τις χημικές αναλύσεις. (Π) πηγές και (Γ) γεωτρήσεις.

A. Σημ.	R	Na/Cl	A. Σημ.	R	Na/Cl
Π1	1.91	1.05	Γ5	1.80	0.73
Π2	1.20	1.09	Γ8	1.26	0.81
Π3	0.23	1.27	Γ10	1.00	0.89
Π6	0.09	1.54	Γ22	2.52	0.54
			Γ27	1.15	1.11

Σχέση Na / Cl

Ο Πίνακας 1 φαίνεται η σχέση Na/Cl όπως προέκυψε από τις χημικές αναλύσεις. Κανονικά νερά θεωρούνται αυτά που η σχέση είναι $= 0,876 \pm 10\%$. Αυτά με μικρότερη τιμή, που σημαίνει περίσσεια Cl, μαρτυρούν κάποιο βαθμό ρύπανσης από τη θάλασσα, ενώ αυτά με μεγαλύτερες τιμές και ιδιαίτερα πάνω από τη μονάδα, συνήθως δείχνουν ότι προέρχονται από μαγματικούς υδροφορείς.

Από τις σχέσεις Na/Cl στα εδώ νερά φαίνεται κατ' αρχάς σαφέστατα, ότι οι δυτικές πηγές προέρχονται από μαγματικούς υδροφορείς κάτι που συμβαίνει στην πραγματικότητα.

Επίσης οι νότιες πηγές, παρ' όλο που έχουν μια σχετικά μικρή επιβάρυνση, όπως έδειξαν τα προηγούμενα στοιχεία, η σχέση Na/Cl δείχνει προέλευση του νερού από μαγματικούς υδροφορείς ($Na/Cl > 1$). Αυτό είναι αληθές μια και η κύρια τροφοδοσία τους, γίνεται μέσα από τα ρήγματα που εντοπίζονται στο γρανιτικό υπόβαθρο.

Τέλος, ορισμένες γεωτρήσεις που είναι πιο κοντά στη θάλασσα δείχνουν μια μικρή ρύπανση ενώ για τις υπόλοιπες το νερό θεωρείται κανονικό.

Η σχέση λοιπόν Na/Cl για την εδώ περιοχή απεικονίζει σχεδόν την πραγματικότητα. Δείχνει ένα κεντρικό πεδίο που έχει αρχίσει να επηρεάζεται από το θαλασσινό νερό καθώς επίσης και ότι η υπόλοιπη περιοχή φιλοξενεί κανονικό νερό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παραπάνω επεξεργασία των στοιχείων προκύπτει πως ο μηχανισμός διείσδυσης της θάλασσας στους υπόγειους παράκτιους υδροφορείς, εξαρτάται κυρίως από τη δομή των υδροφορέων, που είναι συνέπεια ποιοι παράγοντες έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην τελική διαμόρφωση του πεδίου.

Στα περιορισμένης έκτασης αλλουβιακά πεδία, όπου η διαμόρφωση οφείλεται αποκλειστικά σχεδόν στη δράση χειμάρρων, η επιβάρυνση των υπόγειων νερών εξαρτάται στο μεγαλύτερο βαθμό από τις αφίξεις επιφανειακών νερών και κατά δεύτερο λόγο από τις υπεραντλήσεις. Αντίθετα στα ευρεία πεδία, τα οποία οφείλουν τη διαμόρφωσή τους σε διάφορους άλλους παράγοντες, η επιβάρυνση οφείλεται κατά κύριο λόγο στην υπερεκμετάλλευση των υπόγειων νερών της περιοχής.

Οι διαφορές εντοπίζονται τόσο στον τρόπο εξάπλωσης όσο και στη χρονική μεταβολή του μετώπου επιβάρυνσης. Αποτελούν δε ένα ουσιαστικό στοιχείο για τη σωστή και αποτελεσματική εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφοριών στα διάφορα παράκτια πεδία.

Ο βαθμός ρύπανσης του υπόγειου νερού κυρίως από τη θάλασσα μπορεί να διακριθεί από το συντελεστή Revelle, όπως αυτός προκύπτει από τις χημικές αναλύσεις των νερών. Επίσης μια επί μέρους διάκριση των πηγών τροφοδοσίας και επιβάρυνσης μπορεί να γίνει μέσα από τη σχέση Na/Cl.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

DIAMANTIS, I. & PETALAS, C., 1986. Seawater intrusion into coastal aquifers of Thrace and its impact on the environment. 4th International Symposium MESAEP.

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ Ι. & ΔΕΛΗΜΑΝΗ Π., 1989. Μέθοδος εντοπισμού των διαφορετικών υδροφόρων στρωμάτων σ' ένα ετερογενείς ιζηματογενές πεδίο. Περίπτωση παράκτιας περιοχής Κάριανης Ν. Καβάλας. Υδροτεχνικά Τόμος 4. Ηράκλειο Κρήτης.

ΥΛΟΣ, Γ., 1978. Περί του σχηματισμού των υδροφόρων οριζόντων της λεκάνης μεταξύ των ορέων αίου-Συμβόλου (Πιέρια Λεκάνη). Διδακτορική Διατριβή. Θεσσαλονίκη.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ Δ.Π.Θ., 1990. Αναγνώριση εναλλακτικών λύσεων για τις ανάγκες για άρδευση των ευρύτερων περιοχών λεκάνης ΚΑΡΙΑΝΗΣ-ΟΡΦΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΠΑΛΟΧΩΡΙΩΝ. Ερευνητικό πρόγραμμα. Ξάνθη.

ΚΑΛΕΡΓΗΣ, Γ., 1986. Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία, Τόμος 1ος, Εκδόσεις ΤΕΕ.

Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας <i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	Τόμ. <i>Vol.</i> XXVII	σελ. <i>pag.</i> 47-56	Αθήνα <i>Athens</i> 1991
--	---	---	---

Η ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΗΣ ΙΟΝΙΟΥ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΟΡΟΣ ΛΑΠΙΘΑΣ (ΔΥΤ. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ)*

Ι. Φουντούλης & Ε. Λέκκας

ABSTRACT

In this paper a new occurrence of the Ionian geotectonic unit in the Lapithas mountain is described. It is the third and southern most occurrence of Ionian geotectonic unit in the Central-Western Peloponnessos and it consists of pelagic thinbedded limestones of Upper Cretaceous age, which are overlaid unconformably by a clastic formation of flysch-molasse type, which is younger than Lower Oligocene.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Περιγράφεται εμφάνιση της Ιονίου ενότητας στις δυτικές παρυφές του όρους Λάπιθας, η οποία δεν ήταν μέχρι τώρα γνωστή. Η εν λόγω εμφάνιση αποτελεί την τρίτη και νοτιότερη εμφάνιση της Ιονίου ενότητας στην Πελοπόννησο και περιλαμβάνει πελαγικούς ασβεστόλιθους ηλικίας Ανωτέρου Κρητιδικού, που καλύπτονται ασύμφωνα από ένα κλαστικό σχηματισμό φλυσομολασσικού τύπου, ηλικίας νεώτερης του Κατώτερου Ολιγοκαίνου. Με βάση τα ανωτέρω δεδομένα γίνονται ορισμένες συγκρίσεις με τις υπόλοιπες εμφανίσεις της Ιονίου ενότητας στο χώρο της Δυτικής Πελοποννήσου.

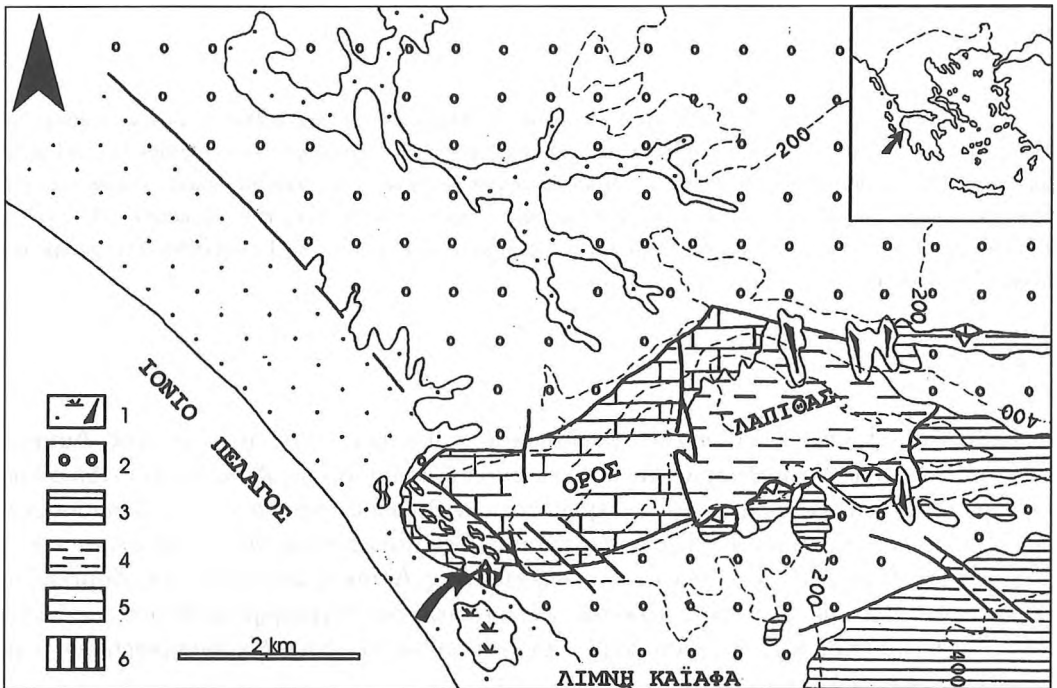
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη διάρκεια γενικότερης γεωλογικής - νεοτεκτονικής μελέτης της Δυτικής Πελοποννήσου παρατηρήθηκαν στις δυτικές απολήξεις του όρους Λάπιθας και ειδικότερα πλησίον της λίμνης Καιάφα ορισμένες εμφανίσεις ανθρακικών και κλαστικών σχηματισμών με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Οι εμφανίσεις αυτές δεν ήταν δυνατό να ενταχθούν σε καμιά από τις ήδη βιβλιογραφικά γνωστές γεωτεκτονικές Αλπικές ενότητες που δομούν το συγκεκριμένο όρος με αποτέλεσμα να εντοπισθεί η έρευνα στις συγκεκριμένες θέσεις εμφάνισής τους, να γίνει συστηματική δειγματοληψία και λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση για να διευκρινισθεί η ταυτότητά τους.

* I. Foundoulis & E. Lekkas. - Presence of the Ionian Unit in Lapithas Mt., W. Peloponnese. University of Athens, Dept. of Geology, Panepistimioupolis, 157 84 Athens, Greece.
Ανακοινώθηκε κατά την επιστημονική συνεδρία της Ξάνθης, την 9/5/1991.

Όπως είναι ήδη γνωστό, με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα οι Αλπικές γεωτεκτονικές ενότητες οι οποίες λαμβάνουν μέρος στη γεωλογική δομή του όρους Λάπιθα είναι η ενότητα της Πίνδου και η ενότητα Γαβρόβου (Εικ. 1). Η ενότητα της Πίνδου εμφανίζεται στο ανατολικό ήμισυ του όρους, είναι επωθημένη πάνω στην ενότητα Γαβρόβου και περιλαμβάνει ανθρακικούς, κλασικούς και πυριτικούς σχηματισμούς (STREIF, 1982). Η ενότητα Γαβρόβου εμφανίζεται κυρίως στο δυτικό ήμισυ του όρους και περιλαμβάνει ανθρακικούς και κλασικούς σχηματισμούς. Ειδικότερα ο RENZ (1955) για το δυτικό Λάπιθα έχει περιγράψει νηριτικούς ασβεστόλιθους με ρουδιστές τους οποίους εντάσσει στη ζώνη της Τρίπολης, ενώ οι AUBOUIN & DERCOURT (1962) έχουν περιγράψει ασβεστόλιθους ηλικίας Παλαιοκαίνου - Ηώκαινου που εξελίσσονται στο φλύσχη της ενότητας Τρίπολης. Ο FLEURY (1980) ενέταξε τους σχηματισμούς της ίδιας περιοχής στην ενότητα Γαβρόβου, συμπλήρωσε τη στρωματογραφική στήλη και παράλληλα ανέφερε ότι δεν υπάρχουν μεταβατικοί ορίζοντες μεταξύ των ανθρακικών και των κλασικών σχηματισμών. Τέλος για το δυτικό τμήμα τις ίδιες απόψεις δέχονται οι ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ & ΚΑΡΑΝΤΡΑΚΗΣ (1989) και ο ΚΑΜΠΕΡΗΣ (1987), ο οποίος μάλιστα στην περιοχή Καϊάφα (δυτική απόληξη του Λάπιθα) στη θέση νέας εμφάνισης της Ιονίου αναφέρει ότι οι σχηματισμοί εντάσσονται στην ενότητα Γαβρόβου και είναι έντονα πτυχωμένοι.

Στη συνέχεια και αφού παρουσιαστούν με λεπτομέρεια τα νέα στοιχεία της λεπτομερούς γεωλογικής χαρτογράφησης καθώς επίσης και των εργαστηριακών δεδομένων, θα γίνει αναλυτική συζήτηση για την παλαιογεωγραφική θέση και τη γεωδυναμική - γεωτεκτονική σημασία των συγκεκριμένων εμφανίσεων.



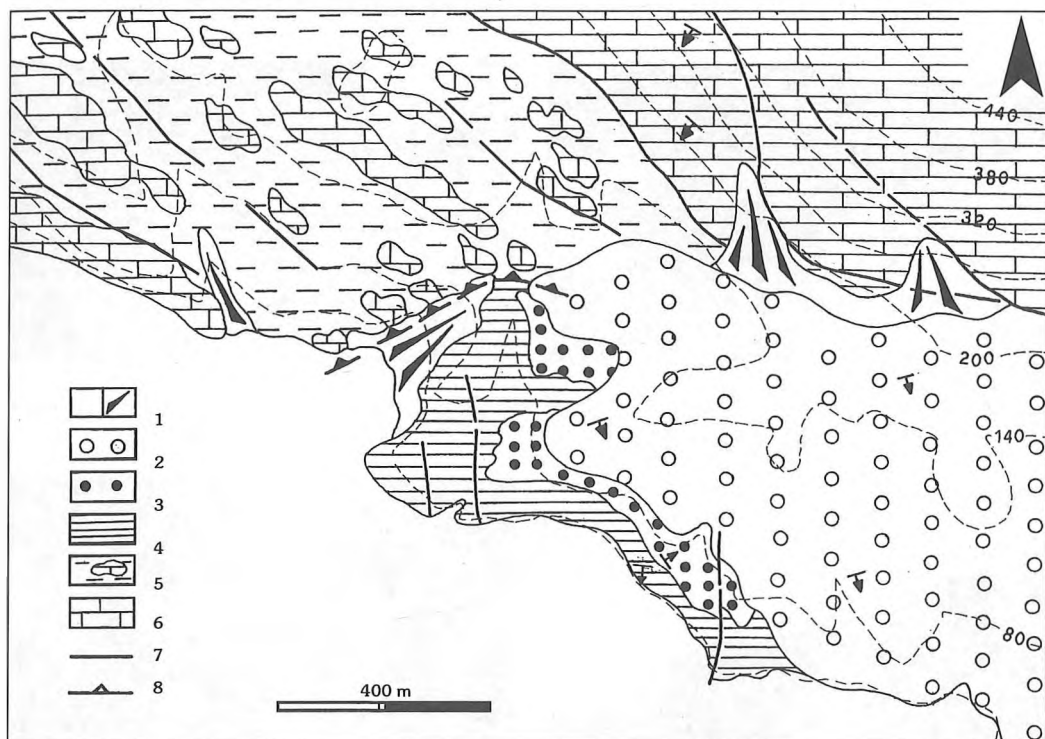
Εικ. 1: Γενικευμένος γεωλογικός χάρτης του όρους Λάπιθα και της ευρύτερης περιοχής, στον οποίο σημειώνεται η νέα θέση εμφάνισης της Ιονίου ενότητας (1. Αλλουβιακές-Ελλώδεις αποθέσεις, Κορήματα, 2. Σχηματισμοί Ανωτέρου Μειοκαίνου - Πλειστοκαίνου, 3. Σχηματισμοί Ενότητας Πίνδου, 4. Κλαστικοί σχηματισμοί Γαβρόβου, 5. Ανθρακικοί σχηματισμοί Γαβρόβου, 6. Ιόνια ενότητα).

ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

Στη δυτική απόληξη του όρους Λάπιθα κοντά στις πηγές Καϊάφα και της ομώνυμης λίμνης, έγινε λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:5.000, των σχηματισμών που εμφανίζονται στην περιοχή. Πιο αναλυτικά η περιοχή δομείται από τους ακόλουθους γεωλογικούς σχηματισμούς, οι οποίοι παρουσιάζονται στον υπό σμίκρυνση χάρτη της Εικ. 2:

α. *Αλλούβια, Ελλώδεις αποθέσεις και Πλευρικά Κορήματα*. Τα αλλούβια και οι ελλώδεις αποθέσεις εμφανίζονται στο επίπεδο πεδινό νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής χαρτογράφησης. Καλύπτουν ασύμφωνα τους παλαιότερους σχηματισμούς και το μέγιστο πάχος τους εκτιμάται ότι υπερβαίνει τα 20 μέτρα. Τα πλευρικά κορήματα αποτελούνται κυρίως από λατύπες ανθρακικών πετρωμάτων, αναπτύσσονται κυρίως σε ορισμένα σημεία επικλινών περιοχών του αναγλύφου, έχουν περιορισμένο πάχος και πλάτος εμφάνισης και καλύπτουν ασύμφωνα παλαιότερους σχηματισμούς.

β. *Σχηματισμός Κροκαλοπαγών Ξηροχωρίου*. Πρόκειται για πολύμεικτα κροκαλοπαγή με λίγες ενδιστρώσεις λεπτομερέστερων κλασμάτων κατά θέσεις. Τα κροκαλοπαγή είναι ελαφρώς συγκολλημένα, περιβάλλονται από αργιλικά - αμμώδη υλικά και προέρχονται κυρίως από τα πετρώματα της ενότητας Πίνδου. Εμφανίζονται προς τη νότια πλευρά του Λάπιθα, έχουν πάχος 200 τουλάχιστον μέτρα, καλύπτουν ασύμφωνα (Εικ. 3) τους παλαιότερους σχηματισμούς που περιγράφονται στη συνέχεια. Τα κατώτερα τμήματά τους θεωρούνται



Εικ. 2: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής εμφάνισης της Ιονίου ενότητας. (1. Αλλουβιακές - Ελλώδεις αποθέσεις, Κορήματα, 2. Σχηματισμός Κροκαλοπαγών Ξηροχωρίου, 3. Κλασικός Σχηματισμός Καϊάφα, 4. Σχηματισμός Ασβεστολίθων Καϊάφα, 5. Φλύσχης Γαβρόβου, 6. Ασβεστολίθοι Γαβρόβου, 7. Ρήγμα, 8. Τεκτονική επαφή).

ομόλογα των κροκαλοπαγών του Ανωτέρου Μειοκαίνου που έχουν περιγράψει οι ΚΑΜΠΕΡΗΣ (1987), ΛΕΚΚΑΣ κ.ά. (1992).

γ. **Κλασικός Σχηματισμός Καϊάφα.** Αποτελείται από εναλλαγές πρασινολαδί έως χακί συνεκτικών αδρόκοκκων ψαμμιτών και πηλιδιών μέγιστου ορατού πάχους 10 μέτρων. Η επαφή του σχηματισμού αυτού με τον υποκείμενο σχηματισμό Ασβεστολίθων Καϊάφα είναι ορατή μόνο σε δύο θέσεις εξαίτιας της έντονης φυτοκάλυψης. Στις θέσεις αυτές ο Κλαστικός σχηματισμός Καϊάφα καλύπτει ασύμφωνα ένα καλά διαμορφωμένο παλαιοαναγλύφο των προαναφερθέντων ασβεστολίθων, στην επιφάνεια των οποίων παρατηρούνται ασβεστολιθικά μονόμεικτα λατυποπαγή (Εικ. 5). Οι λατύπες προέρχονται από τους ασβεστόλιθους, έχουν μέγεθος ως 15 εκατοστά και περιέχουν θραύσματα ρουδιστών. Σε πολλές θέσεις μαζί με τα λατυποπαγή επί της επιφάνειας του παλαιοαναγλύφου παρατηρήθηκαν και καλά αναπτυγμένες αποικίες κοραλλίων (Εικ. 5), από τα οποία προσδιορίστηκαν τα ακόλουθα:

Avia subdenticulata (CATULLO)

Goniopora nummulitica (REUSS)

Tarbellastraea ovalis (von GUMBEL)

Ρουπελίου (Κατώτερο Ολιγόκαινο) ηλικίας.

δ. **Σχηματισμός Ασβεστολίθων Καϊάφα.** Πρόκειται για λευκούς, μπέζ λεπτοστρωματώδεις και σπανιότερα μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθους κατά θέσεις μικρολατυποπαγείς με ορισμένες ενδιαστρώσεις πυριπιολίθων. Το ορατό τους πάχος είναι 50 περίπου μέτρα και η γενική τους κλίση είναι 10°-30° προς νότο. Σε ορισμένα σημεία κατά μήκος της εμφάνισης παρατηρήθηκαν πτυχές ισοκλινείς με γενική διεύθυνση αξόνων Α-Δ (Εικ. 4).



Εικ. 3: Εμφάνιση του σχηματισμού Κροκαλοπαγών Ξηροχωρίου (Α) και ασύμφωνη τοποθέτηση του ίδιου σχηματισμού πάνω στον Κλασικό σχηματισμό Καϊάφα με ταυτόχρονη παρουσία παλαιοεδάφους (Β).



Εικ. 4: Άποψη της εμφάνισης του σχηματισμού Ασβεστολίθων Καϊάφα της Ιόνιας ενότητας (Α) και ισοκλινής πτύχωση των στρωμάτων του ίδιου σχηματισμού (Β).



Εικ. 5: Μονόμεικτα κροκαλοπαγή της βάσης του Κλασικού σχηματισμού Καϊάφα (Α) και αποικίες κοραλλίων πάνω στο παλαιοανάγλυφο του υποκείμενου σχηματισμού Ασβεστολίθων Καϊάφα (Β).

πτός τομές δειγμάτων από τα ανώτερα στρώματα των ασβεστολίθων, οι οποίοι γενικά χαρακτηρίζονται ως ενδομικρίτες, αναγνωρίστηκαν τα ακόλουθα απολιθώματα:

Gansserina gansseri (BOLLI)

Globotruncanita conica (WHITE)

Globotruncanita stuartiformis (DALBIEZ)

Heterohelix sp.

Hedbergella sp.

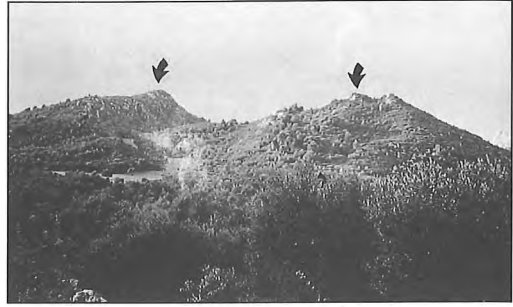
Siderolites calcitrapoides (LMK)

τα οποία δίδουν ηλικία Μέσο - Ανώτερο Μαιστρίτιο.

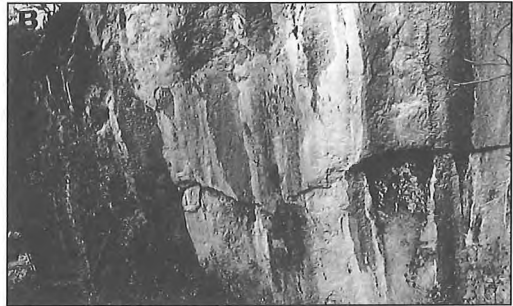
Οι ασβεστόλιθοι κατά θέσεις είναι μικρολατυποπαγείς με λατύπες πελαγικών και νηριπικών ασβεστολίθων καθώς επίσης και θραύσματα ρουδιστών. Εμφανίζονται κατά μήκος των απότομων κρημών της δυτικής απόληξης του όρους Λάπιθας και ανατολικά της λίμνης του Καϊάφα.

ε. *Φλύσχη Ενότητας Γαβρόβου*. Πρόκειται για άριθμες εναλλαγές ανοιχτόχρωμων ψαμμικών και πηλινικών στρωμάτων πάχους ως 30 εκατοστών. Το κύριο χαρακτηριστικό του σχηματισμού είναι η παρουσία ολισθολίθων - ρηξιτεμαχών από μαύρους βιτουμενιούχους ασβεστόλιθους με νομουλίτες (Εικ. 6). Η φάση των ασβεστολίθων αυτών είναι η ίδια με τη φάση των ασβεστολίθων που περιγράφονται στη συνέχεια. Εμφανίζεται προς το βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής της χαρτογράφησης και το πάχος του υπερβαίνει τα 300 μέτρα τουλάχιστον. Η επαφή του φλύσχη και των υποκείμενων ασβεστολίθων της ενότητας Γαβρόβου με το σχηματισμό Ασβεστολίθων Καϊάφα είναι τεκτονική (Εικ. 7) γεγονός που συμπεραίνεται από την απότομη διακοπή των εμφανίσεων των σχηματισμών κατά μήκος της και τονίζεται από την επίσης έντονη λιθοφασική και χρωματική αντίθεση των εκατέρωθεν σχηματισμών.

στ. *Ασβεστόλιθοι Ενότητας Γαβρόβου*. Πρόκειται για μαύρους άστρωτους βιτουμενιούχους ασβεστόλιθους με ευμεγέθεις Νομουλίτες, οι οποίοι καταλαμβάνουν το βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης και μεγάλο τμήμα του όρους Λάπιθα. Η ηλικία τους είναι Παλαιόκαινο - Ανώτερο Ηώκαινο και το ορατό πάχος τους υπερβαίνει τα 400 μέτρα. Η επαφή τους με το φλύσχη της ίδιας ενότητας μέσα στα όρια της περιοχής μελέτης είναι απότομη χωρίς παρουσία μεταβατικών οριζόντων, αλλά με παρουσία οριζόντων συμπίκνωσης πάνω σε μία παλαιοεπιφάνεια, η οποία πιθανότατα αντιστοιχεί σε ένα παλαιρήγμα (Εικ. 8).



Εικ. 6: Άποψη ρηξιμαχών από ασβεστολίθους της ενότητας Γαβρόβου μέσα στο φλύσχη της ίδιας ενότητας.



Εικ. 7: Άποψη τμήματος της τεκτονικής επαφής μεταξύ των ενοτήτων Γαβρόβου και Ιόνιας (Α) και λεπτομέρεια της ίδιας επιφάνειας (Β).

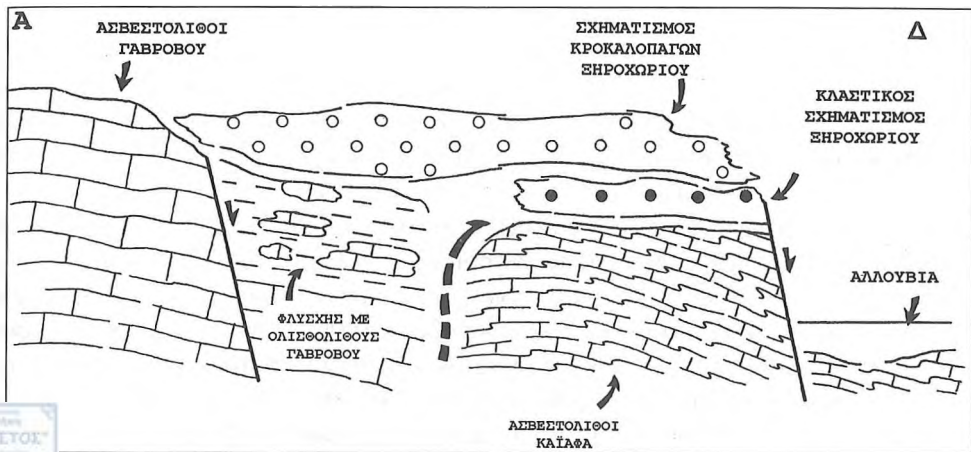


Εικ. 8: Άποψη των νηριπικών ασβεστολιθών της ενότητας Γαβρόβου (Α) και η επιφάνεια της επαφής ασβεστολιθών - φλύσχη της ίδιας ενότητας, η οποία αντιστοιχεί πιθανότατα σε ένα παλαιορίγμα (Β).

ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με βάση τα στοιχεία της λεπτομερούς γεωλογικής χαρτογράφησης και τα δεδομένα των μικρο - μακροπαλαιοντολογικών προσδιορισμών είναι δυνατό να παρουσιασθεί μια και' αρχήν λιθοσφραγιστική στήλη (Εικ. 9) για τους σχηματισμούς του Δυτικού Λάπιθα και να αναφερθούν τα ακόλουθα βασικά συμπεράσματα για τη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης.

α. Οι Αλλουβιακοί, Ελλώδεις σχηματισμοί, τα Πλευρικά κορήματα και ο σχηματισμός Κροκαλοπαγών Ξηροχωρίου αποτελούν τους Μεταλπικούς σχηματισμούς. Οι σχηματισμοί



Εικ. 9: Σύνθετη λιθοστρωματογραφική στήλη των σχηματισμών που εμφανίζονται στην περιοχή του δυτικού Λάπιθα.

αυτοί καλύπτουν ασύμφωνα τους υπόλοιπους σχηματισμούς και ανήκουν στο Μεταορογενετικό κύκλο. Οι νηρικοί βιτουμενιούχοι ασβεστόλιθοι και ο φλύσχης που αναπτύσσονται προς τα βόρεια του χάρτη αποτελούν τυπικές εμφανίσεις της ενότητας Γαβρόβου, η οποία εμφανίζεται σε μια ευρύτερη περιοχή του όρους Λάπιθα.

β. Οι νηρικοί βιτουμενιούχοι ασβεστόλιθοι και ο φλύσχης αποτελούν τυπικές εμφανίσεις της ενότητας Γαβρόβου, οι οποίες ήταν ήδη γνωστές από τη βιβλιογραφία. Στη συγκεκριμένη όμως περιοχή διαφοροποιούνται ως προς ένα πολύ βασικό στοιχείο, το οποίο για πρώτη φορά πιστοποιείται στην εν λόγω ενότητα. Ειδικότερα μέσα στο φλύσχη παρατηρήθηκαν ολισθόλιθοι προερχόμενοι από τους υποκείμενους ασβεστόλιθους της ενότητας Γαβρόβου. Αυτό σε συνδυασμό με την παρουσία επιφάνειας παλαιορήγματος στην επαφή των δύο σχηματισμών υποδεικνύει συνιζηματογενή τεκτονισμό και έντονη ανησυχία κατά το διάστημα Ανώτερου Ηώκαινου - Ολιγοκαινού.

γ. Ο σχηματισμός Ασβεστολιθών Καϊάφα είναι πελαγικός και έχει ηλικία Ανώτερο Κρητιδικό. Δεν είναι δυνατό όμως να διαπιστωθεί αν η πελαγική ιζηματογένεση περατώθηκε στο Ανώτερο Κρητιδικό, στο Παλαιόκαινο ή στο Ηώκαινο. Είναι βέβαιο όμως ότι η περιοχή χέρσευσε και διαβρώθηκε με αποτέλεσμα τη δημιουργία παλαιοανάγλυφου. Η διαδικασία αυτή τελείωσε στο Κατώτερο Ολιγόκαινο (Ρουπέλιο) όπως αποδεικνύει η παρουσία των κοραλλίων στο παλαιοανάγλυφο των πελαγικών ασβεστολιθών και στη συνέχεια απόθεση των κλαστικών υλικών. Η ηλικία, η λιθοφάση και τεκτονική θέση δείχνουν ότι ο συγκεκριμένος σχηματισμός ανήκει στην Ιόνια ενότητα. Η άποψη αυτή ενισχύεται και ουσιαστικά επιβεβαιώνεται από τη σύγκριση των δεδομένων της περιοχής Καϊάφα με τις άλλες δύο μοναδικές εμφανίσεις της Ιονίου ενότητας στην Πελοπόννησο.

Ειδικότερα με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα (Εικ. 10) η πρώτη και βορειότερη εμφάνιση της Ιονίου ενότητας, απαντά στο βορειοδυτικό άκρο της της Πελοποννήσου στο ακρωτήριο Άραξος. Η εμφάνιση αυτή περιλαμβάνει πελαγικούς - μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους ηλικίας Ανωτέρου Κρητιδικού και Ηώκαινου (AUBOUIN & DERCOURT, 1962), ενώ στην ίδια περιοχή ο ΤΣΟΦΛΙΑΣ (1977) διεπίστωσε (i) πελαγικούς - μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους με θραύσματα ρουδιτών ηλικίας Ανωτέρου Κρητιδικού (ii) ασβεστόλιθους ηλικίας Παλαιοκαινού - Ηώκαινού και (iii) σε συνέχεια κλαστικούς σχηματισμούς τους οποίους θεώρησε ως την προς

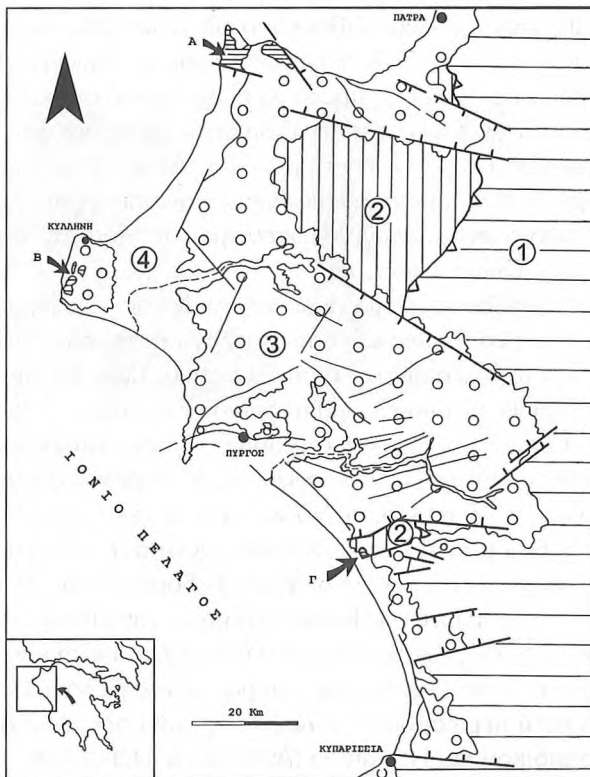
τα άνω κανονική μετάβαση των προηγούμενων σχηματισμών.

Η δεύτερη κατά σειρά –από βορρά προς νότο– εμφάνιση της Ιονίου ενότητας στην Πελοπόννησο απαντά στο χωριό Κάστρο Κυλλήνης. Στην περιοχή αυτή ο ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ (1969) διεπίστωσε εκτός των άλλων λευκούς λεπτοστρωματώδεις ως μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθους ηλικίας Ανωτέρου Κρητιδικού με την ίδια ακριβώς πανίδα που προσδιορίστηκε στην εμφάνιση της περιοχής Καϊάφα.

Πέραν των ανωτέρω εμφανίσεων διαπιστώθηκαν αντίστοιχες παρουσίες της Ιόνιας ενότητας κατά την εκτέλεση γεωτρήσεων προς αναζήτηση πετρελαίου. Συγκεκριμένα μία εκ των εν λόγω γεωτρήσεων, οι οποίες ανίχνευσαν κυρίως Τριαδικούς εβαπορίτες της Ιόνιας ενότητας, διέτρησε στην περιοχή του Κατακόλου και σε βάθος 2880μ. λεπτοστρωματώδεις λευκούς ασβεστόλιθους Ανωτέρου Κρητιδικού με αντίστοιχη πανίδα με αυτή των εμφανίσεων στην περιοχή Καϊάφα. Πρόσθετα πάνω από τους ασβεστόλιθους πιστοποιήθηκε κλαστικός απομοσ φλυσσικού τύπου πάχους 650μ. ηλικίας Ολιγοκαίνου (ΚΑΜΠΕΡΗΣ, 1987).

Συμπερασματικά λοιπόν αναφέρεται ότι η συγκεκριμένη εμφάνιση στην περιοχή Καϊάφα αντιστοιχίζεται πλήρως με τις υπόλοιπες εμφανίσεις της Ιονίου ενότητας στην Πελοπόννησο με αποτέλεσμα να επιβεβαιώνεται η πλήρης ένταξή τους.

Σε ό,τι αφορά τον κλαστικό σχηματισμό Καϊάφα έχει ηλικία όχι παλαιότερη του Ολιγοκαίνου και όχι νεώτερη του Ανωτέρου Μειοκαίνου αφού στη βάση του σχηματισμού παρατηρούνται μονόμεκτα λατυποπαγή ηλικίας Κατωτέρου Ολιγοκαίνου και καλύπτεται από πολύμεκτα



Εικ. 10: Γενικευμένος γεωλογικός χάρτης της ΒΔ Πελοποννήσου στον οποίο σημειώνονται οι μέχρι σήμερα γνωστές εμφανίσεις (Α, Β) και η νέα εμφάνιση (Γ) της Ιονίου ενότητας. (1. Ενότητα Πίνδου, 2. Ενότητα Γαβρόβου, 3. Σχηματισμοί Μειοκαίνο - Πλειστοκαίνο, 4. Αλλούβια).

κροκαλοπαγή του Ανωτέρω Μειοκαίνου. Η ασύμφωνη τοποθέτησή του πάνω στο σχηματισμό Ασβεστολίθων Καϊάφα, η ηλικία του και η λιθοοψική του εικόνα δείχνουν ότι κατά πάσα πιθανότητα πρόκειται για σχηματισμό αντίστοιχο με τα ανώτερα τμήματα της φλυσχομόλασσας που εμφανίζεται στο σύγκλινο Ηπείρου - Ακαρνανίας (I.G.S.R. & I.F.P., 1966), όπου τοπικά εμφανίζεται ασύμφωνη ακόμα και σε σχηματισμούς Λιασίου ηλικίας (I.G.S.R. & I.F.P., 1966, RICHTER, D., 1978, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1986). Όπως είναι γνωστό βορειότερα στη Στερεά Ελλάδα, ο διαχωρισμός φλύσχη μόλασσας δεν είναι δυνατός και εύκολος στη μεγαλύτερη έκταση εμφάνισής του, εξαιτίας της απουσίας:

- α. Μεγάλης ορατής ασυμφωνίας μεταξύ των δύο σχηματισμών και της παρουσίας πάρα πολλών μικρότερων σε διαφορά στρωματογραφικά ύψη.
- β. Έντονης διαφοροποίησης της λιθοοψικής εικόνας εξαιτίας των συνεχών εναλλαγών ψαμμιτών πηλινών και κροκαλοπαγών.

της διαφοροποίησής της στο βαθμό της τεκτονικής παραμόρφωσης, των κορυφαίων μμάτων του φλύσχη και της υπερκείμενης μόλασσας.

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι η παρουσία και τα χαρακτηριστικά της Ιονίου ενότητας αφενός και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ενότητας Γαβρόβου στο όρος Λάπιθας αφετέρου, μας επιτρέπουν να προβούμε σε ορισμένες γενικότερες παρατηρήσεις σε σχέση με τη γενικότερη γεωτεκτονική - γεωδυναμική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής της Δυτικής Πελοποννήσου, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- α. Η ασύμφωνη τοποθέτηση του Κλασικού σχηματισμού Καϊάφα πάνω στο σχηματισμό Ασβεστολίθων Καϊάφα είναι η μόνη που παρατηρείται άμεσα σε όλο τον παλαιογεωγραφικό χώρο της Ιονίου μεταξύ των συγκεκριμένων σχηματισμών. Αντίστοιχη πληροφορία προέρχεται και από τη γεώτρηση ανοικτά του Κατακόλου (ΚΑΜΠΕΡΗΣ, 1987), αλλά ήταν μέχρι τώρα ανεπιβεβαίωτη στην ορατή παρατήρηση. Το γεγονός αυτό μας υποδεικνύει έντονες τεκτονικές διεργασίες στο χώρο της Ιονίου κατά το διάστημα Παλαιοκαίνου - Ολιγοκαίνου. Αντίστοιχες διαδικασίες στον ίδιο παλαιογεωγραφικό χώρο ήταν γνωστές για το χρονικό διάστημα του Λιασίου, στο οποίο παρατηρείται αλλαγή του παλαιογεωγραφικού χώρου από μία νηριπική πλατφόρμα (ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα) σε ένα χώρο με πελαγική ιζηματογένεση (ασβεστόλιθοι Βίγλας).
- β. Πρόκειται από τις πολύ σπάνιες θέσεις στη Δυτική Ελλάδα, στην οποία βλέπουμε την τεκτονική επαφή της Ιονίου ενότητας και της ενότητας Γαβρόβου. Αναφέρεται πληροφοριακά ότι στη μεν Στερεά Ελλάδα η επαφή των ανωτέρω ενότητων καλύπτεται από τα νεώτερα ιζήματα των φλυσχομολασσικών σχηματισμών και των μεταλλικών αποθέσεων, στη δε Πελοπόννησο από μεταλλικούς σχηματισμούς. Ουσιαστικά είναι η ανατολικότερη εμφάνιση της Ιονίου ενότητας στην Πελοπόννησο και αντιστοιχεί κατά πάσα πιθανότητα στην εσωτερική πλευρά του παλαιογραφικού χώρου της και πολύ κοντά στον παλαιογεωγραφικό χώρο της ενότητας Γαβρόβου.
- γ. Οι έντονες τεκτονικές διεργασίες και γεωδυναμικά φαινόμενα δεν εντοπίζονται αυστηρά στον παλαιογεωγραφικό χώρο της Ιονίου ενότητας το χρονικό διάστημα Παλαιοκαίνου - Ολιγοκαίνου, αλλά και στον παρακείμενο εσωτερικότερο παλαιογεωγραφικό χώρο της ενότητας Γαβρόβου. Τα έντονα φαινόμενα συνιζηματογενούς τεκτονισμού, ο έντονος πολυτεμαχισμός και ταφροποίηση με μεγάλα τεμάχια ολισθολίθων στη φλυσχική λεκάνη κυρίως κατά το Ηώκαινο - Ολιγόκαινο επιβεβαιώνουν τη γειννίαση του παλαιογεωγραφικού χώρου των δύο ενότητων αφενός και τις γενικότερες έντονες γεωδυναμικές διεργασίες αφετέρου. Πρόσθετα η ταφροποίηση του χώρου της ενότητας Γαβρόβου και χέρσωση της

Ιονίου ενόπτης κατά το ίδιο χρονικό διάστημα είναι δυνατόν να συνδεθούν και με φαινόμενα διαπειρισμού των εβαποριτών.

Τέλος πέραν των προαναφερθέντων διαπιστώσεων θα πρέπει να τονισθεί ότι η συγκεκριμένη εμφάνιση συμβάλλει στο πρόβλημα της οριοθέτησης των δύο ενότητων Ιονίου και Γαβρόβου, το οποίο είναι τεράστιας σημασίας για την έρευνα πετρελαίων δεδομένου ότι ο χώρος της Ιονίου και ειδικότερα οι εβαπορικοί δόμοι φιλοξενούν πιθανά αποθέματα υδρογονανθράκων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά την κ. Α. ΔΙΑΚΑΝΤΩΝΗ-ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ και την κ. Ρ. ΜΙΡΚΟΥ για τους παλαιοντολογικούς προσδιορισμούς.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AUBOUIN, J. & DERCOURT, J., 1962. Zone preapulienne zone Ionienne et zone du Gavrovo en Peloponnese occidentale. *Bul. Soc. Geol. France* (7)3: 785-794; GRSS6F, 190.
- ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Γ. & ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ Δ., 1989. Υδρογεωλογική και υδροκημική συμπεριφορά των θερμών πηγών Καϊάφα (Δ. Πελοπόννησος). 4ο Γεωλ. Επιστ. Συνέδριο της Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., Τομ. XXIII, Τεύχ. 3, 49-60, Αθήνα.
- FLEURY, J.J., 1980. Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grece continentale et Peloponnese du Nord). Evolution d' une plateforme et d' un bassin dans le cadre Alpin. *Publ. Soc. Geol. Nord*, 4.
- I.G.S.R. & I.F.P., 1966. Etude geologique de l' Epire. *Technip.*, 306p.
- ΚΑΜΠΕΡΗΣ, Ε., 1987. Γεωλογική και πετρωτογεωλογική μελέτη ΒΔ Πελοποννήσου, διατριβή επί διδασκαλίας, Ε.Μ.Π., Τμήμα Μηχ. Μεταλλείων - Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Αθήνα 1987.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. & ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι., 1992. Νεοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας, Φύλλα «ΠΥΡΓΟΣ - ΤΡΟΠΑΙΑ». Εφαρμ. Ερευν. Προγρ., Τομέας Δυναμ. Τεκτ. Εφαρμ. Γεωλογίας, Παν/μιο Αθηνών, 123σ.
- MONOPOLIS, D. & BRUNETON, A., 1982. Ionian sea (Western Greece): Its structural outline deduced from drilling and geophysical data. *Tectonophysics* 83, 227-242.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1986. Γεωλογία της Ελλάδας. 240σ.
- RENZ, C., 1955. Die vorneogene stratigraphie der normal-sedimentaren formationen Griechenlands. *Inst. Geol. Subsurf. Res.*, 637s., Athens.
- RICHTER, D. with contrib. of MARIOLAKOS, I. & RISCH, H., 1987. The main Flysch Stages of the Hellenides. In: *Alps, Apennines, Hellenides*, CLOSS et al editors, 434-438.
- STREIF, H., 1982. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο «ΟΛΥΜΠΙΑ», κλίμακα 1:50.000, Εκδ. ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- ΤΣΟΦΛΙΑΣ, Π., 1977. Γεωλογικός χάρτης Ελλάδος, φύλλο «ΝΕΑ ΜΑΝΩΛΑΔΑ», κλίμακα 1:50.000, Εκδ. ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ., 1969. Περί της ηλικίας των παρά του χωρίου Κάστρο (ΒΔ Πελοπόννησος) ασβεστολιθών. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., 7, 121-136, Αθήνα.

<i>Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας</i>	<i>Τόμ.</i>	<i>σελ.</i>	<i>Αθήνα</i>
<i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	<i>XXVII</i>	<i>57-76</i>	<i>1991</i>
	<i>Vol.</i>	<i>pag.</i>	<i>Athens</i>

ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΠΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ (Περιοχές ΝΕΜΕΑΣ - ΤΡΙΚΑΛΩΝ)*

Δ.Ι. Παπανικολάου , Σ.Γ. Λόζιος, Ε.Κ. Λόγος & Χ.Ι. Σίδερης



ABSTRACT

The paleogeographic evolution of NE Peloponnessus during the Plio-Quaternary is controlled by the geodynamic environment of the Corinthian paleo-gulf which is mainly expressed through vertical neotectonic movements. The stratigraphy of the post-alpine marine sediments of Western Corinthian basin can be easily comprehended only if the partial stratigraphic sequences are distinguished according to their characteristic paleoenvironment. The more than 1.000 m marine sediments of the basin (mainly Gilbert-type deltas and deep-sea deposits) are characterized by stratigraphic or lateral transitions, internal unconformities and truncations which presuppose important changes of the peleoenvironment both in space and in time. The geodynamic analysis of the sediments reveals a very important and rapid migration of the Corinthian paleo-coasts during Pliocene and Late Pleistocene, from the zone of the marginal paleo-faults, southern of Nemea and Trikala regions, to the present position of the Corinthian Gulf. It is also remarkable that the present arrangement of the geodynamic environments is similar to the one of Pliocene times, showing a migration of the whole structure of about 15-20 km to the North. Therefore, the active fault zones of the southern paleo-margin of the Corinthian Gulf, become gradually inactive during the northward migration of the active southern margin of the Corinthian Gulf.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παλαιογεωγραφική εξέλιξη της ΒΑ Πελοποννήσου κατά το Πλειο-Τεταρτογενές ελέγχεται από το γεωδυναμικό περιβάλλον του παλαιο-Κορινθιακού Κόλπου που χαρακτηρίζεται από τις κατά κύριο λόγο κατακόρυφες νεοτεκτονικές κινήσεις. Η στρωματογραφική διάρθρωση των μεταλπικών ιζημάτων της λεκάνης Δυτικής Κορινθίας μπορεί να γίνει κατανοητή μόνο εφόσον διακριθούν οι σχηματισμοί με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του παλαιοπεριβάλλοντος και της παλαιογεωδυναμικής, δεδομένου ότι τα άνω των 1000 m πάχους ιζήματα (κυρίως δελταϊκές αποθέσεις), δεν διατηρούν μία λογική κλασικής ακολουθίας υποπαράλληλων στρωμάτων αλλά χαρακτηρίζονται από πλευρικές μεταβάσεις, αποσφηνώσεις και εσωτερικές ασυμφωνίες με εναλλαγή περιβαλλόντων τόσο κατά την κατακόρυφη όσο και κατά την οριζόντια έννοια. Η επιφανειακή εξάπλωση των παραπάνω σχηματισμών

* Papanikolaou, D.J., Lozios, S.G. , Logos, E.K. & Sideris, Ch.I. - Geodynamic Evolution of the Western Corinthian Post-Alpine Basin (Nemea and Trikala regions).

University of Athens, Department of Geology, Panepistimioupolis Zografou, 157 84 Athens, Greece.

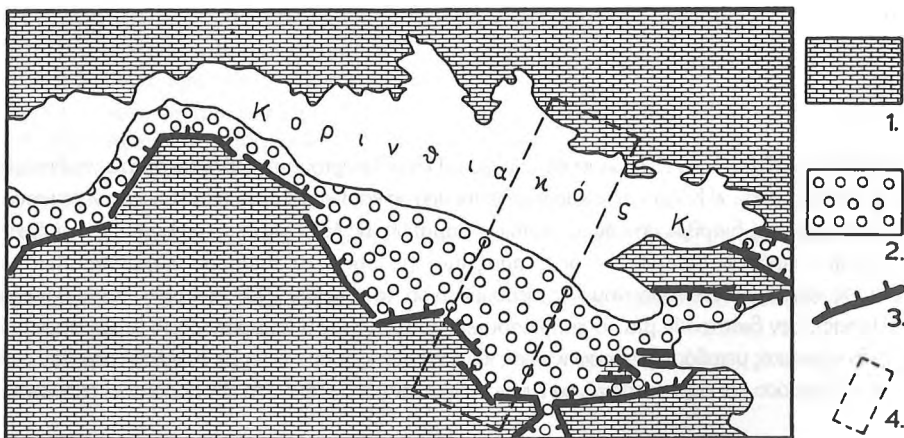
Ανακοινώθηκε κατά την επιστημονική συνεδρία της Ξάνθης, την 9/5/1991.

δείχνει μια σημαντική και ταχεία μετανάστευση της παλαιοακτικής του Κορινθιακού από τη ζώνη των περιθωριακών ρηγμάτων της λεκάνης νότια των ορεινών σήμερα περιοχών της Νεμέας και των Τρικάλων κατά το Πλειόκαινο έως Παλαιο-Πλειστόκαινο στη σημερινή θέση του Κορινθιακού κόλπου. Είναι σημαντικό ότι η σημερινή διάταξη των γεωδυναμικών περιβαλλόντων του κόλπου είναι η ίδια με αυτήν του Πλειοκαίνου αλλά με μετάθεση της όλης γεωμετρίας κατά περίπου 15-20 km βορειότερα. Ο εντοπισμός των ενεργών ρηγμάτων της λεκάνης διευκολύνεται από την παραπάνω γεωμετρία διότι εντοπίζεται σε συγκεκριμένες, περιθωριακές συνήθως, ζώνες οι οποίες καθίστανται σταδιακά ανενεργές όσο μετατίθεται βορειότερα το Πελοποννησιακό ενεργό περιθώριο του Κορινθιακού, μέχρι τη σημερινή του θέση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Κορινθιακός Κόλπος (Εικ. 1) αποτελεί μια σημαντική νεοτεκτονική μακρο-δομή και ένα μέτρον ακτουαλιστικό πρότυπο μιας τάφρου η οποία εξελίσσεται σταδιακά κατά το Πλειο-τεταρτογενές, παραμένοντας ενεργή μέχρι σήμερα, όπως φανερώνει άλλωστε και η έντονη σεισμική δραστηριότητα που επικεντρώνεται κυρίως στο νότιο περιθώριο του κόλπου (ΜΑΚΚΡΟΥΛΟΣ & BURTON, 1981; JACKSON *et al.*, 1982). Αναπτύσσεται εγκάρσια προς το Ελληνικό τόξο σε μία γενική διεύθυνση E-W, με τη δυτική του απόληξη περίπου στο όριο της σημερινής τάφρου και την ανατολική να εκτείνεται μέχρι το σύγχρονο ηφαιστειακό τόξο, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τα διάφορα τμήματά του να εξελίσσονται διαχρονικά κάτω από διαφορετικές γεωδυναμικές συνθήκες και παλαιογεωγραφικά περιβάλλοντα, ανάλογα πάντα με τη γεωτεκτονική θέση του καθενός από αυτά ως προς το εκάστοτε παλαιο-τόξο και πάντα μέσα από τη διαδικασία της διαδοχικής μετανάστευσης του τόξου στη σημερινή του θέση. Άλλωστε, η ιδιαιτερότητα της γεωτεκτονικής εξέλιξης του Κορινθιακού τονίζεται ακόμη περισσότερο με την άποψη της πιθανής προέλευσής του από μια παλαιά ζώνη μετασχηματισμού που εξελίχθηκε σταδιακά σε μία μεταλλική θαλάσσια λεκάνη (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν., 1990).

Η σύνθετη αυτή εξέλιξη του βυθίσματος του Κορινθιακού Κόλπου είναι το αποτέλεσμα της πολύπλοκης κινηματικής δραστηριότητας των επιμέρους ρηξιτεμαχών, γεγονός που αντικατοπτρίζεται άλλωστε και στο χαρακτήρα και τις φάσεις των ιζημάτων, είτε αυτά αφορούν



Εικ. 1: Η λεκάνη του σύγχρονου και του παλαιο-Κορινθιακού Κόλπου, όπως αυτή προκύπτει από την κατανομή των θαλάσσιων πλειο-τεταρτογενών αποθέσεων στο χώρο της Βόρειας Πελοποννήσου. (1. αλπικό υπόβαθρο, 2. μεταλλικοί σχηματισμοί, 3. περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες παλαιο-Κορινθιακού, 4. περιοχή τομών Εικ. 9).

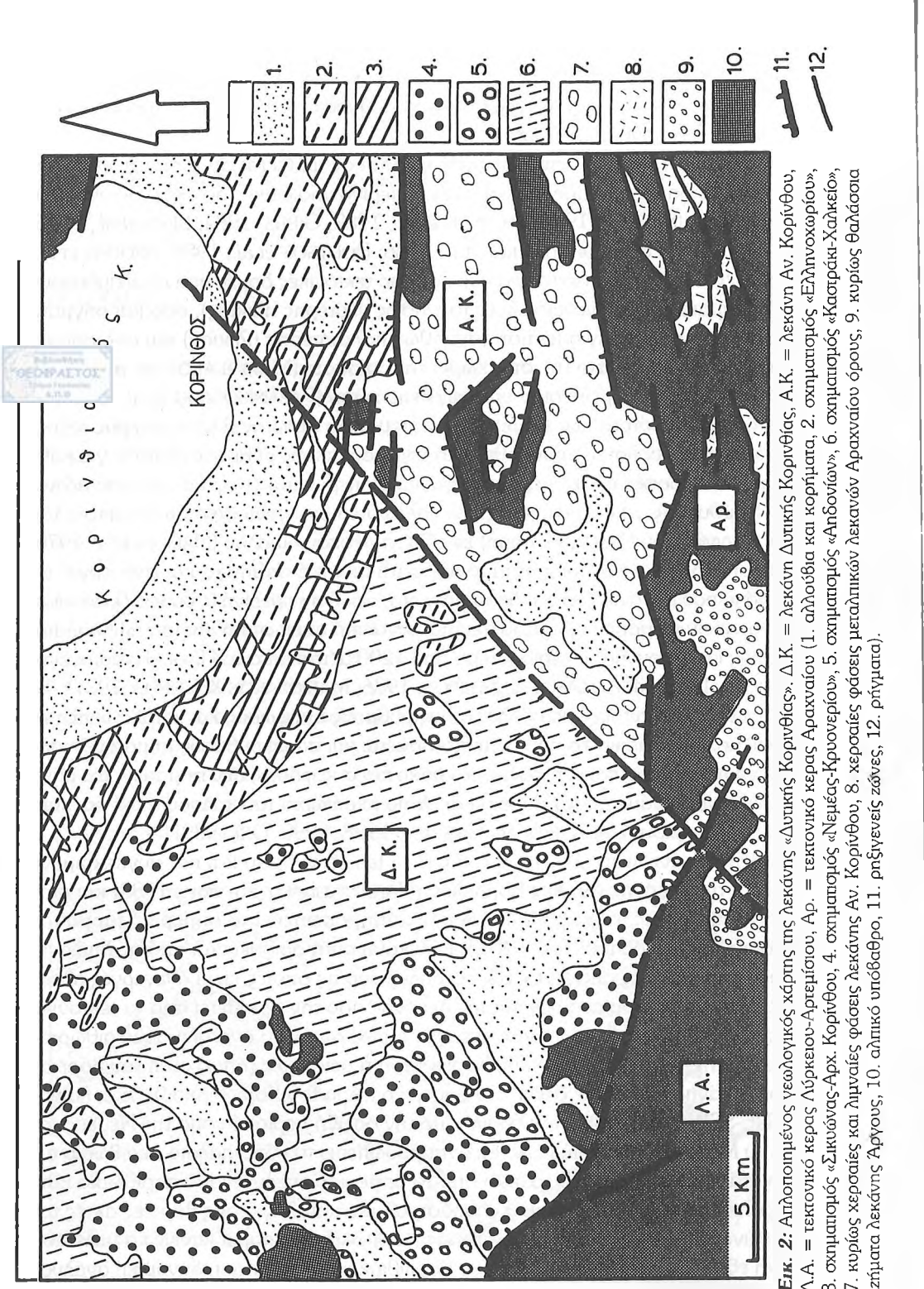
στις παλαιότερης ηλικίας θαλάσσιες αποθέσεις που σήμερα βρίσκονται στην ξηρά στο χώρο της Βόρειας Πελοποννήσου διαγράφοντας τα όρια του παλαιο-κόλπου, είτε αφορούν στα σύγχρονα ιζημάτα που αποτίθενται στις κλιείς και τον πυθμένα του σημερινού υποθαλάσσιου χώρου που καλύπτει ο Κορινθιακός Κόλπος.

Έτσι λοιπόν, παρ' ότι η γενική εικόνα του Κορινθιακού φαίνεται ότι αντιστοιχεί σε μια εφελκυστικού χαρακτήρα μακροδομή πίσω από το σημερινό νησιωτικό τόξο, που οριοθετείται από κανονικά ρήγματα (SEBRIER, 1977; JACKSON *et al.*, 1982; GIBBS, 1984; KING *et al.*, 1985; VITA-FINZI & KING, 1985; ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗΣ *και συν.*, 1986; DOUTSOS *et al.*, 1988; BROOKS *et al.*, 1988; ORI, 1989), εν τούτοις εμφανίζεται μια ποικιλία από τεκτονικές δομές που περιλαμβάνουν τόσο κανονικά ρήγματα και ρηξιγενείς ζώνες (συνήθως νεότερης ηλικίας), όσο και ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης ή με πλάγια κίνηση (συνήθως παλαιότερης ηλικίας) και σπανιότερα ανάστροφα, είτε αυτά εμφανίζονται στο χώρο της χέρσου (MARIOLAKOS *et al.*, 1982, ΚΟΛΑΟΥ *και συν.*, 1990) είτε στον υποθαλάσσιο χώρο (PAPANIKΟΛΑΟΥ *et al.*, 1987).

Η γεωμορφολογική δραστηριότητα των επιμέρους ρηξιπεμαχών (πρώτης ή μεγαλύτερης τάξης) παρουσιάζεται επίσης πολύπλοκη, προϋποθέτοντας διαφορετικούς ρυθμούς κίνησης για κάθε ρηξιγενή ζώνη με περιστροφές των επιμέρους ρηξιπεμαχών περί κατακόρυφο ή οριζόντιο άξονα, συνήθως E-W διεύθυνσης, όπως μας φανερώνει άλλωστε και η γενικότερη ασυμμετρία του βυθίσματος του Κορινθιακού (1ης τάξης δομή) εν είδη τεκτονικού διπόλου (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, 1976) με το βόρειο περιθώριο του κόλπου να παρουσιάζεται σχετικά παθητικό και ανενεργό, σε αντίθεση με το νότιο που εμφανίζει έντονη δραστηριότητα, αφού η σημερινή θέση των θαλάσσιων πλειο-πλειστοκαινικών ιζημάτων προϋποθέτει μια συνολική ανυψωτική κίνηση των παλαιο-ακτών της Βόρειας Πελοποννήσου περισσότερο από 1200 μέτρα κατά το Πλειο-Τεταρτογενές (MARIOLAKOS *et al.*, 1985; ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΣΤΕΙΡΟΣ, 1986; ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΣΤΙΡΟΣ, 1987). Το γεγονός αυτό συνεπάγεται έντονες μεταβολές στους ρυθμούς ανύψωσης και καταβύθισης των επί μέρους ρηξιπεμαχών, διαδικασία που αντικατοπτρίζεται και στους ρυθμούς ιζηματογένεσης με αποτέλεσμα να παρατηρούνται μεταβολές στα πάχη και στις φάσεις των ιζημάτων, όχι μόνο σε εγκάρσια διεύθυνση ανάμεσα στο Βόρειο και Νότιο περιθώριο του κόλπου αλλά και κατά μήκος του ίδιου περιθωρίου (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ *και συν.* 1988, 1990, ORI 1989).

Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στο χώρο της ΒΑ Πελοποννήσου και πιο συγκεκριμένα αφορά στη μελέτη της λεκάνης Δυτικής Κορινθίας (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ *και συν.*, 1988) και στην προς Βορρά προέκτασή της, το χώρο δηλαδή που αντιπροσωπεύει το σημερινό τμήμα του Ανατολικού Κορινθιακού Κόλπου (Εικ. 1 & 2). Η λεκάνη αυτή οριοθετείται από τις διπλανές της μακροδομές από μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες, άλλες από τις οποίες είναι ανενεργές πλέον σήμερα (όπως αυτή του νότιου περιθωρίου της λεκάνης που την οριοθετεί από το τεκτονικό κέρα «Λύρκειου-Αρτεμίσιου»), ενώ άλλες ενεργές (όπως αυτή του ανατολικού περιθωρίου που τη χωρίζει από τη λεκάνη «Ανατολικής Κορινθίας») ή σεισμικές (όπως αυτή του βόρειου περιθωρίου της λεκάνης που τη συνδέει με το σημερινό χώρο του Κορινθιακού). Έτσι λοιπόν σε μία τομή NNE-SSW διεύθυνσης που ξεκινά από την ορεινή περιοχή νότια της Νεμέας του Κεφαλαρίου, του Μάνα και των Τρικάλων και αντιπροσωπεύει το νότιο παλαιο-περιθώριο του Κορινθιακού κατά το Πλειόκαινο, διέρχεται από το σημερινό ενεργό νότιο περιθώριο κατά μήκος της παραλιακής ζώνης Κορίνθου-Ξυλοκάστρου και καταλήγει στις βόρειες ακτές του κόλπου στις ορεινές περιοχές της Νότιας Βοιωτίας και Φωκίδας, μπορεί κανείς να μελετήσει τη γεωδυναμική εξέλιξη αυτού του τμήματος του Κορινθιακού, μέσα από τη δυναμική ανάλυση των θαλασσιών ιζημάτων.

Στόχος της συγκεκριμένης μελέτης, που εκπονήθηκε στα πλαίσια εφαρμοσμένου ερευνητικού



Εικ. 2: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της λεκάνης «Δυτικής Κορινθίας». Δ.Κ. = λεκάνη Δυτικής Κορινθίας, Α.Κ. = λεκάνη Αν. Κορινθίου, Α.Α. = τεκτονικό κερας Λυρκειού-Αργεΐσιου, Α.Ρ. = τεκτονικό κερας Αραχναίου (1. αλλοθία και κορήματα, 2. σχηματισμός «Ελληνοχωρτίου», 3. σχηματισμός «Σικιόνας-Αρχ. Κορινθίου», 4. σχηματισμός «Νεμέας-Κρουονερίου», 5. σχηματισμός «Αηδονιών», 6. σχηματισμός «Καστράκι-Χαλκεί», 7. κυρίως ηερσαίες και λιμναίες φάσεις λεκάνης Αν. Κορινθίου, 8. ηερσαίες φάσεις μεταλλικών λεκανών Αραχναίου όρους, 9. κυρίως θαλάσσια ιζητάματα λεκάνης Αργούς, 10. αλμικό υπόβαθρο, 11. ρηξινευσείς ζώνες, 12. ρήγματα).

προγράμματος για την κατασκευή του Νεοτεκτονικού Χάρτη της Ελλάδας (Φύλλο «Κόρινθος») σε κλίμακα 1:100.000, αποτελεί στην ουσία η κατανόηση των σημερινών γεωδυναμικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην ευρύτερη περιοχή του Ανατολικού Κορινθιακού καθώς και η εξακρίβωση του μηχανισμού μέσα από τον οποίο κάποια ρήγματα στη σημερινή εποχή παρουσιάζονται ως ενεργά ή σεισμικά ενώ κάποια άλλα έχουν σταματήσει τη δραστηριότητά τους καθιστάμενα πλέον ανενεργά.

Η επιλογή της γεωδυναμικής ανάλυσης των θαλασσίων ιζημάτων της περιοχής μελέτης, για τον προσδιορισμό των σημερινών ενεργών και σεισμικών ρηξιγενών ζωνών, «επεβλήθη» στην ουσία από τη γεωτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης της Δυτικής Κορινθίας, αφού αυτή παρουσιάζεται εντελώς διαφοροποιημένη σε σχέση με τις διπλανές της περιοχές (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988, 1990), ενταγμένη πάντα, όπως προαναφέρθηκε, μέσα στα πλαίσια της σύνθετης εξέλιξης για τα διάφορα τμήματα του Κορινθιακού Κόλπου. Έτσι λοιπόν, η παλαιότερα έχει επισημανθεί από τους ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. (1988, 1990), ρήγμα που αναπτύσσεται ανατολικά της λεκάνης της Δυτικής Κορινθίας και αντιπροσωπεύεται από τη λεκάνη της Ανατολικής Κορίνθου (Εικ. 2), χαρακτηρίζεται από μικρό πάχος λιμναίων ή χερσαίων κυρίως ιζημάτων με συχνές εμφανίσεις του αλπικού υποβάθρου και εντυπωσιακή παρουσία ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών με μεγάλες κατοπρικές επιφάνειες και έντονες μορφολογικές ανωμαλίες, η λεκάνη της Δυτικής Κορινθίας χαρακτηρίζεται αντίθετα από μεγάλο πάχος θαλασσίων ιζημάτων όπου δύσκολα, ακόμη και στις περιθωριακές ζώνες της παλαιο-λεκάνης με το αλπικό υπόβαθρο, μπορεί να διακρίνει κανείς είτε ρήγματα είτε κάποιο άλλο μορφολογικό χαρακτηριστικό που να τα υποδηλώνει. Ως εκ τούτου λοιπόν δεν υφίστατο άλλος τρόπος «αποκρυπτογράφησης» των σταδίων της νεοτεκτονικής εξέλιξης της λεκάνης παρά η γεωδυναμική ανάλυση των θαλάσσιων ιζημάτων που καλύπτουν το χώρο της ΒΑ Πελοποννήσου σε συνδυασμό με τη μελέτη των σύγχρονων διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στον υποθαλάσσιο χώρο του σημερινού Κορινθιακού.

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ

Γενικά

Ανατρέχοντας κανείς στο πρόσφατο παρελθόν μπορεί να διαπιστώσει ότι η στρωματογραφική διάρθρωση των θαλάσσιων αποθέσεων της ΒΑ Πελοποννήσου αντιμετωπιζόταν με βάση τη λογική της οριζόντιας απόθεσης των στρωμάτων στον πυθμένα της λεκάνης και με την παρουσία μόνο κάποιων μικροασυμφωνιών και πλευρικών μεταβάσεων ανάμεσα στα ιζήματα να διαταράσσουν την ιδανική γεωμετρική εικόνα, όπως μπορεί να διαπιστώσει άλλωστε κανείς και από το γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. Φύλλο «ΚΟΡΙΝΘΟΣ» (ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ και συν., 1972). Η παραπάνω στρωματογραφική δομή όμως παρουσιάζει μια εικόνα που απέχει πολύ από την πραγματικότητα και αυτό γιατί σύμφωνα με τα υποθαλάσσια δεδομένα της τελευταίας εικοσαετίας όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία (COLEMAN, 1976; BALDRIDGE *et al.*, 1984), αλλά και τα πιο πρόσφατα δεδομένα από τον υποθαλάσσιο χώρο του Κορινθιακού (SEBRIER, 1977; ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗΣ και συν., 1986; HIGGS, 1988; ORI, 1989), τα ενεργά περιθώρια των μεταλπικών λεκανών χαρακτηρίζονται από κάποιους ιδιαίτερους γεωδυναμικούς χαρακτήρες που προϋποθέτουν σύνθετα περιβάλλοντα απόθεσης δημιουργώντας μια μεγάλη ποικιλία από φάσεις με έντονες πλευρικές και κατακόρυφες μεταβάσεις.

Στο σχήμα της Εικόνας 3 μπορεί να παρακολουθήσει κανείς μια γενική σχηματική

προγράμματος για την κατασκευή του Νεοτεκτονικού Χάρτη της Ελλάδας (Φύλλο «Κόρινθος») σε κλίμακα 1:100.000, αποτελεί στην ουσία η κατανόηση των σημερινών γεωδυναμικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην ευρύτερη περιοχή του Ανατολικού Κορινθιακού καθώς και η εξακρίβωση του μηχανισμού μέσα από τον οποίο κάποια ρήγματα στη σημερινή εποχή παρουσιάζονται ως ενεργά ή σεισμικά ενώ κάποια άλλα έχουν σταματήσει τη δραστηριότητά τους καθιστάμενα πλέον ανενεργά.

Η επιλογή της γεωδυναμικής ανάλυσης των θαλασσίων ιζημάτων της περιοχής μελέτης, για τον προσδιορισμό των σημερινών ενεργών και σεισμικών ρηξιγενών ζωνών, «επεβλήθη» στην ουσία από τη γεωτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης της Δυτικής Κορινθίας, αφού αυτή παρουσιάζεται εντελώς διαφοροποιημένη σε σχέση με τις διπλανές της περιοχές (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988, 1990), ενταγμένη πάντα, όπως προαναφέρθηκε, μέσα στα πλαίσια της σύνθετης εξέλιξης για τα διάφορα τμήματα του Κορινθιακού Κόλπου. Έτσι λοιπόν, η παλαιότερα έχει επισημανθεί από τους ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. (1988, 1990), ενόψει της ρηξή που αναπτύσσεται ανατολικά της λεκάνης της Δυτικής Κορινθίας και αντιπροσωπεύεται από τη λεκάνη της Ανατολικής Κορίνθου (Εικ. 2), χαρακτηρίζεται από μικρό πάχος λιμναίων ή χερσαίων κυρίως ιζημάτων με συχνές εμφανίσεις του αλπικού υποβάθρου και εντυπωσιακή παρουσία ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών με μεγάλες κατοπτρικές επιφάνειες και έντονες μορφολογικές ανωμαλίες, η λεκάνη της Δυτικής Κορινθίας χαρακτηρίζεται αντίθετα από μεγάλο πάχος θαλασσίων ιζημάτων όπου δύσκολα, ακόμη και στις περιθωριακές ζώνες της παλαιο-λεκάνης με το αλπικό υπόβαθρο, μπορεί να διακρίνει κανείς είτε ρήγματα είτε κάποιο άλλο μορφολογικό χαρακτηριστικό που να τα υποδηλώνει. Ως εκ τούτου λοιπόν δεν υφίστατο άλλος τρόπος «αποκρυπτογράφησης» των σταδίων της νεοτεκτονικής εξέλιξης της λεκάνης παρά η γεωδυναμική ανάλυση των θαλασσίων ιζημάτων που καλύπτουν το χώρο της ΒΑ Πελοποννήσου σε συνδυασμό με τη μελέτη των σύγχρονων διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στον υποθαλάσσιο χώρο του σημερινού Κορινθιακού.

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ

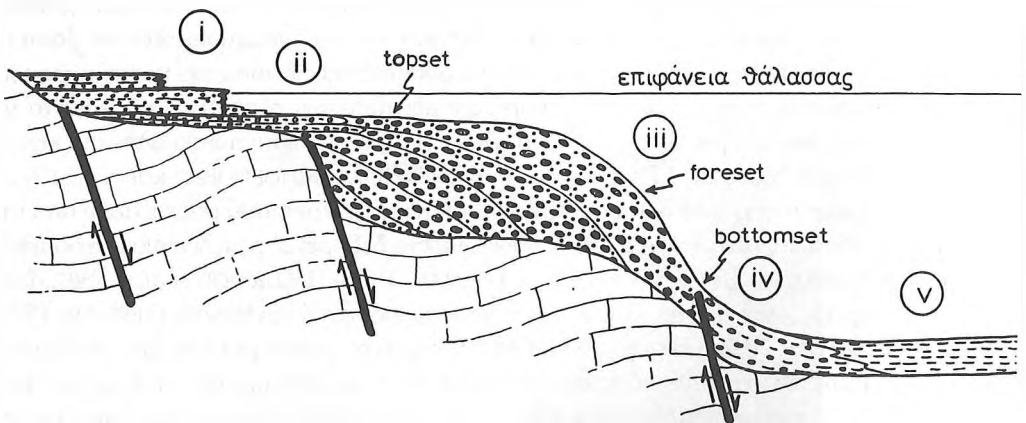
Γενικά

Ανατρέχοντας κανείς στο πρόσφατο παρελθόν μπορεί να διαπιστώσει ότι η στρωματογραφική διάρθρωση των θαλάσσιων αποθέσεων της ΒΑ Πελοποννήσου αντιμετωπιζόταν με βάση τη λογική της οριζόντιας απόθεσης των στρωμάτων στον πυθμένα της λεκάνης και με την παρουσία μόνο κάποιων μικροασυμφωνιών και πλευρικών μεταβάσεων ανάμεσα στα ιζήματα να διαταράσσουν την ιδανική γεωμετρική εικόνα, όπως μπορεί να διαπιστώσει άλλωστε κανείς και από το γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. Φύλλο «ΚΟΡΙΝΘΟΣ» (ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ και συν., 1972). Η παραπάνω στρωματογραφική δομή όμως παρουσιάζει μια εικόνα που απέχει πολύ από την πραγματικότητα και αυτό γιατί σύμφωνα με τα υποθαλάσσια δεδομένα της τελευταίας εικοσαετίας όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία (COLEMAN, 1976; BALDRIDGE *et al.*, 1984), αλλά και τα πιο πρόσφατα δεδομένα από τον υποθαλάσσιο χώρο του Κορινθιακού (SEBRIER, 1977; ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗΣ και συν., 1986; HIGGS, 1988; ORI, 1989), τα ενεργά περιθώρια των μεταλπικών λεκανών χαρακτηρίζονται από κάποιους ιδιαίτερους γεωδυναμικούς χαρακτήρες που προϋποθέτουν σύνθετα περιβάλλοντα απόθεσης δημιουργώντας μια μεγάλη ποικιλία από φάσεις με έντονες πλευρικές και κατακόρυφες μεταβάσεις.

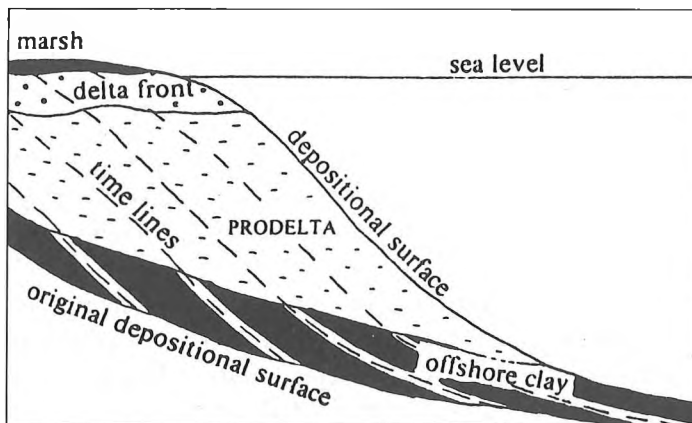
Στο σχήμα της Εικόνας 3 μπορεί να παρακολουθήσει κανείς μια γενική σχηματική

απεικόνιση της διάταξης των φάσεων των ιζημάτων όπως αυτά αποτίθενται σε ένα ενεργό περιθώριο μιας θαλάσσιας λεκάνης το οποίο χαρακτηρίζεται κυρίως από τη δημιουργία δελταϊκών αποθέσεων τύπου «Gilbert», όπως ακριβώς συμβαίνει και με την περίπτωση του Κορινθιακού Κόλπου (ORI, 1989). Στο σχήμα της Εικόνας 3 λοιπόν και σε μία τομή εγκάρσια από την περιθωριακή ζώνη προς το εσωτερικό της λεκάνης, η φάση (i) αντιπροσωπεύει τις παράκτιες αποθέσεις που αποτελούνται κυρίως από συνεκτικά θαλάσσια κροκαλοπαγή και ψαμμίτες και τα οποία εμφανίζονται συνήθως με τη μορφή οριζόντιων θαλάσσιων αναβαθμιδών. Η φάση (ii) αντιπροσωπεύει αβαθείς θαλάσσιες αποθέσεις από ψαμμούχες μάργες, χαλαρά κροκαλοπαγή και ψαμμίτες με οριζόντια σχετικά διάταξη, ενώ η φάση (iii) χαρακτηρίζει τις τυπικές δελταϊκές αποθέσεις, κυρίως από κροκαλοπαγή, με μεγάλες πρωτογενείς κλίσεις και εσωτερικές ασυμφωνίες που αποσφηνώνονται γρήγορα πλευρικά δίνοντας συνολικά στο σχηματισμό μια «φακοειδή» μορφή. Η φάση (iv) αντιπροσωπεύεται από μεταβατικού χαρακτήρα αποθέσεις όπως ψαμμούχες μάργες και λίγα κροκαλοπαγή, ενώ η φάση (v) αντιπροσωπεύει τις εσωτερικές αποθέσεις βαθειάς θάλασσας με κλασική οριζόντια στρωματογραφική διάταξη, που αποτελούνται συνήθως από λεπτόκοκκες μάργες και μαργαϊκούς ασβεστολίθους.

Από την παραπάνω εικόνα γίνεται φανερό ότι η λογική της «οριζόντιας απόθεσης» των ιζημάτων ισχύει μόνο για τον τυπικό θαλάσσιο χώρο της φάσης (v) στον πυθμένα της λεκάνης, σε αντίθεση με τα περιθώρια όπου στις δελταϊκού τύπου αποθέσεις της κατωφέρειας παρατηρούνται σημαντικές πρωτογενείς κλίσεις με αποτέλεσμα οι γραμμές των «ισόχρονων αποθέσεων» (Εικ. 4) να μην υπακούουν στη λογική της οριζόντιας διάταξης και να παρουσιάζονται κεκλιμένες (νόμος Walthers), ακολουθώντας τη σταδιακή διαμόρφωση του δέλτα. Με την εξέλιξη της λεκάνης η παραπάνω εικόνα μαζί με τα γεωδυναμικά περιβάλλοντα που προϋποθέτει, μετατίθεται προς το εσωτερικό της λεκάνης (Εικ. 3) επικαλύπτοντας τις παλαιότερες αποθέσεις και δημιουργώντας ιδιόρρυθμες (ως προς τη μορφή εμφάνισης) εσωτερικές ασυμφωνίες όπου οι νεότερης ηλικίας και υπερκείμενες δελταϊκές αποθέσεις φαίνεται να σταματούν απότομα και να κόβονται από τις παλαιότερης ηλικίας οριζόντιες βαθειές αποθέσεις του πυθμένα της λεκάνης. Η αδυναμία λοιπόν του να συσχετισθούν χρονικά οι φάσεις μεταξύ τους με τη λογική της απόθεσης στην οριζόντια διάσταση, σε συνδυασμό με



Εικ. 3: Η κατανομή των φάσεων των ιζημάτων στο ενεργό περιθώριο μιας θαλάσσιας λεκάνης.



Οι καμπύλες των «ισόχρονων αποθέσεων» όπως αυτές διαμορφώνονται στον υποθαλάσσιο χώρο ενός οέλτα (από COLEMAN, 1976).

την έλλειψη χαρακτηριστικής πανίδας (ORI, 1989), που να επιτρέπει λεπτομερείς χρονοστρωματογραφικούς προσδιορισμούς, οδήγησε στις παρανοήσεις του παρελθόντος που συσχετίστηκαν και συνδέθηκαν χρονικά μεταξύ τους σχηματισμοί και ακολουθίες που δημιουργήθηκαν σε διαφορετικά στάδια εξέλιξης της λεκάνης.

Έτσι λοιπόν η στρωματογραφική διάρθρωση των μεταλλικών ιζημάτων της λεκάνης Δυτικής Κορινθίας μπορεί να γίνει κατανοητή μόνο εφόσον διακριθούν οι σχηματισμοί με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του παλαιοπεριβάλλοντος και της παλαιογεωδυναμικής, δεδομένου ότι τα άνω των 1000 m πάχους ιζήματα δε διατηρούν μία λογική κλασσικής ακολουθίας υποπαράλληλων στρωμάτων αλλά χαρακτηρίζονται από πλευρικές μεταβάσεις, αποσφηνώσεις και εσωτερικές ασυμφωνίες με εναλλαγή περιβαλλόντων τόσο κατά την κατακόρυφη όσο και κατά την οριζόντια έννοια.

Περιγραφή σχηματισμών

Η λεκάνη Δυτικής Κορίνθου, με μέση διεύθυνση NW-SE χαρακτηρίζεται αποκλειστικά από θαλάσσιους σχηματισμούς με συνολικό πάχος που υπερβαίνει τα 1000 m. Από λιθολογική άποψη οι διάφοροι σχηματισμοί αποτελούνται κυρίως από μάργες, ψαμμούχες μάργες, ψαμίτες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και κροκαλοπαγή συνήθως πολύμεικτα, με μέγεθος κροκαλών, συνδετικό υλικό και συνεκτικότητα που ποικίλουν από θέση σε θέση. Από λιθοφασική άποψη αντιπροσωπεύουν τόσο τυπικές θαλάσσιες αποθέσεις (αποθέσεις που σχηματίζονται στο βάθος των λεκανών, μάργες κυρίως αλλά και λίγα κροκαλοπαγή με μαργαϊκό συνδετικό υλικό και μικρό αριθμό κροκαλών), όσο και παράκτιες (συνεκτικά κροκαλοπαγή και ψαμίτες), αποθέσεις υφαλοκρηπίδας (ψαμμούχες μάργες και κροκαλοπαγή), δελταϊκές αποθέσεις (κυρίως κροκαλοπαγή), αποθέσεις περιθωρίων (κροκαλοπαγή με κροκάλες διαφόρων μεγεθών), κ.λπ. Οι φάσεις αυτές έχουν δημιουργηθεί σε διαφορετικές χρονικές περιόδους με αντίστοιχα χαρακτηριστικά για κάθε φάση, αλλά σε διαφορετική για κάθε περίοδο παλαιογεωγραφική θέση, με αποτέλεσμα να εναλλάσσονται και να μεταβαίνουν η μία στην άλλη τόσο πλευρικά όσο και κατακόρυφα, κανονικά ή με ασυμφωνία. Το γεγονός αυτό καθιστά πολύ δύσκολη και πολύπλοκη τη διάκριση και το διαχωρισμό των φάσεων αυτών στο ύπαιθρο.

Η διάκριση των σχηματισμών βασίσθηκε στη λεπτομερή εργασία υπαίθρου για την εξακρίβωση της ακριβούς σχέσης ανάμεσα στις διάφορες φάσεις ιζημάτων, με κύριο κριτήριο όχι απλώς τη λιθογραφική ομοιότητα ανάμεσά τους (μιας και από άποψη ηλικιών δεν υφίστανται λεπτομερή στοιχεία) αλλά τη γενικότερη θέση ενός σχηματισμού στο γεωδυναμικό του παλαιοπεριβάλλον, όπως αυτό αποκαλύπτεται από τις σημερινές εικόνες που βλέπει κανείς στο ύπαιθρο. Έτσι λοιπόν κατασκευάσθηκε ένας γεωλογικός χάρτης σε κλίμακα 1:100.000, σμίκρυνση του οποίου παρουσιάζεται στην Εικ. 2, όπου μπορεί να παρακολουθήσει κανείς τη διάκριση των σχηματισμών της λεκάνης.

Από άποψη ηλικιών, το κεντρικό και νότιο τμήμα της λεκάνης της Δυτικής Κορίνθου (σχηματισμοί «Νεμέας-Κρουονερίου», «Αηδονίων» και «Καστρακίου-Χαλκειίου» αντιπροσωπεύεται από πλειο-πλειστοκαινικά θαλάσσια ιζήματα σύμφωνα με τα διαθέσιμα στρωματογραφικά υα (ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ και συν., 1972; SEBRIER, 1977). Αντίθετα το βορειοανατολικό τμήμα ίνης αποτελείται από τεταρτογενή θαλάσσια ιζήματα (σχηματισμοί «Ελληνοχωρίου» και «Σικυώνας-Αρχ. Κορίνθου» που επικάθηνται ασύμφωνα πάνω στα προηγούμενα σχηματίζοντας θαλάσσιες αναβαθμίδες με αμφιθεατρική διάταξη, γνωστές από τις αρχές του αιώνα. Από αυτές οι «αναβαθμίδες του Τυρρήνιου» είναι οι περισσότερο γνωστές στη βιβλιογραφία με ένα πλήθος απολιθωμάτων. Η πεδινή έκταση που παρεμβάλλεται ανάμεσα στις αναβαθμίδες αυτές και τη σημερινή παραλιακή ζώνη του Νότιου Κορινθιακού καλύπτεται κυρίως από αλλουβίες αποθέσεις, ενώ τα νότια περιθώρια της λεκάνης οριοθετούν το αλπικό υπόβαθρο που αντιπροσωπεύεται από τις γεωτεκτονικές ενόπτες της Τρίπολης και της Πίνδου.

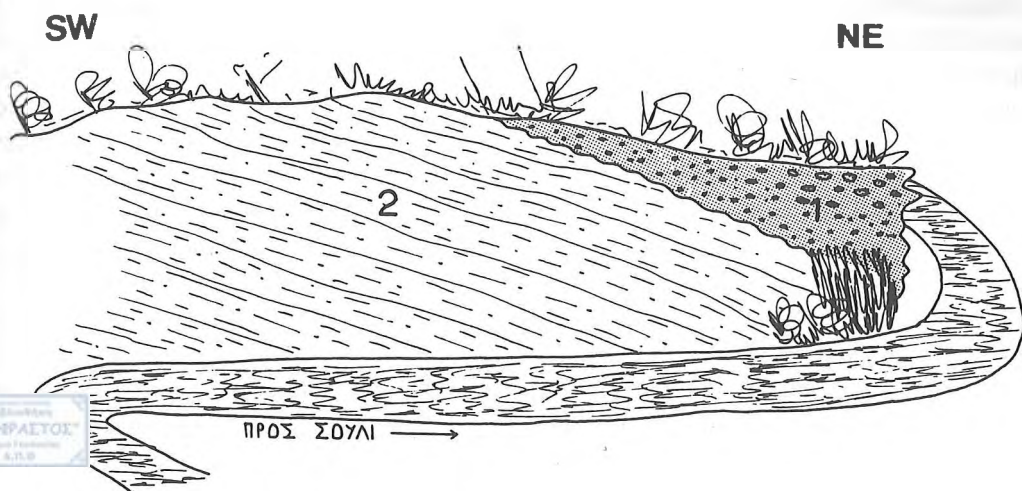
Σχηματισμός Ελληνοχωρίου

Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται κυρίως από συνεκτικά κροκαλοπαγή, ερυθρού συνήθως χρώματος, αλλά και από ψαμμίτες, άμμους, μάργες και ψηφιοπαγή. Τα κροκαλοπαγή είναι πολύμεικτα με το μέγεθος των κροκαλών να κυμαίνεται από 1-10 cm. Καταλαμβάνει το βόρειο τμήμα της λεκάνης Δυτικής Κορινθίας, αναπτύσσεται σε μία ζώνη πλάτους 2-3 Km με WNW-ESE διεύθυνση ενώ εντοπίζεται και σε μικρότερες υπολειμματικές εμφανίσεις νοτιότερα (βλπ. γεωλογικό χάρτη Εικ. 2). Παρουσιάζει μία αμφιθεατρική διάταξη και εμφανίζεται με τη μορφή διαδοχικών θαλάσσιων αναβαθμίδων που ο αριθμός τους ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή, με γενική τάση να ελαττώνεται όσο προχωράμε προς τα ανατολικά.

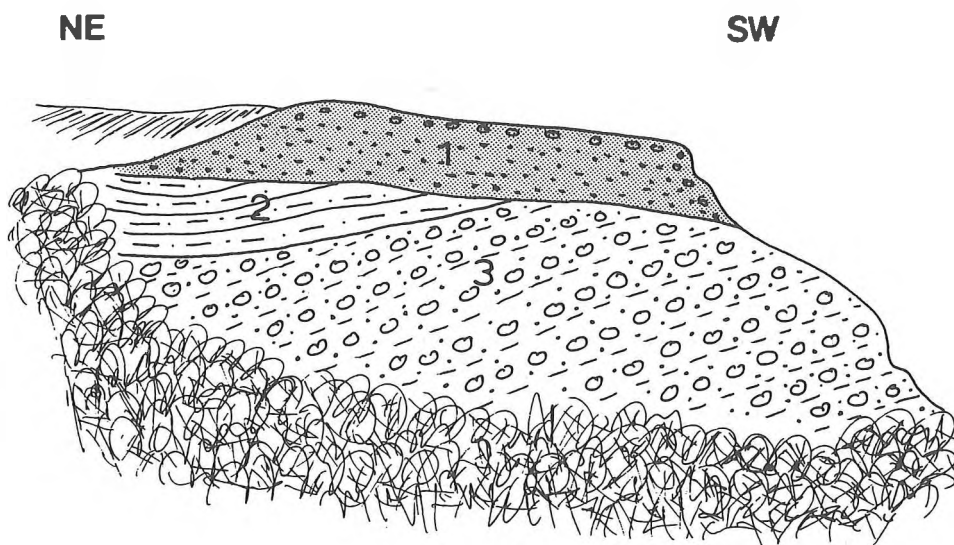
Συνήθως εμφανίζεται με οριζόντιες ή πολύ μικρές κλίσεις αντιπροσωπεύοντας τυπικές παράκτιες αποθέσεις, που αντιστοιχούν στη φάση (!) στο γενικό σχήμα της Εικ. 3, αποτελώντας τα νεότερης ηλικίας θαλάσσια ιζήματα που βρίσκονται σήμερα πάνω από την επιφάνεια της θαλάσσης. Το πάχος του δεν υπερβαίνει τα 10-20 m. Καλύπτει ασύμφωνη –με μικρή γωνιώδη ασυμφωνία ή και δυσυμφωνία– κυρίως τις μάργες του σχηματισμού «Σικυώνας-Αρχ. Κορίνθου» (Εικ. 5 & 6), αλλά και τους ακόμη παλαιότερους σχηματισμούς «Νεμέας-Κρουονερίου» (Εικ. 6) και «Καστρακίου-Χαλκειίου» με σαφή γωνιώδη ασυμφωνία.

Σχηματισμός Σικυώνας - Αρχαίας Κορίνθου

Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται κυρίως από ψαμμούχες μάργες, ψαμμίτες και λίγα κροκαλοπαγή με ψαμμικό ή μαργαϊκό συνδετικό υλικό το οποίο επικρατεί σε σχέση με τις κροκάλες των οποίων το μέγεθος είναι συνήθως λίγα εκατοστά. Εμφανίζεται και αυτός στο



Εικ. 5: Ο σχηματισμός «Ελληνοχωρίου» (1) ασύμφωνα πάνω στο σχηματισμό «Σικυώνας-Αρχαίας Κορίνθου» (2).



Εικ. 6: Παράκτιες φάσεις του σχηματισμού «Ελληνοχωρίου» (1) καλύπτουν ασύμφωνα αβαθείς θαλάσσιες αποθέσεις του σχηματισμού «Σικυώνας-Αρχ. Κορίνθου» (2), ενώ και οι δύο μαζί καλύπτουν επίσης ασύμφωνα τις δελταϊκές αποθέσεις «Νεμέας-Κρουονερίου» (3).

βόρειο τμήμα της λεκάνης κατά μήκος της ίδιας ζώνης μαζί με τον προηγούμενο σχηματισμό, παρουσιάζοντας και αυτός την ίδια αμφιθεατρική διάταξη (Εικ. 2). Εντοπίζεται κυρίως στα χαμηλότερα τοπογραφικά σημεία που αποκαλύπτονται από τη διάβρωση μέσα από τη δράση των NNW-SSE διεύθυνσης ρευμάτων που διασχίζουν την περιοχή εκβάλλοντας στον Κορινθιακό, σε αντίθεση με το σχηματισμό «Ελληνοχωρίου» που διατηρείται στις υψηλότερες περιοχές. Το ορατό πάχος του φαίνεται να υπερβαίνει τα 100 m.

Παρουσιάζεται είτε οριζόντιος είτε, το συνηθέστερο, με πολύ μικρές κλίσεις προς Βορρά και αντιπροσωπεύει αβαθείς θαλάσσιες αποθέσεις αντιστοιχώντας στα μεταβατικού χαρακτήρα ιζήματα της φάσης (ii) της Εικ. 3. Από άποψη σχετικής ηλικίας είναι παλαιότερες από το σχηματισμό «Ελληνοχωρίου» και γι' αυτό δεν αντιστοιχεί στον ίδιο «κύκλο δημιουργίας» (όπως σχηματικά παρουσιάζεται στην Εικ. 3), με αυτόν. Καλύπτει ασύμφωνα και μάλιστα με μεγάλη σαφή γωνιώδη ασυμφωνία, τόσο το σχηματισμό «Νεμέας-Κρυονερίου» (Εικ. 6), όσο και τον ακόμα παλαιότερης ηλικίας σχηματισμό «Καστρακίου-Χαλκείου» ο οποίος, όπως θα δούμε στη συνέχεια, επειδή παρουσιάζει αρκετές λιθολογικές ομοιότητες με το σχηματισμό «Σικυώνας - Αρχ. Κορίνθου», συνήθως παρουσιάζεται ενοποιημένος με αυτόν (ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ και συν., 1972). Η παραπάνω άποψη όμως δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, γιατί αφενός μεν οι δύο αυτοί σχηματισμοί έχουν δημιουργηθεί σε διαφορετικούς παλαιογεωγραφικούς χώρους οδυναμικά περιβάλλοντα, αφετέρου δε σε διαφορετική χρονική περίοδο κατά τη διάρκεια εξέλιξης του Κορινθιακού αφού ο μεν σχηματισμός «Καστρακίου-Χαλκείου» αντιπροσωπεύει έναν από τους νεότερους σχηματισμούς της λεκάνης, ο δε σχηματισμός «Σικυώνας-Αρχ. Κορίνθου» τον παλαιότερο, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται άλλωστε και από τη μεγάλη και σαφή γωνιώδη ασυμφωνία που τους χωρίζει μεταξύ τους.

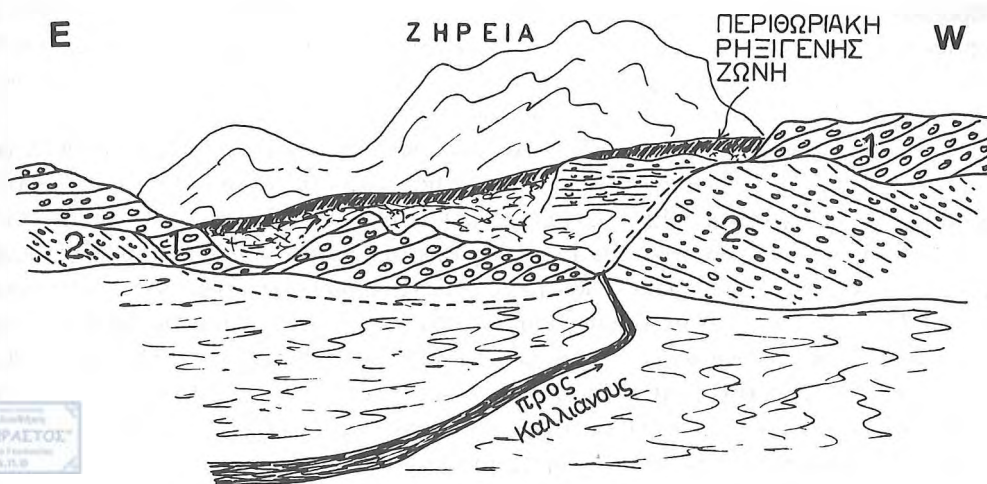
Σχηματισμός Νεμέας - Κρυονερίου

Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται κυρίως από συνεκτικά πολύμεικτα κροκαλοπαγή, με ασβεσπιτικό ή ψαμμιτικό συνδετικό υλικό που το μέγεθος των κροκαλών κυμαίνεται από 3-30 cm. Κατά θέσεις και κυρίως όσο μεταβαίνουμε προς τους νεώτερους οριζόντες συναντάμε και ενδιαστρώσεις από πιο χαλαρά κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και ψαμμούχες μάργες. Εμφανίζεται κυρίως στο νότιο και δυτικό τμήμα της λεκάνης Δυτικής Κορίνθου, ενώ μερικές απομονωμένες υπολειμματικές εμφανίσεις εντοπίζονται και στο κεντρικό της τμήμα (βλπ. γεωλογικό χάρτη Εικ. 2).

Στη νότια περιοχή της λεκάνης, όπου έχουμε και τους παλιότερους οριζόντες, οι κλίσεις είναι μικρές, κυρίως προς NNE, ενώ όσο βαδίζουμε προς Βορρά, όπου και οι νεώτεροι οριζόντες, οι κλίσεις γίνονται μεγαλύτερες με αποτέλεσμα τα στρώματα να βυθίζονται απότομα προς NNE. Αντιπροσωπεύει κυρίως τυπικές δελταϊκές αποθέσεις που δημιουργούνται με σημαντικές πρωτογενείς κλίσεις στην περιοχή της κατωφέρειας και αντιστοιχούν στη φάση (iii) του γενικού σχήματος της Εικ. 3. Τόσο το πάχος ολόκληρου του σχηματισμού, που κατά θέσεις φτάνει μερικές εκατοντάδες μέτρα, όσο και το πάχος των διαφόρων οριζόντων μεταβάλλεται από θέση σε θέση, με αποτέλεσμα σε αρκετές περιπτώσεις να παρατηρούμε μικρές εσωτερικές ασυμφωνίες, τύπου σταυρωτής στρώσης σε μεγάλη κλίμακα, μιας και το δελταϊκό περιβάλλον απόθεσης ευνοεί τη δημιουργία τους.

Από άποψη σχετικής ηλικίας είναι παλαιότερος τόσο από το σχηματισμό «Σικυώνας-Αρχ. Κορίνθου» όσο και από το σχηματισμό «Ελληνοχωρίου», αφού καλύπτεται ασύμφωνα από αυτούς (Εικ. 6). Δεν ανήκει ως εκ τούτου στον ίδιο «κύκλο δημιουργίας» με τους προηγούμενους σχηματισμούς αφού και οι τρεις, εκτός από το διαφορετικό παλαιο-περιβάλλον απόθεσης, αντιπροσωπεύουν και διαφορετικό στάδιο της νεοτεκτονικής εξέλιξης του Κορινθιακού.

Κάθεται ασύμφωνα και με διαφορετικό στρωματογραφικό οριζόντια κάθε φορά, τόσο πάνω στον παλαιότερης ηλικίας σχηματισμό «Αηδονίων» (Εικ. 7), όσο και πάνω στον ακόμα παλαιότερο σχηματισμό «Καστρακίου-Χαλκείου». Οι μεγάλης κλίμακας αυτές ασυμφωνίες είναι πολύ εντυπωσιακές στο ύπαιθρο, αφού στην ουσία παρατηρεί κανείς τα στρώματα της



Εικ. 7: Οι δελταϊκές αποθέσεις του σχηματισμού «Νεμέας-Κρυονερίου» (1) επικάθηνται με εντυπωσιακή ασυμφωνία του σχηματισμού «Αηδονίων» (2), ο οποίος με τη σειρά του καλύπτει τις παλιές περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες της λεκάνης.

υπερκείμενης ακολουθίας (που στην προκειμένη περίπτωση αντιπροσωπεύει ο σχηματισμός «Νεμέας-Κρυονερίου») να σταματούν απότομα και να τέμνονται από τον ίδιο συνθήτως στρωματογραφικό ορίζοντα της υποκείμενης ακολουθίας (σχηματισμοί «Αηδονίων» και «Καστρακίου-Χαλκείου» στην προκειμένη περίπτωση), εικόνα η οποία δεν είναι σε γενικές γραμμές συνηθισμένη, αν τη δει κανείς στενά κάτω από το πρίσμα της οριζόντιας στρωματογραφικής απόθεσης των ιζημάτων, όπου σε περίπτωση γωνιώδους ασυμφωνίας ο ίδιος στρωματογραφικός ορίζοντας της υπερκείμενης σειράς τέμνει διαφορετικούς ορίζοντες της υποκείμενης. Επίσης πολύ συχνά στο νότιο περιθώριο της λεκάνης μπορεί κανείς να παρακολουθήσει τα θαλάσσια ιζήματα του σχηματισμού «Νεμέας-Κρυονερίου» να κάθονται ασύμφωνα απευθείας πάνω στο αλπικό υπόβαθρο, καλύπτοντας τις παλαιές περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες.

Επισημαίνεται ότι σε ελάχιστες θέσεις και κοντά στο νότιο περιθώριο της λεκάνης (περιοχές λόφων Γαβριά και Κουρκούλας) εμφανίζεται μια ακολουθία με ορατό πάχος γύρω στα 50 m που αποτελείται κυρίως από ψαμμούχες μάργες, ψαμμίτες και μάργες με λίγες ενδιαστρώσεις κροκαλοπαγών που οι κλίσεις τους φθάνουν περίπου τις 15°-30° προς SSE. Το υλικό των κροκαλοπαγών είναι πολύμεικτο και το μέγεθος των κροκαλών κυμαίνεται από 1-10 cm. Η ακολουθία αυτή είτε καλύπτει ασύμφωνα το σχηματισμό «Νεμέας-Κρυονερίου» είτε μεταβαίνει πλευρικά σ' αυτόν και φαίνεται ότι αντιπροσωπεύει τμήμα από τις αβαθείς θαλάσσιες αποθέσεις (φάση (ii) στο σχήμα της Εικ. 3) που δημιουργήθηκαν κατά το ίδιο στάδιο εξέλιξης του σχηματισμού «Νεμέας-Κρυονερίου», σε διαφορετικό όμως παλαιο-περιβάλλον και σε πιο εξωτερικό χώρο δηλαδή πλησιέστερα στην τότε παλαιο-ακτή.

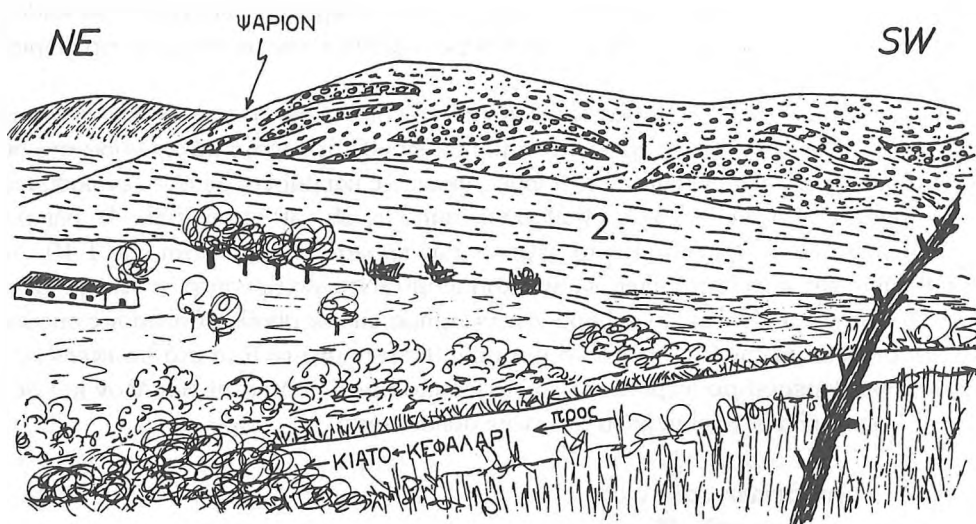
Σχηματισμός Αηδονίων

Αποτελείται από εναλλαγές κροκαλοπαγών, ψαμμιτών και μαργών με το πάχος των διαφόρων οριζόντων να κυμαίνεται από 1 έως και 20 m. Τα κροκαλοπαγή είναι πολύμεικτα

με ανθρακικό ή ψαμμικό συνδετικό υλικό και μέγεθος κροκαλών μέχρι 10 cm, ενώ οι οριζόντες που σχηματίζουν συνήθως αποσφηνώνονται πλευρικά μέσα στις μάργες και τους ψαμμίτες (Εικ. 8), δίνοντας την εικόνα μιας φακοειδούς - ατρακτοειδούς δομής που χαρακτηρίζεται από εσωτερικές ασυμφωνίες και πλευρικές μεταβάσεις.

Ο σχηματισμός αυτός εμφανίζεται κυρίως στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης και σπανιότερα στο νοτιοανατολικό σε μικρές συνήθως εμφανίσεις πάνω από το σχηματισμό «Καστρακίου-Χαλκείου» (βλπ. γεωλογικό χάρτη Εικ. 2). Παρουσιάζει σχετικά μεγάλες κλίσεις, που κυμαίνονται γύρω στις 45°-50° στο νοτιοδυτικό τμήμα που βρίσκεται κοντά στο αλπικό υπόβαθρο, ενώ όσο μεταβαίνουμε ανατολικά οι κλίσεις γίνονται πιο ήπιες. Το συνολικό πάχος του σχηματισμού φτάνει τα 200 m. Αντιπροσωπεύει μια μεγάλη ποικιλία από φάσεις και παλαιο-περιβάλλοντα αποθήσεως που χαρακτηρίζουν κυρίως μικρής έκτασης διαδοχικές δελταικές αποθέσεις, αβαθείς ή μέσες θαλάσσιες αποθέσεις, μεταβατικού χαρακτήρα ιζήματα και αποθέσεις περιθωρίων, πιστοποιούν σε όλες σχεδόν τις φάσεις που σχηματικά παρουσιάστηκαν στην Εικ. 3. Η ολη εικόνα παρουσιάζεται σε γενικές γραμμές αρκετά πολύπλοκη και αυτό αφενός μεν γιατί όσο βαδίζουμε πίσω στο χρόνο είναι πιο δύσκολο να εντοπίσει κανείς την ακριβή σχέση ανάμεσα στους διάφορους σχηματισμούς, αφετέρου δε βρισκόμαστε κοντά στα περιθώρια της παλαιο-λεκάνης που χαρακτηρίζουν ένα ανήσυχο γεωδυναμικό περιβάλλον απόθεσης με τα διαδοχικά παλαιο-δέλτα της εποχής εκείνης που αναπτύσσονταν κατά μήκος του παλαιο-περιθωρίου να εμπλέκονται μεταξύ τους μεταβαίνοντας το ένα στο άλλο κυρίως ως προς την οριζόντια έννοια αλλά και ως προς την κατακόρυφη φανερώνοντας μια διαχρονική επανάληψη φάσεων που έχουν σχηματισθεί σε διαφορετικές γενεές.

Ο σχηματισμός «Αηδονίων» επικαλύπτεται ασύμφωνα όπως προαναφέρθηκε από το σχηματισμό «Νεμέας-Κρουονερίου», ενώ ο ίδιος κάθεται με γωνιώδη συνήθως ασυμφωνία και διαφορετικό κάθε φορά στρωματογραφικό οριζόντα τόσο πάνω στον παλαιότερης ηλικίας σχηματισμό «Καστρακίου-Χαλκείου» (Εικ. 8), όσο και απευθείας πάνω στο αλπικό υπόβαθρο όπου μπορεί να διακρίνει κανείς τα ανώτερα μέλη του σχηματισμού να καλύπτουν τις παλιές περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες (Εικ. 7).



Εικ. 8: Οι διαδοχικές παλαιο-δελταικές αποθέσεις των «Αηδονίων» (1) επικάθηνται ασύμφωνα στις αποθέσεις βαθείας θάλασσας του σχηματισμού «Καστράκι-Χαλκείου» (2).

Σχηματισμός Καστρακίου - Χαλκείου

Ο σχηματισμός αυτός καλύπτει το κεντρικό τμήμα της λεκάνης Δυτικής Κορίνθου (βλπ. γεωλογικό χάρτη Εικ. 2) και αντιπροσωπεύει, μαζί με ένα τμήμα του προηγούμενου σχηματισμού, τις αρχαιότερες αποθέσεις της λεκάνης. Αποτελείται κατά κύριο λόγο από μάργες, μαργαϊκούς ασβεστολίθους και ψαμμούχες μάργες ενώ σε μικρότερο βαθμό συμμετέχουν ψαμμίτες και κατά θέσεις χαλαρά πολύμεικτα μαργαϊκά κροκαλοπαγή με μικρό αριθμό κροκαλών, το μέγεθος των οποίων κυμαίνεται συνήθως από 1-5 cm. Οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι εντοπίζονται κυρίως στο νοτιοανατολικό άκρο της λεκάνης, ανάμεσα στην Αρχαία Νεμέα και τις Αρχαίες Κλεωνές όπως επίσης και στην περιοχή του Σπαθοβουνίου με πάχος που κυμαίνεται από 2-20 m. Το συνολικό πάχος του σχηματισμού είναι σχετικά μεγάλο και υπερβαίνει τα 400 m.

Συνήθως εμφανίζεται με οριζόντιες ή πολύ μικρές κλίσεις και αντιπροσωπεύει ως επί το πλείονος τυπικές θαλάσσιες αποθέσεις που σχηματίζονται στο βάθος των λεκανών και σπανίως μεταβατικού χαρακτήρα ιζημάτα που αποτίθενται στα εξωτερικότερα σημεία του παλαιο-πυθμένα αντιστοιχώντας στις φάσεις (v) και (iv) του γενικού σχήματος της Εικ. 2. Καλύπτεται όπως αναφέρθηκε ασύμφωνα από το σύνολο σχεδόν των προηγούμενων σχηματισμών αντιπροσωπεύοντας ότι παλαιότερο γνωρίζουμε για την εξέλιξη του νότιου περιθωρίου του Κορινθιακού Κόλπου στην περιοχή αυτή.

ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Μετά την αναλυτική περιγραφή των θαλάσσιων σχηματισμών της περιοχής και με βάση, αφενός μεν τη σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ τους αλλά και τη σχετική τους ηλικία, αφετέρου δε τις συνθήκες του γεωδυναμικού παλαιο-περιβάλλοντος που αντιστοιχεί στον καθένα απ' αυτούς, θα προσπαθήσουμε να συνθέσουμε τη νεοτεκτονική εξέλιξη του νότιου περιθωρίου του Ανατολικού Κορινθιακού κατά το Πλειο-Τεταρτογενές, τοποθετώντας τον κάθε ένα σχηματισμό στο παλαιο-γεωδυναμικό του περιβάλλον για την αντίστοιχη χρονική περίοδο. Αυτό φυσικά αφού λάβουμε υπόψη μας τους μηχανισμούς που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα και μέσα από τους οποίους καθορίζεται η απόθεση των ιζημάτων σε ένα ενεργό περιθώριο, με έντονες διαφοροποιήσεις των φάσεων τόσο εγκάρσια προς την περιθωριακή ρηξιγενή ζώνη όσο και κατά μήκος αυτής αφού αυτή δεν είναι απαραίτητο να παρουσιάζει σε όλο το μήκος της κοινά χαρακτηριστικά. Έτσι λοιπόν και με τη βοήθεια των τομών που παρουσιάζονται στο σχήμα της Εικ. 9, διακρίνουμε τα παρακάτω στάδια:

ΣΤΑΔΙΟ Α: Στο Μέσο (?) Πλειόκαινο (ή και παλαιότερα) έχει ήδη διαμορφωθεί ο Κορινθιακός Κόλπος καθώς και το νότιο περιθώριό του προς την πλευρά της Πελοποννήσου (Εικ. 9α), με τις ακτές του τότε παλαιο-κόλπου να τοποθετούνται περίπου στις ορεινές σήμερα περιοχές του Λύρκειου και του Αρτεμισίου όρους, οι οποίες και αποτελούσαν τότε παραλιακές περιοχές, αντιπροσωπεύοντας για την περίοδο εκείνη ότι οι ακτές της Βόρειας Πελοποννήσου σήμερα. Το περιθώριο φυσικά χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενεργών ρηξιγενών ζωνών που καθορίζουν τις συνθήκες και διαμορφώνουν τα παλαιο-περιβάλλοντα για την απόθεση των ιζημάτων από τις παράκτιες περιοχές προς το εσωτερικό της λεκάνης δίνοντας όλες τις φάσεις που σχηματικά παρουσιάζονται στην Εικ. 3, με παράκτιες αποθέσεις (φάση i) και αβαθείς θαλάσσιες αποθέσεις (φάση ii) στην υφαλοκρηπίδα και δελταϊκές αποθέσεις (φάση

Σχηματισμός Καστρακίου - Χαλκείου

Ο σχηματισμός αυτός καλύπτει το κεντρικό τμήμα της λεκάνης Δυτικής Κορίνθου (βλπ. γεωλογικό χάρτη Εικ. 2) και αντιπροσωπεύει, μαζί με ένα τμήμα του προηγούμενου σχηματισμού, τις αρχαιότερες αποθέσεις της λεκάνης. Αποτελείται κατά κύριο λόγο από μάργες, μαργαϊκούς ασβεστολίθους και ψαμμούχες μάργες ενώ σε μικρότερο βαθμό συμμετέχουν ψαμμίτες και κατά θέσεις χαλαρά πολύμεικτα μαργαϊκά κροκαλοπαγή με μικρό αριθμό κροκαλών, το μέγεθος των οποίων κυμαίνεται συνήθως από 1-5 cm. Οι μαργαϊκοί ασβεστολίθοι εντοπίζονται κυρίως στο νοτιοανατολικό άκρο της λεκάνης, ανάμεσα στην Αρχαία Νεμέα και τις Αρχαίες Κλεωνές όπως επίσης και στην περιοχή του Σπαθοβουνίου με πάχος που κυμαίνεται από 2-20 m. Το συνολικό πάχος του σχηματισμού είναι σχετικά μεγάλο και υπερβαίνει τα 400 m.

Όπως εμφανίζεται με οριζόντιες ή πολύ μικρές κλίσεις και αντιπροσωπεύει ως επί το πλείονος τυπικές θαλάσσιες αποθέσεις που σχηματίζονται στο βάθος των λεκανών και σπανιότερα μεταβατικού χαρακτήρα ιζημάτα που αποτίθενται στα εξωτερικότερα σημεία του παλαιο-πυθμένα αντιστοιχώντας στις φάσεις (v) και (iv) του γενικού σχήματος της Εικ. 2. Καλύπτεται όπως αναφέρθηκε ασύμφωνα από το σύνολο σχεδόν των προηγούμενων σχηματισμών αντιπροσωπεύοντας ότι παλαιότερο γνωρίζουμε για την εξέλιξη του νότιου περιθωρίου του Κορινθιακού Κόλπου στην περιοχή αυτή.

ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Μετά την αναλυτική περιγραφή των θαλάσσιων σχηματισμών της περιοχής και με βάση, αφενός μεν τη σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ τους αλλά και τη σχετική τους ηλικία, αφετέρου δε τις συνθήκες του γεωδυναμικού παλαιο-περιβάλλοντος που αντιστοιχεί στον καθένα απ' αυτούς, θα προσπαθήσουμε να συνθέσουμε τη νεοτεκτονική εξέλιξη του νότιου περιθωρίου του Ανατολικού Κορινθιακού κατά το Πλειο-Τεταρτογενές, τοποθετώντας τον κάθε ένα σχηματισμό στο παλαιο-γεωδυναμικό του περιβάλλον για την αντίστοιχη χρονική περίοδο. Αυτό φυσικά αφού λάβουμε υπόψη μας τους μηχανισμούς που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα και μέσα από τους οποίους καθορίζεται η απόθεση των ιζημάτων σε ένα ενεργό περιθώριο, με έντονες διαφοροποιήσεις των φάσεων τόσο εγκάρσια προς την περιθωριακή ρηξιγενή ζώνη όσο και κατά μήκος αυτής αφού αυτή δεν είναι απαραίτητο να παρουσιάζει σε όλο το μήκος της κοινά χαρακτηριστικά. Έτσι λοιπόν και με τη βοήθεια των τομών που παρουσιάζονται στο σχήμα της Εικ. 9, διακρίνουμε τα παρακάτω στάδια:

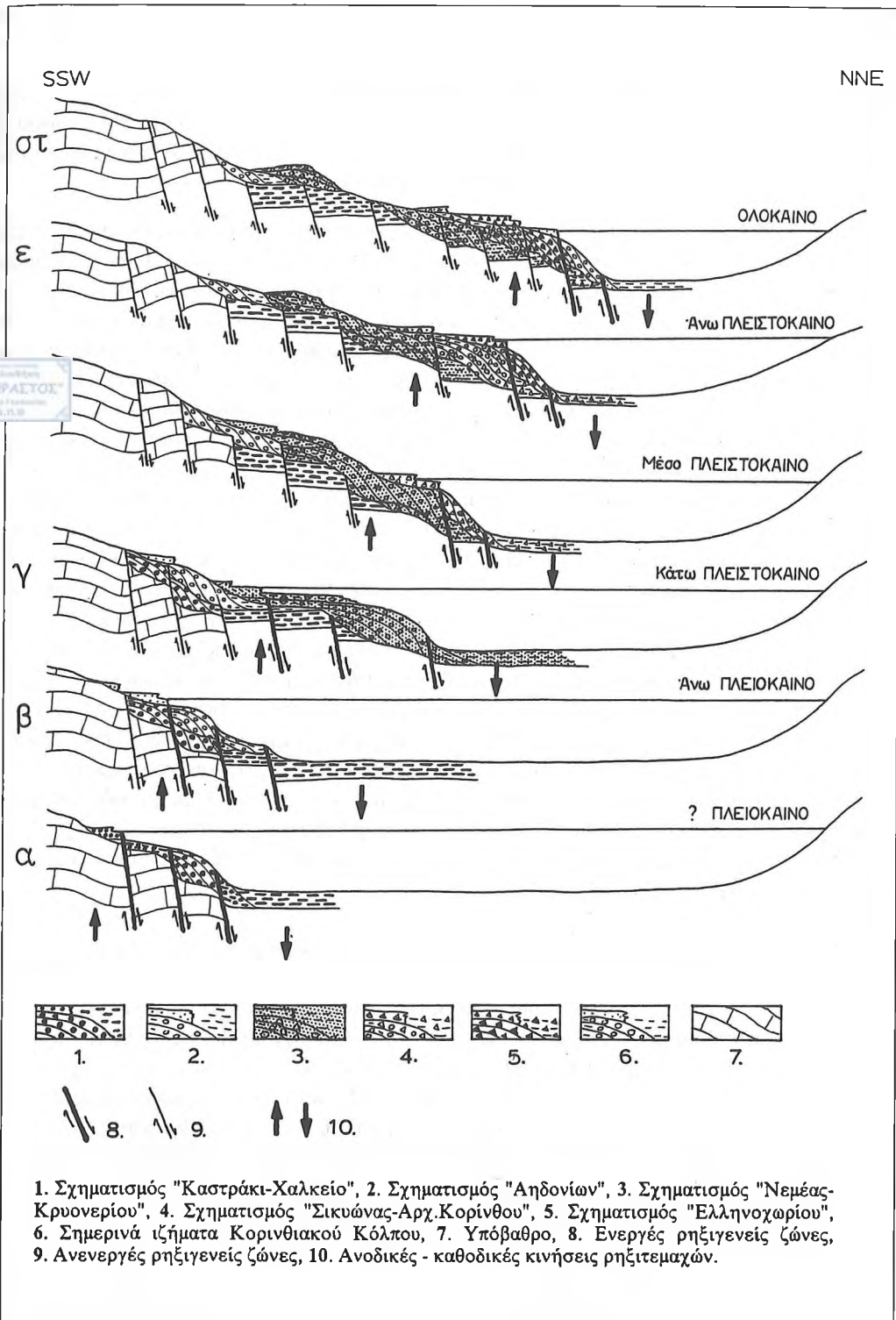
ΣΤΑΔΙΟ Α: Στο Μέσο (?) Πλειόκαινο (ή και παλαιότερα) έχει ήδη διαμορφωθεί ο Κορινθιακός Κόλπος καθώς και το νότιο περιθώριό του προς την πλευρά της Πελοποννήσου (Εικ. 9α), με τις ακτές του τότε παλαιο-κόλπου να τοποθετούνται περίπου στις ορεινές σήμερα περιοχές του Λύρκειου και του Αρτεμισίου όρους, οι οποίες και αποτελούσαν τότε παραλιακές περιοχές, αντιπροσωπεύοντας για την περίοδο εκείνη ότι οι ακτές της Βόρειας Πελοποννήσου σήμερα. Το περιθώριο φυσικά χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενεργών ρηξιγενών ζωνών που καθορίζουν τις συνθήκες και διαμορφώνουν τα παλαιο-περιβάλλοντα για την απόθεση των ιζημάτων από τις παράκτιες περιοχές προς το εσωτερικό της λεκάνης δίνοντας όλες τις φάσεις που σχηματικά παρουσιάζονται στην Εικ. 3, με παράκτιες αποθέσεις (φάση i) και αβαθείς θαλάσσιες αποθέσεις (φάση ii) στην υφαλοκρηπίδα και δελταϊκές αποθέσεις (φάση

iii) στην κατώφρεια που μέσα από μια ζώνη από μεταβατικά ιζήματα (φάση iv) περνούν στις αποθέσεις βαθιάς θάλασσας (φάση v) στον πυθμένα της τότε παλαιο-λεκάνης. Τα ιζήματα αυτά αντιστοιχούν στο σχηματισμό «Καστράκι-Χαλκείο» ο οποίος όμως σήμερα αντιπροσωπεύεται μόνο από τις φάσεις (iv) και (v) αφού οι υπόλοιπες έχουν διαβρωθεί. Το γεωδυναμικό καθεστώς που επικρατεί στο ενεργό περιθώριο χαρακτηρίζεται γενικά από μια ανυψωτική κίνηση προς τη μεριά της ξηράς με αντίστοιχη σχετική βύθιση του πυθμένα της λεκάνης.

ΣΤΑΔΙΟ Β: Στο Άνω Πλειόκαινο η όλη κατάσταση διαφοροποιείται εν μέρει (Εικ. 98) κυρίως μέσα από τη διαδικασία της σταδιακής μετάθεσης του ενεργού νότιου περιθωρίου προς Βορρά, δηλαδή προς το εσωτερικό της λεκάνης. Ο μηχανισμός μέσα από τον οποίο λαμβάνει χώρα η διαδικασία αυτή αφορά κυρίως στη σταδιακή δραστηριοποίηση των ρηξιγενών ζωνών που βρίσκονται προς το εσωτερικό μέρος του περιθωρίου και τα οποία πλέον καθίστανται παράγωγα με ταυτόχρονη παύση της δραστηριότητας των πιο εξωτερικών ρηξιγενών ζωνών που σταδιακά καθίστανται ανενεργές. Εκτός από τη μετάθεση αυτή το γενικό γεωδυναμικό καθεστώς παραμένει σταθερό με ανυψωτική κίνηση προς το εξωτερικό τμήμα του νέου περιθωρίου και σχετική υποβύθιση του πυθμένα της λεκάνης, με αποτέλεσμα περιοχές που στον προηγούμενο κύκλο βρίσκονταν κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας να ανυψώνονται και να προσαυξάνουν σταδιακά τον χερσαίο χώρο της Βόρειας Πελοποννήσου. Η παραπάνω διαδικασία φυσικά επηρεάζει και τα παλαιο-περιβάλλοντα απόθεσης των ιζημάτων, αφού ο όλος κύκλος δημιουργίας τους μετατίθεται και αυτός προς το εσωτερικό της λεκάνης με αποτέλεσμα οι αποθέσεις του προηγούμενου σταδίου είτε να βρίσκονται πλέον στην ξηρά και να διαβρώνονται μαζί με το αλπικό υπόβαθρο είτε να καλύπτονται ασύμφωνα από τις αποθέσεις του νέου κύκλου που αντιστοιχούν στο σχηματισμό «Αηδονίων». Έτσι λοιπόν οι παράκτιες και οι δελταϊκές αποθέσεις του σχηματισμού αυτού επικαλύπτουν με ασυμφωνία αντίστοιχα τις δελταϊκές αποθέσεις και τις αποθέσεις βαθιάς θάλασσας του προηγούμενου, κ.ο.κ.

ΣΤΑΔΙΟ Γ: Στο Κάτω Πλειστόκαινο επαναλαμβάνεται ακριβώς η ίδια διαδικασία, με σταδιακή δραστηριοποίηση των ρηξιγενών ζωνών προς το εσωτερικό της λεκάνης και αντίστοιχη αδρανοποίηση των πιο εξωτερικών από αυτές που καλύπτονται από τα τελευταία ιζήματα. Το γεγονός έχει ως αποτέλεσμα τόσο την προς Βορρά μετάθεση του ενεργού περιθωρίου του Κορινθιακού όσο και τη συνεπακόλουθη σταδιακή μετάθεση του κύκλου απόθεσης των φάσεων, που αντιπροσωπεύονται στο στάδιο αυτό από το σχηματισμό «Νεμέας-Κρυονερίου» (Εικ. 9γ). Ορισμένα τμήματα του προηγούμενου σχηματισμού «Αηδονίων», εξαιτίας της ανυψωτικής κίνησης του περιθωρίου, διαβρώνονται την περίοδο αυτή, ενώ άλλα από αυτά επικαλύπτονται από τις αποθέσεις του νέου κύκλου (σχηματισμός «Νεμέας-Κρυονερίου») δημιουργώντας τις εντυπωσιακές ασυμφωνίες που περιγράφησαν στα προηγούμενα, όπου οι μεν πρωτογενείς κλίσεις δελταϊκές αποθέσεις της νέας σειράς επικάθηνται ασύμφωνα και με διαφορετικό οριζόντα κάθε φορά πάνω στις οριζόντιες αποθέσεις του πυθμένα της λεκάνης του προηγούμενου σταδίου.

ΣΤΑΔΙΟ Δ: Στο Μέσο Πλειστόκαινο συνεχίζουν να επικρατούν οι ίδιες γεωδυναμικές συνθήκες και μέσα από τον ίδιο μηχανισμό εξακολουθεί η προς Βορρά μετάθεση του Πελοποννησιακού περιθωρίου το οποίο προσαυξάνεται μέσα από τη σταδιακή ανύψωση των υποθαλάσσιων περιοχών του προηγούμενου κύκλου (Εικ. 9δ). Τα θαλάσσια ιζήματα που αποτίθενται κατά το στάδιο αυτό αντιστοιχούν στο σχηματισμό «Σικυώνας-Αρχ. Κορίνθου» που καλύπτουν ασύμφωνα τα πιο εσωτερικά τμήματα του σχηματισμού «Νεμέας-Κρυονερίου». Ταυτόχρονα τόσο τα εξωτερικά τμήματα του ίδιου σχηματισμού καθώς και όλοι οι προηγούμενοι



Εικ. 9: Τα διαδοχικά στάδια νεοτεκτονικής εξέλιξης της λεκάνης «Δυτικής Κορινθίας».

πλειο-πλειστοκαινικοί σχηματισμοί, μαζί με το αλπικό υπόβαθρο στα νότια, βρίσκονται πλέον σε καθεστώς διάβρωσης.

ΣΤΑΔΙΟ Ε: Στο Άνω Πλειστόκαινο συνεχίζεται μέσα από τις ίδιες γεωδυναμικές συνθήκες η μετάθεση του ενεργού νότιου περιθωρίου προς το εσωτερικό του Κορινθιακού Κόλπου με ταυτόχρονη απόθεση των φάσεων του σχηματισμού «Ελληνοχωρίου» που επικάθηνται ασύμφωνα πάνω στον προηγούμενο σχηματισμό «Σικυώνας-Αρχ. Κορίνθου» (Εικ. 9ε).

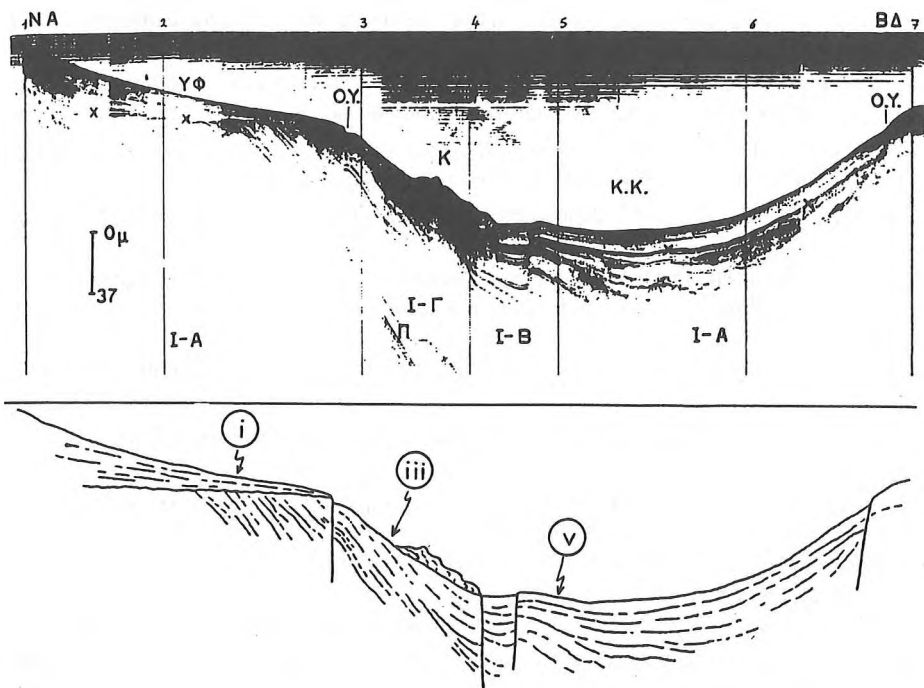
ΣΤΑΔΙΟ ΣΤ: Στο τελευταίο αυτό στάδιο που αντιστοιχεί στην κατάσταση που έχει διαμορφωθεί από το Ολόκαινο μέχρι σήμερα (Εικόνα 9στ), βλέπει κανείς τη σημερινή εικόνα που παρουσιάζει το ανατολικό τμήμα του παλαιού και σύγχρονου Κορινθιακού Κόλπου. Το ενεργό περιθώριο μαζί με τα ενεργά ρήγματα που το συνοδεύουν έχει πλέον μετατεθεί στη σημερινή του θέση, στο εσωτερικό των ακτών του Κορινθιακού, όπου και αποτίθενται σήμερα ίσχυρες φάσεις των ιζημάτων κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στο χώρο της ξηράς μπορεί να διακρίνει κανείς ότι έχει πλέον απομείνει από τη διάβρωση των σχηματισμών που δημιουργήθηκαν στα προηγούμενα στάδια κατά τη διάρκεια της διαδοχικής εξέλιξης του κόλπου. Έτσι λοιπόν κοντά στη σημερινή παραλιακή ζώνη και λίγες δεκάδες μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας εμφανίζονται οι παράκτιες αποθέσεις και οι αποθέσεις αβαθούς θάλασσας των σχηματισμών «Ελληνοχωρίου» και «Σικυώνας-Αρχ. Κορίνθου» που ανυψώθηκαν μετά το Άνω Πλειστόκαινο λαμβάνοντας τη χαρακτηριστική αμφιθεατρική διάταξη που παρουσιάζουν σήμερα μέσα από την πολύπλοκη κινηματική δραστηριότητα των ρηξιγενών ζωνών που προϋποθέτει περιστροφές τόσο περί κατακόρυφο όσο και περί οριζόντιο άξονα για τα επί μέρους ρηξιπεμάχνη. Οι υπόλοιπες φάσεις από τους σχηματισμούς αυτούς (δελταϊκές αποθέσεις, και αποθέσεις βαθιάς θάλασσας) βρίσκονται σήμερα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και καλύπτονται ασύμφωνα από τις σύγχρονες δελταϊκές αποθέσεις του σημερινού Κορινθιακού. Όσο μεταβαίνουμε νοτιότερα προς το αρχικό παλαιο-περιθώριο της λεκάνης, συναντάμε διαδοχικά τα υπολείμματα από τις διάφορες φάσεις των παλαιότερων σχηματισμών, που φυσικά έχουν ανυψωθεί σε μεγαλύτερα υψόμετρα, να καλύπτουν με μικρές ή μεγάλες ασυμφωνίες οι νεώτεροι τους παλαιότερους, μέχρι να φθάσουμε στην περιθωριακή ρηξιγενή ζώνη με το αλπικό υπόβαθρο η οποία είναι χαρακτηριστικά πλέον καλυμμένη από τα νεώτερα μέλη των παλαιότερης ηλικίας σχηματισμών.

Είναι εντυπωσιακό άλλωστε ότι η παραπάνω διαδικασία φαίνεται να επιβεβαιώνεται με χαρακτηριστικό τρόπο από τα ακτουαλιστικά πρότυπα όπως μας αποδεικνύουν τόσο τα σύγχρονα σεισμολογικά δεδομένα όσο και τα στοιχεία από τις υποθαλάσσιες έρευνες που υπάρχουν μέχρι στιγμής διαθέσιμα από τον ευρύτερο χώρο του Κορινθιακού (ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗΣ και συν., 1986; ΡΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ *et al.*, 1987; FERENTINOS *et al.*, 1988). Στο σχήμα της Εικ. 10 παρουσιάζεται μια σεισμική τομή από το νότιο περιθώριο του Ανατολικού Κορινθιακού (ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗΣ και συν., 1986), όπου μπορεί να διαπιστώσει κανείς τις σύγχρονες διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Διακρίνονται τόσο οι ενεργές ρηξιγενείς ζώνες που υφίστανται στο σημερινό ενεργό περιθώριο και είναι υπεύθυνες για την υψηλή σεισμική δραστηριότητα της περιοχής, όσο και οι διάφορες φάσεις των ιζημάτων που το χαρακτηρίζουν, ανάλογα πάντα με τις συνθήκες και τα περιβάλλοντα που διαμορφώνονται από το εξωτερικό προς το εσωτερικό τμήμα του περιθωρίου. Έτσι λοιπόν στη σεισμική τομή της Εικ. 10 μπορεί να διακρίνει κανείς τα σχεδόν οριζόντια ιζήματα της υφαλοκρηπίδας, που συνίστανται από παράκτιες και αβαθείς θαλάσσιες αποθέσεις, να καλύπτουν ασύμφωνα τους δελταϊκούς σχηματισμούς της κατωφέρειας όπου φυσικά δεν ισχύει η λογική της οριζόντιας

απόθεσης των στρωμάτων αφού αυτά χαρακτηρίζονται από σημαντικές πρωτογενείς κλίσεις. Με τη σειρά τους οι χαρακτηριστικοί αυτοί σχηματισμοί επικαλύπνουν με διαφορετικό χρονοστρωματογραφικό ορίζοντα ένα μέρος από τον ανώτερο ορίζοντα των οριζόντιων αποθέσεων βαθείας θάλασσας που αναπτύσσονται στα εσωτερικότερα τμήματα του πυθμένα της λεκάνης.

Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν όλα τα προηγούμενα, μπορούμε συνοπτικά να καταλήξουμε στα παρακάτω συμπεράσματα που αφορούν τη γεωδυναμική εξέλιξη της μεταλπικής λεκάνης «Δυτικής Κορινθίας».

- i) Η δυναμική ανάλυση των σχηματισμών δείχνει μια σημαντική και ταχεία ελάττωση του πλάτους του Κορινθιακού μέσα από τη μετανάστευση της νότιας παλαιοακτής από τη ζώνη των περιθωριακών ρηγμάτων της λεκάνης, νότια των ορεινών σήμερα περιοχών της Νεμέας, του Κεφαλαρίου, του Μάνα και των Τρικάλων, κατά το Πλειόκαινο έως Παλαιο-Πλειστόκαινο σημερινή θέση του Κορινθιακού κόλπου. Είναι σημαντικό ότι η σημερινή διάταξη των γεωδυναμικών περιβαλλόντων του κόλπου είναι η ίδια με αυτήν του Πλειοκαίνου αλλά με μετάθεση της όλης γεωμετρίας κατά περίπου 15-20 km βορειότερα.
- ii) Ο εντοπισμός των ενεργών ρηγμάτων της λεκάνης διευκολύνεται από την παραπάνω γεωμετρία διότι εντοπίζεται σε συγκεκριμένες, περιθωριακές συνήθως, ζώνες οι οποίες καθίστανται σταδιακά ανενεργές, όσο μεταίθεται βορειότερα το Πελοποννησιακό ενεργό περιθώριο του Κορινθιακού, μέχρι τη σημερινή του θέση. Έτσι τα πολύ μεγάλα περιθωριακά ρήγματα Νεμέας-Κεφαλαρίου-Τρικάλων παρουσιάζονται σήμερα ανενεργά σε αντίθεση με τα πολύ ενεργά ρήγματα του νότιου περιθωρίου του σημερινού Κορινθιακού Κόλπου.



Εικ. 10: Σεισμική τομή και η ερμηνεία της σύμφωνα με το σχήμα της Εικ. 3, στο σημερινό ενεργό νότιο περιθώριο του Αν. Κορινθιακού Κόλπου (από ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗ και συν., 1986).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BALDRIDGE, W.S., KENNETH, H.O. & CALLANDER, J.F., 1984. Rio Grande Rift: Problems and perspective. New Mexico Geol. Soc., 35th Ann. Field Conf., Guidebook, 1-12.
- BATH, M., 1983. The seismology of Greece. *Tectonophysics*, 98, 165-180.
- BROOKS, M., CLEWS, J.E., MELIS, N.S. & UNDERHILL, J.R., 1988. Structural development of Neogene Basins in Western Greece. *Basin Research*, 1, 129-138.
- DOUTSOS, Th., KONTOPOULOS, N. & POULIMENOS, G. 1988. The Corinth-Patras rift as the initial stage of continental fragmentation behind an active island arc (Greece). *Basin Research*, 1, 177-190.
- GIBBS, A.D., 1984. Structural evolution of extensional basin margins. *Geol. Soc. London Jour.*, 141, 609-620.
- HIGGS, B., 1988. Syn-sedimentary structural controls on basin deformation in the Gulf of Corinth, Greece., *Basin Research* 1, 155-165.
- JACKSON, J.A., GAGNEPAIN, J., HOUSEMAN, G., KING, G.C.P., PAPADIMITRIOU, P., SOUFLERIS, C. & VIRIEUX, J., 1982. Seismicity, normal faulting and the geomorphological development of the Gulf of Corinth (Greece): The Corinth earthquakes of February and March 1981. *Earth and Plan. Sc. Let.*, 57, 377-397.
- KING, G.C.P., OUYANG, Z.X., PAPADIMITRIOU, P., DESCHAMPS, A., GAGNEPAIN, J., HOUSEMAN, G., JACKSON, J.A., SOUFLERIS, C. & VIRIEUX, J., 1985. The evolution of the Gulf of Corinth (Greece). An aftershock study of the 1981 earthquakes. *Roy. Astr. Soc. Geoph. Jour.* 80, 677-693.
- LE PICHON, X. & ANGELIER, J., 1981. The Aegean sea. *Phil. Tran. R. Soc. London*, A 300, 357-372.
- ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ, Κ. & BURTON, P., 1981. A catalogue of seismicity in Greece and adjacent areas. *Geophys. S.R. astron. Soc.*, 65, 741-762.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., 1975: Σκέψεις και απόψεις επί ορισμένων προβλημάτων της Γεωλογικής και Τεκτονικής δομής της Πελοποννήσου. *Annal. Geol. Pays Hellen.*, 27, 215-313.
- MARIOLAKOS, I., PAPANIKOLAOU, D., SYMEONIDIS, N., LEKKAS, S., KAROTSIERIS, Z. & SIDERIS, CH., 1982. The deformation of the area around the eastern Korinthian gulf, affected by the earthquakes of February-March 1981. *Inter. Symp. on the Hellenic Arc and Trench (H.E.A.T.)*, Athens 1981, Vol. 1, 400-420.
- MARIOLAKOS, I., PAPANIKOLAOU, D. & LAGIOS, E., 1985. A Neotectonic Geodynamic Model of Peloponnesus based on Morphotectonics, Repeated Gravity measurements and Seismicity. *Geol. Jb.*, B 50, 3-17.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., & ΣΤΕΙΡΟΣ, Σ. 1986. Σεισμικές διαρρήξεις και η σημερινή τεκτονική εξέλιξη του Ισθμού της Κορίνθου. *ΙΓΜΕ, Γεωλ. και Γεωφ. Μελ.*, Τόμος εκτός σειράς, 243-248.
- MARIOLAKOS, I., & STIROS, S.C., 1987. Quaternary deformation of the Isthmus and gulf of Corinthos (Greece). *Geology*, 15, 225-228.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. 1987. Είδος παραμόρφωσης και σχέση παραμόρφωσης σεισμικότητας στο Ελληνικό τόξο. *Πρακτ. 2ου Συνέδ. Ελλ. Γεωλ. Ετ.*, Αθήνα 1984, Δεлт. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., XIX, 59-76.
- ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ, Ι. και συν., 1972. Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδος, κλίμακα 1"50.000, φύλλο «ΚΟΡΙΝΘΟΣ». Εκδ. Ι.Γ.Μ.Ε.
- ORI, G.G., 1989. Geological history of the extensional basin of the Gulf of Corinth (?Miocene-Pleistocene), Greece. *Geology*, 17, 918-921.
- PAPANIKOLAOU, D., CHRONIS, G., LYKOUSIS, V. & PAVLAKIS, P., 1987. Active tectonics in the Rion - Antirion strait, Western Greece. *MEGS-5*, Dubrovnik 1987.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΛΟΓΟΣ, Ε., ΛΟΖΙΟΣ, Σ. & ΣΙΔΕΡΗΣ, Χ., 1988. Νεοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000. Φύλλο «ΚΟΡΙΝΘΟΣ». Αθήνα 1988.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Δ., ΛΟΓΟΣ, Ε., ΛΟΖΙΟΣ Σ. & ΣΙΔΕΡΗΣ, Χ., 1990. Παρατηρήσεις στην κινηματική και δυναμική εξέλιξη των νεοτεκτονικών λεκανών της ανατολικής Κορινθίας. *Πρακτ. 5ου Συνεδρίου, Δεлт. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.*, 25/3, 177-191.
- ΠΑΡΑΖΑΧΟΣ, Β.С., KIRATZI, A.A., HATZIDIMITRIOU, P.M., ROCCA & A.C., 1984. Seismic faults in the Aegean area. *Tectonophysics*, 106, 71-85.

- ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗ, Κ., ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ, Δ. & ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΥ, Ι., 1986. Υποθαλάσσιες έρευνες στον ανατολικό Κορινθιακό κόλπο. ΙΓΜΕ, Γεωλ. και Γεωφ. Μελ., Τόμος εκτός σειράς, 381-401.
- RITSEMA, A.R., 1974. The earthquake mechanisms of the Balkan region. Roy. Netherl. Meteorol. Inst., *De Bilt, Scient. Rep.*, 74/4, 36 p.
- SEBRIER, M., 1977. Tectonique recente d' une transversale a l' arc Egeen. Le golf de Corinthe et ses regions peripheriques. These, Paris 1977.
- VITA-FINGI, C., & KING, G.C.P., 1985. The seismicity, geomorphology and structural evolution of the Corinth area of Greece. *Roy. Soc. of London Phil. Trans.*, A/314, 379-407.



Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας <i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	Τόμ. <i>Vol.</i> XXVII	σελ. <i>pag.</i> 77-94	Αθήνα <i>Athens</i> 1991
---	---------------------------	---------------------------	-----------------------------

STRATIGRAPHY OF THE TRIASSIC FORMATIONS OF THE ISLAND OF HYDRA

V. Skourtsis-Coroneou¹, V. Tselepidis¹ & V. Petridou-Nazou¹



ABSTRACT

The Triassic formation of the island of Hydra are described geologically and a detailed micropaleontological, stratigraphical and microfacies study is presented. The results are referring to three different sections; the first one is located in the area of Episkopi-Agia Marina having a direction N to E, the second in Agia Triada at the same direction and the third one in the area of the cup Zurba of NE to SW direction.

The sections include «HAN-BULOG» type limestones of the «HALLSTATT» facies, limestones with chert and chert limestones of the «Eros» facies. Predominant facies are micrites to biomicrites (wackestones to packstones) with filaments and radiolaria and oosparites (Grainstones). The identified foraminifera microfauna in connection with the ammonites fauna permit the division of the triassic limestones overlying the permotriassic formations into the following stratigraphic units: Skythian, Anisian (Aegean, Bithynian, Pelsonian, Illyrian), lower Ladinian and Upper Ladinian-Carnian.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι τριαδικοί σχηματισμοί της νήσου Ύδρας περιγράφονται γεωλογικά και αναλύονται λεπτομερώς μικροφασικά, μικροπαλιοντολογικά και στρωματογραφικά.

Τα αποτελέσματα αναφέρονται σε τρεις τομές από τις οποίες οι δύο έγιναν κατά τη διεύθυνση Β-Ν στις περιοχές Επισκοπή-Αγία Μαρίνα (τομή ΥΑ) και Αγία Τριάδα (τομή ΥΓ) και η τρίτη κατά τη διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ στην περιοχή του ακρωτηρίου Ζούρβας (τομή ΥΒ).

Η τομή ΥΑ περιλαμβάνει τους τριαδικούς σχηματισμούς που εμφανίζονται στις δυτικές περιοχές της νήσου.

Ο κατώτερος σχηματισμός που δειγματολήφτηκε είναι ωολιθικός ασβεστόλιθος, από τη μικροφασική ανάλυση των οποίων προέκυψε ότι απετέθησαν σε περιβάλλον περιθωρίου ανθρακικής πλατφόρμας. Μικροαπολιθώματα δεν βρέθηκαν, από τη στρωματογραφική τους θέση όμως και τα βιβλιογραφικά στοιχεία συνάγεται ηλικία ανωτέρου Σκυθίου κατώτατου Ανισίου.

Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι ασβεστόλιθοι «Έρωσ». Πρόκειται για βιομικρουδίτες, βιοσπαρίτες και βιοσπαρουδίτες, που έχουν υποστεί έντονα διαγενετικά φαινόμενα. Χαρακτηρίζονται από την έντονη παρουσία βιοκλαστών, κυρίως φυκών, και περιέχουν άφθονη μικροπανίδα τρηματοφόρων που υποδηλοί την παρουσία

¹Institute of Geological and Mineral Exploration, 70 Messoghion str., 115 27, Athens, Greece.

Ανακοινώθηκε κατά την επιστημονική συνεδρία της Ξάνθης, την 9/5/1991.

της ζώνης *Pilammina densa* στα ανώτερα στρώματα. Με βάση την κατανομή των διαφόρων ειδών στα δείγματα και το στρωματογραφικό τους εύρος, διακρίθηκαν, εκ των κάτω προς τα άνω οι εξής ορίζοντες:

Ανώτερο Αιγαίο-Βιθύνιο (δείγματα YA1 και YA3).

Πελσόνιο (δείγματα YA4 έως YA6) με *Meandrospira dinarica* και *Pilammina densa*.

Ιλλύριο (δείγματα YA7 έως YA11) με *Endothyra badouxi*, *Nodosaria ordinata* και *Pilammina densa*.

Το περιβάλλον αποθέσεως εξακολουθεί να αντιστοιχεί σε περιθώρια της ανθρακικής πλατφόρμας.

Οι ανώτεροι ορίζοντες των ασβεστολιθών «Έρως» έχουν υποστεί έντονο τεκτονισμό και λατυποποίηση. Στα δημιουργηθέντα κενά (δείγμα YA11) έχει διεισδύσει υλικό από την υπερκείμενη ασβεστολιθική φάση τύπου «Hallstatt». Εξ αυτού συμπεραίνεται ότι η απόθεση των ασβεστολιθών τύπου «Hallstatt», στην περιοχή της Επισκοπής, άρχισε κατά το τέλος του ανωτέρου Ιλλυρίου, άποψη που ενισχύεται από την περιεχόμενη σε αυτούς μικροπανίδα. Η φάση είναι πελαγική και αποτελείται από απολιθωματοφόρους μικρίτες και βιομικρίτες με ακτινόζωα και Filaments.

Οι ίδιοι μικροφασικοί χαρακτήρες επαναλαμβάνονται και στους υπερκείμενους των ασβεστολιθών τύπου «Hallstatt» ασβεστολιθούς με κερατολιθούς, με μόνο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό την έντονη συσσώρευση Filaments. Η τοπικά δημιουργεί Lumachelle. Τα τρηματοφόρα εδώ είναι σπάνια. Εν τούτοις στους ανώτερους ορίζοντες εντοπίστηκαν βιοκοινωνίες ανωτέρου Λαδινίου-Καρνίου, οπότε και στα ενδιάμεσα στρώματα αποδίδεται ηλικία κατώτερου Λαδινίου.

Η απόθεση, τόσο των ασβεστολιθών τύπου «Hallstatt» όσο και των ασβεστολιθών με κερατολιθούς, έλαβε χώρα σε περιβάλλον ηπειρωτικής κλιτύς προς την πλευρά της ανοικτής θάλασσας.

Η τομή ΥΓ έγινε στην κεντρική περιοχή της Ύδρας και αναφέρεται καθ' ολοκληρία σε ασβεστολιθούς τύπου «Han-Bulog» της φάσης «Hallstatt», οι οποίοι σχηματίζουν στενή λωρίδα, από τα ΒΔ μέχρι τα ΝΑ παράλια της νήσου, καταλαμβάνοντας τα υψηλότερα τοπογραφικά σημεία.

Η μικροφασική τους ανάλυση έδειξε ότι παρουσιάζουν σαφείς διαφοροποιήσεις από τους ασβεστολιθούς τύπου «Hallstatt» της τομής ΥΑ, τόσο ως προς τους ιζηματολογικούς όσο και ως προς τους μικροπαλιοντολογικούς τους χαρακτήρες. Πρόκειται για απολιθωματοφόρους μικρίτες και βιομικρίτες με ακτινόζωα και Filaments, οι οποίοι, κυρίως στους κατώτερους ορίζοντες, εναλλάσσονται με βιο-πελ-μικρίτες και βιο-πελ-μικρορουδίτες.

Έντονη είναι η παρουσία ηφαιστειακού υλικού και βιοκλαστών, κυρίως εκινιδέρμων και φυκών. Έντονα είναι επίσης τα διαγενετικά φαινόμενα.

Με βάση τα προσδιορισθέντα τρηματοφόρα αναγνωρίστηκαν οι παρακάτω στρωματογραφικοί ορίζοντες: Ανώτερο Σκυθίο (δείγματα ΥΓ3 και ΥΓ6)

Αιγαίο-Βιθύνιο (δείγματα ΥΓ7 έως ΥΓ15) με *Meandrospira pusila* και *Trochammina almtalensis*.

Πελσόνιο (δείγματα ΥΓ16 έως ΥΓ30) με άφθονο Duostominidae και *Paleomiliolina judicariensis*.

Κατώτερο Ιλλύριο (δείγματα ΥΓ31 έως ΥΓ37).

Το περιβάλλον απόθεσης είναι και εδώ αυτό της ηπειρωτικής κλιτύς προς την πλευρά της ανοικτής θάλασσας, θα πρέπει όμως να διαφοροποιείται από αυτό στο οποίο απετέθησαν οι αντίστοιχοι σχηματισμοί της τομής ΥΑ.

Η τομή ΥΒ περιλαμβάνει ασβεστολιθούς του ανατολικού άκρου της νήσου, οι οποίοι στη βιβλιογραφία αναφέρονται ως ασβεστόλιθοι «Έρως». Η μικροφασική τους ανάλυση όμως έδειξε ότι δεν περιλαμβάνουν φάσεις παρόμοιες με αυτές που απαντώνται σε αντίστοιχους σχηματισμούς των άλλων περιοχών της Ύδρας. Πρόκειται για μικρίτες, απολιθωματοφόρους μικρίτες και ανακρυσταλλωμένους μικρίτες με θραύσματα κρinoειδών, ακτινόζωα και σπάνια Filaments.

Χαρακτηριστικά τρηματοφόρα δεν αναγνωρίστηκαν, έτσι η ηλικία δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια. Όσον αφορά το περιβάλλον αποθέσεως ο χώρος της ηπειρωτικής κλιτύς φαίνεται ως ο πλέον πιθανός.

Εκ των αποτελεσμάτων και παρατηρήσεων αυτών προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Στις δυτικές περιοχές της Ύδρας (Επισκοπή-Αγία Μαρίνα), κατά τη διάρκεια του ανωτέρου Σκυθίου-Ανισίου επικρατούσαν συνθήκες περιθωρίων ανθρακικής πλατφόρμας όπου απετέθησαν ωλιθικοί ασβεστόλιθοι και νηρπικοί ασβεστόλιθοι φάσης «Έρως». Κατά το ανώτερο Ιλλύριο και μετά από μία φάση εντόνου τεκτονισμού, επικρατούν συνθήκες ηπειρωτικής κλιτύς και αρχίζει η απόθεση πελαγικών ασβεστολιθών τύπου

«Hallstatt». Οι συνθήκες αυτές εξακολουθούν καθ' όλη τη διάρκεια του Λαδινίου και μέχρι του κατώτερου Καρνίου, δίνοντας γένεση σε ασβεστολίθους με κερατολίθους.

Στις κεντρικές περιοχές της νήσου, αντιθέτως, οι συνθήκες ηπειρωτικής κλιτύος επικρατούν ήδη από του ανωτέρου Σκυθίου οπότε και αρχίζει η απόθεση των ασβεστολίθων τύπου «Han-Bulog» της φάσης «Hallstatt», ο σχηματισμός των οποίων διήρκεσε σε αυτή την περιοχή (Αγία Τριάδα), μέχρι και το κατώτερο Ιλλύριο.

Για τις ανατολικές περιοχές (Ακρωτήριο Ζούρβας), από τα υπάρχοντα μέχρι τώρα στοιχεία, προκύπτει ότι δεν είναι δυνατός ο συσχετισμός τους με κάποια από τις φάσεις που εντοπίστηκαν στις άλλες περιοχές.

INTRODUCTION

The island of Hydra, extending south of the Argolis peninsula (Fig. 1), is of a great importance for the interpretation of the geological structure and the understanding of the tectonic evolution of the island.

Several publications have been dedicated to the geology of Hydra. The pioneers P. BOBLAY & TH. VIRLET (1833) in their classic work «Expedition scientifique de Moree» refer to the limestones of the piedmonts of the island and consider them similar to the Tripolitza limestones, without mentioning any stratigraphic evidence. Following their ideas A. PHILIPPSON (1882) attribute a Cretaceous age to these limestones.

Systematic study to the island starts with C. RENZ and his numerous geological expeditions (1909, 1910, 1912, 1925, 1931, 1945, 1955). He mainly describes the geological structure of the island (1945, 1955) and distinguishes several stratigraphic units, from Carboniferous to Triassic. Oeconomides (1940), practically repeats the conceptions of RENZ, while H. BENDER & al. (1960) and N. BANNERT & H. BENDER (1968) have doubted his «nappe model».

H. RÖMMERMANN (1963) has mapped Hydra on a scale 1:50.000 and has presented several publications (1965, 1968, 1969) with detailed stratigraphic studies, referring also, for the first time, to the Jurassic and Cretaceous formations of the island.

Recently many authors, as, J. WENDT (1973), D.A.V. STOW (1975), D.K. RICHTER & H. FÜCHTBAUER (1981), P. SCHLÄFER & B. SENOWBARI-DARYAN (1983), G. SCHILL (1983) and H. DÜRKOOP *et al.* (1986) have worked in Hydra, dealing mainly with the stratigraphy and the paleontology of the island.

Finally CH. SIDERIS (1986) refers to the paleogeographic evolution of the wider area, during the Permo-Triassic, using among others stratigraphic data from Hydra.

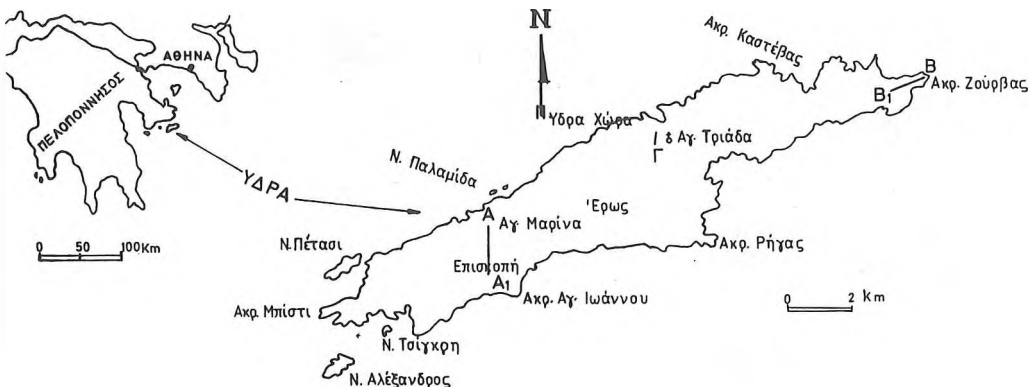


Fig. 1: Locality and sketch map of the Hydra island showing location of sections.

THE TRIASSIC OF HYDRA

Deposited over the grey limestones with a very rich and diversified brachiopod fauna of the upper Permian, known as Lyttonia limestones, the triassic sequences, including the permo-triassic transitional beds, present considerable variations from the east to the west of the island.

The contact between the upper Permian and the permo-triassic formations is usually normal and only, locally, a slight unconformity is detected.

Three geological sections have been sampled, along the triassic formations of the island, two of them with direction N-S, in the regions Episkopi-Agia Marina and Agia Triada and a third with direction NE-SW in the region of cape Zourva (Fig. 1).

They include «Han-Bulog» limestones of «Hallstatt» type facies, cherty limestones and oolitic massive limestones of «Eros» facies. A detailed description is given below.

SECTION YA

The section YA (Fig. 2) includes all the triassic formations of the western part of the island and has been effectuated almost perpendicularly to the general direction of the rocks which is NW-SE, with a dip 45°N, measurements taken in the «Hallstatt» type limestones and the cherty limestones, the «Eros» limestones being massive and without any stratification.

The sampling was very detailed in the surroundings of the Agia Marina monastery, which is built on «Hallstatt» type limestones (samples YA1-YA10) and the overlying thin-bedded cherty limestones and cherts (samples YA19-YA28). In the underlying «Eros» limestones, the samples have been taken randomly along the way from Agia Marina to Episkopi (samples YA30-YA38). In Episkopi, below the «Eros» limestones, an oolitic limestone occurs (samples YA39-YA45), lying over the permo-triassic transitional beds composed of alternations of shales and sandstones (SCHILL 1983).

According to RÖMERMANN (1968) between the oolitic limestones and the transitional beds, tuffitic deposits are intercalated, overlaid by lenses of «Hallstatt» type limestones, which revealed a conodont microfauna of lower Anisian age. Finally, below the transitional beds, occur the limestones with silex of the upper Permian (TSELEPIDIS & CORONEOU, 1987).

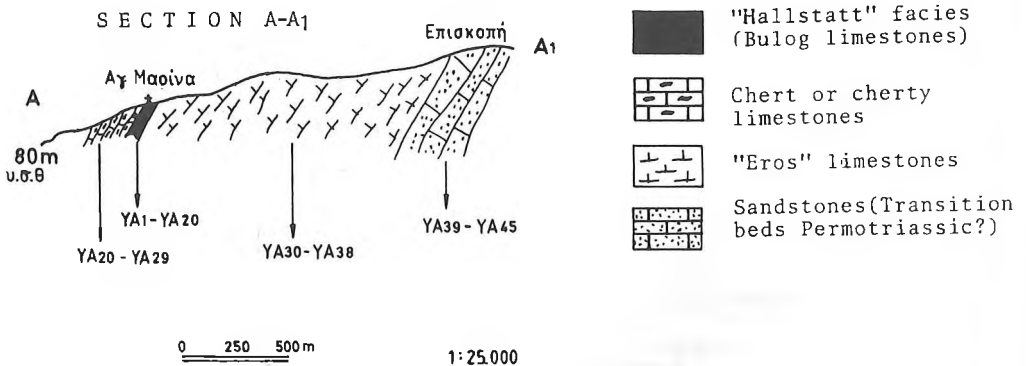


Fig. 2: Geological section YA.

From the microscopic study of the samples three different microfacies have been identified, corresponding to two different environments of deposition. From the base of the section to the top, the description of each facies has as follows:

Facies 1

Oolitic facies (probably the lower parts of «Eros» limestones). It includes oolitic limestones or oosparites (FOLK, 1962), that is the SMF type-15 of FLUGEL (1982).

The rocks are composed of coated grains, in this case oolithes (ooids), surrounded by coarsely crystalline calcite. In thin sections both normal ooids with several laminae (sample 44) and superficial ooids with one or very few laminae of various thickness are present (sample 20). The frequency of ooids is quite high reaching in some samples (YA44, YA38, YA36) the total mass of the sample. The values of grain size vary from 0,135mm to 0,80mm with a mean value of 0,050 mm. The samples exhibit generally a degree of sorting ranging from «moderate» to «well sorted». Most of the observed ooids are «single» ooids with a spherical-like shape, but «compound» ooids developed as multiple ooids are also present (samples YA36, YA32). Referring to their completeness, whole ooids, without any change in the shape of the structure of the laminae (in all samples) and «half-moon ooids» occur (sample YA39). Half-moon ooids are formed by leaching and collapse of the inner laminae, which then accumulate as a geopetal fabric on the bottom of the ooid (CARROZZI, 1963); the residual internal cavity in the above ooids is filled by sparite.

In the laminae of the ooids two main microstructures can be recognized: micritic rings laminae in most of the samples and tangential structure in sample YA44. A «suspicious» radial structure is restricted to only few ooids (sample YA44). Besides, an «oomoldic» and «in-situ calcitized» structure (PERYT, 1983), in several samples, is under discussion. The latter are mentioned by RICHTER occurring in the Triassic of Hydra, locality Episkopi. The micritic rings appear to be formed by a regular way and no signs of any algal borings have been observed. Each laminae of the ooid is very thin, usually of a size of 0,010 mm.

The nucleus of the ooids, where can be seen, is relatively small compared with the size of the ooids. It is noteworthy that the size of the nuclei is independent of the final size of the ooids, as well as that the ooids of similar sizes have different nuclei sizes. Although most nuclei are calcitic there are nuclei either of dolomitic or siliceous composition. It is obvious that the nuclei composition corresponds to the available sedimentary material.

Broken ooids do occur, some of them used as nuclei for the formation of new ooids (sample YA36). «Deformed» ooids also occur (sample YA38), apparently as a result of compaction forces. Generally, the shape of the ooids is not symmetrical, a good indication of quiet water ooids.

A final remark concerns the occurrence of ooids in relation to the presence of other particles. Apart from angular quartz crystals of various sizes, ranging from 0,05 mm up to 0,50 mm (sample YA36) as well as abundant dolomitic rhombohedra (samples YA42, YA43), no other constituents can be observed. Skeletal particles are extremely rare, whereas pellets or any algal material are lacking. Dolomitic and quartz material are filling either the inner parts of the ooids or appear scatterly within the matrix of the samples. Fragments of igneous rocks are characteristic in the sample YA36, and stylolites with iron oxides seam material are present in the sample YA44.

All samples are affected by a high degree of diagenesis, which in some cases reaches advanced stages of recrystallization. Packing index is particularly high in certain cases (sample YA38).

Taking in to consideration the above description of the samples and compared with the relative bibliography (BATHRUST, 1975; FLUGEL, 1982; PERYT, 1983), we can conclude that these rocks were formed in a low energy environment by an interaction of inorganic and organic processes. Such an environment corresponds to a platform margin area.

No microfossil has been identified in any sample, therefore the age of this oolitic formation cannot be given with certitude. Nevertheless, from its stratigraphic position a late Scythian-early Anisian age is presumed.

is 2

«Eros» limestones. Platform margin facies, that is the SMF 5 type of FLUGEL. It includes biomicrudites, biosparites and biosparudites. It is characterized by the presence of algal clasts or algae with their original structure well preserved in a clear washed sparite cement.

Diagenetic features are very common. Processes of diagenesis include: dolomitization, micritization, crystals overgrowths, formation of veins and stylolites. Among them, silica diagenesis is most impressive. Apparently, quartz material already present in the deposit is redistributed preferably within the algal clast. Two crystal forms have been observed, one of euhedral quartz crystal with a micritic nucleus and another of typical rhombohedra, replacement after dolomite crystals.

The depositional environment is the margin of the carbonate platform.

The microfauna in the lower parts (samples YA1 to YA3) is poor and not well preserved. *Trochammina almtalensis* KOEHN-ZANINETTI, *Hemigordius?* cf. *chialingchiangensis* (HO), parts of *Calcitornella* sp. and *Endothyranella* sp. and not well developed attached forms, have been identified and the age of these strata is presumed to be Aegean-Bithynian.

Upwards, (samples YA4 to YA11) a more diversified microfauna contains *Pilammia densa* PANTIC, *Meandrospira dinarica* KOCHANSKY-DEVIDE & PANTIC, *Diplostromina astrofimbriata* KRISTAN-TOLLMANN, *Duostomina* cf. *alta* KRISTAN-TOLLMANN, *Hemigordius?* *chialingchiangensis* (HO), *Trochammina almtalensis* KOEHN-ZANINETTI, *Endothyra badouxi* ZANINETTI & BRONNIMANN, *Endothyra* cf. *salaj* GAZDZICKI, *Endothyranella bicamerata* SALAJ, *Endothyranella* cf. *wirzi* (KOEHN-ZANINETTI), *Endothyranella* cf. *alpina* ZANINETTI & BRONNIMANN, *Glomospira sinensis* HO, *Glomospirella* cf. *simplex* HARLTON, *Glomospira tenuifistula* HO, *Verneulinoides triserialis* ZIEGLER, *Earlandia tintiniformis* (MISIK), *Nodosaria* sp., *Geinitzinita* sp., *Ammobaculites* sp., which characterize the *Pilammia densa* range zone, and indicate a Pelsonian-Illyrian age.

In the sample YA11 a high degree of tectonization resulting in the formation of a tectonic breccia is observed. The so-formed interspaces are filled with material of the overlying «Hallstatt» type facies 3.

Facies 3

«Hallstatt» type limestones and cherty limestones. Pelagic facies including fossiliferous micrites and biomicrites, that is the SMF 3 type of FLUGEL (samples YA12 to YA28).

Recrystallization has affected to various degree most of the samples, hence the final appearance of each sample in thin section is different. The general picture is that of a micritic matrix containing several to abundant pelagic microfossils, mainly radiolarians and very fine filaments. Fragments of echinoderms and other macrofossils are also present. Filaments become abundant upwards and they even form lumachelle in the part corresponding to the cherty limestones.

Quartz grains are either completely absent or abundant in the form of «rhombic crystal» (after dolomite) of a mean size 0,080 mm (sample YA26). Chalcedony concentrations can also be observed (sample YA24). The presence of iron oxides in several samples pigments them with characteristic pink colour (red micrite). The presence of fissure fillings and stylolites is very common.

Environment of deposition corresponds to a lower slope to basinal area. Rare badly preserved foraminifera have been found in the lower parts corresponding to the «Hallstatt» type limestones, as *Glomospira sinensis* HO, *Nodosaria* gr. *ordinata* TRIFONOVA, ? *Pilamina* sp., ? *Trochammina* sp. and some attached forms. The age is presumed to be late Illyrian.

Poor microfauna is also found in the upper parts of the cherty limestones (samples YA26, YA27, YA30), with *Agathammina* ch. *australpina* KRISTAN-TOLLMANN and *Nodosaria* sp. indicating a late Ladinian-Carnian age.

The intermediate parts are thus considered to have an early Ladinian age.

SECTION YB

The section YB includes rocks from the eastern part of the island from the cape Zourva to the small bay Zoodochos Pighi. The sampling was randomly carried out, starting from the higher point of the area along a general direction NE-SW. The rocks are white-grey massive limestones cut by numerous fissures and microfaults and no stratification or dip can be observed (samples YB1 to YB12). In direct contact with these limestones cherty limestones and cherts are observed (samples YB13 to YB20). The entire region is highly tectonized and it is very probable that the absence of the «Hallstatt» type limestones and the direct contact of massive and cherty limestones is due to the presence of faulting.

The microscopic study has shown that in thin section a particular and distinct facies, similar to those found in the sections YA and YF does not exist. The samples are micrites, fossiliferous micrites and recrystallized micrites. They contain crinoid fragments, radiolarians and some filaments.

Silt size limeclasts and quartz, as well as pelloids are common in all samples. In some samples, with a microbrecciated structure, the radiolarians are chertified, whereas in more coarse-grained samples diagenetic features are apparent. Dendrites and iron oxides are also present.

One common characteristic feature of this facies with the facies 2 of the section YA is the presence of sand size rhombohedra of quartz after dolomite, found in a sample located in the middle of the section (sample YB11).

Most appropriate place for the deposition of the above described rocks is the foreslope area of the basin (SMF 4).

No determinable foraminifera has been found and therefore the exact age is unknown.

SECTION YΓ

The section YΓ includes exclusively «Hallstatt» type limestones, which have been named «Han-bulog» Kalke by RENZ (1906), due to their macroscopic and faunistic resemblance to the so-called limestones of Bosnia in Yugoslavia.

The section is located on the hills westwards of the Agia Triada monastery (Figs. 3 and 4).

The «Han-bulog» limestones extend as a narrow band crossing the island from the port of Hydra (Chora) to the north to the southern coasts, occupying the highest areas. They lie over grey-green volcanic rocks, keratophyric tuffs, which form a morphologically plan surface under the limestones (Fig. 3).

A layer of clastic volcanic material and ellipsoidal pebbles, with calcareous nuclei and red rustations occur, in the lower part of the limestones, near the contact with the keratophyres.

The lower members of the formation are thin bedded, partly knuckled limestones. Upwards, they become compact, light-coloured grey-beige with thin red intercalations indicating the general stratification with direction N 70° W to E-W. The dip is about 45° N.

The sampling was detailed (almost every 50 cm).

The macrofauna is very rich, especially in the lower parts, where many Ammonoidea species of Anisian age have been identified (RENTZ, 1908).

From the microscopic study of the samples, the following facies have been recognized.

Facies 1

Samples taken from the pebbles intercalated in the lower parts of the section, have shown features indicating subaerial exposure. Alveolar texture, glaeubulus, clotted micrite, «plant roots like» structures are observed, together with some radiolarians, filled with drusy quartz, and other fossil fragments.

Cracking, fractures and stylolites are also common with seam material read micrite and clay minerals. Iron oxides pigment these samples, while bitumenous matter is often present.

It is almost clear that the samples have been deposited in a semiarid environment.

No characteristic microfauna has been identified.

Facies 2

Going up in the sequence, as the bedding is continuous, other facies can be recognized, including biomicrites, diagenetically altered biomicrites and biomicrudites, alternated in the upper parts with filamentous biomicrites.

Radiolaria, filaments, algal clasts and echinoid fragments are present in all samples. Angular to subangular quartz, feldspars, fragments from volcanic rocks, pellets and pelloids are also common, while dolomite occurs only in the sample (YΓ 20) filling with typical rhombohedra a lithic component.

The filamentous samples are characterized by the absence of quartz and the presence of pelloids in a micritic cement, whereas the samples which contain algal clasts exhibit an abrupt wash of the micritic cement.

The above facies represent a foreslope environment of deposition.

SECTION YΓ

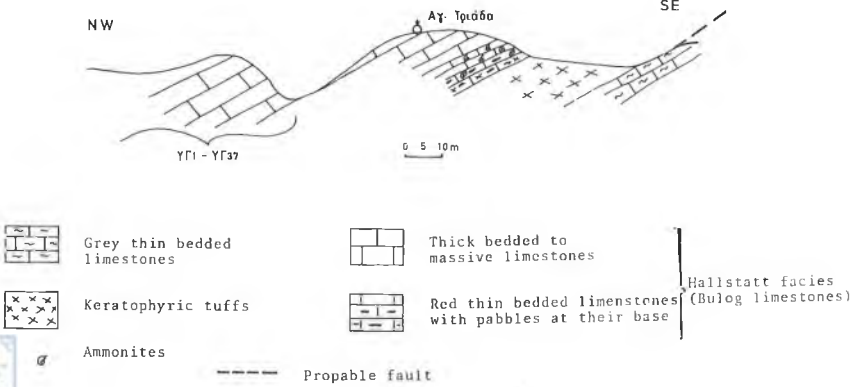


Fig. 3: Geological section YΓ at Ag. Triada.

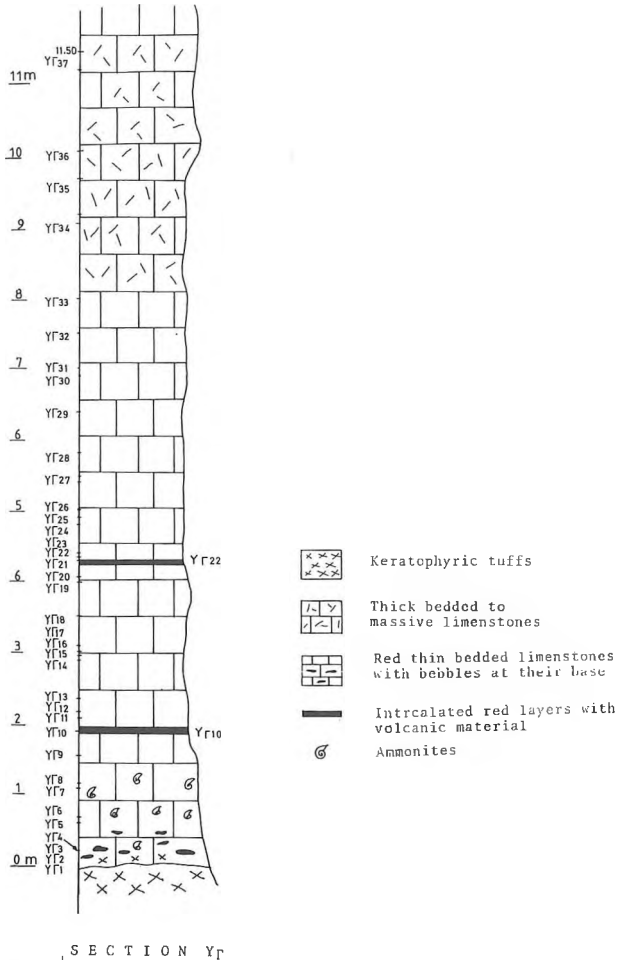


Fig. 4: Geological section YΓ with the precise positions of the samples.

The foraminifera in the lower parts are rare and badly preserved (samples YГ3 to YГ6). *Nodosaria* aff. *scyphica* TRIFONOVA, *Calcitornella* cf. *gebzeensis* DAGER, *Glomospira simplex* HARLTON, *Meandrospira* gr. *pusila* (HO), *Nodosaria* spp., *Astaculus* sp., *Gaudryina* sp. and attached forms, have been determined and indicate an upper Scythian age.

Upwards (samples YГ7-YГ15) the presence of *Meandrospira pusila* (HO) in association with *Trochammina almtalensis* KOEHN-ZANINETTI, *Glomospirella shengi* HO, *Hemigordius? chialing-chiangensis* (HO), *Verneuilinoides* cf. *triserialis* ZIEGLER, *Earlandia tintiniformis* (MISIК), *Earlandia gracilis* (PANTIC), *Gaudrying triassica* TRIFONOVA, *Gaudryinella* sp., *Spiroplectammina* sp., *Nodosaria* sp., *Pseudonodosaria* sp., *Ichtyolaria* sp., *Glomospira* sp. attached forms and algae imply the deposition of these beds in Aegean-Bithynian.

Finally in the samples YГ16 to YГ30 various species of Duostominidae appear together with *Nodosaria* cf. *erikliensis* DAGER, *Ophthalmidium* cf. *jebeliense* DAGER, *Palaeomiliolina mariensis* (PREMOLI-SILVA), *Globochaete alpina* LOMBARD and some of the above mentioned species. The age is Pelsonian.

Facies 3

It appears in the upper beds of the section and it is a typical filamentous «Hallstatt» type facies.

It includes filamentous biomicrites with calcified radiolarians and sparse authigenic quartz grains in a micritic matrix. It represents deep water pelagic facies, without any contribution of coarse grained material from the land. The microfauna contains *Duostomina alta* KRISTAN-TOLLMANN, *Pseudonodosaria lata* (TAPPAN), *Earlandia tintiniformis* (MISIК), *Hemigordius? cialingchiangensis* (HO), *Endothyranella* sp., *Calcitornella* sp., attached forms and algae. The age is presumed to be early Illyrian.

CONCLUSIONS

Summarizing the above data we reach the following remarks concerning the stratigraphic organization of the triassic formations of the Hydra island and the paleogeographic conditions in the area during this time.

In the western part of the island (section YA, localities Episkopi-Agia Marina) the triassic sequence starts with oolitic limestones of late Scythian-early Anisian age.

Over this oolitic facies develop the «Eros» limestones composed of biomicrudites, biosparites and biosparudites and characterized by the presence of intensive diagenetic phenomena. They contain abundant algal clasts and fossil fragments and a rich foraminifera microfauna indicating the presence of *Pilamina densa* zone in the upper parts. Three stratigraphic horizons have been determined:

Upper Aegean-Bithynian (samples YA1 to YA3).

Pelsonian (samples YA4 to YA6) with *Meandrospira dinarica* and *Pilamina densa*.

Illyrian (samples YA7 to YA11) with *Endothyra badouxi*, *Nodosaria ordinata* and *Pilamina densa*.

In both the above cases (oolitic and «Eros» limestones), the depositional environment corresponds to the carbonate platform.

The upper part of the «Eros» limestones is brecciated and filled with material of the overlying «Hallstatt» type formation. It is, therefore, presumed that the deposition of the «Hallstatt» type limestones in this area started at the end of the Illyrian. The facies is pelagic consisting of micrites and biomicrites with radiolarians and filaments.

The same facies compose the upper members of the sequence which are cherty limestones. The only characteristic here is the high concentration of macrofossils, forming in some cases «lumachelles».

The age is Ladinian-Carnian.

The «Hallstatt» type and the cherty limestones have been deposited in the foreslope environment.

In the central area of Hydra (section YГ, locality Agia Triada) the triassic limestones are exclusively of «Hallstatt» type facies (Han-bulog Kalke), presenting different features from those of section YA.

They consist of micrites and biomicrites with filaments and radiolarians alternating especially in the lower parts with bio-pel-micrites and bio-pel-micrudites. They are characterized by the high concentration of volcanic clasts and fossil fragments, mainly echinoderms and algae. Diagenetic phenomena are also intensive here. The microfauna is rich and diversified permitting the identification of the following stratigraphic horizons:

Upper Scythian (samples YГ3 to YГ6).

Aegean-Bithynian (samples YГ7 to YГ15) with *Meandrospira pusila* and *Trochammina almtalensis*.

Pelsonian (samples YГ16 to YГ30) with abundant Duostominidae and *Paleomiliolina judicariensis*.

Lower Illyrian (samples YГ31 to YГ37).

The depositional environment is the foreslope.

In the eastern part the facies are different from those identified in the western and central part of the island and no correlation can be made.

They are micrites, fossiliferous micrites and recrystallized micrites with crinoid fragments, radiolarians and rare filaments. No characteristic foraminifera have been found so the age cannot be determined. The depositional environment is probably the foreslope.

In conclusion:

The deposition of the «Hallstatt» type limestones, appearing in different parts of the foreslope, started in the upper Scythian and reached the lower Illyrian in the central areas of Hydra.

At the same time, in the western areas conditions of carbonate platform prevailed and colithic and «Eros» limestones have been deposited, while the formation of the «Hallstatt» type limestones started only at the end of Illyrian and reached the lower Ladinian.

REFERENCES

- BANNERT, D. & BENDER, H., 1968. Zur Geologie der Argolis-Halbinsel (Peloponnes, Griechenland). *Geol. et Paleont.* 2, 151-162, Marburg.
- BATHURST, R.G.C., 1975. Carbonate sediments and their diagenesis. Second enlarged edition. *Developments in Sedimentology*, 12, Elsevier, Amsterdam 658pp.
- BENDER, H., HIRSCHBERG, K., LEUTERITZ, K. & MÄNZ, H., 1960. Zur Geologie der Olonos-Pindos- und der Parnass-Kionazone im Tal des Asklepieion (Argolis). *Ann. geol. Pays Helln.*, 11, 201-213, Athenes.

- BOBLAY P. & VIRLET TH., 1833. *Geologie et Mineralogie*. Pp 1-375; Paris 1833. In: Expedition scientifique de Moree. Sect. des Sci. Phys. Tome II, Geographie et Geologie. Paris 1834 (Lavrault).
- CARROZZI, A.V., 1963. Half-moon oolites. *Jour. Sed. Petrology*, 33, 3: 663-645.
- CHARALAMBOUS, D., 1963. Ein Profil vom Karbon bis zur Trias auf Hydra (Griechenland). *Bull. Geol. Soc. Greece*, tom. V, 20-28, Athen.
- DÜRKOOP, A., RICHTER, D.K. & STRITZKE, R., 1986. Fazies, Alter und Korrelation der triadischen Rotkalken von Epidauros, Adami und Hydra. *Facies* 14, 105-150, Erlangen.
- FIJÜGEL, E., 1982. *Microfacies Analysis of Limestones*. Springer-Verlag, Heidelberg, 663 pp.
- FOLK, R.L., 1962. Spectral classification of limestone types. In: W.E. Ham (Ed.). *Classification of carbonate rocks*. Am. Assoc. Petroleum Geologists, Memoir 1, pp. 62-82.
- OEKONOMIDIS, G., 1938. Kalkschieferzone der Innerhellenischen Alpen auf der Insel Hydra (Peloponnes). *Ann. Scient. Fac. Sciences Univ. Thessalonique*, 4, 35-68.
- OEKONOMIDIS, G., 1940. Beiträge zur Geologie der ostpeloponnesischen Küste (Insel Hydra und Kynuria). - *Z. bulg. geol. Ges.* 11, 67-80, Sofia.
- WEVCZ-SCHEFFER, A., 1987. Triassic foraminifers of the Transdanubian central range. *Geological Hungarica, series Palaeontologica*, fasc. 50, Budapest.
- PERYT, T. (ed.) 1983. *Coated Grains* Springer-Verlag, Heidelberg, 655 pp.
- PHILIPPSON, A., 1892. *Der Peloponnes. Versuch einer Landeskunde auf geologischer Grundlage*. Berlin, 624 pp. (Friedlander & Sohn).
- RENZ, C., 1906. Trias und Jura in der Argolis. *Z. deutsch. geol. Ges.* 58, 379-395, Stuttgart.
- RENZ, C., 1908. Neue Triasfunde auf Hydra und in der Argolis. *N. Jb. Miner. Geol. Pal.*, Bd. XXV, 443-466, Stuttgart.
- RENZ, C., 1909. Zur Entdeckung der Trias in der Argolis. *Cbl. Mineral. Geol. Pal.* 1909, 73-83, Stuttgart.
- RENZ, C., 1910. Die Geologie Griechenlands. I. Teil. Stratigraphische Untersuchungen im griechischen Mesozoikum und Palaeozoikum. *Jb. K.K. geol. Reichsanstalt*, 60, 421-636, Wien.
- RENZ, C., 1925. Zur Geologie der Insel Hydra (Ostpeloponnes = Eclog. geol. Helv. 24, 53-60, Basel.
- RENZ, C., 1931. Die Bulogkalken der Insel Hydra. *Ecl. geol. Helv.*, 24, 53-60, Basel.
- RENZ, C., 1955. Die vorneogene Stratigraphie der normalsedimentären Formationen Griechenlands. *Inst. Geol. Subsurf. Res.*, 637 S., Athen.
- RENZ, C. & REICHEL, M., 1945. Beiträge zur Stratigraphie und Palaeontologie des ostmediterranen Jungpalaeozoikums und dessen Einordnung im griechischen Gebirgssystem. *Ecl. geol. Helv.* 38, 211-313, Basel.
- RICHTER, D.K., 1978. Very low grade metamorphism in middle Triassic red limestones from Hydra. - In: Closs, H.; Roeder, D. & Schmidt K. (eds.): *Alps, Apennines, Hellenides*, 477-479, Stuttgart (Schweizerbart).
- RICHTER, D.K. & FUCHTBAUER, H., 1981. Merkmale und Genese von Breccien und ihre Bedeutung im Mesozoikum von Hydra (Griechenland). *Z. dt. geol. Ges.*, 132, 451-501, Hannover.
- RÖRMERMANN, H., 1965. Der erste Nachweis von Jura auf der Insel Hydra (Griechenland). *N. Jb. Geol. Pal. Mh.*, Jo, 1965m 97-101, Stuttgart.
- RÖRMERMANN, H., 1968. *Geologie von Hydra (Griechenland)*. *Geol. et Pal.* 2, 163-171, Marnburg.
- RÖRMERMANN, H., 1969. *Geologie der Insel Hydra (Griechenland)*. Diss. 62S., Marnburg.
- SALAJ, J. *et al.*, 1983. Triassic foraminifers of the West Carpathians. *Geologicky Ustav Dionysa Stura*, Bratislava 1983.
- SALAJ, J. *et al.*, 1988. The triassic foraminifera micro-biostratigraphy of the Carpathian-Balkan and Hellenic realm. *Mineralia slov.* 29, 387-415.
- SCHÄEFER, P. & SENOWBARI-DARYAN, B., 1982. The Upper Triassic Pantokrator Limestone of Hydra (Greece): An example of a prograding reef complex. *Facies*, 6, 147-164, Erlangen.
- SCHILL, G., 1983. *Geologische Kartierung im Westteil der Insel Hydra (Griechenland) unter besonderer Berücksichtigung der Palökologie und der Biostratigraphie der marinen Oberperm-kalke*. Diplomarbeit, Eberhard-Karls-Universität, Tübingen.

- SENOWBARI-DARYAN, B. & SCHÄFER, P., 1983. Zur Sphinctozoen-Fauna der obertriadischen Riffklake («Pantokratorkalk») von Hydra, Griechenland. *Geol. et Pal.* 17, 179-205, Marburg.
- SIDERIS, CH., 1986. Contribution to the knowledge of the geodynamic evolution during the Permotriassic in the area of Eastern Greece. *Doct. Thesis Univ. Athens*, 1986.
- STOW, D.A.V., 1975. New fusulinid evidence for the Permian age of the Palaeozoic rocks of Hydra, Greece. *Geological Magazine*, 112, 71-76.
- TRIFONOVA, E., 1984. Correlation of Triassic foraminifers from Bulgaria and some localities in Europe, caucasus and Turkey. *Geologica Balcanica*, 13, 6, pp. 3-14, Sofia.
- TSELEPIDIS, V. & CORONEOU, V., 1987. On the geology of the Permian formations of the Hydra island. I.G.M.E. Internal report No E5274, Athens 1987.
- VORPERMEIER, 1983. Diplomarbeit zur Geologie und Tektonik von Hydra. Fak. Univ. Tübingen.
- WENDT, J., 1973. Cephalopod accumulations in the Middle Triassic Hallstatt-Limestone of Jugoslavia and Greece. *N. Jb. Geol. Pal. Mh.*, Jg. 1973, 624-640, Stuttgart.
- ZANINETTI, L., 1976. Les Foraminifères du Trias. Essai de synthèse et corrélation entre les domaines mesogéens et asiatique. *Riv. Ital. Paleont.*, v. 82, n.1, pp. 1-258, Milano.

PLATE I



PLATE II

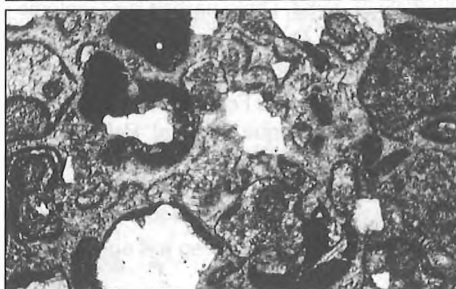
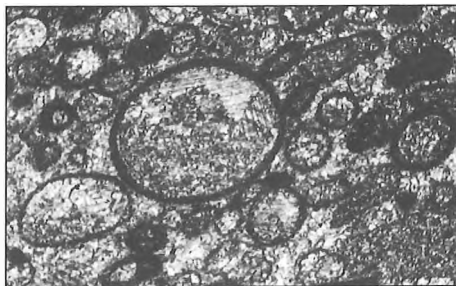


Fig. 1: Oosparites. Normal ooids with several micritic laminae. Section YA, sample YA44, lower part of «Eros limestone». (35x)

Fig. 2: Oosparites. «Deformed» ooids, Section YA, sample YA38, lower part of «Eros limestone». (35x)

Fig. 1: Oosparites. Superficial oolithes with only one or very few laminae and «half moon» ooids. Section YA, sample YA39, lower part of «Eros limestone». (35x)

Fig. 2: Oosparites «Compound» ooids. Note the abundant quartz grains. Section YA, sample YA36, lower part of «Eros limestone». (35x)

PLATE III

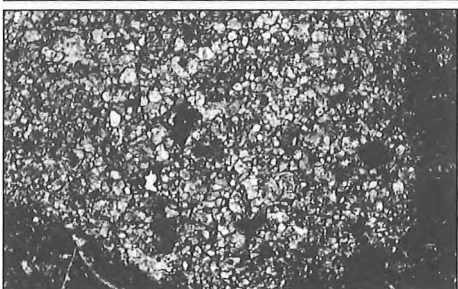
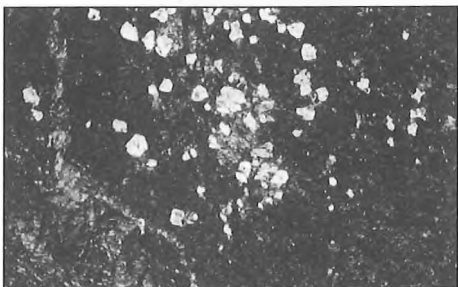


PLATE IV

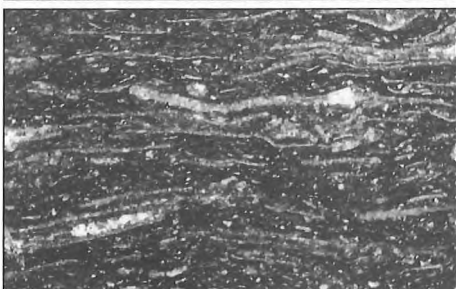
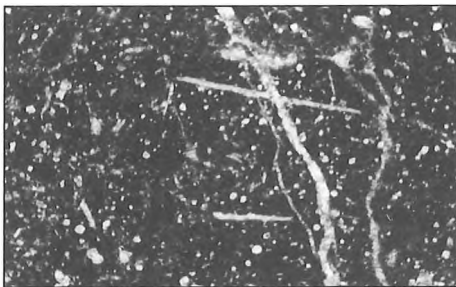


Fig. 1: Micrite with abundant siliceous subrounded rhomboedra, secondary after dolomite crystals. Section YB, sample YB11, «Eros limestone». (35x)

Fig. 2: Lithic component filled with dolomitic rhomboedra. In the center crystals of opaque mineral. Section YT, sample YT10, «Hallstatt» type limestone. (35x)

Fig. 1: «Filamentous» micrite with calcified radiolaria. Section YT, sample YT28, «Hallstatt» type limestone. (35x)

Fig. 2: Filamentous micrite. Note the parallel, texture caused by orientation of the fossil fragments parallel to the sea floor. Section YA, sample YA21 «Hallstatt» type limestone. (35x)

PLATE V

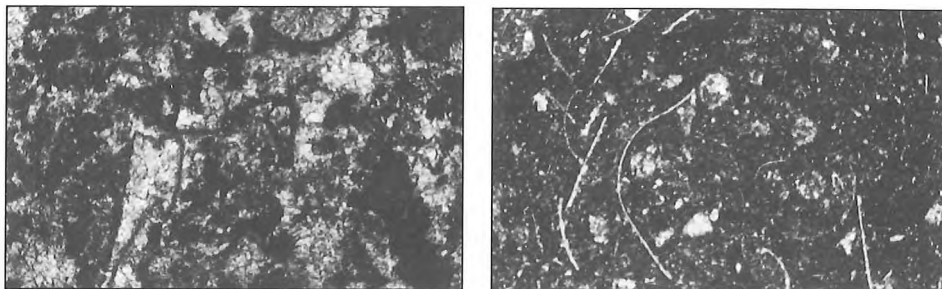


Fig. 1: Algal-crinoidal limestone with sparse filaments in clear washed sparitic cement. Section YГ, sample YГ30, «Hallstatt» type limestone. (35x)

Fig. 2: Typical filamentous micrite with calcified radiolaria, and authigenic quartz grains. Section YГ, sample YГ30, «Hallstatt» type limestone. (35x)

PLATE VI

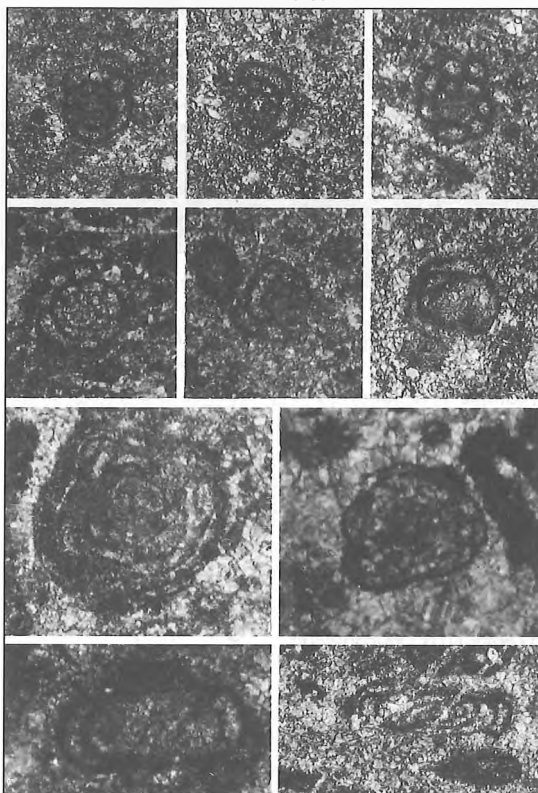


Fig. 1: *Meandrospira* gr. *pusila* (HO), Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YГ7. (150x)

Fig. 2,3: *Meandrospira pusila* (HO), Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YГ10. (150x)

Fig. 4: *Meandrospira dinarica* KOCHANSKY-DEVIDE & PANTIC, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA6. (60x)

Fig. 5: *Glomospira simplex*, HARLTON, Agia Triada, «Han-bulog» samples YГ5 FT1. (150x)

Fig. 6: *Glomospira* sp., Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YГ9 FY2. (150x)

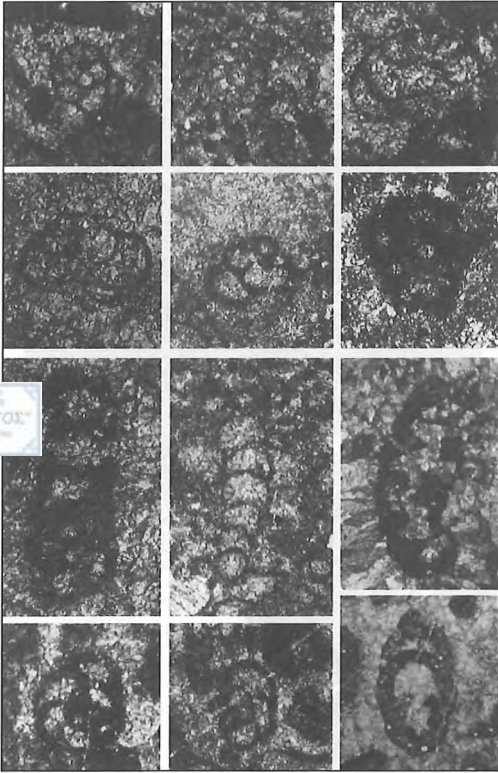
Fig. 7: *Pilamina densa* PANTIC, Episkopi, «Eros» limestones, sample YAS/2. (60x)

Fig. 8: *Pilamina densa* PANTIC, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA11. (60x)

Fig. 9: *Glomospira sinensis* HO, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA12. (150x)

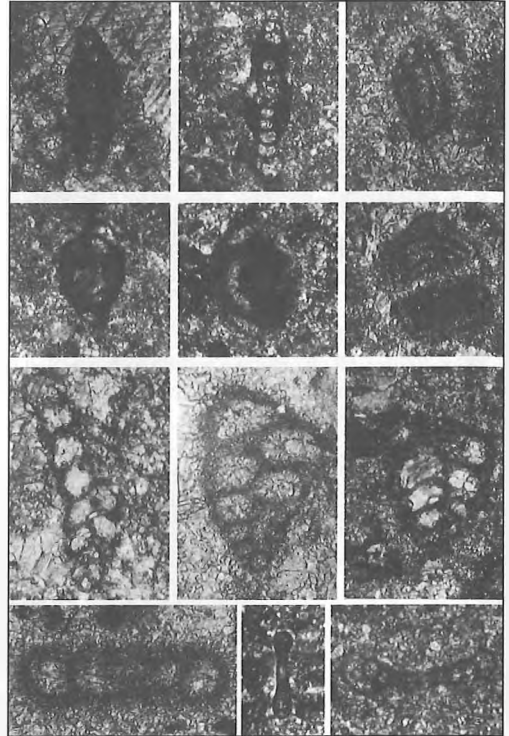
Fig. 10: *Gloospirella* sp., Episkopi, «Eros» limestones, sample YA3. (60x)

PLATE VII



- Fig. 1:** *Diploptremina astrofimbriata* KRISTAN-TOLLMANN, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA6. (60x)
- Fig. 2:** *Diploptremina astrofimbriata* KRISTAN-TOLLMANN, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA7. (60x)
- Fig. 3:** *Duostomina alta*, KRISTAN-TOLLMANN, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA6. (60x)
- Fig. 4:** *Trochammina almtalensis* KOEHN-ZANINETTI, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA6. (150x)
- Fig. 5:** *Trochammina almtalensis* KOEHN-ZANINETTI, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA3, FY3. (60x)
- Fig. 6:** ?*Tuuriiglommia* sp., Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YG9. (150x)
- Fig. 7:** *Endothyranella alpina* ZANINETTI & BROENNIMANN, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA5/1. (60x)
- Fig. 8:** *Endothyranella* cf. *wirzi* (KOEHN-ZANINETTI), Episkopi, «Eros» limestones, sample YA4. (60x)
- Fig. 9:** *Reophax* sp., Episkopi, «Eros» limestones, sample YA5/1. (35x)
- Fig. 10:** *Endothyra kuepperi* OBERHAUSER, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA6. (60x)
- Fig. 11:** *Endothyra badouxi* ZANINETTI & BROENNIMANN, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA6. (60x)
- Fig. 12:** *Reophax* sp., Episkopi, «Eros» limestones, sample YA9. (35x)

PLATE VIII



- Fig. 1:** *Hemigordius? chialingchiangensis* (HO), Episkopi, «Eros» limestones, sample YA11. (150x)
- Fig. 2:** *Hemigordius? chialingchiangensis* (HO), Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YA31. (150x)
- Fig. 3:** *Agathammina* cf. *austroalpina*, KRISTAN-TOLLMANN & TOLLMANN, Episkopi, «Eros» limestones, sample YA27. (150x)
- Fig. 4:** *Ophthalmidium* sp., Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YG9. (150x)
- Fig. 5:** *Ophthalmidium* sp., Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YG7. (150x)
- Fig. 6:** *Ophthalmidium tricki* (LANGER), Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YG33. (150x)
- Fig. 7:** *Spiroplectammina* sp., Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YG8. (150x)
- Fig. 8:** *Gaudryina* sp., Episkopi, «Eros» limestones, sample YA7. (150x)
- Fig. 9:** *Gaudryina* sp., Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YG7. (150x)
- Fig. 10:** ?*Ammodiscus* sp., Episkopi, «Eros» limestones, sample YA11. (150x)
- Fig. 11:** *Ammodiscus* sp., Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YG25. (150x)
- Fig. 12:** *Ammodiscus* sp., Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YG7. (150x)

PLATE IX

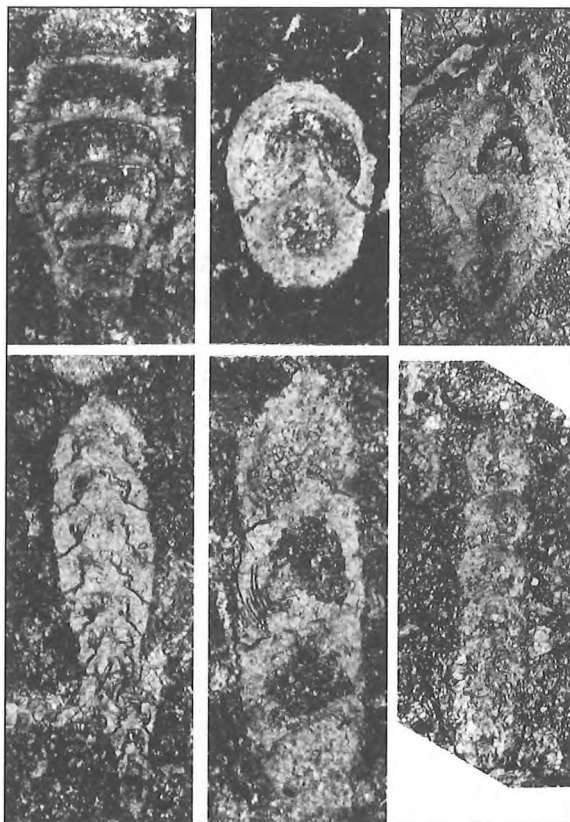


Fig. 1: *Austrocolomia* sp., Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YГ26. (150x)

Fig. 2: *Pseudonodacaria lata* (TAPPAN), Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YГ25. (60x)

Fig. 3: *Lenticulina* sp., Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YГ7. (150x)

Fig. 4: Nodosaridae, Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YГ10. (150x)

Fig. 5: Nodosaridae, Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YГ9. (150x)

Fig. 6: Nodosaridae, Agia Triada, «Han-bulog» limestones, sample YГ9. (60x)

Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας Bulletin of the Geological Society of Greece	Τόμ. Vol.	σελ. pag.	Αθήνα Athens
	XXVII	95-104	1991

ON THE FIRST OCCURRENCE OF AMMONITES IN THE CRETACEOUS STRATA OF THE PARNASSUS-GHIONA ZONE, CENTRAL GREECE

V. Tselepidis¹, N. Solakius² & A. Mavridis¹



ABSTRACT

Cretaceous ammonite fauna is recorded for the first time in the Parnassus-Ghiona Zone in pelagic limestone beds exposed close to the village of Distomo in Central Greece. From the fauna which is poorly preserved only the species *Saghalinites* cf. *wrighti* Birkelund, 1965 is identified indicating that the limestone beds were deposited during the Late Maastrichtian. The Late Maastrichtian age of the beds is also confirmed through the examination of the foraminiferal fauna recorded in the beds.

INTRODUCTION

Cretaceous ammonites are unknown in the Parnassus-Ghiona Zone. Only Jurassic ammonites have been found in the zone, those which were reported by Papastamatiou (1960) from the Pentectoria area situated in the western margin of the zone. None of the following, CELET (1960, 1962), RICHTER & MARIOLAKOS (1974), KALPAKIS (1979), CAMINITI (1985), SOLAKIUS et al. (1989) who investigated the Mesozoic strata of the Parnassus-Ghiona Zone, reported any ammonite record from the Cretaceous formations.

Ammonites havenot previously been found in the Cretaceous strata of the platform; this because dedimentation took place in a very shallow water (neritic facies which in a short period became continental) in the Parnassus-Ghiona Zone during the Early Cretaceous. Such environments are known to be unfavourable habitats for ammonites. These shallow marine conditions changed in the Late Cretaceous since the platform was broken into horsts and grabens (RICHTER & MARIOLAKOS, 1974), whereas in the areas situated in shallow waters the neritic environment continued to exist, in the grabens the environment became pelagic and thus favourable to ammonites.

In limestone beds deposited under such pelagic conditions, exposed close to the village of Distomo, ammonites were found together with brachiopods, ostracods and foraminifera (Fig. 1). Only one ammonite species was identified and is described below the foraminifera occurring

¹ Institute of Geology and Mineral Exploration, 70 Messoghion Str., 115 27 Athens, Greece.

² Department of Historical Geology and Palaentology University of Lund Solvegatan 13, S-223 62 Lund Swedew.

Ανακοινώθηκε κατά την επιστημονική συνεδρία της Ξάνθης, την 9/5/1991.

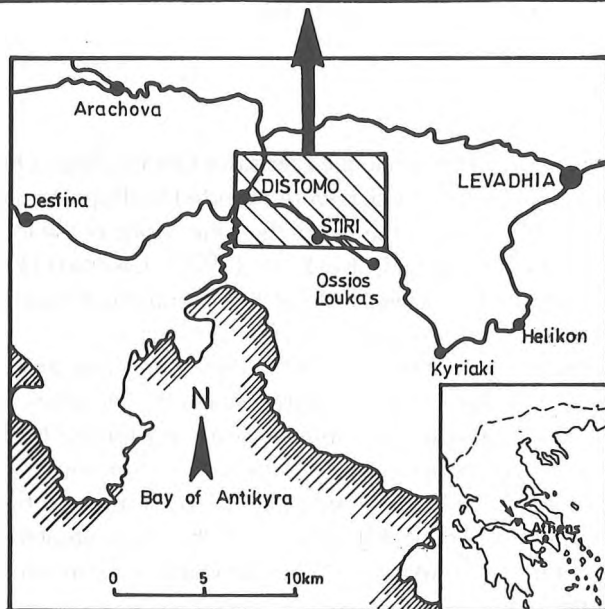
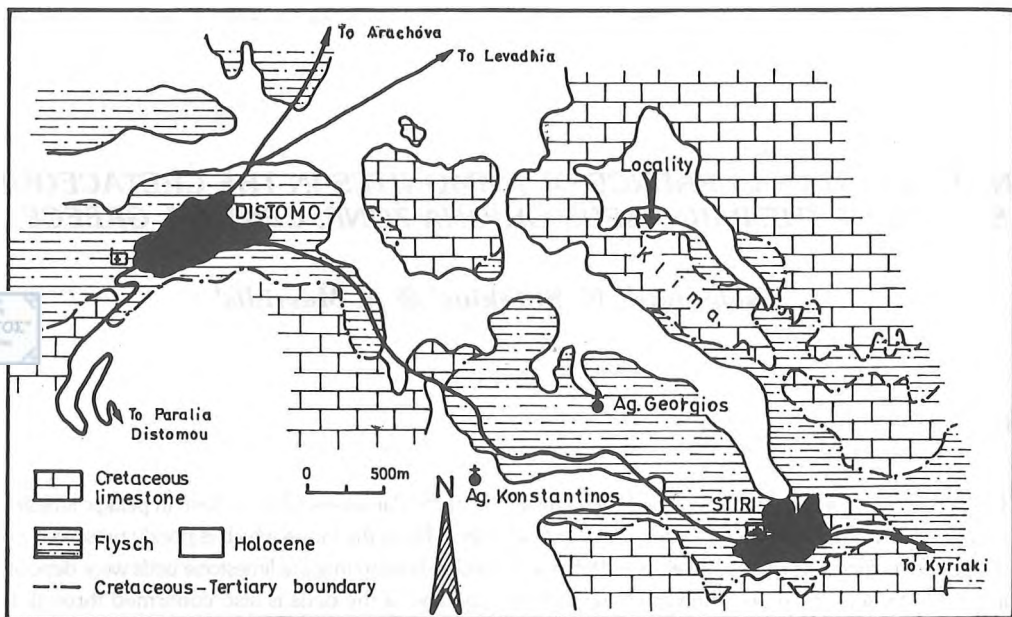


Fig. 1: Geological map showing the location of the limestone bedsw with ammonites.

Thickness	Lithological column	Samples
-----------	---------------------	---------

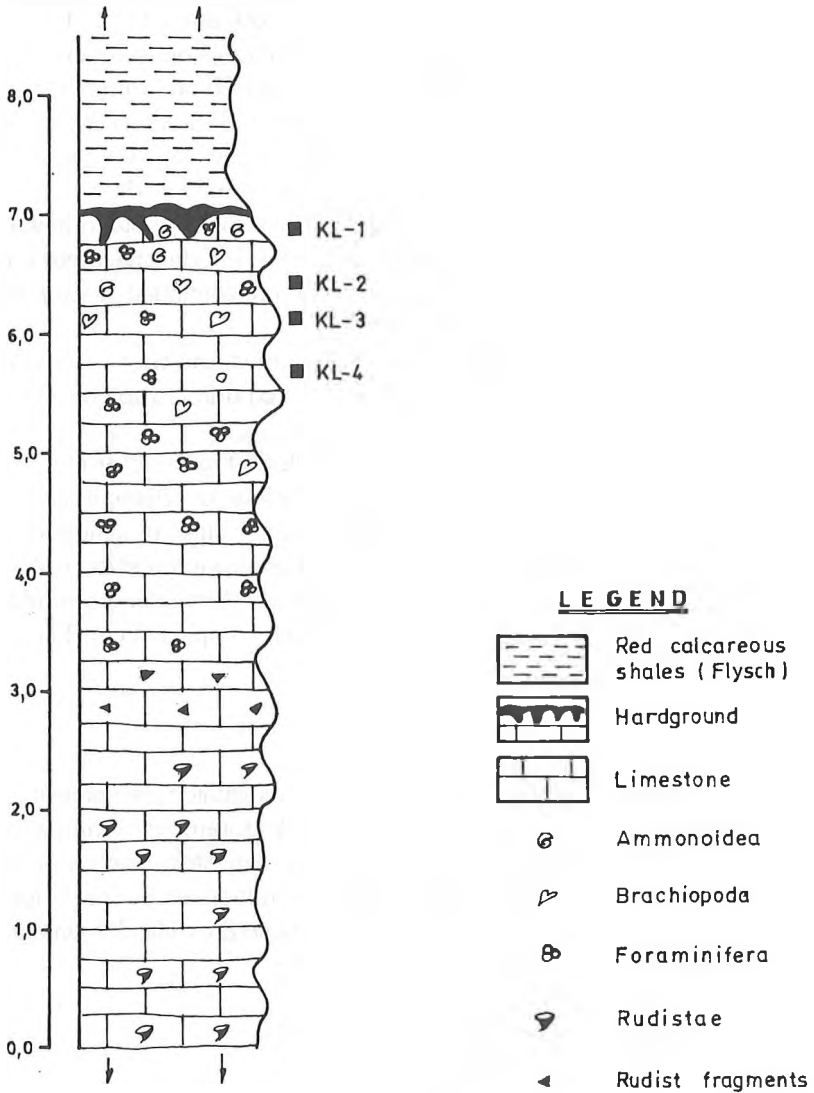
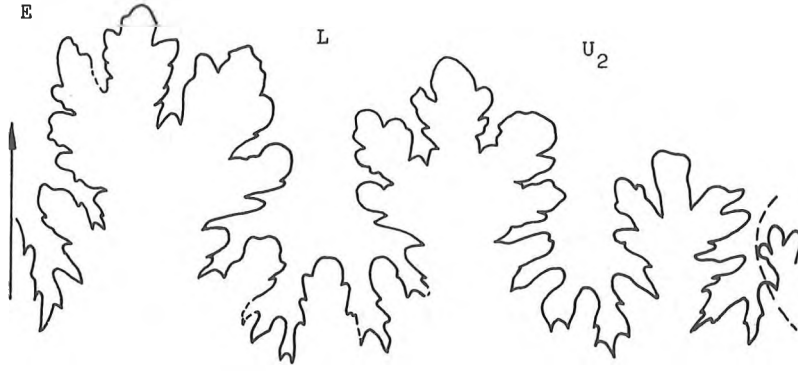


Fig. 2: Diagram of the section at Klima showing the lithology and fauna included in the beds.



Internal suture of *Saghalinites cf. wrighti* Birkelung, 1965. K1-1. Bar scale 13mm.

Beschreibung: Das Exemplar K1-1 umfasst 1/2 - Windung der Wohnkammer. Ein Teil von ihm ist durch den Hardground aufgelöst. Die Nabelgegend konnte wegen des harten Materials (Eisen- und Manganoxide) nicht sauber genug präpariert werden.

Dimensionen: (in mm):

D(Durchmesser)	Wh(Windungshöhe)	Wb(Windungsbreite)	U(Umbilicus)
37,8?	13	14	?

Die Aufrollung scheint sehr evolut zu sein. Der Durchmesser kann nicht exakt gemessen werden. Aber die Windungsbreite ist sicher etwas grösser als die -höhe oder geht mit Sicherheit auf Seite der Wb.

Die Umbilikal- und Marginalkanten verleihen dem Querschnitt einen deutlich eckigen Umriss. Die Flanken der Windungen sind verflacht und am Rückenrand laufen sie mit eckiger Kante gerundet um der Rücken.

Die Nabelwand ist gerundet und fällt ziemlich flach. Der Windungsquerschnitt ist im höheren Teil des Stückes deutlich komprimiert als im unteren und die ventrolaterale Schulter gerundet. Der Venter ist flach gerundet.

Der Steinkern ist glatt mit Erhaltung der Suture. Es können keine Einschnürungen oder überhaupt Skulptur unterschieden werden. Nur an einem Teil des Venters ist eine schwache Querstreifung zu beobachten.

Die Suture ist gut erhalten und deutlich zu erkennen (Fig. 3). Während der tiefe E (= Externlobus) und der retracte Suspensivlobus asymmetrisch bifid sind, ist der engstammige, aber breite Laterlobus symmetrisch bifid. Der breitstammige 1. Lateralsattel ist asymmetrisch. Die weiteren Satteln zeigen eine fast symmetrische Entwicklung auf.

Beziehungen: Die allgemeine Übereinstimmung der Suture, mit der des *S. wrighti* bei Kennedy & Summesberger (text-fig. 3, p.187, 1986; kleine Unterschiede ergaben sich beim Externlobus und der Spaltungsart der Umbilikalsattel), der kantige Querschnitt, die Massangaben und die Windungsentwicklung sprechen für die Zugehörigkeit des Exemplars K1-1 zu dieser Art. Wegen des glatten Steinkerns sind keine Einschnürungen deutlich, wie sie von Birkelung (1982) und Kennedy & Summsberger (1986) beschrieben werden. Da aber innerhalb der Saghaliniten das starke Zurücktreten der Einschnürungen auf die äusseren Windungen am ehesten für die Art *S. wrighti* spricht, insbesondere im Vergleich mit der sonst sehr ähnlichen Art *S. cala*, und *S.*

wrighti einen breiteren Querschnitt und eine evolutive Aufrollung besitzt (Immel, Klinger & Wiedmann 1982), kann hier mit grosserer Sicherheit das Exemplar K1-1 dem *S. wrighti* am ehesten zugehoren.

Der Unterschied mit dem von Immel, Klinger & Wiedmann (1982) liegt in der Aufrollung, dem Verhältnis der Windungsmassen und dem Fehlen der zum Siphon parallel verlaufenden Streifen.

Verbreitung: Nach Birkellund (1982) kommt *S. wrighti* in Jutland (Danemark), Nord Deutschland und Gronland an der Unter-/Ober-Maastrichtien-Grenze, in der Brachiopoden-Zone 7-8, vor. In der Gegend von Klima (E' von Distomo) ist der Befund zahlreicher Brachiopodenfauna, die weiter bearbeitet werden soll, neben Ammonoiten bemerkenswert. Nebenbei treten auch Foraminifera und einige Ostracoden.

Unser Ammonitenexemplar K1-1 gehört nachdem der *Abathomphalus mayaroensis*-Zone, letzte Zone des Ober-Maastrichtiens, an.



FORAMINIFERA

The foraminiferal assemblages recorded from the pelagic limestone beds at Klima are poorly preserved particularly those that are found in the hardground bed. From these assemblages only the planktonic foraminiferal species were treated. They are of significance for determining the age of the beds. The identified species are few and are as follows: *Abathomphalus mayaroensis* (Bolli) (pl. 2, Fig. 1-2; pl. 3, Fig. 4), *Racemiguembelina powelli* Smith & Pessagno (pl. 2, Fig. 3), *Globotruncana cf. arca* (Cushman) (pl. 2, Fig. 6), *Globotruncana insignis* Gandolfi (pl. 3, Fig. 6) and *Heterohelix* sp. *Abathomphalus mayaroensis* is an index species in the Upper Maastrichtian marking the *Abathomphalus mayaroensis* Zone. *Racemiguembelina powelli* is found throughout the Upper Maastrichtian, and, thus, throughout the *Abathomphalus mayaroensis* Zone. On the basis of the above species it can be concluded that the limestone beds at Klima were deposited during the later part of the Maastrichtian.

However, as is shown in plate 2, Fig. 4, and plate 3, Figs. 1, 5 small Tertiary Globigerinids found in borings and fissures, occur in the hardground bed which was formed after the lithification of the limestone bed. The fact that these structures were filled by Tertiary sediments indicates that they were made and remained open after a hiatus. Such borings and fissures filled with Tertiary sediments are common in the hardground bed and have previously been reported by Solakius *et al.* (1989) and Pomoni-Papaioannou & Solakius (in press) from the hardground bed exposed in Sernikaki and Prossilion areas in the Parnassus-Ghiona zone. They were formed during the interruption in the deposition which started in at the end of the Maastrichtian and continued into the Early Paleocene (Solakius *et al.*, 1989; Pomoni-Papaioannou & Solakius, in press).

CONCLUDING REMARKS

The ammonite fauna recorded for the first time in the Parnassus-Ghiona Zone is found to belong to the Maastrichtian species *Saghalinites cf. wrighti* Birkellund. The species is recorded in pelagic limestone beds in which apart of the ammonites also brachiopods, ostracods and foraminifera are also found. On the basis of this ammonite species and the foraminiferal species

identified, the age of the limestone is determined as being Late Maastrichtian. This indicates that *S. wrighti* which was previously only been reported from the strata deposited across the Lower/Upper Maastrichtian boundary also appeared in the Upper Maastrichtian.

Finally, the record of ammonites from the pelagic limestone beds at Klima may indicate that ammonites could be present in similar beds elsewhere in the Parnassus-Ghiona Zone.

ACKNOWLEDGEMENTS

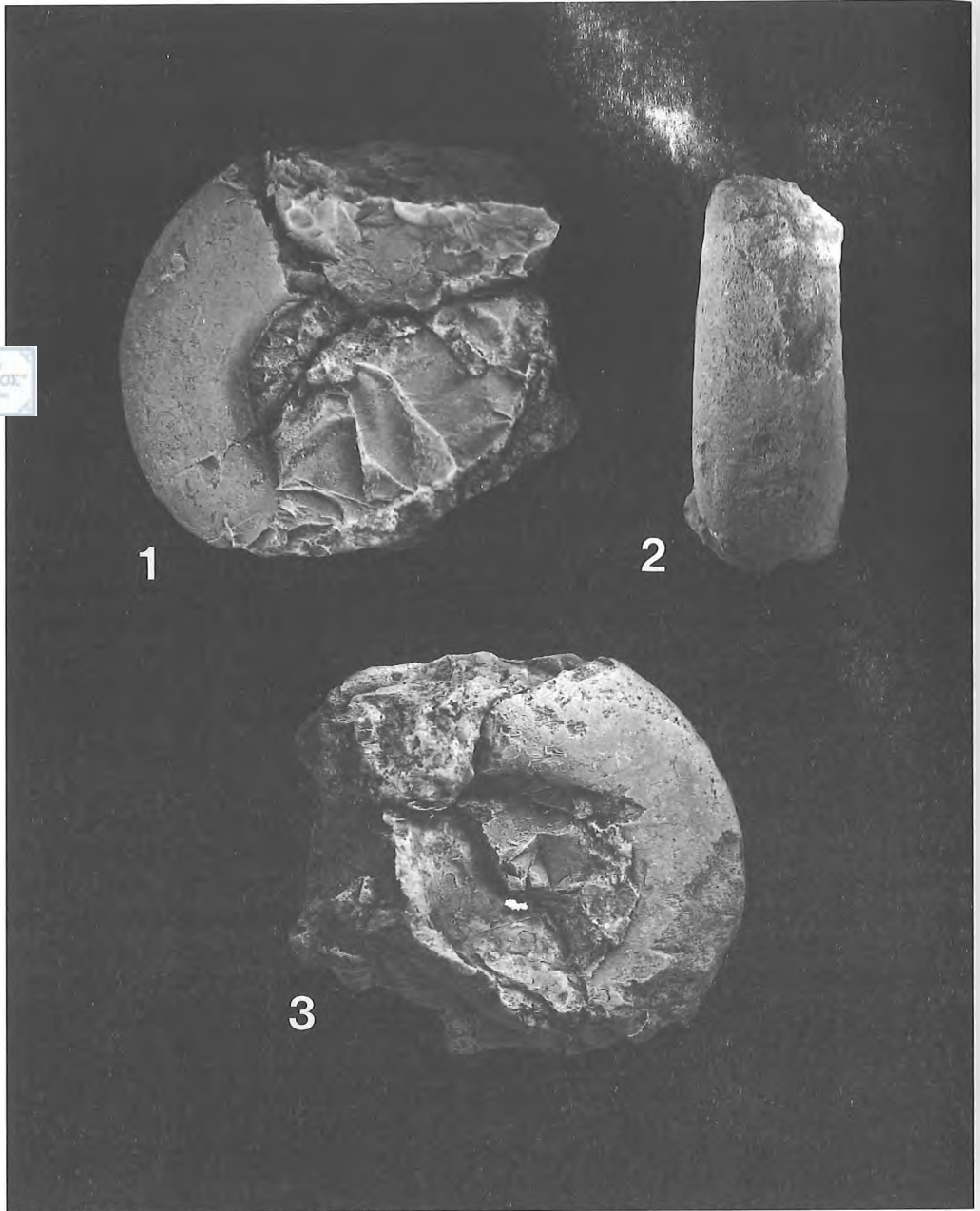
The authors would like to thank Mrs. Margaret Greenwood. Petersson for the linguistic revision and Dr Per Ahlberg, Lund, for his help with the photographs of the ammonites.



ENCES

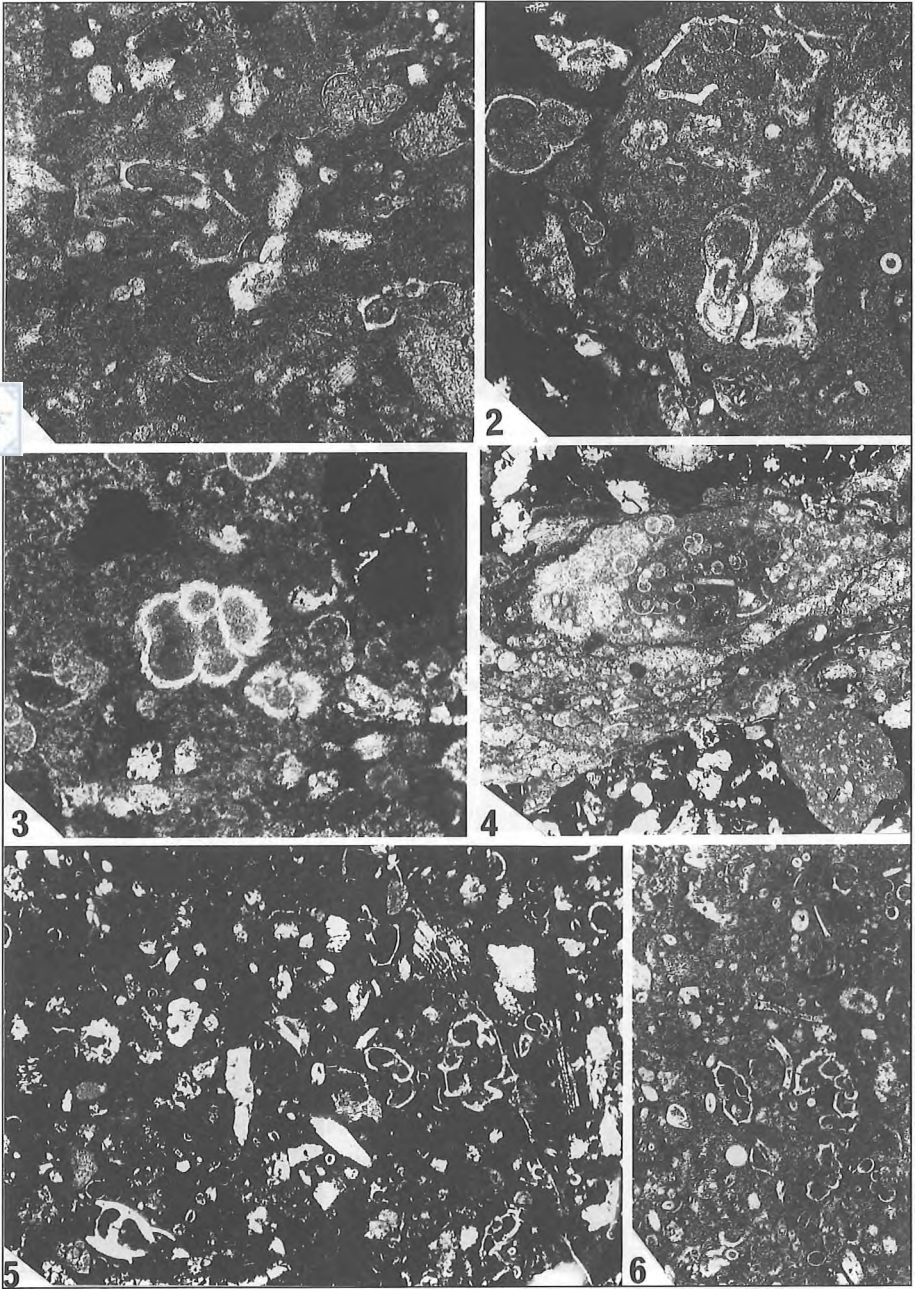
- BIRKELUND, T., 1965. Ammonites from the Upper Cretaceous of West Greenland. *Nedd. om. Gron.*, 179. 192 p. Copenhagen.
- BIRKELUND, T., 1982. Maastrichtian ammonites from Hamoor, Niederelbe (NW Germany). *Geol. Jb.*, A 61: 13-33. Hannover.
- CAMINITI, A.M., 1985. Le Cretace superieur de la plate-forme carbonate du Parnass-Ghiona et de la formation carbonate detritique de Koulovate (Zone Beotiene), Grece continentale. *Doct. th. Univ. Provence*, 424p.
- CELET, P., 1960. Observations sur la tectonique de la region cotiere meridionale des massifs du Parnasse-Ghiona. *Bull. Soc. Geol. France*, 7, 2: 435-449, Paris.
- CELET, P., 1962. Contribution a l' etude geologique du Parnasse-Ghiona, et d' une partie des regions meridionales de la Grece continentale. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 13: 446 p. Athenes.
- IMMEL, H., KLINGER, C.H. & WIEDMANN, J., 1982. Die Cephalo-poden des Unteren Santon der Gosau von Branderberg/Tirol, Osterreich. *Zitteliana*, 8: 3-32, München.
- KALPAKIS, G., 1979. Contribution a l' etude sedimentologique de la zone Parnass-Ghiona. Biomicrites, Stromatolithes, horizon hardgrounds a la limite du Cretace. *Doct. Th. Univ. Athens*, 129 p. Athens.
- KENNEDY, W.J. & SUMMESBERGER, H., 1986. Lower Maastrichtian ammonites from Neuberg, Steurmark, Austria. *Beitr. Z. Pal. Osterr.*, 12: 181-242. Wien.
- PAPASTAMATIOU, J., 1960. La geologie de la region montagnese du Parnass-Ghiona-Oeta. *Bull. Soc. Geol. France*, 7, 11, 398-408, Paris.
- POMONI-PAPAIANOANNOU, F. & SOLAKIUS, N., (in press). Phosphatic hardgrounds and stromatolites from the limestone/shale boundary section at Prossilion (Maastrichtian-Paleocene) in the Parnassus-Ghiona Zone, Central Greece. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Amsterdam.
- RENZ, C., 1940. Die tektonik der griechischen Gebirge. *Prakt. Akad. Athinon*, 8. 1-171, Athens.
- RICHTER, D. & MARIOLAKOS, I., 1974. Neue Erkenntnisse Über die Palaogeographie des Gebietes südwestlich Levadhia vor Beginn der Flysch-Sedimentation. *Prakt. Akad. Athinon*, 48: 407-426. Athens.
- RICHTER, D. & MARIOLAKOS, I., 1975. Stratigraphische Untersuchungen an der Kreide/Tertiar-Wende im Gebiet von Delfi-Amfissa-Amfiklia. *Ann. geol. Pays hell.*, 26, 417-434.
- SOLAKIUS, N., POMONI-PAPAIANOANNOU, F. & MARANGOUDAKIS, N., 1989. Planktic foraminiferal biostratigraphy and Sedimentology of the Cretaceous-Tertiary boundary in the Sernikaki section (The Parnassus-Ghiona Zone, Central Greece). *Rev. Espan. Micropal.*, 21, no 3: 373-389.

PLATE 1



Figs 1-3: *Saghalinites cf. wrighti* Birkelung, 1965 Bars in Figs 1 and 3 = 8 mm. Bar in Fig. 2 = 6.6 mm.

PLATE 2



Figs 1-2: *Abathomphalus mayaroensis* (Bolli) Fig. 1: X 70; Fig. 2: X 87.5.

Fig. 3: *Racemiguembelina powelli* Smith & Pessagno. X70

Fig. 4: A boring including Tertiary Globigerinids. X35

Fig. 5: Foraminifera and fragments from brachiopods surrounded by iron oxides. X48

Fig. 6: *Globotruncana* cf., *arca* Cushman. X37

All photos from sample K1-1

PLATE 3

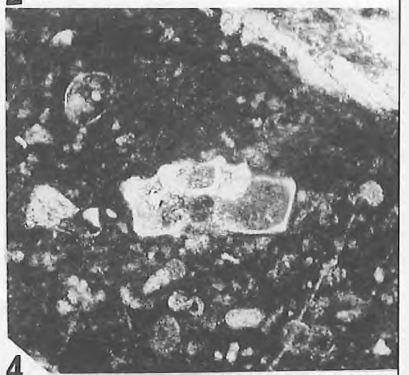
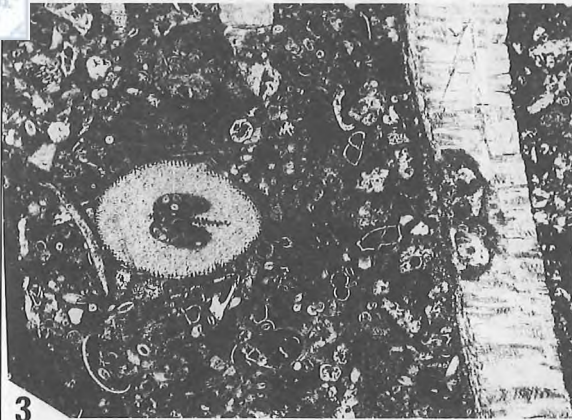


Fig. 1: A fissure filled with Tertiary sediment KL-3, X 35.

Fig. 2: Stromatolites from the hardground bed K1-1, X35.

Fig. 3: Photo showing a brachiopod together with planktonic foraminifera. KL-4, X35

Fig. 4: *Abathomphalus mayaroensis* (Bolli) KL-4, X73

Fig. 5: A boring including Tertiary planktonic foraminifera KL-2, X37

Fig. 6: *Globotruncana insignis* Gandolfi KL-4, X66

<i>Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας</i>	<i>Τόμ.</i>	<i>σελ.</i>	<i>Αθήνα</i>
<i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	<i>XXVII</i>	<i>105-120</i>	<i>1991</i>
	<i>Vol.</i>	<i>pag.</i>	<i>Athens</i>

ΔΟΛΟΜΙΤΕΣ ΚΑΙ ΜΑΡΜΑΡΑ ΣΕ ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΑ ΠΕΔΙΑ*

Ηλ. Γερολυμάτος & Ιωάν. Κοϊνάκης



ABSTRACT

The presence of Mg in non-metamorphic carbonate rocks is attributed mainly to diagenetic processes. In this case, the dolomites have a precise stratigraphic position and reflect a particular paleogeographic environment. In the opposite, analogous rock types in metamorphic environments, are both spatially and genetically related to phenomena indicative of the last stages of a tectonometamorphic cycle (HP/LT-, Barrow-, retrograde- and thermal-type of metamorphism). These phenomena, which have been studied throughly in metamorphic terrains of the alpinic orogene, have contributed to the formation of the most important deposits of calcitic and dolomitic marbles, as well as of marble breccia. They are related to metasomatic differentiation processes, associated with high mobilisation of hydrothermal solutions during extensional tectonism.

The results of the present study can be used as a tool in exploration and localisation of both Mg-rich dolomites, as well as of high quality and high potential marbles.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρουσία του Mg στα μη μεταμορφωμένα ανθρακικά πετρώματα, οφείλεται κατά κύριο λόγο σε διαγενετικές διαδικασίες. Στην περίπτωση αυτή οι δολομίτες κατέχουν ορισμένη στρωματογραφική θέση και αντικατοπτρίζουν ιδιαίτερο παλαιογεωγραφικό περιβάλλον.

Αντίθετα οι εμφανίσεις ανάλογων πετρωμάτων στους μεταμορφωμένους σχηματισμούς συνδέονται, εκτός των άλλων, χωρικά και γενετικά με φαινόμενα που αντιπροσωπεύουν το τέλος ενός (τεκτονο)μεταμορφικού κύκλου (HP/LT-, barrow-, ανάδρομη- και θερμική μεταμόρφωση).

Τα φαινόμενα αυτά, τα οποία έχουν ερευνηθεί σε αρκετά υψηλό επίπεδο σε μεταμορφικά πεδία αλπικής ορογένεσης, έχουν οδηγήσει επιπρόσθετα στη δημιουργία των κυριωτέρων κοιτασμάτων ασβεστιτικών, δολομικών και λατυποπαγών μαρμάρων.

Οι διαδικασίες αυτές είναι μετασωματικές διαφοροποιήσεις και έχουν σαν αίτιο την έντονη κινητοποίηση υδροθερμικών διαλυμάτων σε συνδυασμό με τεκτονικές διεργασίες εφελκυστικού χαρακτήρα.

Τα στοιχεία της έρευνας αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν κανόνας για την αναζήτηση και εντοπισμό τόσο δολομιτών με υψηλή περιεκτικότητα σε Mg, όσο και μαρμάρων υψηλής ποιότητας και μεγάλου δυναμικού.

* Gerolymatos, H. & Koinakis, I. - Dolomites and marbles in metamorphic belts

Institute of Geology and Mineral Exploration, 70 Messoghion str., 115 27, Athens, Greece.

Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) Μεσογείων 70, 115 27 Αθήνα.

Ανακοινώθηκε κατά την επιστημονική συνεδρία της Ξάνθης, την 9/5/1991.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η από κοινού μελέτη του μαρμάρου σαν δομικό διακοσμητικό υλικό και του δολομίτη σαν βιομηχανικό ορυκτό είναι αναγκαία λόγω των κοινών χημικών και γενετικών χαρακτήρων που έχουν σε μεταμορφικά πεδία.

Οι δολομίτες και ιδιαίτερα τα μάρμαρα είναι πρωτογενή προϊόντα με συνεχώς αυξανόμενη προστιθέμενη αξία. Η σημασία των υλικών αυτών για την εθνική οικονομία είναι τεραστίων διαστάσεων, διότι η δυναμικότητα του ελληνικού χώρου, σε συνδυασμό με την ποικιλία και ποιότητα αυτών είναι πολύ μεγάλη. Οι λόγοι αυτοί είναι αρκετά σοβαροί για τον προσανατολισμό ερευνητικών προγραμμάτων, τόσο σε καθολική όσο και σε λεπτομερή κλίμακα.

Τα δολομιτικά και ασβεστιτικά μάρμαρα, όπως και ορισμένοι λατυποπαγείς σχηματισμοί, συνδέονται με μαρμαροφόρες επαρχίες (παραμορφωμένα λατυποπαγή Σκύρου και άνω Άλπεων), θεωρούνται σαν απλώς ανακρυσταλλωμένοι σχηματισμοί, λόγω μεταμόρφωσης των οποίων η ορυκτολογική σύσταση και κατ' επέκταση η χρωματική διαφοροποίηση είναι στοιχεία που αποδίδονται στους αρχικούς ιζηματογενείς χαρακτήρες των πετρωμάτων αυτών. Η δυνατότητα όμως μεταβολής της χημικής σύστασης πετρωμάτων κατά τη διάρκεια μεταμορφικών διαδικασιών είναι μεγάλη. Εξαρτάται δε από το είδος του πετρώματος τις φυσικοχημικές μεταβολές σε συνδυασμό με τις ταυτόχρονα εξελισσόμενες τεκτονικές διεργασίες και τη χωρική σχέση αυτών με τους διαφορετικούς λιθοτύπους.

Η αναγκαία ως ένα βαθμό λεπτομερής εισαγωγή σε θερμοδυναμικά μοντέλα απόθεσης ανθρακικών ορυκτών από ένα διάλυμα, θα οδηγούσε τη μελέτη αυτή έξω από το σκοπό της. Θα πρέπει όμως να δοθούν έστω περιληπτικά οι αρχές που διέπουν τον τρόπο δημιουργίας τέτοιων ορυκτολογικών συγκεντρώσεων και κατ' επέκταση τέτοιων πετρολογικών τύπων.

Εκ των πραγμάτων είναι αναγκαία και η έστω περιληπτική εισαγωγή στους χαρακτήρες των τεκτονομεταμορφικών διαδικασιών, που είναι κοινές για όλα τα μεταμορφικά πεδία, ώστε να μπορέσει να γίνει κατανοητός ο συνδυασμός φυσικοχημικών πεδίων και αντίστοιχων τεκτονικών διεργασιών, κατάλληλων για την κοιτασματογένεση μαρμάρων και δολομιτών.

Η σύνθεση τεκτονικών, πετρογραφικών και φυσικοχημικών στοιχείων θα οδηγήσει στη μοντελοποίηση της δημιουργίας και του τρόπου εμφάνισης τέτοιων πετρολογικών τύπων.

ΤΕΚΤΟΝΟΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η αλληλουχία των τεκτονομεταμορφικών διαδικασιών, που λαμβάνουν χώρα σε ένα μεταμορφικό πεδίο με χαρακτήρες HP/LT-μεταμόρφωσης, ξεκινώντας από το peak της κύριας μεταμόρφωσης (HP/LT), μπορεί να αποδοθεί συνοπτικά ως εξής:

- i. Μέγιστο βάθος καταβύθισης: Στατική παραμόρφωση με λιθοστατική πίεση ίδια για όλες τις διευθύνσεις και ορυκτά υψηλών πιέσεων/χαμηλών θερμοκρασιών.
- ii. Άνοδος της καταβυθισμένης πλάκας: Συμπιεστική τεκτονική με καλυμματικές διεργασίες και ισοκλινείς πτυχές που εντοπίζονται στους χώρους αποκόλλησης. Περισσότερο καταβυθισμένα τμήματα αναστρέφονται και επωθούνται πάνω σε μη ανεστραμμένους, λιγότερο μεταμορφωμένους σχηματισμούς. Πολλές φορές όμως τα πλέον μεταμορφωμένα τμήματα καταλαμβάνουν κατώτερες θέσεις χωρίς να εμφανίζονται φαινόμενα αναστροφής (SPEAR *et al.*, 1984).
- iii. (Μετα)ορογενετικές κινήσεις: Η τεκτονική αυτή έχει εφελκυστικό χαρακτήρα με μικρής και

μεγάλης γωνίας κανονικά ρήγματα και σύγχρονη κινητοποίηση υδροθερμικών διαλυμάτων κατά μήκος των ασυνχειών αυτών. Τα διαλύματα προέρχονται κατά κύριο λόγο από την αφυδάτωση κατωτέρων τεκτονικών χώρων λόγω της απότομης πτώσης της πίεσης κατά τη διάρκεια τεκτονικής αποφόρισης. Η τεκτονική αυτή συνοδεύεται από ορυκτά χαμηλών ως πολύ χαμηλών θερμοκρασιών και πολύ χαμηλών πιέσεων (KERRICH 1988; ΜΗΤΣΑΚΗ & ΓΕΡΟΛΥΜΑΤΟΣ αδημ. στοιχεία).

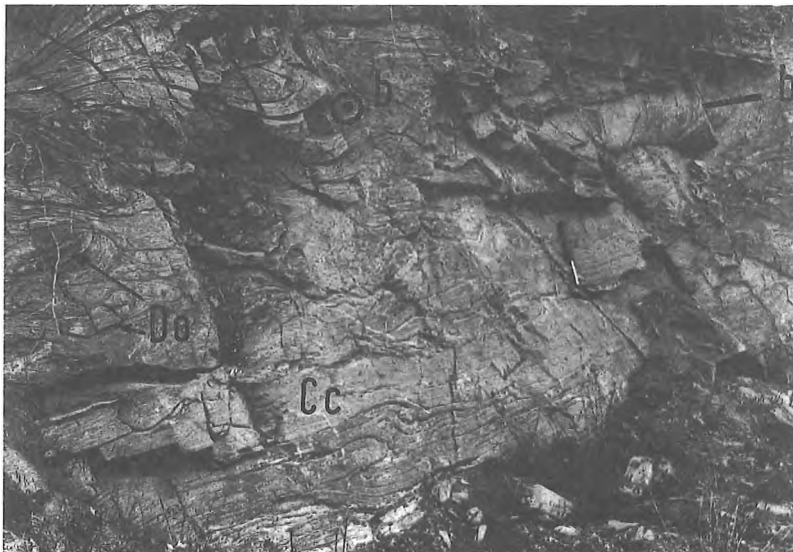
Κατά τη διάρκεια της τελευταίας φάσεως γίνεται επαναδραστηριοποίηση των μεγάλων τεκτονικών ασυνχειών της καλυμματικής τεκτονικής έτσι, ώστε να εμφανίζονται στον ίδιο χώρο πλήθος τεκτονικών στοιχείων, τα οποία μπορούν να καταταγούν στη μια φάση ή στην άλλη με βάση την γεωμετρικότητα, τα συγκινηματικά ορυκτά και τη σχετική τους ηλικία (Εικ. 1 & 2).

Η εξέλιξη ενός μεταμορφικού πεδίου δέχονται οι PLATT (1986) και GARMIGNANI & TROTTIERI (1990).

Λεπτομερής πετρογραφική ανάλυση των σχηματισμών ενός μεταμορφικού πεδίου έχει δείξει, ότι υπάρχει αναλογία των συνθηκών μεταμόρφωσης μεταξύ των τεκτονικών ενοτήτων σε όλα τα στάδια της μεταμόρφωσης (HEINRICH, 1982; GEROLYMATOS, 1989).

Τα στοιχεία αυτά έρχονται σε απόλυτη συμφωνία με τους θερμοδυναμικούς υπολογισμούς και τη μοντελοποίηση αυτών από τους THOMPSON & ENGLAND (1984); ENGLAND & THOMPSON (1984).

Η σύνθεση πολλαπλών γεωλογικών και πετρογραφικών στοιχείων οδηγεί σε ανάλογα διαγράμματα της τεκτονομεταμορφικής εξέλιξης της ζώνης Ροδόπης (Εικ. 3) καθώς και των



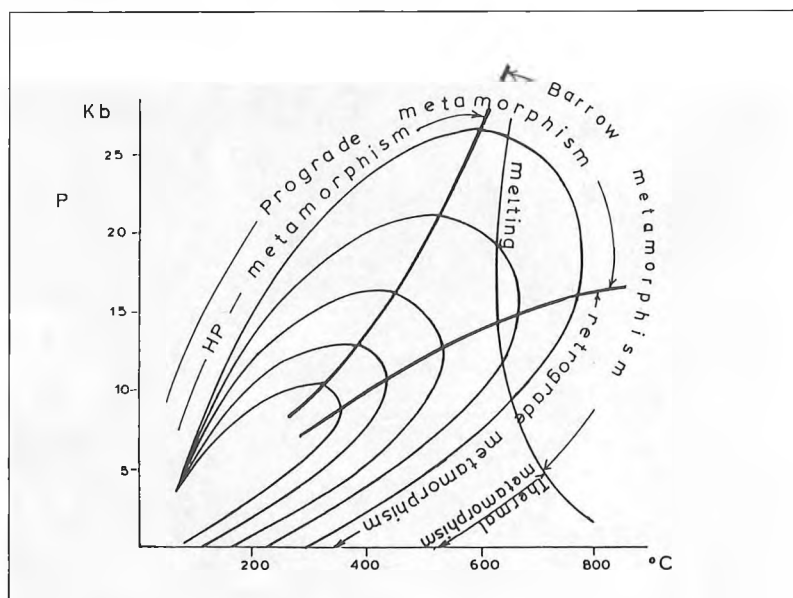
Εικ. 1: Ισοκλινείς πτυχές (b) με διαφορετικό προσανατολισμό αξόνων, σύγχρονες της μεταμόρφωσης τύπου barrow της ζώνης Ροδόπης. Τα πετρώματα είναι έντονα παραμορφωμένοι ανθρακικοί σχηματισμοί λόγω της διατμητικής ζώνης με παράταξη 120° N. Κοιτασματογενετικό πεδίο Mn-ούχων μεταλλευμάτων στην περιοχή Συκιδίων του ποταμού Νέστου, βόρεια της Δράμας (b=άξονας πτυχής, Cc=ασβεσπικός οριζοντας, Do=δολομιτικοί φακοί).

Fig. 1: Isoclinal folds (b) with varying axis orientation, contemporaneous with barrow-type metamorphism, in carbonate rocks of the Rhodope zone. Intense deformation of these rocks is due to a nearby shear zone with a 120° N strike. Mineralising field of Mn ores in the area of Sykidia Nestos river, north of Drama (b=fold axis, Cc=calcitic horizon, Do=dolomitic lenses).



Εικ. 2: Ρήγμα αποκόλλησης συνδεδεμένο χωρικά με ισοκλινείς πυχές σύγχρονες της μεταμόρφωσης τύπου Barrow, σε ιουρασικούς σχηματισμούς της σειράς Plattenkalk, στη μαρμαροφόρο περιοχή Δοξαρού των Ταλέων ορέων Κρήτης.

Fig. 2: Detachment fault spatially related to isoclinal folds contemporaneous with Barrow-type metamorphism of the Jurassic rock formations of the Plattenkalk series, in the marble-bearing area of Doxaro, Talea Mt, Crete.



Εικ. 3: Σχηματικό P-T διάγραμμα το οποίο δείχνει τη μεταμορφωτική και τεκτονική εξέλιξη της ζώνης Ροδόπης.

Fig. 3: Schematic P-T diagram showing the metamorphic and tectonic evolution of the Rhodope zone.

άλλων μεταμορφικών πεδίων, τόσο του ελληνικού, όσο και του διεθνή χώρου.

Η πλέον σημαντική φάση της τεκτονομεταμορφικής εξέλιξης ενός μεταμορφικού πεδίου, από πλευράς μαζικής κινητοποίησης υδροθερμικών διαλυμάτων και ιδιαίτερα κοιτασματογενετικών φαινομένων είναι η τρίτη.

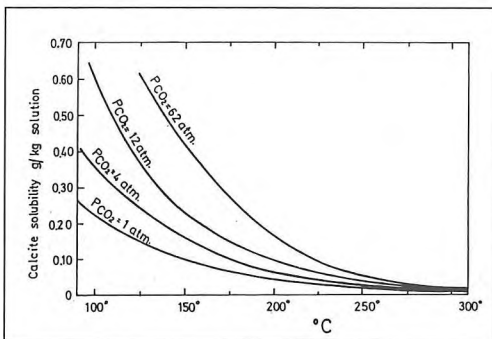
Στον ελληνικό χώρο απαντούν τρία μεταμορφικά πεδία αλπικής ηλικίας με συγκεντρική διεύθυνση (ΠΑΡΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1984). Το ενδιαφέρον της μελέτης αυτής περιορίζεται κυρίως στους μεταμορφωμένους ανθρακικούς σχηματισμούς των μεταμορφικών πεδίων του ελληνικού χώρου με μικρές αναφορές στους υπερκείμενους μη μεταμορφωμένους.

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ουσιαστικές αναφορές, όσον αφορά στη διαλυτότητα ανθρακικών ορυκτών, κυρίως του Ca και Mg σε διαφορετικά φυσικοχημικά περιβάλλοντα έχουν γίνει στις εργασίες των JOHANNES (1970), HOLLAND & MALLININ (1979), DABITZIAS (1980, 1985).

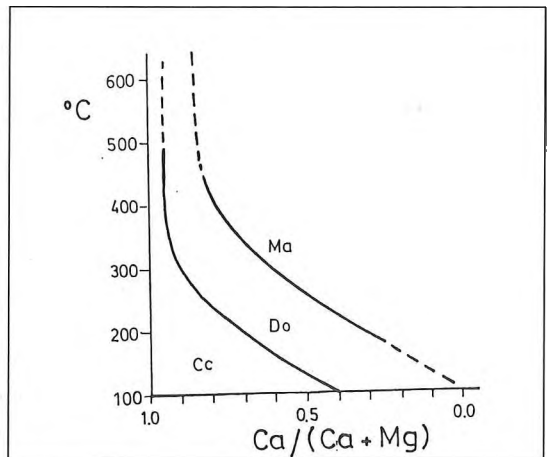
Η διαλυτότητα του ασβεστίτη ελατώνεται δραστικά με την αύξηση της θερμοκρασίας και ελαττωποιείται πάνω από τους 350° C (Εικ. 4). Αντίθετα η διαλυτότητά του αυξάνεται με την αύξηση της αλατότητας και της συγκέντρωσης σε CO₂ του διαλύματος (MALININ & ΚΑΝΟΥΚΟΥ, 1979, DABITZIAS 1985). Πολύ περισσότερο ελαττώνεται η διαλυτότητα του δολομίτη με την αύξηση της θερμοκρασίας. Είναι όμως αδύνατος ο σχηματισμός του δολομίτη, όπως και του ασβεστίτη με απλή ψύξη του διαλύματος. Αποφασιστικό ρόλο στη διαδικασία αυτή παίζει η δράση του CO₂, της αλατότητας και του Si στο διάλυμα. Ουσιαστικής σημασίας για τη δημιουργία ενός ανθρακικού ορυκτού από διάλυμα είναι το διάγραμμα της Εικ. 5, όπου εμφανίζονται τα πεδία σταθερότητας του ασβεστίτη, δολομίτη και μαγνησίτη. Στο διάγραμμα αυτό είναι προφανές, ότι διαλύματα με υψηλή συγκέντρωση Mg, δεν απαιτούν μεγάλες θερμοκρασίες για τη δημιουργία δολομίτη ή ακόμα και μαγνησίτη.

Η γνώση της σύνθεσης ρευστών εγκλεισμάτων σε διαφανή ορυκτά, ιδιαίτερα χαλαζία, από διατμητικές ζώνες των core complex systems (LISTER & DAVIS 1989) καθώς και η εξέλιξη της ρευστής φάσεως, δίνει τη δυνατότητα παρακολούθησης των φυσικοχημικών φαινομένων που εξελίσσονται μέσα σ' ένα τέτοιο εφελκυστικού χαρακτήρα, έχουν γίνει από πολλούς ερευνητές



Εικ. 4: Διάγραμμα στο οποίο φαίνεται η διαλυτότητα του ασβεστίτη στο νερό, μέχρι τους 300° C σε διαφορετικές τιμές της μερικής πίεσης του CO₂ (από HOLLAND & MALININ 1979).

Fig. 4: Diagram showing the solubility of calcite in water up to 300° at various partial pressures of CO₂ (from HOLLAND & MALININ 1979).



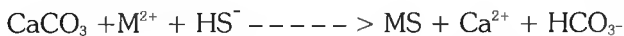
Εικ. 5: T-X διάγραμμα στο οποίο φαίνονται τα πεδία σταθερότητας του ασβεστίτη (Cc), δολομίτη (Do) και μαγνησίτη (Ma) σε διαφορετικές αναλογίες Ca/(Ca+Mg) της ρευστής φάσεως (από JOHANNES 1979).

Fig. 5: T-X diagram showing the stability fields of calcite (Cc), dolomite (Do) and magnesite (Ma) at different Ca/(Ca+Mg) ratios in the fluid phase (after JOHANNES 1979).

τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα δε από τον KERRICH (1988).

Οι θερμοκρασίες ομογενοποίησης ρευστών εγκλεισμάτων σε ζώνες αποκόλλησης που συνδέονται με κοιτασματογένεση είναι συνήθως 200-325 °C (WILKINS et al. 1986; SCHENK et al. 1990). Ανάλογες συνθήκες δίνουν οι μελέτες των ισοτόπων οξυγόνου και υδρογόνου (KERRICH 1988; KERRICH & REHRIG 1987). Η θερμοκρασία όμως μολυντίωσης σε βαθύτερα τμήματα μιας διατμητικής ζώνης είναι πολύ μεγαλύτερη, οι δε μυλονίτες δημιουργούνται στο χώρο αυτό κάτω από πολύ χαμηλή σχέση ύδατος/πετρώματος (KERRICH 1988). Κατά τη διάρκεια όμως της τεκτονικής αποφόρισης των κατωτέρων τεκτονικών χώρων, κινητοποιούνται μεγάλες μάζες υδροθερμικών διαλυμάτων, τα οποία προέρχονται από την αφυδάτωση των σχηματισμών του χώρου αυτού λόγω απότομης πτώσης της πίεσης. Οι υδροθερμικές αυτές μεταβολές έχουν σαν αποτέλεσμα τη μαζική προσφορά Fe, Mn και Mg, με σύγχρονη αφαίρεση K και Na, η οποία εμφανίζεται με την υδρόλυση των αστρίων (KERRICH 1988) και την αντικατάστασή τους λωρίτη. Στην περίπτωση εκείνη, που υποκείμενοι μιας διατμητικής ζώνης σχηματισμοί ανθρακικά πετρώματα, γίνεται απόπλυση των στοιχείων Fe, Mn και Mg, με σύγχρονο εμπλουτισμό σε CaCO₃. Η διαδικασία αυτή υποβοηθείται από την παρουσία του CO₂ στο διάλυμα. Η παρουσία ενώσεων άνθρακα, ιδιαίτερα δε CO₂, με φθίνουσα συγκέντρωση κατά τη διάρκεια εξέλιξης της ρευστής φάσεως (KERRICH 1988; SCHENK et al. 1990) είναι καθοριστικός παράγοντας της διαλυτότητας ή μη των ανθρακικών ενώσεων των Ca και Mg. Ελατούμενη εμφανίζεται και η αλατότητα των διαλυμάτων στις μικρότερες θερμοκρασίες (BEHR 1978). Έτσι λοιπόν τα εμπλουτισμένα σε Mg υδροθερμικά διαλύματα, εισερχόμενα σε χώρο ανθρακικών πετρωμάτων, δημιουργούν τέτοια σχέση Ca/Mg, ώστε να εμφανίζονται στο πεδίο σταθερότητας του μαγνησίτη ή του δολομίτη, ανάλογα με τη θερμοκρασία τους (Εικ. 3). Από το διάγραμμα της Εικ. 5 μπορεί να συμπεράνει κανείς, ότι δεν απαιτούνται υψηλές περιεκτικότητες Mg στο διάλυμα για τη δημιουργία δολομίτη και μαγνησίτη σε θερμοκρασίες πάνω από 250 ° C. Αντίστροφα η μεγάλη συγκέντρωση του Mg στο διάλυμα επιτρέπει τη δημιουργία Mg-ούχων ανθρακικών ενώσεων και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η διαδικασία αυτή υποβοηθείται με την ελάττωση της συγκέντρωσης του CO₂ και της αλατότητας του διαλύματος. Η εκτεταμένη δολομιτίωση ανθρακικών πετρωμάτων στο χώρο που εμφανίζονται υδροθερμικής γένεσης μεταλλεύματα επιβεβαιώνει τη σχέση αυτή.

Σημαντικό ρόλο στη διαδικασία αυτή παίζει η παρουσία ιόντων των μετάλλων Zn, Pb, Cu, Fe, Mn και HS⁻ στο διάλυμα, με την οποία γίνεται δυνατή η αντικατάσταση του CaCO₃ από σουλφίδια:



Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διαλυτοποίηση και ελευθέρωση του CaCO₃ σε αναγωγικές συνθήκες, το οποίο επανεμφανίζεται σε ανώτερους τεκτονικούς χώρους μαζί με οξείδια, κυρίως Fe και Mn (Εικ. 6).

Η αρνητική σχέση του CO₂ και της διαλυτότητας Mg-ούχων ανθρακικών ενώσεων αντικατοπτρίζεται σε ανώτερους τεκτονικούς χώρους με την παρουσία Mg-ούχων ενώσεων και σουλφιδίων, όπου η θερμοκρασία έχει υποχωρήσει και το CO₂ έχει εκφύγει. Η διαδικασία αυτή θα μπορούσε να οδηγήσει σε υποκορεσμό του διαλύματος σε Si και ίσως Mg-ούχων πυριτικών ορυκτών (βλ. επίσης DABITZAS, 1980). Η πυριτίωση είναι φαινόμενο που συνδέεται χωρικά με τις εμφανίσεις δολομιτών, που υπέρκειται τεκτονικών ασυνεχειών εφελκυστικού χαρακτήρα. Επιπρόσθετα η παρουσία μεγάλων συγκεντρώσεων SiO₂, δολομίτη και Fe⁻, Mg-ούχων χλωριτών, συνδέεται άμεσα με διατμητικές ζώνες εφελκυστικού χαρακτήρα, θραυσιγενή παραμόρφωση και μεταλλικές συγκεντρώσεις υδροθερμικής προέλευσης.

Παρατηρήσεις, τόσο στα τρία μεταμορφικά πεδία του ελληνικού χώρου, όσο και από βιβλιογραφικές αναφορές από το διεθνή χώρο, ισχυροποιούν τη σκέψη της από κοινού γένεσης κοιτασμάτων μαρμάρου και δολομιτών, μέσω μεταμορφικών υδροθερμικών διαλυμάτων και εξηγούν τη χωρική σχέση αυτών με μεταλλοφορίες υδροθερμικού τύπου.

Οι κυριότερες έρευνες στην εφελκυστική τεκτονική των μεταμορφικών πεδίων του ελληνικού χώρου αναφέρονται στο ενδιάμεσο πεδίο (LE PICHON & ANGELIER, 1981; LISTER *et al.*, 1984; AVIGAD & GARFUNKEL, 1989; BUICK, 1991; FAURE *et al.*, 1991).

Στο εσωτερικό μεταμορφικό πεδίο (ζώνη Ροδόπης) παρατηρείται πολυπλοκότητα στην αλληλουχία των φαινομένων που διαδραματίζονται στο τελευταίο τεκτονομεταμορφικό στάδιο, λόγω της μεγαλύτερης ηλικίας του (GEROLYMATOS, 1989). Η συνεχιζόμενη ως σήμερα τεκτονική, συνδυαζόμενη με οριζόντιες μεταπρωτικές κινήσεις, δημιουργεί α επαναδραστηριοποίησης και ως εκ τούτου επικάλυψης παλαιότερων στοιχείων, με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται ο προσδιορισμός της χρονικής και γενετικής διαδικασίας αυτών.

Στο νεώτερο μεταμορφικό πεδίο που αντιστοιχεί στο «ελληνικό τόξο», τα πράγματα απλουστεύονται λόγω της πολύ μικρής ηλικίας του τελευταίου τεκτονομεταμορφικού σταδίου. Η γεωλογική δομή των σχηματισμών του χώρου της κεντρικής Κρήτης (Τάλεα όρη και όρος Ίδη) αντιστοιχεί σε μία εμβρυακή κατάσταση ενός εξελισσόμενου πεδίου μυλονιτικών αποκολλήσεων (core complex system) (Εικ. 7). Στο χώρο των Ταλέων ορέων εμφανίζονται σε ρήγματα αποκόλλησης, με διεύθυνση 100° N, συμπαγείς μεταλλοφορίες σιδηροπυρίτη σε οξειδωμένη μορφή (Εικ. 8). Συνοδά φαινόμενα είναι η λατυποποίηση και έντονη δολομιτώση των ανθρακικών πετρωμάτων, ο εμπλουτισμός του χώρου σε C (Εικ. 9), η άμεση χωρική σχέση κοιτασμάτων μαρμάρου αρίστης ποιότητας σαν υποκείμενος σχηματισμός της ασυνέχειας στο χώρο της μεταλλοφορίας και η εμφάνιση πυριτωμένων δολομιτών σαν υπερκείμενος σχηματισμός της τεκτονικής ασυνέχειας στον ίδιο χώρο. Η εμφάνιση των στοιχείων αυτών δεν συνδέεται με κάποιο συγκεκριμένο στρωματογραφικό ορίζοντα, και επαναλαμβάνεται τουλάχιστον τρεις φορές (Εικ. 7).

Στην Πελοπόννησο, και συγκεκριμένα στην οροσειρά του Πάρνωνα, εξωρρύσσονται λατυποπαγή μάρμαρα, των οποίων το συνδετικό υλικό είναι καθαρός δολομίτης με C (Εικ. 10). Οι σχηματισμοί αυτοί βρίσκονται σε διατμητική ζώνη, εφελκυστικού χαρακτήρα, ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης, με στοιχεία τόσο πλαστικής, όσο και θραυσιγενούς παραμόρφωσης (Εικ. 10, 11). Ανάλογα φαινόμενα παρατηρούνται και στους ανθρακικούς σχηματισμούς της σειράς Plattenkalk στο χώρο του Ταυγέτου.

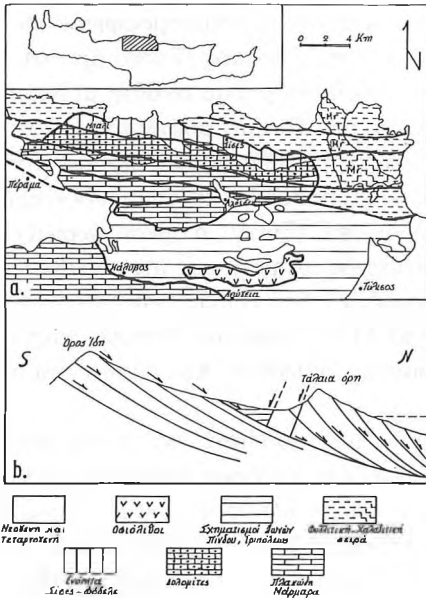
Στο ενδιάμεσο μεταμορφικό πεδίο τα παραδείγματα είναι πάρα πολλά. Ενδεικτικό στοιχείο της σχέσης ασβεσπιτικού και δολομιτικού μαρμάρου αποτελεί η εικόνα 2, της εργασίας του ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1978) από την Ικαρία, όπου το δολομιτικό μάρμαρο υπέρκειται μέσω τεκτονικής ασυνέχειας του ασβεσπιτικού.

Οι κύριες δολομιτικές εμφανίσεις της νήσου Νάξου βρίσκονται στο ανατολικό μέρος, όπου τα μεταμορφικά διαλύματα είχαν μικρότερη θερμοκρασία, σε αντίθεση με την κεντρική και δυτική περιοχή, όπου εμφανίζεται ο μιγματικός δόμος (JANSEN & SCHULING, 1976). Ο χώρος του αρχαίου λατομείου της Πάρου («πάριος λίθος» ή «λιχνίτης») είναι από τα σπουδαιότερα στοιχεία για την απόδειξη άμεσης χωρικής σχέσης της διατμητικής ζώνης εφελκυστικού χαρακτήρα και της παρουσίας εξαιρετικής ποιότητας μαρμάρου (Εικ. 12, 13). Φαινόμενα δολομιτώσης και παρουσίας διάσπαρτης θειούχου μεταλλοφορίας εμφανίζονται στους



Εικ. 6: Διαμητική ζώνη με ελαφρά περιστραμμένες R ολισθητικές διαρρήξεις σε ασβεστικά μάρμαρα της οχής Γραμμένης /Δράμα (Φρεάτιο μεταλλείου /ανιομεταλλεύματος).

Fig. 6: Shear zone with slightly rotated R shear fractures in calcitic marbles of Grammeni area/Drama (open pit mine of manganese ore).



Εικ. 7α: Γεωλογικό σκαρίφημα της περιοχής των Ταλέων ορέων και του βορείου τμήματος του όρους Ίδη στη βορειοκεντρική Κρήτη.

Fig. 7a: Geological sketch-map of the areas of the Talea Mt and the northern part of Idi Mt, Northern-central Crete.

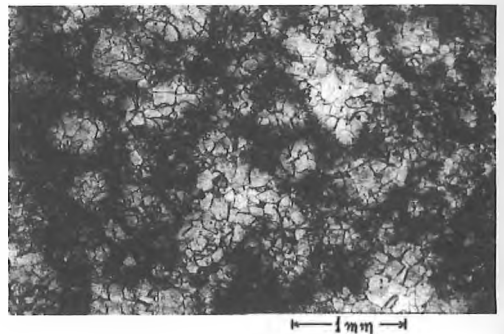
Εικ. 7β: Σχηματική τεκτονική τομή διερχόμενη από το όρος Ίδη και Τάλεα όρη, στην οποία δείχνονται η δομή ενός εμβρυακού πεδίου μυλονιτικών αποκολλήσεων (core complex system) και η αρχική φάση μιας δομής ημιτάφρου (half graben).

Fig. 7b: Schematic tectonic profile crosscutting Idi Mt and Talea Mt. The Structure of an embryonic core complex system as well as the initial stage of a half graben formation are demonstrated.



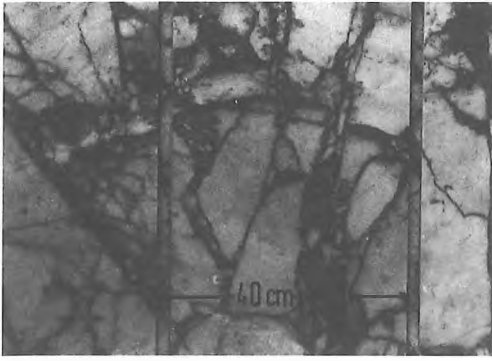
Εικ. 8: Δολομιτικό λατυποπαγές σε άνω τριαδικά ανθρακικά πετρώματα της σειράς Plattenkalk (περιοχή Σίδερο των δυτικών Ταλέων ορέων της κεντρικής Κρήτης). Η δημιουργία του συνδέεται γενετικά και χωρικά με οξειδωμένη συμπαγή μεταλλοφορία σιδηροπυρίτη σε διαμητική ζώνη (100°N).

Fig. 8: Dolomitic breccia in upper Triassic carbonate rocks of the Plattenkalk series (Sidero area, western Talea mountain, central Crete). Its formation is both genetically and spatially related to the oxidised massive pyrite mineralisation in a shear zone (100°N).



Εικ. 9: Μικροφωτογραφία σε τεκτονικό λατυποπαγές της διαμητικής ζώνης (100°N), που διέρχεται 1 km περίπου βόρεια της περιοχής Αλόιδες των Ταλέων ορέων Κρήτης. Δευτερογενές δολομιτωμένο πέτρωμα, στο οποίο έχει διεισδύσει λεπτόκοκκος άνθρακας. Ο άνθρακας καταλαμβάνει διάχυτα μαζί με μικροσπαρτικό δολομίτη τον ενδιάμεσο χώρο των λατυπών (+nicols).

Fig. 9: Microphotograph of a tectonic breccia from the shear zone (100°N), approximately 1 km north of the Alosides area, Talea Mt. Crete. Secondarily dolomitised rock where fine-grained carbon has been introduced. Carbon together with microsparitic dolomite constitutes the matrix of breccia (+nicols).

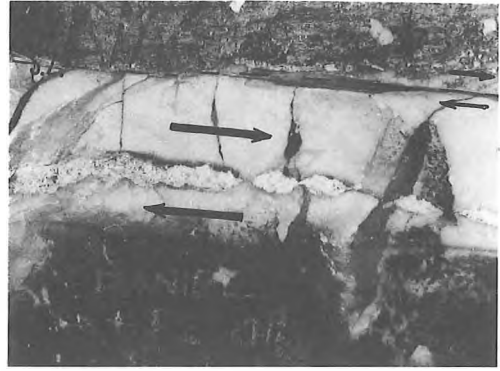


Εικ. 10: Λατυποπαγές μάρμαρο της σειράς Plattenkalk μαρμαροφόρο περιοχή Αγίου Πέτρου της Πάρνονα/Πελοπόννησος. Οι λατύπες ται από ασβεσίτη, το δε συνδετικό υλικό από δολομίτη, χαλαζία και άνθρακα λεπτομερώς κατανεμημένο, στον οποίο οφείλεται το μαύρο χρώμα.
Fig. 10: Marble breccia in the Plattenkalk series, from the marble-bearing area of Agios Petros of Parnon Mt/Peloponese. The breccia consist of calcite while the matrix is composed of dolomite, quartz and very fine-grained diffused carbon, that is responsible for the black colour.



Εικ. 11: (Ημι)Πλαστική παραμόρφωση ανθρακικών πετρωμάτων της σειράς Plattenkalk από τη μαρμαροφόρο περιοχή Καστάνιτσας της οροσειράς του Πάρνονα/Πελοπόννησος. Θραυσμένα και περιστραμμένα τμήματα δολομιτικών οριζόντων έχουν αποχωριστεί και περιστραφεί αντίθετα προς την έννοια της κυρίας ολίσθησης του πετρώματος μέσα από μια πλαστικά παραμορφωμένη ασβεσιτική θεμελιώδη μάζα.

Fig. 11: (Semi)Plastic deformation of carbonate rocks of the Plattenkalk series from the marble-bearing area of Kastanitsa of Parnon Mt/Peloponese. Fragmented and rotated parts of the dolomitic horizons have been separated and rotated in a sense opposite to the main shearing, within a plastically deformed calcitic matrix.



Εικ. 12: Σύνοθετα boudinage (pull-apart δομές) σε δολομιτικό οριζόντα κοντά στην οροφή του περίφημου «Πάρριου λίθου» («Λιχνίτης»), στο αρχαίο υπόγειο λατομείο μαρμάρου («Σπήλαιο Νυμφών») της νήσου Πάρου/Κυκλάδες. Τα boudins έχουν περιστραφεί δεξιόστροφα, κατά μήκος της διατμητικής ζώνης (S.Z.) που βρίσκεται στην οροφή του λευκού μαρμάρου.

Fig. 12: Pull-apart structures in a dolomite horizon near the roof of the famous «Parian rock» («Lichnitis»), from the underground marble quarry (Nymph Cave) in Paros Island/Cyclades. The boudins show a dextral rotation along the shear zone (S.Z.) which is located at the roof of the white marble.



Εικ. 13: Οροφή του κοπάσματος μαρμάρου «Λιχνίτης» αντιστοιχεί σε κατοπτρική επιφάνεια κανονικού ρήγματος μικρής κλίσεως, στην οποία φαίνονται οι γραμμές προστριβής και η σχετική κίνηση. Αρχαίο υπόγειο λατομείο («Σπήλαιο Νυμφών») στη νήσο Πάρο/Κυκλάδες.

Fig. 13: Roof of the marble deposit «Lichnitis» represented by the fault surface of a gently dipping normal fault, where the slickensides as well as the relative movement are visible. Ancient underground quarry («Nymph Cave») in Paros Island/Cyclades.

υπερκείμενους της ασυνέχειας σχηματισμούς.

Τα πολύχρωμα παραμορφωμένα λατυποπαγή της Σκύρου (Εικ. 14) συνδέονται γενετικά με φαινόμενα ολίσθησης και έχουν άμεση χωρική σχέση με εμφανίσεις ασβεστιτικών και δολομιτικών μαρμάρων. Ανθρακικοί σχηματισμοί του ενδιάμεσου μεταμορφικού πεδίου με ανάλογα τεκτονικά και πετρογραφικά χαρακτηριστικά εμφανίζονται και στην ηπειρωτική Ελλάδα (Αττική, Θεσσαλία και δυτική Μακεδονία).

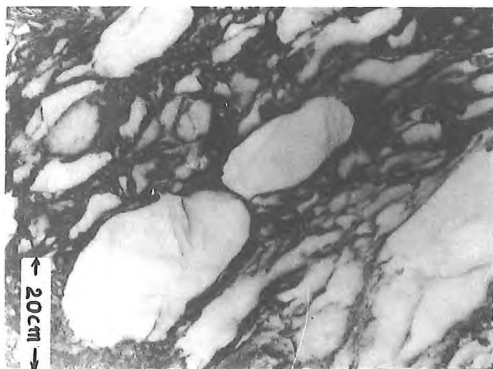
Στο χώρο του εσωτερικού μεταμορφικού πεδίου παρατηρείται έντονη εξορυκτική δραστηριότητα μαρμάρου σε περιοχές του Ν. Σερρών, Ν. Δράμας, Ν. Καβάλας συμπεριλαμβανομένης και της νήσου Θάσου, όπου εμφανίζονται οι μεγάλοι ανθρακικοί όγκοι της ζώνης Ροδόπης. Οι πλέον εντυπωσιακές εμφανίσεις, από την πλευρά της χωρικής και γενετικής σχέσης δολομιτικών και ασβεστιτικών πετρωμάτων, βρίσκονται στη νήσο Θάσο και

περιοχές του Νομού Δράμας. Οι δολομιτικοί σχηματισμοί των περιοχών Πηγών Αγγίτη, Λακα, Γρανίτη και Νικήσιανης Θάσου αντιπροσωπεύουν διατμητικές ζώνες εφελκυστικού χαρακτήρα, με έντονη πλαστική παραμόρφωση (παραμορφωμένα δολομιτικά λατυποπαγή). Νεώτερα όμως τεκτονικά φαινόμενα επαναδραστηριοποιούν ορισμένες από τις ασυνέχειες αυτές, έτσι ώστε στον ίδιο χώρο να εμφανίζεται μαζί με την πλαστική και η θραυσιογενής παραμόρφωση. Η διαδικασία αυτή έχει σαν αποτέλεσμα τον υποβιβασμό της ποιότητας και τη μειωμένη αποληψιμότητα των μαρμάρων αυτών. Οι ενδιάμεσοι χώροι των διατμητικών ζωνών αντιστοιχούν με ασβεστιτικά μάρμαρα των περιοχών ταξιαρχών, Βαθύλακου Μοναστηρακίου και Λιβαδερού.

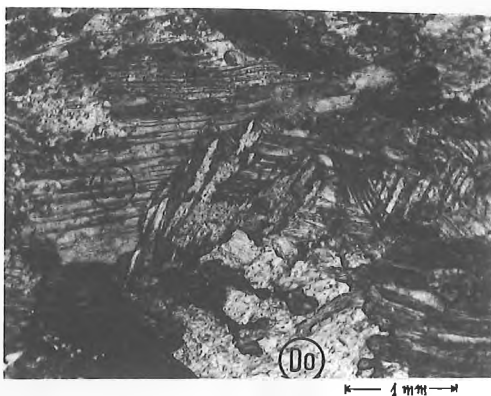
Θα ήταν μεγάλη παράληψη να μη γίνει αναφορά στα περίφημα μάρμαρα της βορειοδυτικής Ιταλίας, στο χώρο των Απουάνων Άλπεων (μάρμαρα της *Karara*). Η παρουσία οριζόντων με έντονα παραμορφωμένα λατυποπαγή (*Calccare Carnoso*) σε διατμητικές ζώνες, η ανώτερη τεκτονική θέση δολομιτικών μαρμάρων (*Grezzoni*) σε σχέση με τα ασβεστιτικά και ο τεκτονικός έλεγχος των μεταλλοφοριών του χώρου δικαιολογούν τον παραλληλισμό των στοιχείων αυτών με αυτά του ελληνικού χώρου και έναν μηχανισμό αρχικού ηπειρωτικού εφελκυσμού, που οδηγεί στη δημιουργία ενός πεδίου μυλονιτικών αποκολλήσεων στο μέσο Μειόκαινο (*CARMIGNANI & KLIGFIELD, 1990*).

Εντυπωσιακό παράδειγμα κατακόρυφης διαφοροποίησης ανθρακικών σχηματισμών, με μετασωματικές διαδικασίες μέσω υδροθερμικών διαλυμάτων, αντιπροσωπεύει η Northern Graywacke zone στο χώρο των Ανατολικών Άλπεων (*KIESL et al., 1990*). Οι *MORTEANI & NEUGBAUER (1990)*, για να δικαιολογήσουν την παρουσία των Mg-ούχων ανθρακικών πετρωμάτων στους ανώτερους τεκτονικούς ορίζοντες, δέχονται μια ανάστροφη διευσθέτηση των ισοθέρων, που την αποδίδουν στη μεγάλη ταχύτητα των καλυμμάτων. Με το μοντέλο αυτό δικαιολογούνται τα πεδία σταθερότητας των ασβεσίτη, δολομίτη και μαγνησίτη στο διάγραμμα της Εικ. 5, δεν λαμβάνεται όμως υπ' όψιν η παρουσία ή μη πολλών ιόντων στα κυκλοφορούντα θερμικά διαλύματα, τα οποία παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαλυτότητα των ανθρακικών ορυκτών του Ca και Mg. Η παρατηρούμενη στα μεταμορφικά πεδία θερμική αναστροφή οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στην τοποθέτηση τεκτονικών ενοτήτων πάνω σε ενότητες με χαμηλότερη παραμόρφωση κατά τη διάρκεια του δεύτερου τεκτονομεταμορφικού σταδίου. Οι μεταμορφωμένοι σχηματισμοί του Νομού Δράμας αποτελούν ένα από τα πλέον σημαντικά παραδείγματα. Οι βορειότεροι σχηματισμοί επικάθονται στους λιγότερο μεταμορφωμένους σχηματισμούς που βρίσκονται νοτιότερα (*ZACHOS & DEMADES, 1982*).

Σαν μια ιδιαίτερη περίπτωση εμφάνισης δολομιτών με αρκετά καλές προδιαγραφές εξόρυξης θα πρέπει να αναφερθούν οι αμεταμόρφωτοι ανθρακικοί σχηματισμοί, οι οποίοι βρίσκονται

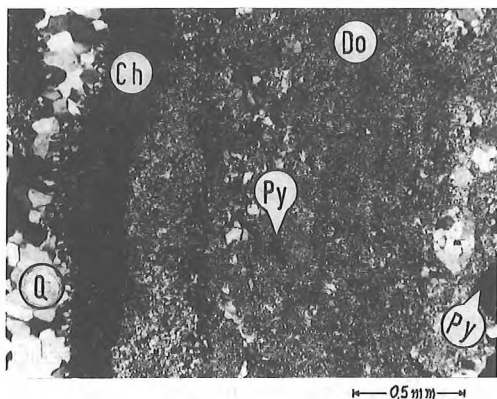


Εικ. 14: Πλαστικά παραμορφωμένο λατυποπαγές της νήσου Σκύρου/Σποράδες. Marble breccia from Skyros island/Sporades, plastic deformation.



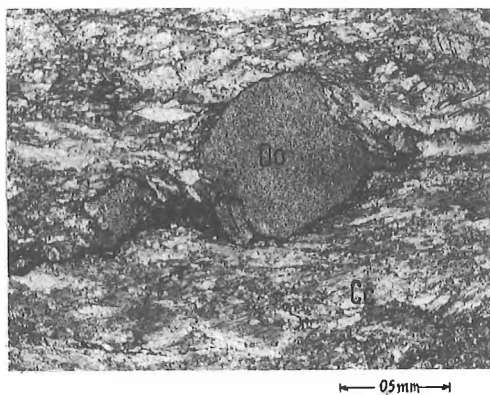
Εικ. 16: Μικροφωτογραφία έντονα ανακρυσταλλωμένου και πλαστικά παραμορφωμένου (κάμψη επιπέδων διδυμίας ασβεσίτη) αποδολομιωμένου (Do) ασβεστολίθου με Megalodon της ζώνης «Τριπόλεως». Ο ασβεστόλιθος αυτός υπόκειται των πετρωμάτης Φωτ. 15. (Cc=ασβεσίτης, Do=υπολειμματικός δολομίτης) (+ nicols).

Fig. 16: Microphotograph of an intensely recrystallized and plastically deformed (bending of twinning lamellae in calcite) dedolomitised (Do) limestone with Megalodon from «Tripolitza» zone. These limestone underlies the rocks of Fig. 15. (Cc=calcite, Do=residual dolomite crystal). (+ nicols).



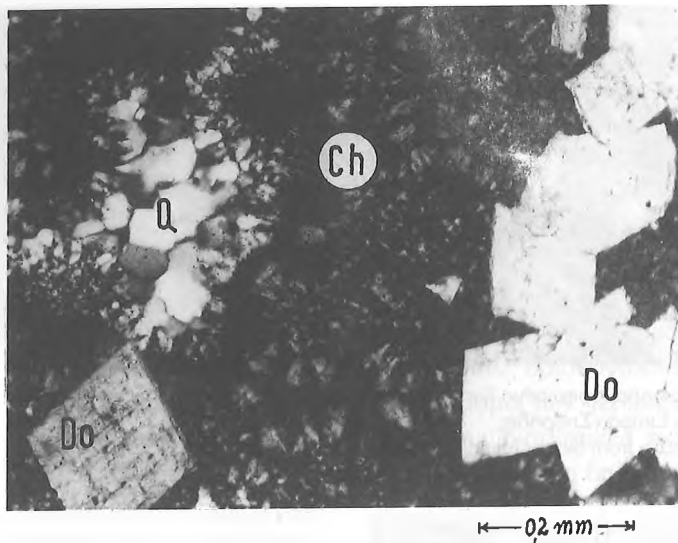
Εικ. 15: Μικροφωτογραφία σε έντονα πυριτωμένους και δολομιτωμένους στρωματολιθικούς ορίζοντες της ζώνης «Τριπόλεως» (κατώτερος στρωματολιθικός ορίζοντας), νότια της περιοχής του Αγίου Νικολάου Βοιών Λακωνίας/Πελοπόννησος. Οι σχηματισμοί αυτοί υπέρκεινται υποοριζόντιας τεκτονικής ασυνέχειας εφελκυστικού χαρακτήρα, τόσο πλαστικής (σ- και δ- δομές σε πορφυροκλάστες δολομίτη), όσο και θραυσίγεινους (ραουβάκες, τεκτονικά λατυποπαγή) παραμόρφωσης. (Q=χαλαζιάς, Ch=χαλκηδόνιος, Py=σιδηροπυρίτης, Do=δολομίτης) (+ nicols).

Fig. 15: Microphotograph of intensely silicified and dolomitised stromatolitic horizon in the «Tripolitza» zone (lower stromatolitic horizon) south of the Aghios Nikolaos Vion area, Lakonia/Peloponese. These formations overlies a subhorizontal tectonic discontinuity of extensional character, with plastic (σ - and δ - structures in dolomite porphyroclast) and brittle (rauhwacke, tectonic breccia) deformation. (Q=quartz, Ch=chalcedone, Py=pyrite, D=dolomite) (+ nicols).



Εικ. 17: Αποχωρισμένα κρυσταλλικά συσσωματώματα δολομίτη περιβάλλονται από μια πλαστικά παραμορφωμένη και δυναμικά ανακρυσταλλωμένη θεμελειώδη ασβεσιπική μάζα. Μάρμαρο της περιοχής Ζάστενης, κεντρική Ελλάδα (+ nicols).

Fig. 17: Separated crystalline aggregates of dolomite surrounded by a ductile deformed and dynamically recrystallized calcitic matrix. Marble from Zasteni area, central Greece. (+ nicols).



Εικ. 18: Μικροφωτογραφία σε υλικό πλήρωσης ρήγματος αποκόλλησης σε μολασσικούς σχηματισμούς της νήσου Λέρου, Δωδεκάνησος (Q=χαλαζίας, Ch=χαλκηδόνιος, Do=δολομίτης). (+ nicols).

Fig. 18: Microphotograph of a detachment fault-filling material in molassic formation of Leros island, Dodecanese, (Q=quartz, Ch=chalcedone, Do=dolomite). (+ nicols)

σε άμεση χωρική σχέση με μεταμορφωμένους σχηματισμούς, κατά τη διάρκεια της εφελκυστικής τεκτονικής και των θερμικών φαινομένων που τη συνοδεύουν. Σαν ένα παράδειγμα θα μπορούσαν να αναφερθούν σχηματισμοί της ζώνης Τριπόλεως, οι οποίοι επικάθονται της Φυλλιπικής-Χαλαζιτικής σειράς ή ακόμη και της σειράς Plattenkalk, την περίοδο της εξέλιξης του τελευταίου τεκτονικού σταδίου των ενοτήτων αυτών. Στην ανατολική περιοχή της κεντρικής και νότιας Πελοποννήσου εμφανίζονται με μεγάλη συχνότητα δολομιτικοί σχηματισμοί, που συνδέονται χωρικά με οξείδια και θειούχες ενώσεις Fe, Pb και Zn, με πυριτώση, λατυποποίηση και με τεκτονικές ασυνέχειες μικρής και μεγάλης γωνίας (ΒΒΔ-διεύθυνσης, εφελκυστικού χαρακτήρα). Σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρούνται ασυνέχειες μικρής γωνίας με έντονη ημιπλαστική παραμόρφωση, με δ- και σ- δομές (PASSHIER & SIMPSON, 1986), των οποίων οι πορφυροκλάστες αντιστοιχούν σε δολομιτικό υλικό. Στην περιοχή νότια του Αγίου Νικολάου Βοιών της ΝΑ-Λακωνίας εμφανίζονται, κάτω από μια τέτοια τεκτονική ασυνέχεια, ασβεστιτικοί ανθρακικοί σχηματισμοί με *Megalodon* και πάνω από αυτήν, πυριτωμένοι δολομιτικοί σχηματισμοί με μικρές εμφανίσεις σιδηροπυρίτη (Εικ. 15, 16). Φαινόμενα, όπως αποδολομίτωση και δυναμική ανακρυστάλλωση του ασβεστίτη (Εικ. 16), δίνουν στους υποκείμενους της ασυνέχειας σχηματισμούς, χαρακτήρες όμοιους με εκείνους των ασβεστιτικών μαρμάρων των μεταμορφωμένων ενοτήτων (Εικ. 17). Στην περίπτωση αυτή οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ζώνης Τριπόλεως αντιπροσωπεύουν τους σχηματισμούς μιας ανώτερης «πλάκας» (upper plate) σε ένα έστω εμβρυακό πεδίο μυλωνιτικών αποκολλήσεων.

Ανάλογα φαινόμενα παρατηρούνται στην περιοχή Μούντρου του Νομού Ρεθύμνης Κρήτης, όπου η διατμητική ζώνη διέρχεται από άνω κρητιδικούς σχηματισμούς της ζώνης Τριπόλεως. Στο χώρο αυτό λαμβάνει έντονη εξορυκτική δραστηριότητα διακοσμητικών πετρωμάτων, με καλές προδιαγραφές, τόσο των άνω της ασυνέχειας δολομιτικών, όσο και των κάτω αυτής ασβεστιτικών σχηματισμών.

Η παρουσία υποοριζοντίων και μεγάλης κλίσεως τεκτονικών ασυνεχειών στους μολασσικούς σχηματισμούς των μεταμορφικών πεδίων με συνοδά φυσικοχημικά φαινόμενα ανάλογα με αυτά που περιγράφονται στους μεταμορφωμένους σχηματισμούς, αποτελούν σημαντικά στοιχεία για τη μεγαλύτερη προσέγγιση της εφελκυστικής παραμόρφωσης, όσο και της διαδικασίας δημιουργίας κοιτασμάτων μαρμάρου και δολομιτών σε ένα μεταμορφικό πεδίο. Ενδιαφέροντα παραδείγματα προσφέρουν οι μολασσικοί σχηματισμοί των νήσων Πάρου, Νάξου και Λέρου (Εικ. 18) του ενδιάμεσου ελληνικού μεταμορφικού πεδίου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι όροι «δολομίτης» και «μάρμαρο» χρησιμοποιούνται στην εργασία αυτή κυρίως με την ολογική τους έννοια. Οι πετρολογικοί αυτοί τύποι, που απαντούν στα μεταμορφικά πεδία, δέονται μεταξύ τους γενετικά και χωρικά. Η γένεσή τους κατέχει μια ορισμένη θέση σε ένα μεταμορφικό κύκλο, η οποία συμπίπτει χρονικά με το τελευταίο στάδιό του. Το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή ως μηδενική πίεση, για το λόγο αυτό ονομάζεται θερμική μεταμόρφωση. Οι συνθήκες που χαρακτηρίζουν το τελευταίο μεταμορφικό στάδιο είναι ανάλογες της έντασης της κύριας μεταμόρφωσης σε ένα μεταμορφικό πεδίο.

Τα φυσικοχημικά φαινόμενα που εκτυλίσσονται κατά το στάδιο αυτό χαρακτηρίζονται από μια πολυπλοκότητα, η οποία οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Οι πλέον κύριοι από αυτούς είναι η ηλικία και η ένταση της κύριας μεταμόρφωσης καθώς δε το πλήθος των πετρολογικών τύπων σε ένα μεταμορφικό πεδίο.

Το σπουδαιότερο φαινόμενο που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της θερμικής μεταμόρφωσης, είναι η κινητοποίηση μεγάλων μαζών υδροθερμικών διαλυμάτων λόγω της τεκτονικής αποφόρτισης βαθύτερων τεκτονικών χώρων. Η κινητοποίηση αυτή δημιουργεί τις προϋποθέσεις για τον σε ορισμένους χώρους εμπλουτισμό σε χημικές ενώσεις οικονομικής σημασίας.

Η σύνθεση και το εύρος της διακύμανσης της θερμοκρασίας των διαλυμάτων αυτών είναι οι πλέον κατάλληλες προϋποθέσεις για τη δημιουργία κοιτασμάτων μαρμάρου και δολομίτη, όταν αυτά διέρχονται από ανθρακικά πετρώματα.

Οι διαδικασίες της κοιτασματογένεσης υποβοηθούνται από σύγχρονα τεκτονικά φαινόμενα με έναν μηχανισμό αρχικού ηπειρωτικού εφελκυσμού, που οδηγεί στη δημιουργία ενός πεδίου μυλονιτικών αποκολλήσεων. Η τεκτονική εκφράζεται με μικρής και μεγάλης γωνίας ρήγματα αποκόλλησης, πλαστικής, θραυσιγενούς ή και ενδιάμεσης παραμόρφωσης.

Τα φαινόμενα της κοιτασματογένεσης μαρμάρων και δολομιτών παρατηρούνται τόσο στα τρία μεταμορφικά πεδία των Ελληνίδων, όσο και σε άλλα του ευρύτερου αλπικού χώρου. Σημαντικό παράδειγμα προσφέρει η μαρμαροφόρος επαρχία της Carara των Απουάνων Άλπεων.

Κοιτασματογένεση «μαρμάρου» και επιγενετικού δολομίτη παρατηρείται πολλές φορές σε μη μεταμορφωμένα ανθρακικά πετρώματα, όταν βρίσκονται σε άμεση χωρική σχέση με σχηματισμούς μεταμορφωμένων ενοτήτων κατά τη διάρκεια του σταδίου της εφελκυστικής τεκτονικής και των θερμικών φαινομένων που τη συνοδεύουν. Στην περίπτωση αυτή τα μη μεταμορφωμένα πετρώματα αντιπροσωπεύουν τους σχηματισμούς μιας ανώτερης «πλάκας» (upper plate) σε ένα πεδίο μυλονιτικών αποκολλήσεων (core complex system).

BIBLIOGRAPHY

- AVIGAD, D. & GARFUNKEL, Z., 1989. Low-angle faults above and below a blueschist belt - Tinos Island, Cyclades, Greece. *Terra Nova*, 1, 182-187.
- BEHR, H., 1978. Subfluenz-Prozesse im Grundgebirgs-Stockwerk Mitteleuropas. *Z. dt. geol. Ges.* 129, 283-318.
- BUICK, I.S., 1991. The late Alpine evolution of an extensional shear zone, Naxos, Greece. *Journ. Geol. Soc.* London, 148, 93-103.
- CARMIGNANI, L. & KLIGFIELD, R., 1990. Crustal extension in Northern Apennines: The transition from compression to extension in the Alpi Apuane core complex. *Tectonics*, 9/6, 1275-1303.
- DABITZIAS, S.G., 1980. Petrology and genesis of the Vavdos cryptocrystalline magnesite deposits, Chalkidiki Peninsula, northern Greece. *Econ. Geol.*, 75, 1138-1151.
- DABITZIAS, S.G., 1985/86. Reaction of forsterite with H₂O-CO₂-0.5 M NaCl mixtures and the composition of the fluid phase at 250° and 310° C and 1 kb pressure. Implications for the origin of greek magnesite deposits. *Ann. geol. Pays Hellén.*, 33/1, 199-219.
- ENGLAND, P.C. & THOMPSON, A.B., 1984. Pressure-Temperature-Time Paths of Regional Metamorphism I. Heat Transfer during the Evolution of Regions of Thickened Continental Crust. *Journ. Petrol.*, 25/4, 894-928.
- FAURE, M., BONNEAU, M. & PONS, J., 1991. Ductile deformation and syntectonic granite emplacement during the late Miocene extension of the Aegea (Greece). *Bull. Soc. géol. France.* 162/1, 3-11.
- GEROLYMATOS, I., 1989. Geodynamic evolution of the Rhodope zone in Drama area, Greece. Progress report for the IGME-EEC Project, MAIM-0049-GR.
- HEINRICH, C.A., 1982. Kyanite-eclogite to amphibolite facies evolution of hydrous mafic and pelitic rocks, Adula Nappe, Central Alps. *Contrib. Miner. Petr.*, 81, 30-38.
- HOLLAND, H.D. & MALININ, S.D., 1979. The solubility and Occurrence of Non-Ore Mineral. In H.L. Barnes (ed.): *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. John Wiley and Sons, New York, 461-508.
- JANSEN, J.B.H. & SCHUILING, R.D., 1976. Metamorphism on Naxos: Petrology and geothermal gradients. *Amer. J. Sci.* 267, 1225-1253.
- JOHANNES, W., 1970. Zur Entstehung von Magnesit-Vorkommen. *N. Jb. Min. Abh.* 113/3, 274-325.
- KERRICH, R., 1988. Detachment zones of Cordilleran metamorphic core complexes: thermal, fluid and metasomatic regimes. *Geol. Rdsch.*, 77/1, 157-182.
- KERRICH, R. & REHRIG, 1987. Fluid motion associated with Tertiary mylonitization and detachment faulting: 180/160 evidence from the Picacho metamorphic core complex, Arizona. *Geology*, 15, 58-62.
- KIESL, W., KOEBERL, C. & KÖRNER, W., 1990. Geochemistry of magnesites and dolomites at the Oberdorf/Laming (Austria) deposit and implications for their origin. *Geol. Rdsch.* 79/2, 327-335.
- LE PICHON, X. & ANGELIER, I., 1981. The Aegean Sea. *Phil. Trans. R. Soc. London Sr. (A)* 300, 357-382.
- LISTER, G.S., BANGA, G. & FEENSTRA, A., 1984. Metamorphic core complexes of Cordilleran type in the Cyclades, Aegean Sea, Greece. *Geology*, 12, 221-225.
- LISTER, G.S. & DAVIS, G.A., 1989. The origin of metamorphic core complexes and detachment faults formed during Tertiary continental extension in the northern Colorado River region, U.S.A. *Journ. Struct. Geol.*, 11, 65-94.
- MORTEANI, G. & NEUGEBAUER, H., 1990. Chemical and tectonic controls on the formation of sparry magnesite deposits - the deposits of the northern Greywacke Zone (Austria). *Geol. Rdsch.*, 79/2, 337-344.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Ι.Δ., 1978. Συμβολή εις την γεωλογία της νήσου Ικαρίας (Αιγαίον πέλαγος). *Ann. géol. Pays Hellén.*, 29 (1977), 1-28.
- PAPANIKOLAOU, D.I., 1984. The three metamorphic belts of the Hellenides: a review and a cinematic interpretation. In J.E. Dixon & A.H.F. Robertson (eds.): *Geological evolution of the eastern Mediterranean*, *Geol. Soc. London Spec. Publ.* 17. 551-561.
- PASSHIER, C.W. & SIMPSON, C., 1986. Porphyroclast systems as kinematic indicators. *Journ. Struct. Geol.*, 8/2, 831-843.

- PLATT, J., 1986. Dynamics of orogenic wedges and the uplift of high-pressure metamorphic rocks. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 97, 1037-1053.
- SCHENK, P., HÖLL, R., IVANOVA, G.F., NAUMOV, V.B. & KOPNEVA, L.A., 1990. Fluid inclusion Studies of the Felbertal scheelite deposit. *Geol. Rdsch.*, 79/2, 451-466.
- SPEAR, F.S., SELVERSTONE, J., HICKMOTT, D., CROWLEY, P. & HODGES, K.V., 1984. P-T paths from garnet zoning: A new technique for deciphering tectonic processes in crystalline terranes. *Geology*, 12, 87-90.
- THOMPSON, A.B. & ENGLAND, P.C., 1984. Pressure-Temperature-Time Paths of Regional Metamorphism. II. Their Inference and Interpretation using Mineral Assemblages in Metamorphic Rocks. *Journ. Petrol.*, 25/4, 929-955.
- WILKINS, J.J., BEANE, R.E. & HEIDRICK, T.L., 1986. Mineralization related to detachment faults: A model. In B. Beatty & P.A.K. Wilkinson (eds): *Frontiers in geology and ore deposits of Arizona and the Southwest*, Arizona Geological Society Digest 16, 108-117.
- ZACHOS, S. & DEMADES, E., 1983. The geotectonic position of the Skaloti-Echinos granite and its relationship to the metamorphic formation of Greek Western and Central Rhodope. *Geol. Balcanica*. 13, 17-24.



<i>Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας</i>	<i>Τόμ. XXVII</i>	<i>σελ. 121-132</i>	<i>Αθήνα 1991</i>
<i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	<i>Vol.</i>	<i>pag.</i>	<i>Athens</i>

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΧΡΥΣΟΥ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΥΡΩΤΑ*

Παν. Ηλία, Κ. Παντουλά & Μ. Πλυτιά



ABSTRACT

The aim of this study at the Evrotas Valley was to determine gold secondary haloes using heavy mineral concentrates and geochemical stream-sediment methods. Further more was to establish the appropriate ST/SD fraction for gold evaluation.

The results of this reconnaissance study define interest for:

- a) Placer gold at the Magoula area in Pleistocene deposits and south of Sparti in the alluvial and recent deposits of the Evrotas River.
- b) Primary gold at the Logastra, Kastori-Vordonia and N NE of Sellasia areas, where the Phyllite-Quartzite (P-Q) unit is dominant.

Because of uncertainties caused by laboratory sub-sampling, various ways of attacking the problem of low reliability are discussed (i.e. use of low ST/SD fraction, analytical sample size etc.).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή έγινε με στόχο τον καθορισμό πεδίων κατανομής Au με τη μέθοδο panning και τη γεωχημεία ιζημάτων-ρεμάτων στη λεκάνη του Ευρώτα και την διερεύνηση του καταλληλότερου κλάσματος ιζήματος για την έρευνα Au στην περιοχή αυτή.

Τα πεδία κατανομής του Au που εντοπίστηκαν, καθορίζουν ενδιαφέρον για:

- α) Προσχωματικό Au στη Μαγούλα σε πλειστοκαινικές αποθέσεις και στο μέσο τμήμα της λεκάνης του Ευρώτα σε πρόσφατες και σύγχρονες αποθέσεις.
- β) Πρωτογενή Au στη Λογγάστρα, Καστόρι-Βορδόνια και ΒΒΑ Σελλασίας στη φυλλιτική-χαλαζιτική σειρά.

Σαν καταλληλότερο κλάσμα ιζήματος-ρέματος για τη γεωχημική έρευνα ορίζεται το -270 mesh και ο βαθμός αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων των γεωχημικών αναλύσεων του Au βελτιώνεται σημαντικά με επαναλήψεις των αναλύσεων των δειγμάτων.

* Elias, P.A., Pantoulas, K.D. & Plytas, M.P.

Contribution to the research of gold at the Evrotas river basin.

Institute of Geology and Mineral Exploration, 70 Messoghion str., 115 27, Athens, Greece

(Ανακοινώθηκε στα Χανιά κατά την επιστημονική συνεδρία της 29/11/1991).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τμήμα ενός εξελισσομένου προγράμματος του Ι.Γ.Μ.Ε., που έχει σαν σκοπό τη Βασική Κοιτασματολογική Έρευνα για Au στη Ν.Α Πελοπόννησο. Στη φάση αυτή ο στόχος της εφαρμογής της μεθόδου ranning και της γεωχημείας ιζημάτων-ρεμάτων είναι ο εντοπισμός μεταλλοφορίας Au και των λιθολογικών σχηματισμών που τον φιλοξενούν.

Η περιοχική έρευνας καταλαμβάνει το ανώτερο και μέσο τμήμα της λεκάνης του Ευρώτα και τμήμα του Αν. Ταυγέτου (Άρνα, Γόρανοι κ.λπ.).

Από παλιότερες εργασίες, αναφορά για Au στη Λακωνία και παλιών χρυσορυχείων στον Ταυγέτο και Πάρνωνα γίνεται σε χάρτη του ΜΑΚΚ (1964) και για προσχωματικό Au, πλησίον του χωριού Αφυσίου Σπάρτης, στο Μεταλλογενετικό Χάρτη της Ελλάδας (ΜΑΡΑΤΟΣ, 1973).

Η εργασία αυτή μελετάται η κατανομή του Au σε δείγματα ranning και σε δείγματα ιζήματος-ρέματος (ST/SD) και εξετάζεται ποιό είναι το καταλληλότερο κλάσμα ST/SD για την έρευνα του Au στην περιοχική.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στη γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής της έρευνας συμμετέχουν, η αυτόχθονη σειρά των plattenkalk, η φυλλιτική-χαλαζιακή σειρά (P-Q), η ενότητα των "Στρωμάτων Τυρού", η ανθρακική σειρά της Ζώνης Τρίπολης, η Ζώνη της Πίνδου και οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις.

Η σειρά των plattenkalk συνίσταται από ανθρακικά πετρώματα και το φυλλιτικό υπόβαρθρο (ΨΩΝΗΣ, 1983, 1986 και ΔΗΜΑΔΗΣ, 1985).

Η φυλλιτική-χαλαζιακή σειρά (P-Q) αποτελείται από σχιστόλιθους με μεγάλη ποικιλία πετρογραφικών τύπων, μεταπηλίτες, χαλαζίτες, μετακροκαλοπαγή και μεταβασάλτες και έχει υποστεί μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων / χαμηλών θερμοκρασιών (ΣΚΑΡΠΕΛΗΣ, 1982).

Οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις στη λεκάνη του Ευρώτα συνίστανται από πλειοκαινικές κυρίως λιμναίες αποθέσεις, πλειστοκαινικές αποθέσεις με ερυθρές αργίλους, αργιλούχους άμμους και εναλλαγές κροκαλοπαγών και από τις πρόσφατες και σύγχρονες αποθέσεις (ΨΩΝΗΣ, 1983 και υπό έκδοση).

Από το σύνολο των εργασιών που έχουν γίνει (ΜΕΛΙΔΩΝΗΣ κ.ά., 1970; ΣΚΑΡΠΕΛΗΣ, 1982, κ.ά.) και δικές μας παρατηρήσεις, οι μεταλλοφόρες εμφανίσεις που εντοπίζονται στην περιοχική έρευνας, φιλοξενούνται κυρίως στη (P-Q) σειρά και μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Σιδηροπυρίτη-Cu στο Σταυρωτό Δενδρί και σε 2-3 θέσεις στην Αλαγονία.
- Zn-Pb-Fe (Cu) στο "Σούμπουρο" πλησίον του Μοτέλ Αγ. Βασιλείου.
- Cu-Fe-Sb-(As) στη Μελπίνη.
- Cu-FeS₂ στη θέση "Παπά Βρύση" Άρνας.
- Οξειδίων Fe (-Mn) στις θέσεις "Αθρουμπίνα", "Πλατανίτσα" Γοράνων.
- Ολιγίστου σε αρκετές θέσεις (Αγόριανη, Λογγάστρα κ.ά.).

Τέλος, στις πλειστοκαινικές αποθέσεις, στις πρόσφατες και σύγχρονες αποθέσεις του Ευρώτα σημειώνεται η παρουσία προσχωματικού Au που εντοπίσθηκε κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας.

Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ Au ΣΤΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΡΕΜΑΤΩΝ

Γενικά

Η χρησιμοποίηση των ιζημάτων-ρεμάτων για την έρευνα του χρυσού παρουσιάζει αρκετά δυσκολίες. Τα προβλήματα που παρουσιάζονται οφείλονται στον τρόπο διασποράς του Au στα ιζήματα από την πηγή του και τις γενικά χαμηλές περιεκτικότητες του στοιχείου σε αυτά. Η κατανομή των "κόκκων" του Au στα εδάφη, (προφ. πληφ. Govett) και "κατ' επέκταση" στα ιζήματα, παρουσιάζει μέγιστα στα αδρομερή και λεπτομερή κλάσματα και όχι στα ενδιάμεσα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων των υποδειγμάτων (aliquot) και η δειγματοληψία. Για περισσότερες λεπτομέρειες επί του θέματος μπορεί να ανατρέξει κάποιος στις εργασίες των CLIFTON *et al.*, 1969; GY, 1982; 1982; FLETCHER *et al.*, 1986 και ΧΕΛΙΩΤΗΣ, 1989.

Σε συνέχεια υπόψη τις δυσκολίες που υπάρχουν στη γεωχημική έρευνα ST/SD του Au, έγινε αναγνωριστική έρευνα (orientation) σε λίγες θέσεις στη λεκάνη του Ευρώτα για να διερευνηθεί ποιο είναι το καταλληλότερο κλάσμα ST/SD για την έρευνα του Au στη Λακωνία και τον προσδιορισμό Au σε θέσεις που δεν εντοπίσθηκε με το panning.

Δειγματοληψία - Τυποποίηση δειγμάτων - Χημικές αναλύσεις

Η δειγματοληψία ιζημάτων-ρεμάτων έγινε σε δύο διαφορετικά χρονικά διαστήματα το Καλοκαίρι του 1988 (δείγματα Σπ-1, ..., Ξ-1, ...) και την Άνοιξη του 1989 (δείγματα 26,28,...) (Εικ. 1). Η δειγματοληψία στις επιλεγμένες κατάλληλες θέσεις έγινε με δύο βασικά τρόπους.

α) Ακολούθηθηκε ο κλασσικός τρόπος που εφαρμόζεται στη στρατηγική γεωχημική έρευνα, δηλαδή από (3-4) σημεία συγκεντρώθηκε δείγμα βάρους 1-2 kg και μετά την ξήρανση, τυποποιήθηκε στα -80 mesh και στάλθηκε στο εργαστήριο για ανάλυση. Με αυτό τον τρόπο συγκεντρώθηκαν και τυποποιήθηκαν 30 δείγματα (-80 mesh).

β) Στις ίδιες θέσεις που συλλέχθηκαν τα προηγούμενα δείγματα έγινε δειγματοληψία με την παρακάτω διαδικασία. Στο δείγμα έγινε υγρό κοσκίνισμα (wet sieving) με κόσκινο -120 mesh (πλαστική σίτα). Το δείγμα ξηράθηκε στο εργαστήριο σε φούρνο στους 100° C. Το ξηρό δείγμα, βάρους περίπου 1 kg εν συνεχεία διαχωρίστηκε σε δύο κλάσματα -120, +270 και -270 mesh με δονούμενα κόσκινα. Το υλικό τοποθετήθηκε σε γυάλινα βάζα και στάλθηκε για ανάλυση. Με αυτό τον τρόπο συγκεντρώθηκαν 27 δείγματα από το κάθε κλάσμα.

Την άνοιξη του 1989, η δειγματοληψία ST/SD έγινε πάλι με υγρό κοσκίνισμα επιτόπου, αλλά χρησιμοποιήθηκε κόσκινο -200 mesh (πλαστική σίτα) και στο δείγμα μετά την ξήρανση δεν έγινε άλλος διαχωρισμός. Με τον τρόπο αυτό συγκεντρώθηκαν 23 δείγματα.

Οι χημικές αναλύσεις του Au έγιναν στο Χημείο Ι.Γ.Μ.Ε. του Παρ/τος Ξάνθης (υπεύθυνος: Γρ. Κατσάνοπουλος, Μηχ. Χημικός) και οι μετρήσεις του έγιναν με Α.Α.Σ. τύπου VARIAN 875 με εξαχνωτή τύπου GRA-95, με τη μεθοδολογία που εφαρμόζεται στο Χημείο του Ι.Γ.Μ.Ε., Παρ/μα Ξάνθης, (ΚΑΤΣΑΝΟΠΟΥΛΟΣ, 1989).

Αποτελέσματα

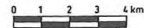
Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων του Au των διαφόρων κλασμάτων και οι επαναληπτικές αναλύσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΧΡΥΣΟΥ
ΣΕ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ ST/SD
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΣΠΑΡΤΗΣ, Ν. ΛΑΚΩΝΙΑΣ

ΑΠΟ
Πλυτά Μ., Ηλία Π., Παντούλα Κ.
Γεωλόγος

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΕΠ1, Σ1, 26θ θέση δειγματοληψίας
 ■ >20 ppm Au σε κλάσμα <270 mesh
 □ <20 ppm Au " " " " " "
 ● >20 ppm Au " " " " " "
 ○ <20 ppm Au " " " " " "



Σχεδίαση: Βακαλοπούλου Ε.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

- αι Πρόσφατες ποτάμιες αποθέσεις.
- Οι Πλειστοκαινικές αποθέσεις Αναβαθμίτες (ερυσίλοι άργιλοι κ.α.).
- Ρι Παλειοκαινικοί σχηματισμοί (θαλάσσια και λιμνισία).
- π Ζώνη Πίνδου.
- Ττ Ζώνη Τριπόλης.
- Τυ Κλαστικά ζήζματα Τουρού.
- P-O Φυλλιτική-χαλαζιτική σειρά v: Μεταφρωσιτίτες.
- P-k Αυτόχθου ασρά πλατελικαί, Αμφροκινά ζήζματα.
- P-ph Αυτόχθου ασρά πλατελικαί, Φυλλιτικό υποβάθρο.
- Γεωλογικά όρια.
- Ρήγμα.
- Επύθση.
- Πιθανή επύθση.
- Εμφάνιση μεταλλεύματος.

Τα βασικά γεωλογικά στοιχεία προέρχονται από τους γεωλογικούς χάρτες Φ.Χ. ΣΠΑΡΤΗΣ, ΣΗΡΟΚΑΜΠΗ, ΚΑΛΑΜΑΤΑ, από Ψύνη Κ. κ' Φ.Χ. ΓΥΒΕΙΟ από Δημήτρη Ε.

Εικ. 1: Χάρτης κατανομής χρυσού σε λεπτόκοκκο ST/SD στην ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης, ν. Λακωνίας (από Πλυτά Μ., Ηλία Π., Παντούλα Κ.)

ΔΕΙΓΜΑ Α/Α	Κλάσμα ιζητάτος		- ρέματος σε mesh		*Τιμή στο		ΔΕΙΓΜΑ Α/Α	panning	-200	μέματος και επανάληψη	Τιμή στο χάρτι	
	-80	-120/+270	-270 και επαναλήψεις στο ίδιο κλάσμα	270 mesh	panning	-200						
ΣΠ-1	0	160	<20	374	361	>20	26	0	<20	<20	<20	
ΣΠ-2	0	<20	<20	<20	<20	<20	28	0	20	<20	>20	
ΣΠ-3	0	<20	20	42	<20	<20	30	12	<20	<20	<20	
ΣΠ-4	0	<20	50	96	<20	<20	35	2	<20	<20	<20	
ΣΠ-5	2	<20	<20	57	<20	<20	36	0	20	25	>20	
ΣΠ-6	1	20	<20	47	<20	<20	41	0	<20	<20	<20	
ΣΠ-7	2	<20	<20	<20	20	37	23	<20	42	1	32	>20
ΣΠ-8	1	<20	<20	43	<20	<20	43	0	<20	<20	<20	
ΣΠ-9	0	<20	20	83	<20	<20	44	1	<20	<20	<20	
ΣΠ-10	3	<20	<20	<20	<20	<20	50	1	<20	<20	<20	
ΣΠ-11	2	<20	<20	<20	<20	<20	54	0	<20	<20	<20	
ΣΠ-12	0	<20	<20	<20	<20	<20	56	2	<20	<20	<20	
ΣΠ-13	6	<20	<20	41	<20	<20	66	9	<20	28	>20	
ΣΠ-14	2	25	<20	35	<20	<20	73	0	<20	<20	<20	
ΣΠ-15	2	<20	<20	<20	<20	<20	91	0	<20	<20	<20	
ΣΠ-16	0	<20	<20	<20	<20	<20	93	2	<20	<20	<20	
ΣΠ-17	5	20	<20	43	<20	<20	94	0	<20	<20	<20	
Ξ-1	0	<20	<20	<20	<20	<20	96	2	<20	<20	<20	
Ξ-2	0	<20	<20	<20	<20	<20	97	1	<20	<20	<20	
Ξ-3	0	<20	<20	<20	<20	<20	101	0	<20	30	>20	
Ξ-4	0	<20	<20	<20	<20	<20	103	0	<20	<20	<20	
Ξ-5	0	<20	<20	<20	<20	<20	104	0	<20	<20	<20	
Ξ-6	0	<20	<20	<20	<20	<20	107	0	<20	<20	<20	
Ξ-7	0	<20	<20	<20	<20	<20						
Ξ-8	0	<20										
Ξ-9	0	<20										
Ξ-10	0	<20										
Ξ-11	0	<20	<20	<20	<20	<20						
Ξ-12	0	<20	<20	<20	<20	<20						
Ξ-13	0	<20										
Ξ-14	0	<20	<20	<20	<20	<20						

Σημείωση: Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων του Αι στο ίζημα μέματος δίδονται σε ppb και του panning σε αριθμό κόκκων.

‘Όλα τα κλάσματα των δειγμάτων, από την περιοχή Άρνας-Γόρανοι (Ανατολικός Ταύγετος), παρουσιάζουν τιμές του Au κάτω από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου (<20 ppb).

Από τα 17 δείγματα, που συλλέχθηκαν το 1988, στο κλάσμα -270 mesh στην πρώτη ανάλυση 9 έδειξαν "ανώμαλες τιμές" Au (>20 ppb). Σε επαναληπτικές μετρήσεις των ίδιων δειγμάτων, σε ορισμένα δείγματα και πενταπλές, λίγα έδωσαν πάλι ανώμαλες τιμές. Όμως οι επαναληπτικές αναλύσεις έδειξαν ότι και άλλα δείγματα παρουσιάζονται με ανώμαλες τιμές αν και στην αρχική ανάλυση είχαν χαμηλές τιμές.

Στα ίδια αυτά 17 δείγματα, στο κλάσμα -80 mesh μόνο (4) έδειξαν ανώμαλες τιμές και στο κλάσμα -120 έως +270 mesh πάλι τέσσερα, αλλά σε διαφορετικά δείγματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα συγκεκριμένα αυτά δείγματα είχαν ανώμαλες τιμές και στο κλάσμα των -270 mesh. Το πρόβλημα της επαναληψιμότητας παρατηρήθηκε και στα 23 δείγματα που συλλέχθηκαν το 1989, στο κλάσμα -270 mesh στα οποία έγιναν δύο αναλύσεις.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων panning και γεωχημείας ιζημάτων-ρεμάτων (Πίνακας 1) οι ίδιες θέσεις δειγματοληψίας, προκύπτουν τα παρακάτω:

α) Σε επτά (7) θέσεις, όπου έχουμε "ανώμαλες τιμές" (>20 ppb) του Au στο ίζημα (κλάσμα -200 και -270 mesh) τα δείγματα panning είναι αρνητικά.

β) Σε δέκα (10) δείγματα panning θετικά σε Au τα αντίστοιχα αποτελέσματα των αναλύσεων ιζήματος-ρέματος (κλάσμα -200 και -270 mesh) είναι κάτω του ορίου ανίχνευσης και

γ) Σε τριάντα (30) θέσεις υπάρχει σύμπτωση αποτελεσμάτων, panning και ST/SD (κλάσμα -200 και -270 mesh), θετικών και αρνητικών.

Ο χάρτης κατανομής του Au (Εικ.1) στα ιζήματα-ρεμάτων στα κλάσματα -200 και -270 mesh βασίζεται στις τιμές ανάλυσης >20 ppb αν και αυτές δεν αντιπροσωπεύουν την πραγματική φυσική τιμή του δείγματος. Από την κατανομή του Au και παρά τα διάφορα προβλήματα επαναληψιμότητας, που υπάρχουν, λαμβάνοντας υπόψη και τις μεμονωμένες ανώμαλες τιμές προσδιορίζονται στόχοι, ιδιαίτερα στις περιοχές με κάπως ικανοποιητική πυκνότητα δειγματοληψίας ST/SD (π.χ. κεντρικό τμήμα λεκάνης Ευρώτα).

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι υπάρχει μεγάλο ρίσκο για τα γεωχημικά αποτελέσματα για Au από τη γεωχημική έρευνα ST/SD στην Λακωνία ως προς το βαθμό αξιοπιστίας. Η δυνατότητα βελτίωσης που υπάρχει πρέπει να αναζητηθεί κύρια με:

α) μείωση του μεγέθους των κόκκων του δείγματος και β) αύξηση του αριθμού επαναληπτικών αναλύσεων των δειγμάτων. Όμως η χρησιμοποίηση πολύ λεπτόκοκκου ιζήματος-ρέματος δεν είναι εύκολη και εφικτή πάντοτε. Έτσι λοιπόν προτείνεται σαν καλύτερη λύση στη γεωχημική έρευνα ST/SD για Au το κλάσμα -270 mesh με 4-5 τουλάχιστον επαναληπτικές χημικές αναλύσεις. Με αυτόν τον τρόπο θα βελτιώνεται σημαντικά ο βαθμός αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, χωρίς βέβαια να είμαστε πάλι σε θέση να προσδιορίσουμε με ακρίβεια, ότι έχουμε προσεγγίσει το μέγιστο βαθμό αξιοπιστίας.

Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΧΡΥΣΟΥ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ PANNING

Γενικά

Στο ανώτερο και μέσο τμήμα της λεκάνης του Ευρώτα, στον Ανατολικό (Μελιτίν-Άρνα-Γόρανοι) και Βόρειο ("Σούμπουρο"- "Σταυρωτό Δενδρι"-Αλαγωνία) Ταύγετο πραγματοποιήθηκε

δειγματοληψία ranning (αναγνωριστική φάση) με στόχο τον εντοπισμό δευτερογενών θετικών πεδίων κατανομής χρυσού και άλλων χρήσιμων και τη καθορισμό περιοχών ενδιαφέροντος.

Συνολικά συλλέχθηκαν 141 δείγματα ranning και καλύφθηκε έκταση 400 km² περίπου. Η μέση πυκνότητα δειγματοληψίας κυμαίνεται σε 1δ/3 km² περίπου, με εξαίρεση την περιοχή Μαγούλας όπου η πυκνότητα δειγματοληψίας έφθασε τα 3 δ/km².

Η μεθοδολογία της δειγματοληψίας ranning που ακολουθήθηκε αναφέρεται με λεπτομέρεια σε έκθεση (ΠΑΝΤΟΥΛΑΣ, 1985).

Ποιοτικός-ποσοτικός προσδιορισμός των δειγμάτων ranning

Τα χρήσιμα και πετρογενετικά ορυκτά που συνολικά προσδιορίστηκαν είναι 27 και κατά προϊόντα κατανομούνται ως εξής:

α. Μαγνητικό προϊόν: Χρυσός, Γαληνίτης, Σιδηροπυρίτης, Κιναβαρίτης, Μαλαχίτης, Ζιρκόνιο, Βαρύτης, Ρουτίλιο, Τιτανίτης, Μπροκίτης, Ανατάσης, Λευκόξενος, Χαλαζίας, Άστριος, Μαρμαρυγίες.

β. Παραμαγνητικό προϊόν: Ολίγιτος, Αιματίτης, Λειμωνίτης, Επίδοτο, Τουρμαλίνης, Πυρόξενος, Χλωρίτης, Αμφίβολοι (γλαυκοφανίς), Ιλμενίτης, Γρανάτες και

γ. Μαγνητικό προϊόν: Μαγνητίτης, τεμαχίδια σιδήρου ανθρωπογενούς προέλευσης.

Αποτελέσματα

Από την ποιοτική-ποσοτική αξιολόγηση των δειγμάτων ranning προέκυψε, ότι το κύριο κοιτασματολογικό ενδιαφέρον για την περιοχή έρευνας παρουσιάζει ο χρυσός, που ήταν φυσικά ο κύριος στόχος της έρευνας αυτής. Αναλυτικά θα αναφερθούμε μόνο στην κατανομή των ορυκτών που παρουσιάζουν ενδιαφέρον.

Χρυσός

Ο χρυσός εντοπίστηκε στο 35% των δειγμάτων της περιοχής έρευνας (Εικ.2). Η ποσοτική του συμμετοχή κυμαίνεται από 1-10 κόκκους/δείγμα. Παρουσιάζεται με τη μορφή πεπλατυσμένων ισομετρικών κόκκων με λεία επιφάνεια, φυλλαρίων και τελείως ακανόνιστων κόκκων, χρυσοκίτρινου χρώματος, μεγάλης καθαρότητας (Πιν. 2) και με μέγεθος συνήθως 0,1-0,5 mm και σπανιότερα μέχρι 2 mm. Όλα τα θετικά δείγματα σε χρυσό συνοδεύονται από αιματίτη, που απουσιάζει στα αρνητικά δείγματα, και σιδηροπυρίτη.

Ο χρυσός δημιουργεί 4 πεδία κατανομής που παρουσιάζουν κοιτασματολογικό ενδιαφέρον στις παρακάτω περιοχές:

α) Περιοχή Μαγούλας-Λογγάστρας. Το πεδίο κατανομής εκτείνεται δυτικά του χωριού Καραβάς μέχρι και νότια του χωριού Μαγούλα και καταλαμβάνει το δυτικό τμήμα της περιοχής έρευνας. Η ποσοτική συμμετοχή του χρυσού κυμαίνεται από 1-20 κόκκους, παρουσιάζεται με τη μορφή, στη μεν περιοχή των πλειστοκαινικών αποθέσεων αποκλειστικά πεπλατυσμένων ισομετρικών κόκκων ή και φυλλαρίων με μέγεθος 0,3-2 mm στη δε περιοχή όπου επικρατεί η P-Q σειρά, με τη μορφή ακανόνιστων κόκκων με μέγεθος κύρια 0,1- 0,3 mm.

β) Περιοχή Καστορίου-Βορδόνια. Το πεδίο εκτείνεται από το χωριό Βορδόνια και

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΧΡΥΣΟΥ
ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ PANNING
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΣΠΑΡΤΗΣ, Ν. ΛΑΚΩΝΙΑΣ.

ΑΠΟ
Πλυτά Μ., Ηλία Π., Παντούλα Κ.
Γεωλόγους.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΕΠ1, Σ1, Π1 θέση δειγματοληψίας

▲ 1-2 κόκκοι χρυσού.

▲ 3-7 " " " "

▲ 7 " " " "

■ 2-10 κόκκοι μαγνητίτη

■ 10-30 " " " "

■ >30 " " " "

● 1-3 κόκκοι κινναβαρίτη

— Παράρτη με ενδείξιν των Δυ



Σχεδίαση: Βακαλοπούλου Ε.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

- αι Πρώτατες παλιές αποθέσεις.
- Οι Πλειστοκαινικές αποθέσεις.
Αναβαθμίτες (ερυθροί άργιλλοί κ.α.).
- Ρι Πλειστοκαινοί σχηματισμοί
(θαλάσσια και λιμναίοι)
- π Ζώνη Πίνδου.
- Ττ Ζώνη Τριπόλης
- Τυ κλασσικά ιζηματα Τυρού.
- ΡΟ Φυλλιτική - χαλαζιτική αίσια,
ν. Μεταρροισιτίτες
- Ρ-κ Αυτόχθονα αερία πλατελικα,
Ανθρακικά ιζηματα
- Ρ-ρΗ Αυτόχθονα αερία πλατελικα,
Φυλλιτικά υπέρβαθο
- Γεωλογικά όρια.
- Ρήγμα.
- Εκπόδηση.
- Πιθανή επέδρηση.
- Εργασία μεταλλεύματος

Τα βασικά γεωλογικά στοιχεία προέχουν από τους γεωλογικούς χάρτες "Α" ΣΠΑΡΤΗΣ, "Β" ΞΗΡΟΚΑΜΠΙ, "ΚΑΛΑΝΑΤΑ", από Ψύχη Κ. κ' Αχ. "ΓΥΒΕΙΟ" από Δημόση Ε..

Εικ. 2: Χάρτης κατανομής χρυσού σε δείγματα Panning στην ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης, ν. Λακωνίας (από Πλυτά Μ., Ηλία Π., Παντούλα Κ.).

Πίνακας 2
Μικροαναλύσεις κόκκων χρυσού.

	Πεπλατωσμένοι κόκκος %	Ακανόνιστος κόκκος %
Au	99.85 ± 0.04	99.79 ± 0.04
Ag	0.15	0.16
Cu	0.0	0.1
Fe	0.0	0.0
	100	100.05

Σημείωση: Οι τιμές αποτελούν το μέσο όρο τριών μετρήσεων για κάθε κόκκο.

καταλαμβάνει το Β-ΒΔ τμήμα της περιοχής έρευνας. Η ποσοτική συμμετοχή του χρυσού στα rapping κυμαίνεται από 1-9 κόκκους μεγέθους κύρια 0,1- 0,3 mm, με τη μορφή των κόκκων, που δηλώνει μικρή απόσταση μεταφοράς από τη μεταλλοφόρα πηγή.

γ) Περιοχή μέσου τμήματος λεκάνης Ευρώτα. Το πεδίο κατανομής εκτείνεται κατά μήκος του Ευρώτα, νότια της Σπάρτης μέχρι και ανατολικά του χωριού Λευκόχωμα. Ο χρυσός παρουσιάζεται με τη μορφή πεπλατωσμένων ισομετρικών κόκκων με μέγεθος 0,1-0.3 mm. Η ποσοτική του συμμετοχή κυμαίνεται από 2-7 κόκκους.

δ) Περιοχή Σελλασίας. Το πεδίο εκτείνεται Β-ΒΑ του χωριού Σελλασία. Ο χρυσός παρουσιάζεται με τη μορφή κύρια ακανόνιστων κόκκων 0,1-0,3 mm. Η ποσοτική του συμμετοχή κυμαίνεται από 1-2 κόκκους.

Γαλννίτης

Ο γαλννίτης εντοπίζεται σε 13 δείγματα με ποσοτική συμμετοχή 2-45 κόκκους και παρουσιάζεται με τη μορφή κύρια ακανόνιστων κόκκων με σαφή επιφανειακή εξαλλοίωση σε κερουσίτη, σε αντίθεση με τον πυρήνα τους που είναι υγιής γαλννίτης. Ιδιόμορφοι κρύσταλλοι γαλννίτη υγιείς σπάνια παρατηρούνται. Σε ορισμένες περιπτώσεις εντοπίστηκαν κόκκοι γαλννίτη με χαλαζία.

Ο γαλννίτης στην περιοχή έρευνας δημιουργεί 2 δευτερογενή πεδία διασποράς σχετικά μικρής έντασης και έκτασης. Ο γαλννίτης στο δείγμα 43 χαρτογραφεί εμφάνιση Pb-Zn στη θέση "Σουμπαρόβραχος".

α. Περιοχή Νότια Μυστρά. Το δευτερογενές πεδίο διασποράς καταλαμβάνει το χώρο μεταξύ των χωριών Μυστρά- Καλύβια Σοκά. Το γεωλογικό περιβάλλον της περιοχής ενδιαφέροντος συνίσταται αποκλειστικά από τους λιθολογικούς τύπους της σειράς του plattenkalk (ανθρακικά και φυλλίπικο υπόβαθρο) και πρόσφατες αποθέσεις. Στην ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων που καθορίζουν το πεδίο, εκτός του γαλννίτη, συμμετέχουν και σιδηροπυρίτης, χαλαζιάς, άστριοι, μαρμαρυγίες, ζιρκόνιο, ρουτίλιο, ολίγιτος, ελάχιστο επίδοτο και γρανάτες, λειμωνίτης και κατά θέσεις κινναβαρίτης και μαλαχίτης (1-3 κόκκοι).

β. Περιοχή Καστορίου. Το πεδίο διασποράς εντοπίζεται στο χώρο μεταξύ των χωριών Βορδόνια- Καστόρι. Γεωλογικά η περιοχή δομείται από διάφορους λιθολογικούς τύπους της Ρ-Q σειράς και από ανθρακικά της σειράς plattenkalk (απουσιάζουν οι φυλλίτες του υποβάθρου). Το δευτερογενές πεδίο κατανομής ταυτίζεται ικανοποιητικά με αυτό του χρυσού. Η ποσοτική συμμετοχή του γαλννίτη είναι σαφώς μικρότερη (2-5 κόκκοι) σε σχέση με το πεδίο της περιοχής Νότια Μυστρά (5-45 κόκκοι).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με βάση τα αποτελέσματα panning κυρίως, αλλά και των ανώμαλων τιμών του Au σε ST/SD, έχουμε τέσσερα πεδία με ενδιαφέρον για Au στις περιοχές Μαγούλα-Λογγάστρα, Καστόρι-Βορδόνια, μέσο τμήμα Ευρώτα και Β.ΒΑ Σελλασίας (Εικ. 1 & 2).

Στην περιοχή της Μαγούλας ο Au εντοπίζεται σε ρέματα με απορροή μόνο από τις πλειστοκαινικές αποθέσεις. Σ' αυτές οι κροκάλες είναι κύρια χαλαζιπικές, σερικιπικές σχιστολιθικές με σιδηροπυρίτη, συνήθως οξειδωμένο και κατά θέσεις παρουσιάζονται εμποτισμένες και επικρισμένες με οξειδία του σιδήρου. Σύμφωνα με τον BOYLE (1979) το φαινόμενο της επίχρισης σε κροκάλες από οξειδία του σιδήρου παρατηρείται συνήθως σε προσχωματικά κοιτάσματα Au που προέρχονται από πρωτογενή κοιτάσματα και ξενιστές που πλούσιοι σε σιδηροπυρίτη και σιδηρίτη. Τα νερά των ποταμών μεταφέρουν το Fe, που έρχεται από αποσάθρωση σχιστολιθίων και φυλλιτών με σιδηροπυρίτη και καθιζάνει στα αμμοχάλικα κάτω από ελαφρά οξειδωτικές συνθήκες. Ανάλογο λοιπόν φαινόμενο φαίνεται να λαμβάνει χώρα και στην περιοχή Μαγούλας.

Στην περιοχή της Λογγάστρας, σε ρέματα, με απορροή μόνο από τη φυλλιτική-χαλαζιπική (P-Q) σειρά, στο panning βρέθηκαν σε δείγματα μέχρι 5 κόκκοι Au. Οι κόκκοι αυτοί είναι κυρίως ακανόνιστοι και έχουν υποστεί μικρή μεταφορά σε αντίθεση με αυτούς στις πλειστοκαινικές αποθέσεις, που είναι συνήθως πεπλατυσμένοι.

Στην περιοχή Καστόρι-Βορδόνια σε όλα τα δείγματα panning βρέθηκε Au καθώς και σε ένα από τα δύο δείγματα ST/SD που συλλέχθηκαν. Το πεδίο κατανομής της άλω του Au ταυτίζεται ικανοποιητικά με την άλω διασποράς του γαληνίτη. Πιθανά να υπάρχει γενετική σχέση μεταξύ γαληνίτη και Au, αλλά μπορεί να είναι η ταύτιση και συμπτωματική. Σ' αυτήν την περιοχή όπως και στη Λογγάστρα οι λιθολογικοί τύποι της P-Q με μεγαλύτερη ανάπτυξη είναι οι μαρμαρυγικοί (σερικίτες και λευκοί μαρμαρυγίες) σχιστόλιθοι με σιδηροπυρίτη, οξειδώσεις στις διακλάσεις της και μικροί χαλαζιακοί φακοί και φλεβίδια χαλαζία.

Στο μέσο τμήμα της λεκάνης του Ευρώτα, εντοπίζεται το πεδίο κατανομής του Au σε δείγματα panning και ιζήματα-ρεμάτων στις πρόσφατες και σύγχρονες αποθέσεις.

Στην περιοχή ΒΒΑ της Σελλασίας, βρέθηκε Au σε πέντα (5) δείγματα panning και σε δύο δείγματα ιζήματος-ρέματος. Στις θέσεις αυτές εκτός της P-Q σειράς που είναι κυρίαρχη σε επιφανειακή ανάπτυξη, έχουμε ιζήματα της κλαστικής σειράς του "Τυρού" και δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστολίθους της βάσης της ανθρακικής σειράς της Τρίπολης.

Στο Βόρειο Ταύγετο ("Σταυρωτό δενδρί"-Αλαγονία) χαμηλότερα από τις εμφανίσεις σιδηρίτη-Cu βρέθηκε Au, (1-2) κόκκοι σε δύο δείγματα panning και σε ένα δείγμα ιζήματος-ρέματος. Χημική ανάλυση για Au σε μέταλλευμα από την εμφάνιση στο "Σταυρωτό Δενδρί" έδωσε 1020 ppb.

Στον Ανατολικό Ταύγετο (Άρνα-Μελιτινή-Γόρανοι), παρά το γεγονός της παρουσίας μεταλλοφοριών και ευνοϊκών λιθολογικών τύπων (π.χ. μεταβασάλτες, τερφοί μεταπηλίτες κλπ.) της P-Q σειράς για ύπαρξη Au, τα αποτελέσματα από δεκαέξι (16) δείγματα panning και δέκα (10) δείγματα ST/SD είναι αρνητικά. Η περιοχή αυτή φαίνεται να μην παρουσιάζει ενδιαφέρον για Au.

Στην περιοχή Νότια του Μυστρά σε όλα τα δείγματα panning από τα ρέματα, που προέρχονται από τη σειρά των plattenkalk και διασχίζουν το φυλλιτικό υπόβαθρο αυτών, δεν βρέθηκε ούτε ένα θετικό δείγμα panning με Au. Πρέπει λοιπόν να αποκλεισθεί η προέλευση του Au από τους φυλλίτες των plattenkalk.

Σε όλα τα δείγματα panning τα πιο συχνά ορυκτά που συνοδεύουν πάντοτε τον Au είναι ο αιματίτης και ο σιδηροπυρίτης. Ο γαληνίτης συνυπάρχει όπως αναφέρθηκε στο Καστόρι. Σε δείγματα που δεν βρέθηκε Au σχεδόν απουσιάζει ο αιματίτης. Η συνύπαρξη αυτή πρέπει να έχει γενετική σχέση με τον Au. Η παρουσία του αιματίτη λοιπόν μπορεί να αποτελέσει δείκτη για την αναζήτηση μεταλλοφορίας Au.

Ως προς την πηγή του Au είναι πολύ δύσκολο να εκφράσουμε κάποια άποψη. Μπορούμε όμως να κάνουμε κάποιες σκέψεις. Η φυλλική- χαλαζική σειρά πρέπει να είναι η πιθανή ενότιπη που φιλοξενεί τον Au. Ο χρυσός εντός αυτής μπορεί να έχει δύο πηγές: (α) να βρίσκεται παραγενετικά σε κάποια θειούχο μεταλλοφορία μικρού βάθους με σιδηροπυρίτη ± γαληνίτη ± Au χωρίς να μπορούμε να αποκλείσουμε και άλλα μεταλλικά ορυκτά, (β) να φιλοξενείται σε ορισμένες θέσεις, είτε στους μαρμαρυγιακούς (σερικήτης, λευκοί μαρμαρυγίες) σχιστολίθους με σιδηροπυρίτη και μικρούς φακούς χαλαζία, είτε σε χαλαζίτες με συσσωματώματα και κύβους πυρίτη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κυριότερα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης είναι:

1) Η ποσοτική συμμετοχή του χρυσού στα δείγματα panning είναι 1-20 κόκκοι/δείγμα και παρουσιάζεται με τη μορφή πεπλατυσμένων ισομετρικών κόκκων, φυλλαρίων ακανόνιστων κόκκων, υψηλής καθαρότητας.

2) Διακρίνονται τέσσερα (4) μεγάλα πεδία κατανομής Au στις περιοχές:

α. Μαγούλα- Λογγάστρα, με 1-20 κόκκους χρυσού σε δείγματα panning.

β. Καστόρι- Βορδόνια, με 1-9 κόκκους χρυσού σε δείγματα panning καθώς και "ανώμαλη τιμή" (>20 ppb) Au σε ένα από τα δύο δείγματα ST/SD.

γ. Μέσο τμήμα λεκάνης του Ευρώτα, με 2-7 κόκκους χρυσού σε δείγματα panning και ανώμαλες τιμές στα γεωχημικά δείγματα ST/SD.

δ. Β.ΒΑ Σελλασίας με 1-2 κόκκους Au σε δείγματα panning και μεμονωμένες ανώμαλες τιμές Au σε ST/SD.

3) Το ενδιαφέρον των τεσσάρων περιοχών αφορά:

α. Προσχωματικό χρυσό, στη Μαγούλα σε πλειστοκαινικές αποθέσεις και στο μέσο τμήμα της λεκάνης του Ευρώτα σε πρόσφατες και σύγχρονες αποθέσεις.

β. Πρωτογενή χρυσό στις περιοχές Λογγάστρα, Καστόρι-Βορδόνια και ΒΒΑ Σελλασίας στη P-Q σειρά, στους μαρμαρυγιακούς (σερικήτικους και λευκούς μαρμαρυγίες) σχιστολίθους με σιδηροπυρίτη και μικρούς φακούς χαλαζία και στους χαλαζίτες με σιδηροπυρίτη.

4) Όλα τα θετικά δείγματα panning σε χρυσό συνοδεύονται από αιματίτη, που απουσιάζει στα αρνητικά δείγματα. Σε θέσεις στους πλειστοκαινικούς σχηματισμούς με χρυσό, παρατηρείται το φαινόμενο του εμπόσιμου και της επίχρισης των κροκαλών με οξειδία σιδήρου. Η παρουσία των οξειδίων του σιδήρου (αιματίτη), είτε στο panning, είτε στις επιχρισμένες κροκάλες μπορεί να αποτελέσει δείκτη για την αναζήτηση της μεταλλοφορίας.

5) Είναι εξαιρετικά δύσκολο να εκφράσουμε άποψη για την πηγή τροφοδοσίας του χρυσού. Η πηγή αυτή εντοπίζεται πιθανά στη P-Q σειρά. Πρέπει να αποκλειστεί η προέλευση από τους φυλλίτες του plattenkalk.

6) Η κατανομή του γαληνίτη σε δείγματα panning δημιουργεί δύο πεδία, στις περιοχές:

- α. Κασόρι- Βορδόνια, όπου συνυπάρχει με χρυσό και
β. Νότια Μυστρά, που προέρχεται από την ενότητα των plattenskalk.

7) Από τα αποτελέσματα της γεωχημικής έρευνας ST/SD προκύπτει ότι υπάρχει πρόβλημα επαναληψιμότητας, που οφείλεται, στη χαμηλή περιεκτικότητα του χρυσού στο ίζημα, την ακανόνιστη κατανομή του και στην αναλυόμενη ποσότητα από το αρχικό δείγμα (aliquot). Διάφορα βήματα μπορούν να γίνουν ώστε να αυξηθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Η χρησιμοποίηση του λεπτόκοκκου ιζήματος -270 mesh, με υγρό κοσκίνισμα των δειγμάτων επιτόπου και οι επαναληπτικές χημικές αναλύσεις χρυσού περιορίζουν το πρόβλημα και βελτιώνουν σημαντικά το βαθμό αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.

8) Τελικά, η εφαρμογή της μεθόδου panning σε συνδυασμό με τη γεωχημεία ST/SD (κλάσμα -270 mesh) και μάλιστα στις θέσεις με αρνητικά αποτελέσματα στο panning αποτελεί την οικονομική και ορθολογική μέθοδο για έρευνα χρυσού στην περιοχή της Λακωνίας και νικά στην Πελοπόννησο στις θέσεις που αναπτύσσεται η P-Q σειρά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Από τη θέση αυτή θεωρούμε υποχρέωσή μας να ευχαριστήσουμε το συνάδελφο Γ. Κατσάνοπουλο, Χημικό Μηχανικό του Παρ/τος Ι.Γ.Μ.Ε. Ξάνθης, για τις αναλύσεις Au

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BOYLE, R., 1979. The geochemistry of gold and its deposits. *Geol. S. Can. Bul.* 280.
- CLIFTON, E. *et al.* 1969. Sample size and meaningful Gold analysis. *U.S. Geol. Surv. Prof. pap.* 625-C.
- ΔΗΜΑΔΗΣ, Ε., 1985. Γεωλογικός χάρτης Φ.Χ. "ΓΥΘΕΙΟ" κλιμ. 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε.
- DAY, S. & FLETCHER, K., 1986. Particle size and abundance of gold in selected stream sediments. *J. Geoch. Exp.* 26, p. 203-214.
- GY, P., 1982. Sampling and particulate materials. Elsevier, Neth.
- HARRIS, J. (1982): Sampling and analytical requirements for effective use of geochemistry in exploration for gold. In: *Precious metals in the Northern Cordillera*, Assoc. Expl. Geoch., p. 53-67.
- ΚΑΤΣΑΝΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., 1989. Εργαστηριακές μετρήσεις έρευνας χρυσού. Έρευνα πρωτογενούς χρυσού, εσωτ. έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- MACK, E., 1964. Die Goldvorkommen in Griechisch Makedonien. *Zeitschrift fur Erzbergbaund Metallhüttenwesen*, Band XVII.
- ΜΑΡΑΤΟΣ, Γ., 1973. Επεξηγηματικό τεύχος του μεταλλογενετικού χάρτη της Ελλάδας. Κλιμ. 1:1.000.000. Ι.Γ.Ε.Υ.
- ΜΕΛΙΔΩΝΗΣ, Ν. *et al.* 1970. Περί των αποτελεσμάτων της κοπασματολογικής αναγνώρισεως της πελοποννήσου. Ι.Γ.Ε.Υ. Γεωλογικά Αναγνώρισεις, No. 9, 64σ.
- ΠΑΝΤΟΥΛΑΣ, Κ., 1985. Βασικές αρχές εφαρμογής της μεθόδου panning. Εσωτ. έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΣΚΑΡΠΕΛΗΣ, Ν., 1982. Μεταλλογένεση συμπαγών θειούχων μεταλλευμάτων και πετρολογία της εξωτερικής μεταμορφικής τεκτονικής ζώνης των Ελληνίδων (ΝΑ Πελοπόννησος). Διδ. Διατρ. Παν. Αθηνών, 149 σ.
- ΧΕΛΙΩΤΗΣ, Γ., 1989. Χρησιμοποίηση των ιζημάτων ρεμάτων στην έρευνα πρωτογενούς χρυσού. Το πρόβλημα της δειγματοληψίας. Εσωτ. έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΨΩΝΗΣ, Κ., 1983. Γεωλογικός χάρτης Φ.Χ. "ΞΗΡΟΚΑΜΠΙΟΝ" κλιμ. 1:50.000. Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΨΩΝΗΣ, Κ., 1986. Γεωλογικός χάρτης Φ.Χ. "ΚΑΛΑΜΑΤΑ" κλιμ. 1:50.000. Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΨΩΝΗΣ, Κ. (Υπό έκδοση). Γεωλογικός χάρτης Φ.Χ. "ΣΠΑΡΤΗ" κλιμ. 1:50.000. Ι.Γ.Μ.Ε.

- α. Καστόρι- Βορδόνια, όπου συνυπάρχει με χρυσό και
β. Νότια Μυστρά, που προέρχεται από την ενότητα των plattenkalk.

7) Από τα αποτελέσματα της γεωχημικής έρευνας ST/SD προκύπτει ότι υπάρχει πρόβλημα επαναληψιμότητας, που οφείλεται, στη χαμηλή περιεκτικότητα του χρυσού στο ίζημα, την ακανόνιστη κατανομή του και στην αναλυόμενη ποσότητα από το αρχικό δείγμα (aliquot). Διάφορα βήματα μπορούν να γίνουν ώστε να αυξηθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Η χρησιμοποίηση του λεπτόκοκκου ιζήματος -270 mesh, με υγρό κοσκίνισμα των δειγμάτων επιτόπου και οι επαναληπτικές χημικές αναλύσεις χρυσού περιορίζουν το πρόβλημα και βελτιώνουν σημαντικά το βαθμό αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.

8) Τελικά, η εφαρμογή της μεθόδου panning σε συνδυασμό με τη γεωχημεία ST/SD (κλάσμα -270 mesh) και μάλιστα στις θέσεις με αρνητικά αποτελέσματα στο panning αποτελεί την οικονομική και ορθολογική μέθοδο για έρευνα χρυσού στην περιοχή της Λακωνίας και κεντρικά στην Πελοπόννησο στις θέσεις που αναπτύσσεται η P-Q σειρά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Από τη θέση αυτή θεωρούμε υποχρέωσή μας να ευχαριστήσουμε το συνάδελφο Γ. Κατσονόπουλο, Χημικό Μηχανικό του Παρ/τος Ι.Γ.Μ.Ε. Ξάνθης, για τις αναλύσεις Au

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BOYLE, R., 1979. The geochemistry of gold and its deposits. *Geol. S. Can. Bul.* 280.
- CLIFTON, E. *et al.* 1969. Sample size and meaningful Gold analysis. U.S. Geol. Surv. Prof. pap. 625-C.
- ΔΗΜΑΔΗΣ, Ε., 1985. Γεωλογικός χάρτης Φ.Χ. "ΓΥΘΕΙΟ" κλιμ. 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε.
- DAY, S. & FLETCHER, K., 1986. Particle size and abundance of gold in selected stream sediments. *J. Geoch. Exp.* 26, p. 203-214.
- GY, P., 1982. Sampling and particulate materials. Elsevier, Neth.
- HARRIS, J. (1982): Sampling and analytical requirements for effective use of geochemistry in exploration for gold. In: Precious metals in the Northern Cordillera, Assoc. Expl. Geoch., p. 53-67.
- ΚΑΤΣΑΝΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., 1989. Εργαστηριακές μετρήσεις έρευνας χρυσού. Έρευνα πρωτογενούς χρυσού, εσωτ. έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- MACK, E., 1964. Die Goldvorkommen in Griechisch Makedonien. Zeitschrift fur Erzbergbaund Metallhüttenwesen, Band XVII.
- ΜΑΡΑΤΟΣ, Γ., 1973. Επεξηγηματικό τεύχος του μεταλλογενετικού χάρτη της Ελλάδας. Κλιμ. 1:1.000.000. Ι.Γ.Ε.Υ.
- ΜΕΛΙΔΩΝΗΣ, Ν. *et al.* 1970. Περί των αποτελεσμάτων της κοιτασματολογικής αναγνώρισης της πελοποννήσου. Ι.Γ.Ε.Υ. Γεωλογικά Αναγνώρισεις, No. 9, 64σ.
- ΠΑΝΤΟΥΛΑΣ, Κ., 1985. Βασικές αρχές εφαρμογής της μεθόδου panning. Εσωτ. έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΣΚΑΡΠΕΛΗΣ, Ν., 1982. Μεταλλογένεση συμπαγών θειούχων μεταλλευμάτων και πετρολογία της εξωτερικής μεταμορφικής τεκτονικής ζώνης των Ελληνίδων (ΝΑ Πελοπόννησος). Διδ. Διατρ. Παν. Αθηνών, 149 σ.
- ΧΕΛΙΩΤΗΣ, Γ., 1989. Χρησιμοποίηση των ιζημάτων ρεμάτων στην έρευνα πρωτογενούς χρυσού. Το πρόβλημα της δειγματοληψίας. Εσωτ. έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΨΩΝΗΣ, Κ., 1983. Γεωλογικός χάρτης Φ.Χ. "ΞΗΡΟΚΑΜΠΙΟΝ" κλιμ. 1:50.000. Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΨΩΝΗΣ, Κ., 1986. Γεωλογικός χάρτης Φ.Χ. "ΚΑΛΑΜΑΤΑ" κλιμ. 1:50.000. Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΨΩΝΗΣ, Κ. (Υπό έκδοση). Γεωλογικός χάρτης Φ.Χ. "ΣΠΑΡΤΗ" κλιμ. 1:50.000. Ι.Γ.Μ.Ε.

<i>Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας</i> <i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	<i>Τόμ.</i> <i>Vol.</i>	<i>σελ.</i> <i>pag.</i>	<i>Αθήνα</i> <i>Athens</i>
	<i>XXVII</i>	<i>133-146</i>	<i>1991</i>

**Ο ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΤΩΝ ΠΙΝΔΙΚΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΕΩΝ
ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΜΑΡΙΟΥ (Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ-ΚΡΗΤΗ)***

Απ. Αλεξόπουλος & Σπ. Λέκκας

ABSTRACT

In this paper, after the determination of the lithostratigraphy and tectonics of the occurrences of Pindos Unit in the broader area of Smari (central-eastern Crete), we have tried to investigate the local hydrogeological conditions and clarify the mechanism of the existing springs. It has been confirmed that the factors affecting the hydrogeological conditions are: a) the imbricate structure of Pindos Unit formations, b) the occurrence of impermeable formations (clay schists, pelites, radiolarites) at various stratigraphic levels, c) the limited surficial development successive imbricate stacks, and d) the small thickness of macro-permeable formations that participate in the imbricate stacks. These factors limit the development of significant aquifers within Pindos Unit and lead to springs of low discharge and reduced functioning period.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία, μετά τον προσδιορισμό της λιθοστρωματογραφίας και της τεκτονικής των πινδικών εμφανίσεων της ευρύτερης περιοχής Σμαρίου στην Κεντροανατολική Κρήτη, διερευνώνται οι υδρογεωλογικές συνθήκες της ίδιας περιοχής και καθορίζεται ο μηχανισμός λειτουργίας των πιο σημαντικών από τις πηγές που εμφανίζονται στην περιοχή αυτή. Διαπιστώνεται ότι οι παράγοντες οι οποίοι διαμορφώνουν τις υδρογεωλογικές συνθήκες είναι: α) η λεπιοειδής διάταξη των διαφόρων σχηματισμών της ενότητας της Πίνδου, β) η παρουσία σε διάφορα στρωματογραφικά ύψη αδιαπέρατων σχηματισμών (αργιλικών σχιστολίθων, πηλινών, ραδιολαριτών), γ) η περιορισμένη επιφανειακή ανάπτυξη των διαδοχικών λεπών και δ) το μικρό πάχος των μακροπερατών σχηματισμών που συμμετέχουν στη σύσταση των διαφόρων λεπών. Οι παράγοντες αυτοί έχουν ως αποτέλεσμα αφενός μεν να μην επιτρέπουν την ανάπτυξη αξιόλογων υδροφόρων συστημάτων (οριζόντων) στην ενότητα της Πίνδου, αφετέρου δε να εκδηλώνονται πηγές πολύ μικρής παροχής ή πηγές των οποίων ο χρόνος λειτουργίας είναι πολύ μικρός.

* Alexopoulos, Ap. & Lekkas, Sp. - Combined role of tectonics and lithostratigraphy in the hydrogeological configuration of Pindic occurrences in the vicinity of Smari (Iraklio, Crete)

University of Athens, Dept. of Geology, Panepistimioupoli, 157 84, Athens, Greece.

(Ανακοινώθηκε στα Χανιά κατά την επιστημονική συνεδρία της 29/11/1991).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης καταλαμβάνει μια έκταση 55 περίπου τετραγωνικών χιλιομέτρων στο βόρειο τμήμα της κεντροανατολικής Κρήτης. Στο κέντρο της περιοχής βρίσκεται το χωριό Σμάρι, σε μια απόσταση 40 χιλιομέτρων νοτιοανατολικά του Ηρακλείου, στη δε περιφέρειά της τα πιο αξιόλογα χωριά είναι η Επισκοπή το Σγουροκεφάλι, ο Σαμπάς, οι Απόστολοι, το Καστέλι Πεδιάδας, το Καλό Χωριό, το Κόξари και η Γάλυπε (Εικ. 1).

Γεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής

Στην περιοχή κυριαρχούν τα ιζήματα της ενότητας Ωλονού-Πίνδου (σειρά της Εθιάς). Τα αυτά επωθούνται, ως επί το πλείστον, σε φλύσχη της Τρίπολης. Προς τα δυτικά και τα βορειοδυτικά καλύπτονται από σχηματισμούς του Νεογενούς (Εικ. 1).

Η ενότητα της Τρίπολης, εκτός από το φλύσχη της, αντιπροσωπεύεται και από ανθρακικούς σχηματισμούς (ασβεστολίθους και δολομίτες), ανωτριάδικης έως μεσοπωκαινικής ηλικίας. Εμφανίζονται νότια και ανατολικά της μελετούμενης περιοχής.

Στο νοτιοανατολικό άκρο της περιοχής, αναπτύσσονται μεταίζημα της ενότητας Φυλλιών-Χαλαζιών, (περιοχή Κασελίου-Καρουζανού), αποτελούμενα από διάφορους τύπους φυλλιών-σχιστολίθων, με ενδιαστρώσεις κατά θέσεις μαρμάρων, από χαλαζίτες και από πετρώματα που έχουν υποστεί βαρίσκια μεταμόρφωση (αμφιβολίτες, μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι).

ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ ΠΙΝΔΙΚΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΕΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Γενικά

Οι πινδικές εμφανίσεις στην ευρύτερη περιοχή του Σμαρίου αναφέρονται από τους AUBOULIN & DERCOURT, 1965; BONNEAU, 1973; ΦΥΤΡΟΛΑΚΗ, 1980; ROBERT & BONNEAU, 1982.

Περισσότερες πληροφορίες γι' αυτές τις παρέχουν οι WACHENDORF et al (1980).

Ο ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ (1990), μελετά διεξοδικά τη στρωματογραφία και την τεκτονική του συνόλου των πινδικών εμφανίσεων στην κεντροανατολική Κρήτη (τοπ. φύλλο Μοχός).

Η ενότητα της Πίνδου στην περιοχή μελέτης αντιπροσωπεύεται από ιζήματα που καλύπτουν το χρονικό διάστημα από το Άνω Τριαδικό (Κάρνιο) μέχρι και το Ανώτατο Ηώκαινο. Απουσιάζει μόνο το Λιάσιο.

Κύρια χαρακτηριστικά της γνωρίσματα είναι η διαφορετική ηλικία έναρξης ιζηματογένεσης του φλύσχη (Από το Μ. Παλαιόκαινο έως το Μ. Ηώκαινο), η παρουσία αδιαπέρατων σχηματισμών (αργιλικών σχιστολίθων, πηλίων κ.ά.) σε διάφορα στρωματογραφικά ύψη και η διαφορετική λιθολογία ισόχρονων εμφανίσεων.

Μια συνολική, συνοπτική εικόνα της στρωματογραφίας της δίνουμε ευθύς αμέσως.

Άνω Τριαδικό

Αντιπροσωπεύεται από κλαστικά ιζήματα, κυρίως από πηλίτες, ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστολίθους, μέσα στους οποίους απαντούν κατά θέσεις διαβάσεις ή σπηλίτες.

ΥΠΟΜΙΝΗΜΑ

Αλλοιβακές αποθέσεις
Νεογένες (αδιαίρετο)

ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΙΝΔΟΥ

Αδιαίρετοι σβεστώληθοι (Ιουρασικό-Αν. Ηώκαινο). Χαρακτηριστική η παρεμβολή σε ακανόνιστα στρωματογραφικά ύψη ενταλαγών λεπτοπλακωδών σβεστώληθων - κερατολίθων - κίτρινων αργιλικών σχιστολίθων και ερυθρών πηλινών

Μεσοσηκανικός φλύσχης

Ανωπαλαιοκαινικός - καταρωκαινικός φλύσχης

Μέσο-ανωπαλαιοκαινικός φλύσχης

Κλαστικός σχηματισμός Καμπανίου - Κάτω Μαιστρητίου

Πρώτος φλύσχης (α) και ερυθροί πηλίες-ραδιολαρίτες με παρεμβολές λατυποπαγών σβεστώληθων (β)

Εναλλαγές αργιλικών σχιστολίθων-ερυθρών πηλινών-κερατολίθων - λατυποπαγών σβεστώληθων, ανωιουρασικής - καταωκρητιδικής ηλικίας

Κλαστικό τριασικό με διαβασικές παρεμβολές

ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΡΙΠΟΛΗΣ

Ανωσηκανικός φλύσχης

Αδιαίρετοι σβεστώληθοι (Α. Τριαδικό - Α. Ηώκαινο)

Φυλλίτες, χαλεζίτες, σχιστόλιθοι με παρεμβολές λεπτοπλακωδών μαρμάρων

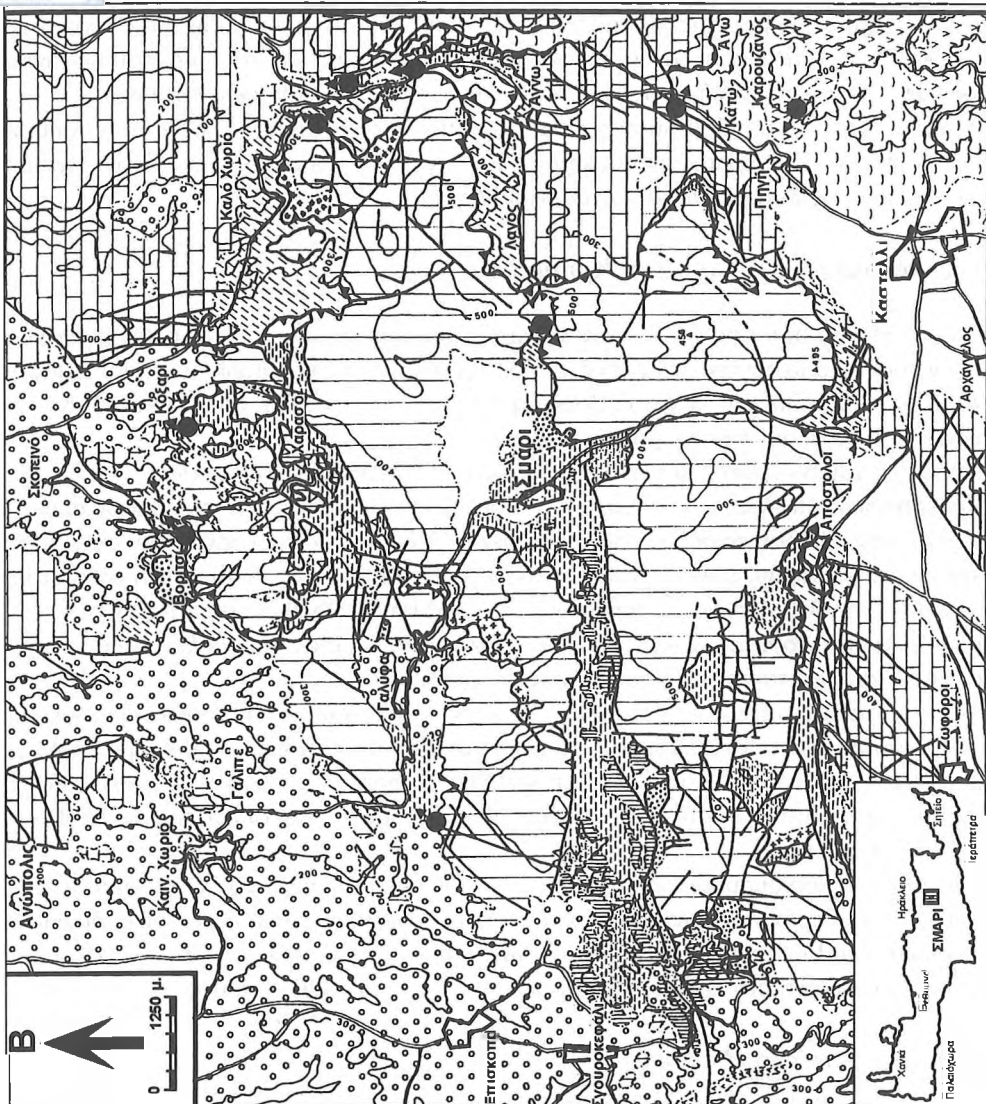
Βαρσικια μεταμορφωμένα πετρώματα

Επιώθητη ενότητα Πίνδου

Επιώθητη ενότητα Πίνδου

Επιώθητη ενότητα Τρίπολης

Ρήγμα και πιθανή καλυμμένη προέκτασή του
Πηγή



Εικ. 1: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής Σημρίου.

Στους στρωματογραφικά ανώτερους ορίζοντες απαντούν κατά θέσεις εναλλαγές λεπτοπλακωδών ασβεστολιθών, ερυθρών πηλινών και λεπτών αργιλικών στρωματιδίων.

Υδρολιθολογικά οι ανωτριάδικές εμφανίσεις μπορούν να θεωρηθούν ως αδιαπέρατος σχηματισμός.

Ιουρασικό - Κ. Κρητιδικό

Όπως προαναφέραμε το Λιάσιο δεν εντοπίστηκε στην περιοχή μελέτης.

Το Δογγέριο εντοπίστηκε σε μια μόνο θέση (νότια του Καινούριου Χωριού) και αντιπροσωπεύεται από άστρωτους μικρολατυποπαγείς έως ψευδοωολιθικούς ασβεστολίθους που εφίπνευουν σε ανωτριάδικά κλασικά ιζήματα.

Το Αν. Ιουρασικό και Κ. Κρητιδικό (μέχρι την εμφάνιση του πρώτου φλύσχη), συγκροτούνται από, διαδοχικά επαναλαμβανόμενες, διαφορετικής υδρογεωλογικής συμπεριφοράς, βασικές ηφαιστειακές μονάδες. Η μια περιλαμβάνει πολύμεικτους, παχυστρωματώδεις, λατυποπαγείς ασβεστολίθους και η άλλη, εναλλαγές λεπτοστρωματωδών μικριτικών και μικρολατυποπαγών ασβεστολιθών, κερατολιθών, κίρινων αργιλικών σχιστολιθών και ερυθρών πηλινών.

Η πρώτη λιθολογική μονάδα αποτελεί ένα μακροπερατό σχηματισμό. Η δεύτερη μπορεί να θεωρηθεί σχεδόν αδιαπέρατος σχηματισμός που επηρεάζει καθοριστικά την υδρογεωλογική συμπεριφορά και των δυο σχηματισμών στο σύνολό τους.

«Πρώτος Φλύσχος» και ιζήματα Α. Κρητιδικού

Κλασικά ιζήματα που αποτελούν τον «πρώτο φλύσχη» απαντούν σε αρκετές περιοχές. Αντιπροσωπεύονται από ερυθρούς πηλίτες, μαύρους ή κόκκινους κερατολίθους, λατυποπαγείς ασβεστολίθους, αργιλικούς σχιστολίθους, ψαμμίτες και σπάνια από έκχυτα, έντονα εξαλλοιωμένα, ηφαιστειακά πετρώματα.

Στο σύνολλό του ο «πρώτος φλύσχος» θεωρείται αδιαπέρατος σχηματισμός.

Η ανωκρητιδική ακολουθία χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι αυτή αντιπροσωπεύεται από διαφορετικές λιθολογίες σε διάφορες περιοχές. Οι διαφορές εστιάζονται στη συχνότητα εμφάνισης λατυποπαγών, μικρολατυποπαγών και μικριτικών οριζόντων, στη συχνότητα εμφάνισης κερατολιθικών ενδιστρώσεων και κερατολιθικών βολβών, στην παρουσία ή όχι ευδιάκριτων κλασικών οριζόντων και αργιλικών σχιστολιθών και στην παρουσία ή όχι οριζόντων στους οποίους κυριαρχούν οι ερυθροί πηλίτες-κερατόλιθοι.

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι το Άνω Κρητιδικό αντιπροσωπεύεται από α: λεπτό έως μεσοστρωματώδεις μικριτικούς ή μικρολατυποπαγείς ασβεστολίθους με βολβούς ή ενδιστρώσεις κερατολιθών, με ή χωρίς παρεμβολές κλασικών οριζόντων και αργιλικών σχιστολιθών και β: από σχηματισμούς στους οποίους κυριαρχούν οι εναλλαγές ερυθρών πηλινών - κερατολιθών.

Ως εκ τούτου οι κύριοι ρυθμιστές της υδρογεωλογικής συμπεριφοράς της ανωκρητιδικής ακολουθίας είναι οι ορίζοντες των αδιαπέρατων σχηματισμών (κλασικοί ορίζοντες, αργιλικόι σχιστολίθοι και ερυθροί πηλίτες), η κατανομή των οποίων μεταβάλλεται τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο, ιδιαίτερα στο χρονικό διάστημα Καμπάνιο - Αν. Μαιστρίτιο.

Παλαιόκαινο - Ανώτερο Ηώκαινο

Η λιθοστρωματογραφική διάρθρωση της ενότητας Πίνδου στο διάστημα αυτό είναι εξαιρετικά

πολύπλοκη δεδομένου ότι η έναρξη ιζηματογένεσης του φλύσχη δεν ήταν ταυτόχρονη σ' όλη την έκταση των πινδικών εμφανίσεων της περιοχής μελέτης. Έτσι σε άλλες θέσεις ο φλύσχος άρχισε να αποτίθεται στο Μέσο-Άνω Παλαιόκαινο σε άλλες στο Ανώτερο Παλαιόκαινο - Κατώτερο Ηώκαινο και σε άλλες στο Μέσο Ηώκαινο (ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, 1990).

Οι λιθολογικοί σχηματισμοί που απαντούν κάτω από το φλύσχη διαφέρουν επίσης από θέση σε θέση.

Η κύρια λιθολογική μονάδα είναι οι λεπτοπλακώδεις μικριτικοί ή και μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με κερατολιθικές ενδιαστρώσεις ή και κερατολιθικούς βολβούς, απαντούν όμως κατά θέσεις τόσο μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και αργιλικόι σχιστόλιθοι όσο και εναλλαγές ερυθρών πηλινών-κερατολίθων-αργιλικών σχιστολίθων.

Ως εκ τούτου η υδρογεωλογική συμπεριφορά των παλαιοκαινικών-ανωκαινικών ακολουθιών δεν είναι ομοιόμορφη, θα έλεγε δε κανείς ότι η συχνή παρουσία αδιαπέρατων ων σε διάφορα επίπεδα περιορίζει σημαντικά τη δυνατότητα κατείσδυσης αξιόλογων ων νερού.

Φλύσχος

Στη σύστασή του κυριαρχούν βασικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί (πηλίτες, αργιλικόι σχιστόλιθοι). Από την άλλη μεριά έχει περιορισμένη επιφανειακή ανάπτυξη και ως εκ τούτου η παρουσία κάποιων ψαμμιτικών ή μικρολατυποπαγών οριζόντων δεν επηρεάζουν την υδρογεωλογική του συμπεριφορά.

ΣΧΕΣΗ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΠΙΝΔΙΚΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΕΩΝ

Από τα προαναφερθέντα γίνεται αντιληπτό ότι η υδρογεωλογική συμπεριφορά των πινδικών εμφανίσεων ελέγχεται και καθορίζεται από το ποσοστό συμμετοχής και τη συχνότητα εμφάνισης στη λιθostrωματογραφική στήλη κάθε επί μέρους περιοχής, των αδιαπέρατων σχηματισμών.

Η λιθολογική ανομοιογένεια έχει ως αποτέλεσμα η υδρογεωλογική συμπεριφορά των πινδικών εμφανίσεων να μην είναι ομοιόμορφη σ' όλη την έκτασή τους.

Παρά το γεγονός ότι στη σύσταση των εμφανίσεων αυτών συμμετέχουν και μακροπερατοί ανθρακικοί σχηματισμοί, εν τούτοις ο γενικά λεπτοστρωματώδης χαρακτήρας τους και ο περιορισμός τους ή η εναλλαγή τους με αδιαπέρατους σχηματισμούς, δεν ευνοούν ούτε την έντονη καρστικοποίησή τους ούτε την ανάπτυξη αξιόλογων υδροφόρων συστημάτων (οριζόντων).

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Γενικά

Ρήγματα, διακλάσεις, πτυχές, λέπνη και συλόλιθοι συνθέτουν τον τεκτονικό ιστό της ενότητας της Πίνδου στην περιοχή μελέτης.

Χωρίς να παραγνωρίζουμε το ρόλο του ρηματογόνου τεκτονισμού στη διαμόρφωση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής, θα εστιάσουμε την προσοχή μας στις πτυχές και τα λέπνη, για τα οποία πιστεύουμε ότι διαδραματίζουν ιδιαίτερο ρόλο.

Πτυχές

Ο λεπτοπλακώδης χαρακτήρας των πινδικών εμφανίσεων και η πλαστικότητα των ιζημάτων τους είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διάφορων τύπων και ποικίλων διαστάσεων πτυχών. Από τη συστηματική μελέτη των πτυχών διαπιστώθηκαν τα παρακάτω:

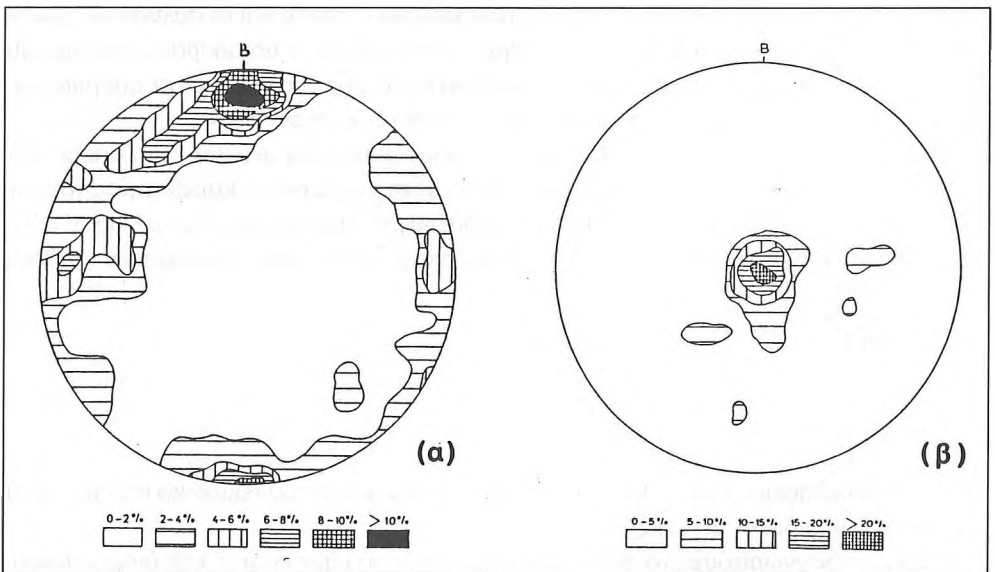
- Δύο τουλάχιστον πυχογόνες παραμορφωτικές φάσεις έχουν επηρεάσει τα ιζήματα των πινδικών εμφανίσεων.
- Οι άξονες των πτυχών, παρά τη μεγάλη διασπορά των διευθύνσεών τους, παρουσιάζουν μια τάση ανάπτυξης παράλληλα προς δύο προτιμπτές διευθύνσεις, μια Βορράς-Νότος και μια Ανατολή-Δύση (Εικ. 2α). Δεν είναι όμως παντού σαφής κάποια γενετική σχέση ανάμεσα σε πτυχές που παρουσιάζουν διαφορετικό προσανατολισμό.
- Ένα μεγάλο ποσοστό των αξονικών επιπέδων είναι οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια και συνέπεια οι αντίστοιχες πτυχές είναι ισοκλινείς ή κατακεκλιμένες (Εικ. 2β). Ο τύπος αυτός των πτυχών, όπως θα αναλύσουμε παρακάτω, επηρεάζει σημαντικά την υδρογεωλογική συμπεριφορά των πινδικών εμφανίσεων.

Λεπιώσεις

Οι λεπιώσεις είναι το κυρίαρχο τεκτονικό στοιχείο της ενότητας της Πίνδου στην περιοχή μελέτης.

Από τη λεπτομερή γεωλογική χαρτογράφηση και τη λεπτομερή στρωματογραφική μελέτη της περιοχής (ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, 1990) προέκυψε ότι η μεγάλη πινδική εμφάνιση δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένα τεράστιο μωσαϊκό που το συνθέτουν πολυάριθμα λέπνη.

Λόγω των διαδοχικών λεπιώσεων παρατηρούμε αρχαιότερα στρώματα να εφιππεύουν σε νεότερα και νεότερα να εφιππεύουν σε πολύ αρχαιότερά τους.



Εικ. 2: α) Στερεογραφικό διάγραμμα αξόνων β πτυχών της ενότητας Πίνδου, β) Στερεογραφικό διάγραμμα πόλων αξονικών επιπέδων.

Συνήθως ο ορίζοντας αποκόλλησης των διαφόρων λεπών ή ο ορίζοντας επί του οποίου εφιππεύουν τα λέπη, είναι κάποιος κλασικός, υδρογεωλογικά αδιαπέρατος, σχηματισμός (κλασικό τριαδικό, πρώτος ή κανονικός φλύσχος, εναλλαγές πηλιτών-κερατολίθων).

Σε αρκετές όμως περιπτώσεις παρατηρούνται ανθρακικά ιζήματα να εφιππεύουν ανθρακικών και μάλιστα η επιφάνεια εφιππεύσης να είναι παράλληλη με την επιφάνεια στρώσης, γεγονός που καθιστά δύσκολο τον εντοπισμό τέτοιων λεπών στην ύπαιθρο.

Τόσο από τους επισυναπτόμενους γεωλογικούς χάρτες όσο και από τις γεωλογικές τομές (Εικ. 3, 4 και 5) προκύπτει ότι αρκετά από τα εμφανιζόμενα λέπη έχουν πολύ μικρή επιφανειακή εξάπλωση και πολύ μικρό πάχος. Εκφράζουμε δε την υποψία ότι και στις περιοχές που κάποιο λέπος φαίνεται να καταλαμβάνει μεγάλη έκταση, θα πρέπει να αναπτύσσονται περισσότερα από ένα λέπη.



ΓΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΙΝΔΙΚΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΕΩΝ

Ο ρόλος της τεκτονικής και ιδιαίτερα ο εφαπτομενικός τεκτονισμός είναι καθοριστικός στη διαμόρφωση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής μελέτης δεδομένου ότι:

- Πέρα από μια πρωτογενή εναλλαγή υδροπερατών και αδιαπέρατων πετρωμάτων, της οποίας η επίδραση αυτή στη διαμόρφωση των υδρογεωλογικών συνθηκών έχει τονισθεί προηγουμένως, η συχνή παρουσία κατακεκλιμένων πτυχών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πολυσύνθετου οικοδομήματος από πολλαπλές επαναλήψεις διαφορετικής υδρογεωλογικής συμπεριφοράς σχηματισμών, που επηρεάζουν αρνητικά όλα τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά των περισσότερων πινδικών εμφανίσεων (έκταση υδρογεωλογικών λεκανών, κατείσδυση, πάχος υδροφόρων, βάθος καρστικοποίησης, υδραυλική επικοινωνία μεταξύ υδροπερατών σχηματισμών, αποθηκευτική ικανότητα κ.ά.)

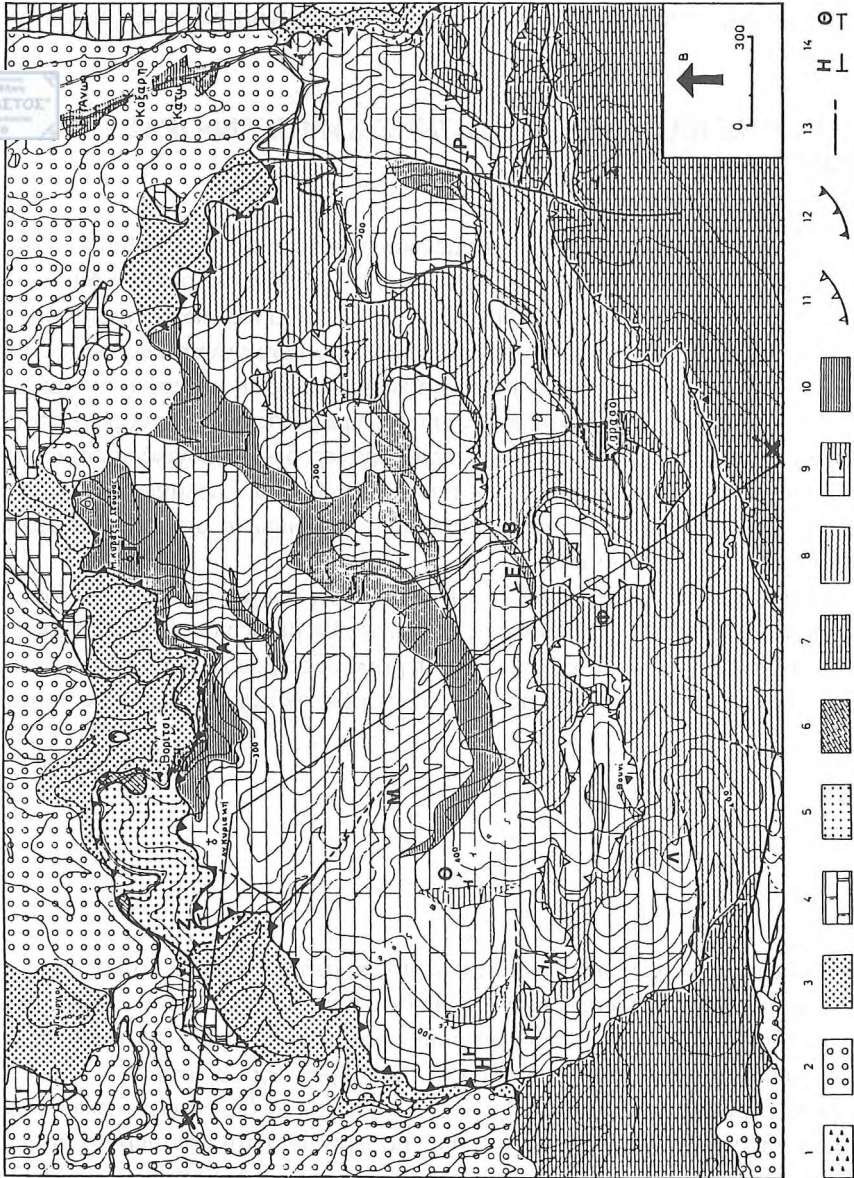
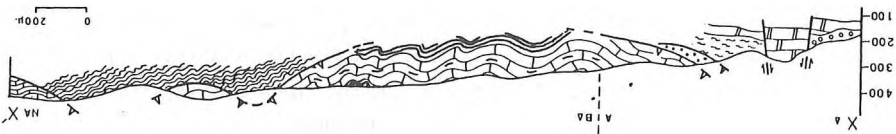
- Η παρουσία στη βάση των διαφόρων λεπών αδιαπέρατων σχηματισμών, οι οποίοι έχουν ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της υδραυλικής επικοινωνίας μεταξύ των ασβεστολίθων των διαφόρων λεπών, καθώς και οι διαστάσεις των επί μέρους υδρογεωλογικών λεκανών, είναι άμεσα συνδεδεμένα με την λεπιοειδή διάταξη των διαφόρων σχηματισμών της ενότητας της Πίνδου.

ΠΗΓΕΣ

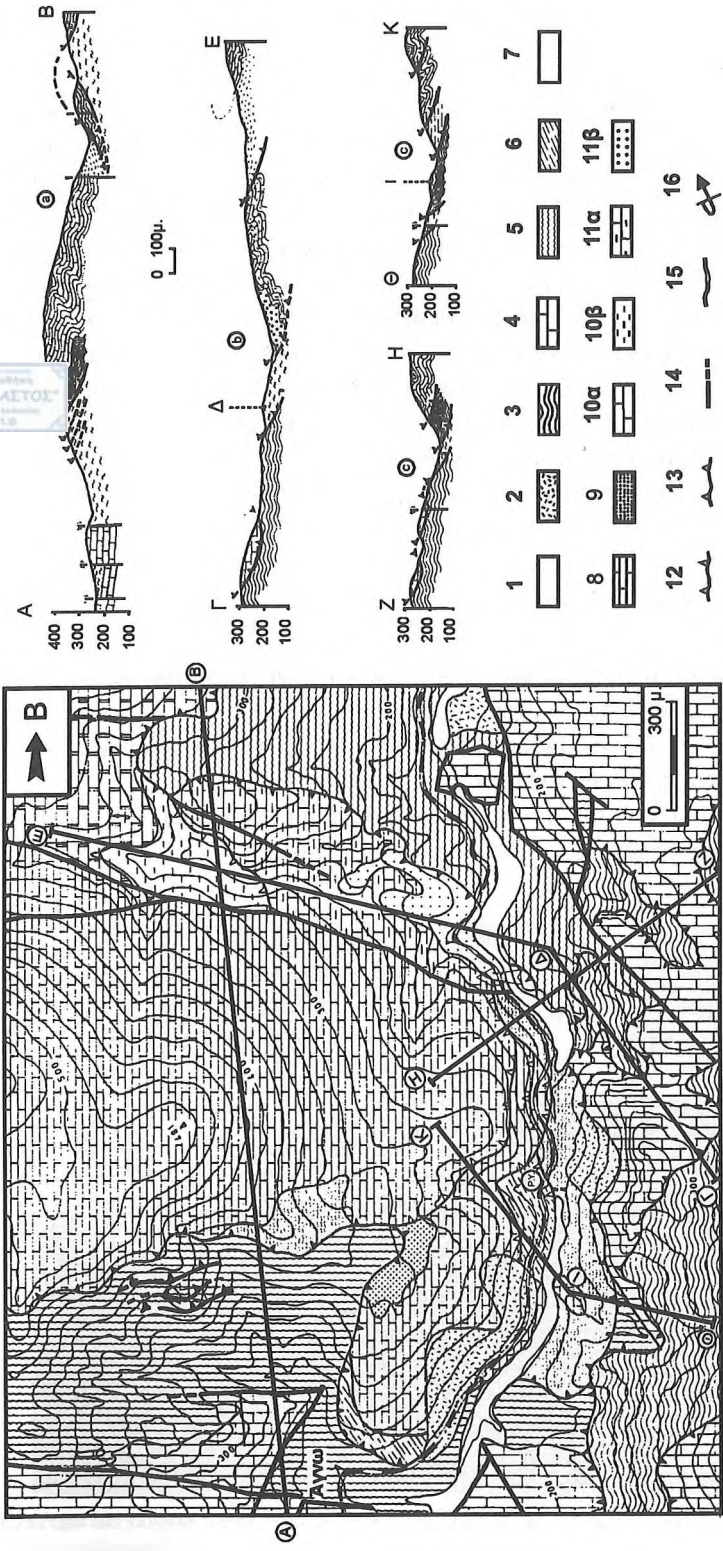
Γενικά

Παρατηρώντας κανείς το γεωλογικό χάρτη της περιοχής μελέτης και βλέποντας τη μεγάλη έκταση που καταλαμβάνουν οι ασβεστολίθοι της Πίνδου και την παρουσία κάτω απ' αυτούς αδιαπέρατων σχηματισμών, θα περίμενε ότι στην περιοχή αυτή θα εκδηλώνονταν πηγές με σημαντική παροχή ή ότι θα αναπτύσσονταν και πλούσιοι υδροφόροι ορίζοντες.

Όμως, η συχνή παρεμβολή μεταξύ των ανθρακικών αδιαπέρατων στρωμάτων, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι και μεταξύ των διαδοχικών λεπών παρεμβάλλονται αδιαπέρατα στρώματα (κλασικό τριαδικό, πρώτος ή κανονικός φλύσχος, ή ακόμη και εναλλαγές ερυθρών πηλιτών κερατολίθων που απαντούν σ' όλα τα στρωματογραφικά ύψη από το Αν. Ιουρασικό μέχρι και το Αν. Ηώκαινο), έχει ως αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η υδραυλική επικοινωνία, όχι μόνο



Εικ. 3: Γεωλογικός χάρτης περιοχής Βορείται-Χαρασσί: 1) Πλευρικά κορήματα. 2) Νεογενή. 3-4) Ενόπια Τριπόλης. 3) Φλύσχος 4) Ησκακικοί ασβεστολίθοι. 5-10) Ενόπια Πίνδου. 5) Μεσοζωϊκική κλασική ακολουθία. 6) Μεσοζωϊκικοί ασβεστολίθοι 7) Ανωκρητιδικό ασβεστολίθοι. 8) Πρώτος φλύσχος. 9) Ανωσυρασικοί-κατωκρητιδικό λατιοπαγείς ασβεστολίθοι με οριζοντες ερυθρών πηλτών-κερατολίθων. 10) Εναλλαγές αργιλικών οξιστολίθων-ερυθρών πηλτών - λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων-κερατολίθων. 11) Εφιπέουσιν. 12) Επώθηση. 13) Ρήγμα. 14) Θ



Εικ. 4: Γεωλογικός χάρτης βόρεια του οικισμού Άγγω. 1) Ποταμοχειμάρρεις αποθέσεις. 2) Πλευρικά κορήματα 3) Ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών. 4-5) Ενότητα Τρίπολης. 4) Ασβεστόλιθοι. 5) Φλύσχης. 6-11) Ενότητα Πίνδου, 6) Κλασικό Τριδικό. 7) Πρώτος φλύσχης. 8) Ανωκρηπιδικοί ασβεστόλιθοι. 9) Κλασική ακολουθία του Καμπανίου. 10α) Παλαιοκρηπιδικοί ασβεστόλιθοι - κερατόλιθοι. 10β) Ανωπαλαιοκρηπιδικοί - κρηπιδόλιθοι. 11α) Κάτω-μεσοπαιονικό ασβεστόλιθοι - κερατόλιθοι. 11β) Μεσοπαιονικό ασβεστόλιθοι. 12) Επώθηση. 13) Ερρίπωση. 14) Ρήγμα. 15) Δημόσιος δρόμος. 16) Αναστροφή. Ρ.Υ. = Ρωμιαϊκό Υδραγωγείο.

μεταξύ των έντονα κερματισμένων και ισχυρά κατά θέσεις καρστικοποιημένων ασβεστολίθων των διάφορων λεπών αλλά και μεταξύ των ασβεστολίθων του ίδιου λέπου. Έτσι το πάχος των υδροφόρων στρωμάτων περιορίζεται σημαντικά με αποτέλεσμα αφ' ενός μεν να μην είναι δυνατόν να αναπτυχθούν αξιόλογοι υδροφόροι ορίζοντες, αφ' ετέρου δε να εκδηλώνονται πηγές πολύ μικρής παροχής ή πηγές των οποίων η διάρκεια λειτουργίας είναι πολύ μικρή.

Εάν λάβει κανείς υπόψη του και το γεγονός ότι η έκταση των περισσότερων λεπτών και κατά συνέπεια των περισσότερων ανεξάρτητων υδρογεωλογικών ενοτήτων ή λεκανών είναι μικρή, τότε είναι εύκολο να αντιληφθεί ότι οι ενόπιτες αυτές εκφορτίζονται πάρα πολύ γρήγορα, σχεδόν αμέσως μετά από κάθε αξιόλογη βροχοπτώση, με τις πολυάριθμες μικροπηγές ή διάχυτες αναβλύσεις που απαντούν σε διάφορες θέσεις των πινδικών εμφανίσεων.

Έτσι δεν είναι τυχαίο και το γεγονός ότι όλες οι γεωτρήσεις που έχουν κατά καιρούς διανοιχθεί στην περιοχή αυτή, είτε από κρατικούς φορείς είτε από ιδιώτες, είναι αποτυχούσες. Όπως προαναφέραμε, στην περιοχή των πινδικών εμφανίσεων εκδηλώνονται πολλές πηγές. Ελάχιστες είναι οι πηγές που λειτουργούν ολόκληρο το χρόνο (Εικ. 1). Οι παροχές τους κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών είναι της τάξης μερικών κυβικών μέτρων το 24ωρο. Στις πηγές αυτές θα αναφερθούμε ευθύς αμέσως:

Πηγή νοτιοανατολικά του Καλού Χωριού

Η πηγή αυτή είναι μια πηγή επαφής και εκφορτίζει την ανεστραμμένη ανωκρητιδική ακολουθία η οποία είναι επωθημένη σε φλύσχη της Τρίπολης (Εικ. 6). Εκδηλώνεται στο χαμηλότερο σημείο της επιφάνειας επώθησης και έχουν γίνει υδρομαστευτικά έργα. Κατά τους θερινούς μήνες η παροχή της είναι της τάξης των 3 έως 5 m³/h.

Η πηγή αυτή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένα θαυμάσιο φυσικό λυσίμετρο εάν γινόταν συστηματική παρακολούθηση της δίατάς της και συνεχής καταγραφή των



Εικ. 6: Άποψη της ανεστραμμένης ανωκρητιδικής ακολουθίας, νοτιοανατολικά του Καλού Χωριού, στο χαμηλότερο σημείο της οποίας εκδηλώνεται μια από τις ελάχιστες πηγές επαφής που λειτουργούν όλη τη διάρκεια του χρόνου.

ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων της ασβεστολιθικής μάζας που εκφορτίζει η συγκεκριμένη πηγή, η έκταση της οποίας μπορεί πολύ εύκολα να καθοριστεί με ακρίβεια.

Νοτιοδυτικά της πηγής αυτής και σε μεγαλύτερο υψόμετρο εκδηλώνεται άλλη μικρότερης παροχής πηγή, που συνήθως κατά τους θερινούς μήνες στερεύει. Η πηγή αυτή εκφορτίζει μια γειτονική, ανεξάρτητη λόγω τεκτονισμού, ανθρακική μάζα.

Πηγές νότια του χωριού Κοξάρη

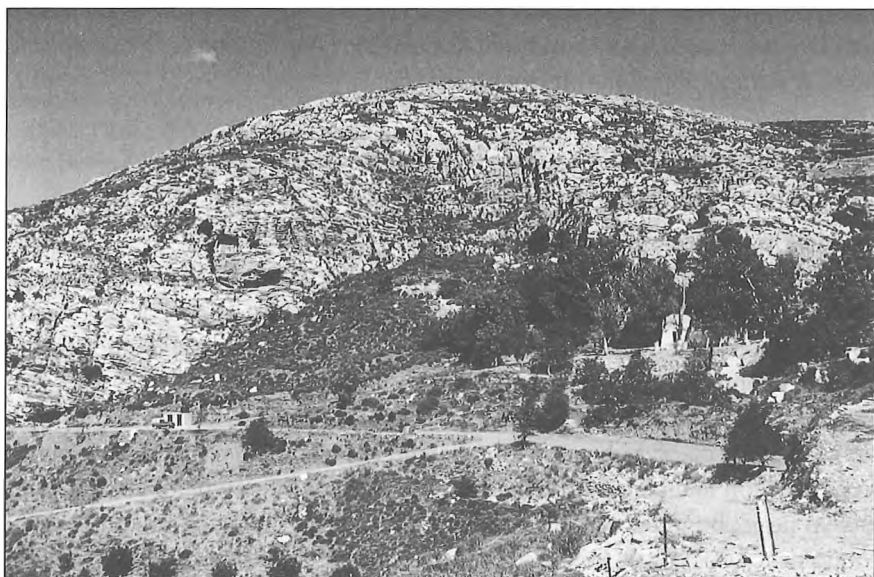
Πρόκειται για δύο πηγές που βρίσκονται σε απόσταση 200 περίπου μέτρων μεταξύ τους και που έχουν μια υψομετρική διαφορά της τάξης των 15 μέτρων. Εκφορτίζουν το λέπος των ανώουρασικών κατακρημνιστικών λατυποπαγών ασβεστολιθών οι οποίοι εφιππεύουν σε «πρώτη απόκλιση» και επωθούνται σε φλύσχη της Τρίπολης. Είναι πηγές επαφής. Η πηγή που βρίσκεται στο μεγαλύτερο υψόμετρο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως πηγή υπερπλήρωσης, δεδομένου ότι για την εκδήλωσή της κάποιο ρόλο διαδραματίζουν και οι νεογενείς μάργες, οι οποίες στη θέση αυτή καλύπτουν επικλυσιογενώς την επιφάνεια επώθησης. Οι παροχές των πηγών κατά τους θερινούς μήνες είναι, για μεν την τοπογραφικά ψηλότερη 1 έως 3 m³/h, για δε την τοπογραφικά χαμηλότερη 3 έως 5 m³/h. Και οι δύο πηγές υδρομαστεύονται.

Πηγή Προφήτη Ηλία

Πρόκειται για μια πηγή επαφής που εκδηλώνεται στην επιφάνεια επώθησης ανωκρημνιστικών ασβεστολιθών σε φλύσχη της ενότητας Τρίπολης (Εικ. 7).

Η παροχή της κατά τους θερινούς μήνες είναι της τάξης των μερικών κυβικών μέτρων το 24ωρο.

Χαρακτηριστικό της πηγής αυτής είναι ότι ενώ η έκταση της περιοχής που εκφορτίζει είναι



Εικ. 7: Επώθηση ανωκρημνιστικών ασβεστολιθών της ενότητας Πίνδου σε φλύσχη της ενότητας Τρίπολης στην περιοχή του Προφήτη Ηλία Σμαρίου. Στη βάση της επώθησης εκδηλώνεται πηγή μικρής παροχής.

πάρα πολύ μικρή, μόλις 0.25 Km² και το μέγιστο πάχος της ασβεστολιθικής μάζας 95 περίπου μέτρων, εν τούτοις λειτουργεί ολόκληρο το χρόνο. Το γεγονός αυτό τονίζει την επίδραση της λιθολογίας των πινδικών εμφανίσεων στην κίνηση του υπόγειου νερού. Η πηγή υδρομαστεύεται.

Πηγή βόρεια του οικισμού της Άγνω

Η πηγή αυτή αναλβύζει στο βάθος της ρεματιάς, νότια των υπολειμμάτων του ρωμαϊκού υδραγωγείου τα οποία σώζονται βόρεια του οικισμού της Άγνω. Έχει γίνει από πολύ παλιά κάποιο τεχνικό έργο σύλληψης των νερών της πηγής αυτής, πάνω στο οποίο θεμελιώθηκε ένα μικρό, πιθανότατα βυζαντινών χρόνων, εκκλησάκι. Η πηγή εκδηλώνεται στην επαφή ανωκρητιδικών ασβεστολίθων και του κλασικού τριαδικού ή του «πρώτου φλύσχη». Είναι πηγή επαφής και η παροχή της κατά τους θερινούς μήνες είναι της τάξης μερικών κυβικών μέτρων ημερησίως. Κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους, βορειότερα και τοπογραφικά ψηλότερα της πηγής αυτής θα πρέπει, στην επαφή ανωκρητιδικών ασβεστολίθων και κλασικού τριαδικού, να εκδηλωνόταν άλλη αξιόλογη πηγή τα νερά της οποίας μεταφέρονταν με το ρωμαϊκό υδραγωγείο στη Χερσόνησο. Από μερικούς ιστορικούς εικάζεται ότι με το ρωμαϊκό υδραγωγείο μεταφέρονταν τα νερά της πηγής του Αγ. Παντελεήμονα κοντά στο Μπιτσαριανώ Πεδιάδας. Εάν πράγματι με το υδραγωγείο αυτό μεταφέρονταν τα νερά της πηγής του Αγ. Παντελεήμονα, τότε δεν θα υπήρχε λόγος κατασκευής της υδατογέφυρας στην περιοχή της Άγνω. Επί πλέον δε υπολείμματα του υδραγωγείου δεν παρατηρήθηκαν νοτιότερα της υδατογέφυρας. Ως εκ τούτου το πιθανότερο είναι με το ρωμαϊκό υδραγωγείο να γινόταν μεταφορά νερών πηγής από την περιοχή της Άγνω, η οποία για άγνωστους λόγους δεν λειτουργεί πλέον.

Πηγή χωριού Βοριτίου

Πρόκειται για πηγή επαφής που λειτουργεί όλο το χρόνο. Η παροχή είναι πολύ μικρή. Κατά τους θερινούς μήνες είναι της τάξης των 2 έως 5 m³ το εικοσιτετράωρο. Εκδηλώνεται στην επαφή ανωϊουρασικών σχηματισμών και φλύσχη της Τρίπολης. Υδρομαστεύεται και χρησιμοποιείται για την ύδρευση του Βοριτίου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Απ' όσα εκτέθηκαν παραπάνω προκύπτει ότι:

- Η λεπιοειδής διάταξη των διαφόρων σχηματισμών της ενότητας της Πίνδου σε συνδυασμό με την παρουσία σε διάφορα στρωματογραφικά ύψη αδιαπέρατων οριζόντων, είναι δύο από τους βασικούς παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση δυσμενών υδρογεωλογικών συνθηκών στην ευρύτερη περιοχή του Σμαρίου.

- Ο πτυχογόνος τεκτονισμός και ιδιαίτερα οι κατακεκλιμένες πτυχές διαμορφώνουν ένα πολύπλοκο λιθολογικό οικοδόμημα από υδροπερατά και αδιαπέρατα πετρώματα, συμβάλλοντας έτσι στην υποβάθμιση των υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών των πινδικών εμφανίσεων.

- Η συχνή παρεμβολή μεταξύ των ασβεστολιθικών οριζόντων αδιαπέρατων στρωμάτων, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι και μεταξύ των διαδοχικών λεπών παρεμβάλλονται αδιαπέρατα στρώματα, έχει ως αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η υδραυλική επικοινωνία όχι μόνο μεταξύ των έντονα κερματισμένων και ισχυρά κατά θέσεις καρστικοποιημένων ασβεστολίθων των

διαφόρων λεπών αλλά και μεταξύ των ασβεστολίθων του ίδιου λέπους.

- Οι λεπιώσεις και η ακανόνιστη παρουσία στο χώρο αδιαπέρατων στρωμάτων περιορίζουν την έκταση των υδρογεωλογικών λεκανών και το πάχος των υδροφορέων με αποτέλεσμα να μην αναπτύσσονται αξιόλογοι υδροφόροι ορίζοντες και να μην εκδηλώνονται αξιόλογες πηγές.

- Η ύπαρξη ελάχιστων πηγών συνεχούς ροής, μικρής όμως παροχής, και αρκετών που λειτουργούν για μικρά χρονικά διαστήματα, ενισχύουν την άποψη για τη διαμόρφωση από την τεκτονική και τη λιθοστρωματογραφία, υδρογεωλογικών λεκανών μικρής έκτασης και μακροπερατών σχηματισμών μικρού πάχους. Την ίδια άποψη ενισχύει και η εμφάνιση πολυάριθμων μικροπηγών και διάχυτων αναβλύσεων μετά από κάθε αξιόλογη βροχόπτωση.

- Όσον αφορά το μηχανισμό λειτουργίας των πηγών διαπιστώθηκε ότι αυτές στο σύνολό τους είναι πηγές επαφής.

- Για όλους τους παραπάνω λόγους πιστεύουμε ότι δεν έχει νόημα η αναζήτηση υδατικών πινδικές εμφανίσεις της περιοχής αυτής.

ως θεωρούμε πιθανή την άμεση υδραυλική επικοινωνία των ασβεστολίθων της Πίνδου με τα ανθρακικά της Τρίπολης, για την οποίαν άμεση ένδειξη έχουμε μόνο από την περιοχή ΒΑ του Σμαρίου, δεν νομίζουμε όμως ότι αυτή είναι τόσο καθοριστική όσο οι προαναφερθείσες απίτες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, ΑΠ., 1990. Γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής του τοπογραφικού φύλλου «Μοχός», Κεντροανατολική Κρήτη. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 660 σελ., Αθήνα.
- AUBOUIN, J. & DER COURT, J., 1965. Sur la geologie de l' Egee: Regard sur la Crete (Grece). *Bull. Soc. geol France*, (7), 7, 787-821.
- BONNEAU, M., 1973. Les unites tectoniques de l' ile de Crete (Grece). *Prem. Reun. Ann. des Sc. de la Terre*, Paris 90.
- ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν., 1980. Η γεωλογική δομή της Κρήτης. Προβλήματα, παρατηρήσεις και συμπεράσματα. Διατριβή επί υφηγεσία, Ε.Μ.Π. 146 σελ. Αθήναι.
- ROBERT, U. & BONNEAU, M., 1982. Les basaltes des nappes du Pinde et d' Arvi (Crete) et leur signification dans l' evolution geodynamique de la Mediterranee Orientale. *Ann. Geol. des Pays Hell.*, 31, 373-408.
- WACHENDORF, H., GRALLA, P., KOLL, J. & SCHULZE, I., 1980. *Gedynamic des mittellkretischen Deckenstapels (nordliches Dikti-Gebirge)*. *Geotekt Forsch.*, 59. 1-72, Stuttgart.

<i>Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας</i> <i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	<i>Τόμ.</i> <i>Vol.</i>	<i>ΧΧVII</i>	<i>σελ.</i> <i>pag.</i>	<i>147-164</i>	<i>Αθήνα</i> <i>Athens</i>	<i>1991</i>
--	----------------------------	--------------	----------------------------	----------------	-------------------------------	-------------

**ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ
ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ:
ΑΝΔΡΟΣ, ΣΙΦΝΟΣ ΚΑΙ ΔΟΝΟΥΣΑ***

Δ. Παπανικολάου & Ε. Λόγος

με τη συνεργασία των Α. Γκανά, Α. Κοκορομήτη & Ε. Σπυρίδωνος

ABSTRACT

The particular significance of the tectonic structure of the metamorphic formations of the Cyclades regarding their applications on hydrogeology is analyzed. More precisely, the large scale structure of isoclinal folding (D1) can be shown on specific tectonic maps which describe the geometry of the contacts between permeable and impermeable formations and subsequently the attitude of the subsurface water bearing surfaces as well as the axes of the underground water flow. The major hydrogeological contacts between gneisses-schists and marbles, which occur in almost all cycladic islands, are used in these specific maps.

The primary subsurface structure of the important, from the hydrogeological point of view, contacts is affected by younger tectonic structures of systematic open folding (D2) or systematic normal faulting (D3) which create second order water traps. The isoclinal folding in Andros Island constitutes a characteristic example of the primary structure whereas the complex structure of Donoussa Island offers a characteristic example of combination of first and second order structures corresponding to isoclinal folding, followed by open folds and finally by normal faults in monoclinic geometry. In the case of Sifnos Island the tectonic models are further differentiated by the development of listric faults which create a rotation of the overall primary isoclinal folding in each one of the five blocks that can be mapped along the western part of the island. The result is a rotation of the subsurface water flow planes and axes, following the intersection direction between the primary layering of the isoclinal folding and the secondary listric faults.

The above structural analysis in the islands of Andros, Sifnos and Donoussa indicates a methodology for hydrogeological investigations in the metamorphic terrains of the Cyclades based on the geometry of the contacts of the permeable/impermeable formations, followed by the subsurface barriers created by normal faults.

* Papanikolaou, D. & Logos, E., with contribution of Ganas, A., Kokoromitis, A. & Spyridonos, E. Tectonic models of the cycladic metamorphics and their application to Hydrogeology: Andros, Sifnos and Donoussa. University of Athens, Dept. of Dynamic, Tectonic and Applied Geology, Panepistimioupoli, Zografou, 157 84, Athens, Greece (Ανακοινώθηκε στα Χανιά κατά την επιστημονική συνεδρία της 29/11/1991).

<i>Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας</i> <i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	<i>Τόμ.</i> XXVII <i>Vol.</i>	<i>σελ.</i> 147-164 <i>pag.</i>	<i>Αθήνα</i> <i>Athens</i> 1991
---	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

**ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ
ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ:
ΑΝΔΡΟΣ, ΣΙΦΝΟΣ ΚΑΙ ΔΟΝΟΥΣΑ***

Δ. Παπανικολάου & Ε. Λόγος

τη συνεργασία των Α. Γκανά, Α. Κοκορομήτη & Ε. Σπυρίδωνος

ABSTRACT

The particular significance of the tectonic structure of the metamorphic formations of the Cyclades regarding their applications on hydrogeology is analyzed. More precisely, the large scale structure of isoclinal folding (D1) can be shown on specific tectonic maps which describe the geometry of the contacts between permeable and impermeable formations and subsequently the attitude of the subsurface water bearing surfaces as well as the axes of the underground water flow. The major hydrogeological contacts between gneisses-schists and marbles, which occur in almost all cycladic islands, are used in these specific maps.

The primary subsurface structure of the important, from the hydrogeological point of view, contacts is affected by younger tectonic structures of systematic open folding (D2) or systematic normal faulting (D3) which create second order water traps. The isoclinal folding in Andros Island constitutes a characteristic example of the primary structure whereas the complex structure of Donoussa Island offers a characteristic example of combination of first and second order structures corresponding to isoclinal folding, followed by open folds and finally by normal faults in monoclinic geometry. In the case of Sifnos Island the tectonic models are further differentiated by the development of listric faults which create a rotation of the overall primary isoclinal folding in each one of the five blocks that can be mapped along the western part of the island. The result is a rotation of the subsurface water flow planes and axes, following the intersection direction between the primary layering of the isoclinal folding and the secondary listric faults.

The above structural analysis in the islands of Andros, Sifnos and Donoussa indicates a methodology for hydrogeological investigations in the metamorphic terrains of the Cyclades based on the geometry of the contacts of the permeable/impermeable formations, followed by the subsurface barriers created by normal faults.

* Papanikolaou, D. & Logos, E., with contribution of Ganas, A., Kokoromitis, A. & Spyridonos, E. Tectonic models of the cycladic metamorphics and their application to Hydrogeology: Andros, Sifnos and Donoussa. University of Athens, Dept. of Dynamic, Tectonic and Applied Geology, Panepistimioupoli, Zografou, 157 84, Athens, Greece (Ανακοινώθηκε στα Χανιά κατά την επιστημονική συνεδρία της 29/11/1991).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τεκτονική δομή των μεταμορφωμένων σχηματισμών των Κυκλάδων, εκτός της σημασίας που έχει ευρύτερα στη γεωλογική επιστήμη, έχει και ιδιαίτερη σημασία ως προς τις υδρογεωλογικές εφαρμογές. Πιο συγκεκριμένα, η δομή των ισοκλινών πτυχώσεων μεγάλης κλίμακας δίνει τη δυνατότητα κατασκευής ειδικών τεκτονικών χαρτών που δείχνουν την υπόγεια γεωμετρία των επαφών περατό/αδιαπέρατο και επομένως την κλίση των επιπέδων υδροφορίας καθώς και τους άξονες υπεδαφικής ροής. Οι σημαντικές υδρογεωλογικές επαφές μαρμάρων/γνευσιοσχιολίθων που απαντούν σχεδόν σε όλα τα νησιά των Κυκλάδων χρησιμεύουν στην κατασκευή των ειδικών χαρτών.

Η αρχική υπεδαφική διάταξη των υδρογεωλογικά ενδιαφερόντων επαφών με την ισοκλινή πτύκωση (D1) διαφοροποιείται από τις μεταγενέστερες τεκτονικές δομές των συστηματικών ανοιχτών πτυχών (D2) και των συστηματικών κανονικών μεταπτώσεων (D3) που δημιουργούν δευτέρας τάξεως "παγίδες" ύδατος. Το χαρακτηριστικό παράδειγμα στην αρχική δομή της ισοκλινούς πτύκωσης αποτελεί η νήσος Άνδρος, ενώ η νήσος Δονούσας αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα συνδυασμού πρώτης και δεύτερης τάξεως πτυχώσεων από το συνδυασμό ισοκλινούς πτύκωσης και μονοκλινικής διάταξης κανονικών ρηγμάτων. Στην περίπτωση της νήσου Σίφνου παρατηρείται μία επιπλέον εντυπωσιακή διαφοροποίηση των τεκτονικών προτύπων από λιστρικά ρήγματα, που δημιουργούν στροφή της όλης αρχικής ισοκλινούς δομής στα 5 επιμέρους ρηξιπέδα που διακρίνονται κατά μήκος της δυτικής πλευράς του νησιού. Έτσι, παρατηρείται στρέψη των αξόνων υπόγειας ροής ανάλογη της στρέψης των λιστρικών ρηγμάτων, τα οποία μεταβάλλονται σε διεύθυνση από NE-SW σε E-W και σε NW-SE.

Από τη διερεύνηση της υδρογεωλογικής σημασίας των τεκτονικών στοιχείων στα νησιά Άνδρο, Σίφνο και Δονούσα προκύπτει μία μεθοδολογία εφαρμοσμένης τεκτονικής ανάλυσης στην οποία παίζουν καθοριστικό ρόλο, αφενός οι πρωτογενείς επαφές περατό/αδιαπέρατο και αφετέρου οι δευτερογενείς επιφάνειες των ρηγμάτων και ιδιαίτερα των λιστρικών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υδρογεωλογική έρευνα στους αλπικούς σχηματισμούς βασίζεται στον εντοπισμό των επιπέδων και των αξόνων ροής του υπεδαφικού νερού όπως αυτά καθορίζονται από την γεωμετρία των επαφών μεταξύ των υπερκείμενων περατών και υποκείμενων αδιαπέρατων σχηματισμών. Στις ιζηματογενείς ακολουθίες των αλπικών σχηματισμών των Ελληνίδων οι επαφές αυτές αντιπροσωπεύονται συνήθως είτε από περμοτριάδικές ηφαιστειοϊζηματογενείς ακολουθίες που υπόκεινται στρωματογραφικά ανθρακικών σχηματισμών, είτε από περιπτώσεις ηφαίστιων φλυσχικών ακολουθιών που υπόκεινται των ανθρακικών σχηματισμών, είτε με στρωματογραφική επαφή λόγω αναστροφής, είτε με τεκτονική επαφή λόγω λεπίωσης ή επώθησης. Στις περιπτώσεις αυτές η κατασκευή υπεδαφικών χαρτών της επαφής περατού/αδιαπέρατου αποτελεί την κύρια μεθοδολογία στην υδρογεωλογική έρευνα με εφαρμογές γνωστές π.χ. στην Πελοπόννησο (ΛΕΚΚΑΣ, 1978; ΓΕΩΡΓΟΥΛΗΣ, 1984, κ.ά.).

Στις περιπτώσεις των μεταμορφωμένων πετρωμάτων όπως χαρακτηριστικά είναι ο χώρος των Κυκλάδων, τα τεκτονικά πρότυπα που απαντούν μπορούν να καθορίσουν αντίστοιχες μεθοδολογίες υδρογεωλογικής διερεύνησης με βάση την συγκεκριμένη δομή που απαντά στους σχηματισμούς αυτούς και η οποία είναι πολύ διαφορετική από τη δομή των μη μεταμορφωμένων ιζηματογενών ακολουθιών που αναφέρθηκε παραπάνω.

Η τεκμηρίωση της ύπαρξης ισοκλινών κατακεκλιμένων πτυχών μεγάλης κλίμακας στα διάφορα νησιά (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1976, 1977, 1978, 1980, 1984) οδηγεί σε μία πρώτη διάταξη στο χώρο από επαφές περατό/αδιαπέρατο, που στην προκειμένη περίπτωση συνήθως

αντιστοιχούν σε επαφές μεταξύ των διαφόρων τύπων μαρμάρων (και δολομίτες, σιπολινομάρμαρα κ.λπ.) και γνευσιοσχιστολίθων, που με τη βοήθεια τεκτονικών υπεδαφικών χαρτιών οριοθετούν την πρώτη τάξης υδροφορία (Εικ.1).

Η παραπάνω δομή που αναπτύσσεται με τεκτονική ροή και παράλληλη ανάπτυξη σχιστότητας και αποτελεί την κύρια παραμορφωτική φάση βάθους (D1) κατά κανόνα ακολουθείται, έπειτα από μία ή περισσότερες ενδιάμεσες τεκτονικές φάσεις με συνήθως ανοικτές πτυχές (D2) και από μία τελική παραμορφωτική φάση (D3) αμιγώς ρηξιγενούς χαρακτήρα στον ανώτερο τεκτονικό όροφο (ΠΑΡΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1977, 1987). Η τελευταία αυτή ρηγματογόνος φάση αναπτύσσεται συνήθως σε διεύθυνση εγκάρσια προς την πρωτογενή δομή του βαθύτερου τεκτονικού ορόφου δημιουργώντας ένα δεύτερο τεκτονικό πρότυπο, που προστιθέμενο στο προηγούμενο καταλήγει στον εντοπισμό συγκεκριμένων επιπέδων και αξόνων ροής, ανάλογα με το είδος των επαφών ως προς την ιδιότητα περατό/αδιαπεράτο και τις προκύπτουσες διατομές των και δευτερογενών επιφανειών (Εικ. 1).

Ο συνδυασμός των παραπάνω προτύπων οδηγεί σε μία συγκεκριμένη μεθοδολογία υδρογεωλογικής έρευνας στηριζόμενη σε τεκτονική ανάλυση των μεταμορφωμένων σχηματισμών. Η μεθοδολογία αυτή μπορεί να γίνει αντιληπτή από τα συγκεκριμένα παραδείγματα εφαρμογής στην περίπτωση των νησιών Άνδρος, Σίφνος και Δονούσα όπου έγιναν σχετικές εφαρμογές (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν., 1985, 1986, 1988) και όπου τα μέχρι τώρα αποτελέσματα από τις υδρογεωτρήσεις, που ακολούθησαν τις προτάσεις των μελετών, υπήρξαν ιδιαίτερα θετικά.

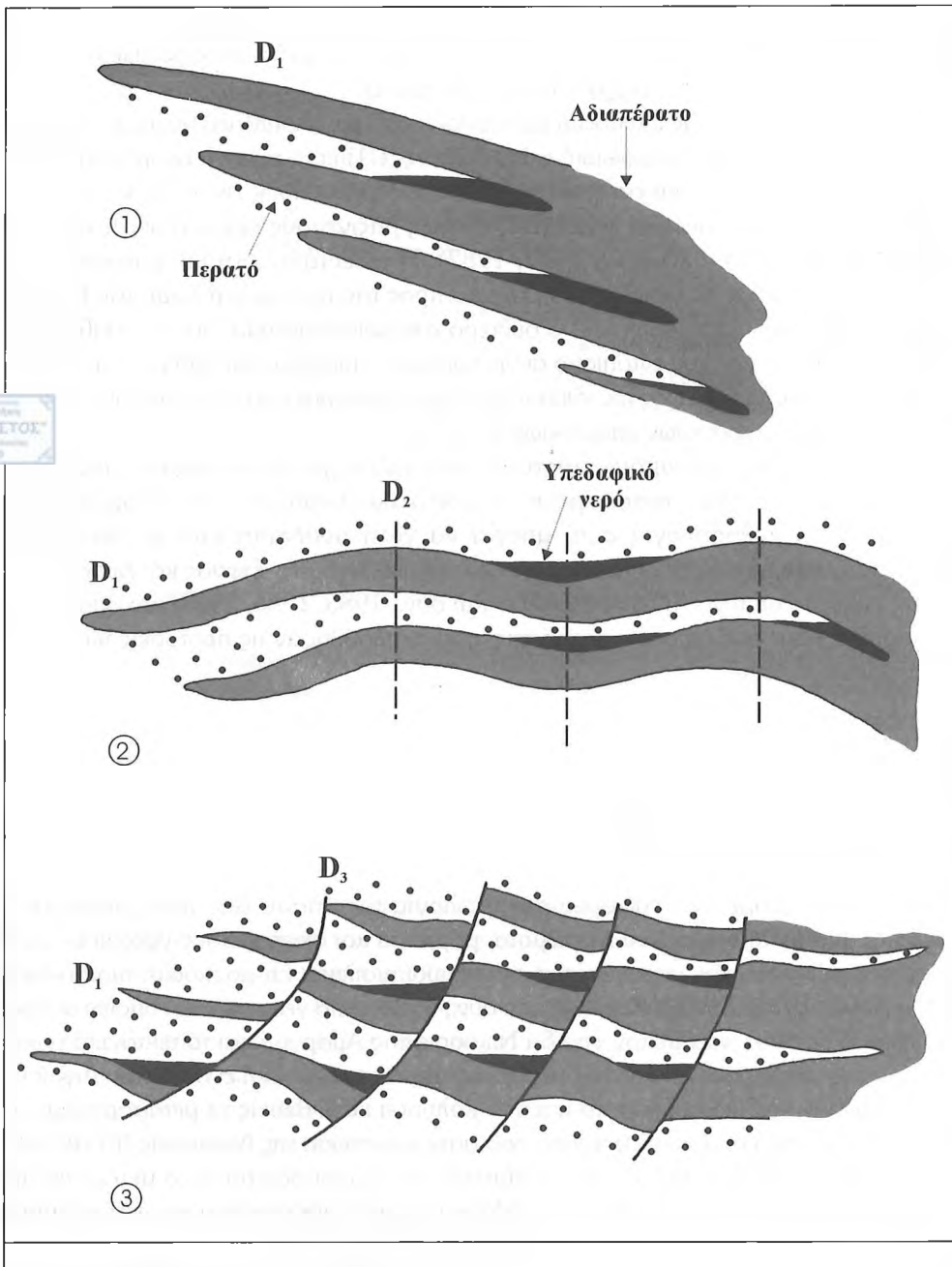
ΔΟΝΟΥΣΑ

Γεωλογική και τεκτονική δομή

Από τις περιορισμένες αναφορές στη γεωλογία της νήσου Δονούσας προκύπτει ότι αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα, μάρμαρα και σχιστόλιθους-γνεύσιους υψηλού βαθμού μεταμόρφωσης με παραγενέσεις ανδαλουσίτη/σιλιμανίτη-μοσχοδίτη-βισιτίτη-χαλαζία (DURR και συν., 1978α, 1978β; REINECKE και συν., 1982). Από γεωτεκτονική άποψη θεώρησαν ότι η Δονούσα ανήκει μαζί με την νησίδα Νικουριά της Αμοργού και τα τεκτονικά ράκη της Ανάφης και των Αστερουσίων της Κρήτης σε μία ανώτερη τεκτονική ενότητα του Αιγαίου που συνδέεται με οφιολιθικά πετρώματα και που καλύπτει κατά θέσεις τα μεταμορφωμένα των Κυκλάδων. Η άποψη αυτή δεν ευσταθεί τόσο στην περίπτωση της Νικουριάς (FYTROLAKIS & ΠΑΡΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1981), όσο και στην περίπτωση της Δονούσας όπου τα μεταμορφωμένα πετρώματα αντιστοιχούν στους λιθοστρωματογραφικούς ορίζοντες του κατώτερου τμήματος της ενότητας των Νοτίων Κυκλάδων (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1986).

Η γενική νεοτεκτονική και γεωμορφολογική εικόνα της Δονούσας υποδηλώνει έντονη ανοδική κίνηση ολόκληρου του νησιού με μέγιστο βαθμό ανύψωσης στο βόρειο τμήμα, που σε συνδυασμό με την έκδηλη θερμική ανακρυστάλλωση των πετρωμάτων και το γεγονός ότι το νησί βρίσκεται στην ίδια ζώνη με τις μέγιστες μορφολογικές κλίσεις η οποία και συμπίπτει με τις μεγάλες γρανιτικές εμφανίσεις των κεντρικών Κυκλάδων (SABOT & ΠΑΡΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1976, 1977) συνηγορεί στην ύπαρξη μεγάλου πρόσφατου πλουτωνίτη γρανιτικής σύστασης σε μικρό βάθος.

Κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση της νήσου διακρίθηκαν δύο κύριοι μεταμορφωμένοι σχηματισμοί: (i) λευκά αδροκρυσταλλικά μάρμαρα, με έντονη επίδραση θερμικής μεταμόρφωσης



Εικ. 1: Υδρογεωλογικά πρότυπα των μεταμορφωμένων των Κυκλάδων όπως προκύπτουν από τις κύριες παραμορφωτικές φάσεις (D1, D2, D3).

(1): Αρχική ισοκλινή πύκνωση D1 με συγκέντρωση νερού στα πυθμαία των πτυχών που σχηματίζονται από τις επαφές περατό (μάρμαρο)/αδιαπέρατο (γνευσιοσχιστόλιθοι).

(2): Δευτερογενής πύκνωση D2 με συγκέντρωση νερού στα πυθμαία των συγκλίνων πτυχών που πτυχώνουν τις αρχικές ισοκλινείς πτυχές των επαφών περατό/αδιαπέρατο.

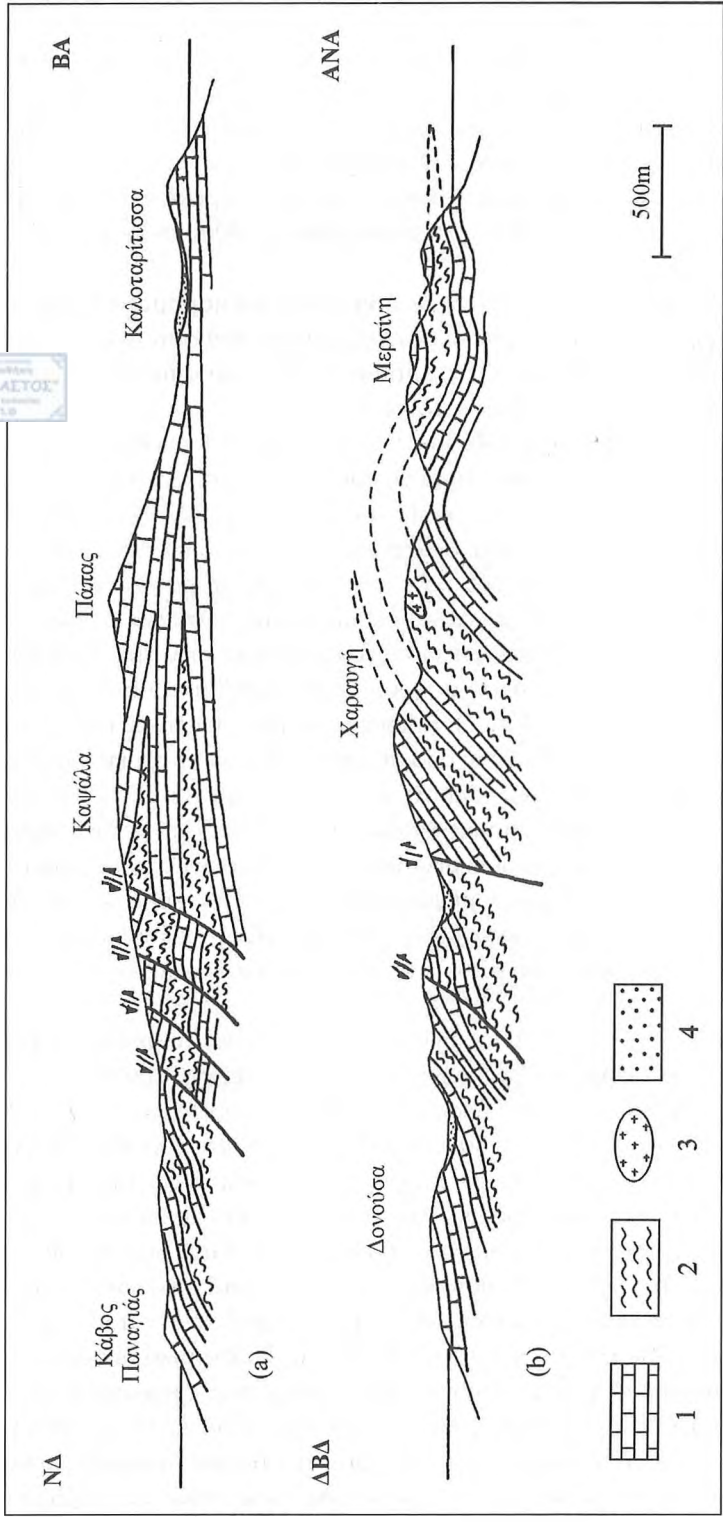
(3): Τελική παραμορφωτική δομή με κανονικά ρήγματα D3 που διακόπτουν τη συνέχεια των προηγούμενων πτυχών και δημιουργούν υπόγεια φράγματα.

από πλουτώνιτες που πιθανότατα υπάρχουν σε μικρό βάθος όπως σε γειτονικά νησιά (Μύκονος, Πάρος, Νάξος, κ.ά.), με πάχος που ποικίλλει λόγω της ροϊκής παραμόρφωσης και των ισοκλινών πτυχών (Εικ. 2) και (ii) αμφιβολητικοί σχιστόλιθοι, κυρίως μετατόφφοι βασικής σύστασης με παρεμβολές μεταπηλιτών, μεταψαμμιτών και λεπτών οριζόντων μαρμάρων πάχους 1-5 m. Στην περιοχική βορειοανατολικά της Μερσίνης οι αμφιβολητικοί σχιστόλιθοι μεταβαίνουν σε μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους με πλήθος φλεβιδίων χαλαζία και αστρίων που δίνουν στο πέτρωμα την εικόνα μιγματίτη που γεινιάζει με 2-3 μικρές γρανιτικές εμφανίσεις (Εικ. 2). Μέσα στους σχιστολίθους απαντά επίσης μία μεγάλη χαλαζιακή φλέβα (2x30m) στους πρόποδες του υψώματος Βάρδια.

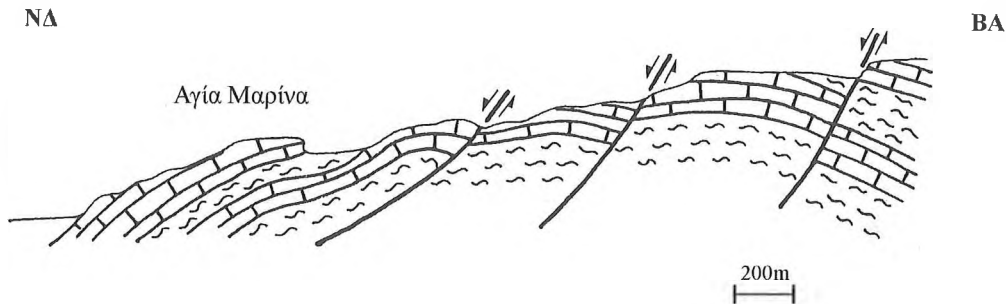
Οι τεταρτογενείς αποθέσεις απαντούν είτε σαν γωνιώδη πλευρικά κορήματα δίπλα σε ρηξιγενείς ζώνες, είτε σαν χαλαρά ιζήματα στις κοίτες των χειμάρων κοντά στην εκβολή τους στους όρμους, αλλά και ως σκληρές επιφλοιώσεις-κρούστες όπως στην περίπτωση των μμικτικού σχηματισμού στην κοιλάδα βόρεια του λιμανιού.

Η κκή διεύθυνση των σχηματισμών είναι Β-Ν έως ΒΑ-ΝΔ με γενική κλίση προς Δ και ΒΔ, με αποτέλεσμα οι κατώτεροι τεκτονικά σχηματισμοί να εμφανίζονται στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού ενώ οι ανώτεροι στο δυτικό (Εικ. 2). Η επανάληψη των ίδιων σχηματισμών μαρμάρων και σχιστολίθων οφείλεται στην ύπαρξη ισοκλινών πτυχών με διεύθυνση αξόνων ΒΒΑ-ΝΝΔ, όπως έχει τεκμηριωθεί και σε μεγαλύτερα νησιά όπως η Άνδρος και η Πάρος (ΠΑΡΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1978, 1980). Στην περίπτωση της Δονούσας πέρα από το στρωματογραφικό κριτήριο παρατηρείται ότι έχουμε φαινόμενα αποσφήνωσης τριών εμφανίσεων αμφιβολητικού σχιστολίθου στα νότια πρηνή του Πάπα ανάμεσα στις κορυφές Καψάλα και Βάρδια που αντιστοιχούν σε κορυφαία ισοκλινών πτυχών (Εικ. 2). Επίσης η ύπαρξη ισοκλινών πτυχών με κανονικά και ανεστραμμένα σκέλη επιβεβαιώνεται και από τη παρατήρηση των χαρακτηριστικών μεταβατικών πυριτικών οριζόντων μαρμάρων, άλλοτε με τα μάρμαρα υποκείμενα των σχιστολίθων και άλλοτε αντίθετα. Η μεγάλης κλίμακας ανοικτή αντικλινική δομή με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ που χωρίζει το νησί σε δύο τμήματα και οι μικρότερης κλίμακας δομές στην περιοχική της Μερσίνης (αντικλινική και συγκλινική) έχουν μεγάλη σημασία για την κυκλοφορία του υπόγειου νερού, δεδομένου ότι πρόκειται για νεότερες δομές που πτυχώνουν όλες τις προηγούμενες ισοκλινείς πτυχές, δίνοντας την εντύπωση ότι τα διαδοχικά σκέλη τους είναι απλά κεκλιμένα στρώματα.

Η πολυπλοκότητα της τεκτονικής δομής των ισοκλινών πτυχών αυξάνεται με την ύπαρξη έντονης ρηξιγενούς τεκτονικής που εκφράζεται με κανονικά ρήγματα, όπως στην περίπτωση του δυτικού ατερίσματος της κοιλάδας του όρμου Κέδρος από την Αγ. Μαρίνα έως 1 km ΒΒΑ, όπου διακρίνονται τρία σημαντικά ρήγματα με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, κλίση 30ο-45ο προς τα ΔΝΔ και άλμα που υπολογίζεται σε 20-50 m με κριτήριο την μετατόπιση της επαφής μαρμάρων/σχιστολίθων (Εικ. 3). Πέρα από τα ρήγματα αυτά η Δονούσα χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τεράστιων λιστρικών ρηγμάτων, τα οποία στα ανώτερα τμήματα καταλήγουν σε τυπικές σφαιρικές κατολισθήσεις. Τα λιστρικά ρήγματα παρατηρούνται κατά μήκος των ΒΔκων και ΒΑκων ακτών και συνδέονται με την απότομη παράκτια μορφολογία, όπου η μέση μορφολογική κλίση ξεπερνά το 80%, ενώ τοπικά φθάνει το 120%. Τα λιστρικά ρήγματα και οι σφαιρικές κατολισθήσεις δημιουργούν δύο γεωλογικά επικίνδυνες ζώνες κατολισθήσεων: μία με διεύθυνση ΒΑ-ΝΑ στις ΒΔ/κες ακτές και άλλη με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ στις ΒΑ/κες ακτές, ενώ η μετακίνηση είναι έντονη και συνεχής όπως φαίνεται από την μορφολογία και από την συνεχή μετατόπιση των αγρών και των μονοπατιών που υπάρχουν πάνω στα κορήματα που συγκεντρώνονται στα πεδία των κατολισθήσεων.



Εικ. 2: Γεωλογικές τομές της Δουρούσας όπου παρουσιάζεται η δομή των ισοκλινών πυχών στην περιοχή Πάπας και τα νεότερα κανονικά ριγμάτα (a) καθώς και οι ανοικτές πυχές στην περιοχή της Μερσίνης που πυχώνουν τις αρχικές ισοκλινείς πυχές (b). 1. Μάρμαρα, 2. Γνευσο-οξιτόλιθοι, 3. Γρανίτες, 4. Αποθέσεις Τεταρτογενούς.



Εικ. 3: Γεωλογική τομή που παρουσιάζει τα διαδοχικά κανονικά ρήγματα στην περιοχή της Αγ. Μαρίας που μεταθέτουν τις επαφές μαρμάρων/γνευσιο-σχιστολίθων.

Υδρογεωλογία

Οι παραπάνω γεωλογικοί σχηματισμοί της Δονούσας μπορούν να διακριθούν σε: (i) υδροπερατούς, όπου εντάσσονται οι μικροδιαπερατές τεταρτογενείς αποθέσεις, στις οποίες το νερό κυκλοφορεί διαμέσου των πόρων και τα μακροδιαπερατά μάρμαρα όπου το νερό κυκλοφορεί μέσω των ρωγμών που σχηματίζονται από τις διάφορες ασυνέχειες όπως η στρώση, η σχιστότητα, οι διακλάσεις κ.λπ. καθώς και από τα φυσικά έγκοιλα που δημιουργούνται από τη χημική αποσάρθρωση και τη δημιουργία του κάρσι και (ii) αδιαπέρατους, όπου ανήκουν οι σχιστολίθοι οι οποίοι γενικά είναι στεγανοί εκτός από τα επιφανειακά 5-10m που αντιστοιχούν στον μανδύα αποσάρθρωσης και συμπεριφέρονται σαν μικροδιαπερατοί.

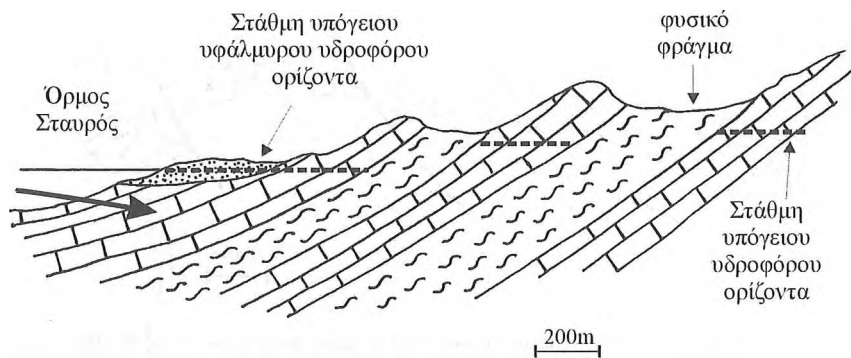
Οι μακροδιαπερατοί σχηματισμοί των μαρμάρων διακρίνονται σε δύο επιπλέον κατηγορίες: (i) όταν ο υδροφόρος ορίζοντας έρχεται σε επαφή με τη θάλασσα οπότε είναι υφάλμυρος, όπως συμβαίνει και με τον υδροφόρο ορίζοντα των μικροπερατών σχηματισμών της Δονούσας πίσω από τον όρμο του Σταυρού και (ii) όταν δεν υπάρχει κίνδυνος αλμύρνησης, είτε διότι υπάρχει φυσικό φράγμα από τον αδιαπέρατο σχιστολίθο, είτε διότι βρίσκεται εξ ολοκλήρου πάνω από της επιφάνεια της θάλασσας (Εικ. 4).

Στον υδρογεωλογικό χάρτη της Δονούσας (Εικ. 5) παρατηρείται μία ιδιαίτερη περίπτωση στον όγκο των μαρμάρων νότια του όρμου Κέδρος όπου υπάρχει μερική επικοινωνία με την θάλασσα, η οποία όμως δεν πρέπει να συνεχίζεται πολύ βαθιά στη χέρσο δεδομένου ότι η στάθμη του πιθανού υδροφόρου ορίζοντα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 500 m από την ακτή και αρκετά υψηλότερα από το επίπεδο της θάλασσας. Στην περίπτωση αυτή έχει σημειωθεί το πιθανό όριο μεταξύ του μετώπου της αλμύρνησης και του υπόλοιπου υδροφόρου όγκου. Επίσης σαν όριο αλμύρνησης έχει χρησιμοποιηθεί ο άξονας του αντικλίνου που περνά από τους επιφανειακούς υδροκρίτες Πάπας και Βάρδια, διότι διαχωρίζει την υπόγεια κίνηση του νερού ανατολικά προς τη θάλασσα και δυτικά προς τις εναλλαγές υδροπερατών/αδιαπερατών σχηματισμών και τους οικισμούς. Στον υδρογεωλογικό χάρτη σημειώνεται επίσης η φορά κίνησης του υπόγειου νερού μέσα στους μακροπερατούς σχηματισμούς, όπως αυτή καθορίζεται από την τεκτονική δομή.

Οι διαμορφωμένες υδρογεωλογικές συνθήκες κάνουν σαφές ότι εκτός από τα επιφανειακά νερά που απαντούν στις πρόσφατες αποθέσεις και έχουν πρόβλημα αλμύρνησης, η κυκλοφορία του υπεδάφικου νερού γίνεται στα μάρμαρα. Έτσι, πρωταρχικός παράγοντας είναι ο καθορισμός

ΝΑ

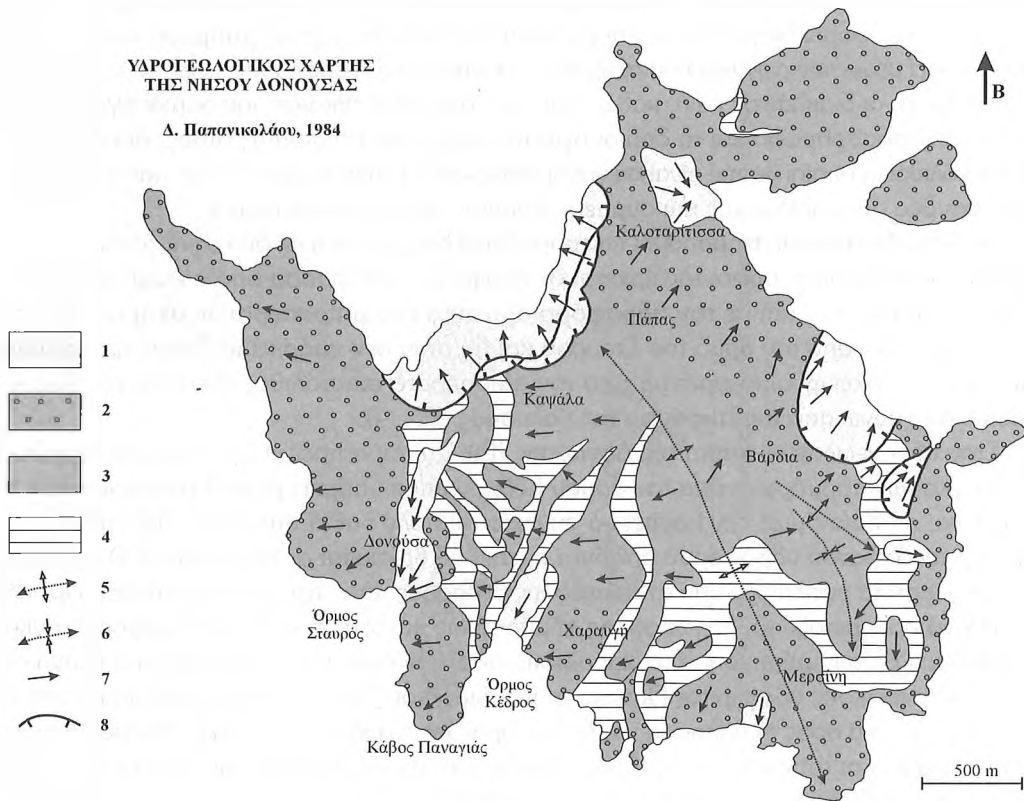
ΒΑ



Γεωλογική τομή όπου διακρίνονται τα φυσικά φράγματα που σχηματίζονται από τους γνευσιο-σχιστόλιθους, έλεσμα να μειώνεται ο κίνδυνος αλμύρνησης του υδροφόρου οριζοντα στα μάρμαρα.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ
ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΔΟΝΟΥΣΑΣ

Α. Παπανικολάου, 1984



Εικ. 5: Υδρογεωλογικός χάρτης της Δονούσας

1. Μικροπερατοί σχηματισμοί (αλλούβια, κώνιοι κορημάτων), 2. Μακροπερατοί σχηματισμοί (μάρμαρα) με αλμύρνηση, 3. Μακροπερατοί σχηματισμοί (μάρμαρα), 4. Αδιαπερατοί σχηματισμοί (γνευσιο-σχιστόλιθοι), 5. Αξονας αντικλίνου, 6. Αξονας συγκλίνου, 7. Φορά κίνησης υπεδafικού νερού, 8. Λιστρικά ρήγματα.

της γεωμετρίας των επαφών μεταξύ μαρμάρων/σχιστολίθων που το νερό ακολουθεί αφότου κατεισδύει στα μάρμαρα.

Το υδρογεωλογικό πρότυπο της Δονούσας είναι κατ'αρχήν οι δέσμες υδροφόρων οριζόντων στα μάρμαρα που με την μορφή ισοκλινών πτυχών επαναλαμβάνονται. Από την υπόγεια γεωμετρία των υδροφόρων επαφών μαρμάρων/σχιστολίθων διακρίνονται τρεις περιπτώσεις επαφών: (i) επαφές που έχουν μικρότερη κλίση από τη μορφολογική της επιφάνειας όπου έχουμε εκροή νερού ή ανάλογα με την κλίση της επαφής και τον όγκο του μαρμάρου, πηγές, (ii) επαφές που έχουν κλίση μεγαλύτερη της μορφολογικής οι οποίες όμως αφορούν μάρμαρα που επικοινωνούν με τη θάλασσα και επομένως δεν προσφέρονται για αναζήτηση νερού (iii) επαφές που έχουν κλίση μεγαλύτερη της μορφολογικής και που τα υπερκείμενα τους μάρμαρα δεν επικοινωνούν με τη θάλασσα διότι υπάρχει φυσικό φράγμα από σχιστολίθο και αποτελούν τις κατ'εξοχήν ερευνητές για υπεδαφικό νερό. Επίσης από τη φορά κίνησης του υπεδαφικού νερού αίνεται σε ποιές θέσεις το νερό κατεισδύει σε βάθος στα μάρμαρα και πού βγαίνει μάρμαρα στην επιφάνεια.

Δευτερογενής διαμόρφωση του προτύπου γίνεται από τους άξονες των αντικλινών-συγκλινών που αποτελούν νεότερες δομές που πτυχώνουν τις ισοκλινείς πτυχές καθώς και από τον κατακερματισμό των υπόγειων ζωνών υδροφορίας από τα ρήγματα, δημιουργώντας υπόγειες υπολεκάνες κατά μήκος μιας ζώνης υδροφορίας. Μία ενδιαφέρουσα υπολεκάνη προσδιορίζεται από τα 3 κανονικά ρήγματα κατά μήκος της ράχης που οδηγεί από τον κάβο Παναγίας στην Καψάλα. Στην περιοχή αυτή η επαφή μαρμάρων/σχιστολίθων βυθίζεται με κλίση 10° - 30° προς τα ΒΔ ακολουθώντας την γενική στρώση των μαρμάρων και η προς τα ΒΔ κίνηση του υπεδαφικού νερού μέσα στα μάρμαρα δημιουργεί έναν άξονα αποστράγγισης παράλληλα με τον άξονα της ράχης αμέσως βορειότερα.

ΣΙΦΝΟΣ

Γεωλογική και τεκτονική δομή

Η συστηματικότερη γεωλογική χαρτογράφηση, με έμφαση στη πετρολογία, έγινε από την Δάβνη (1966), η οποία στο γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1:50.000 (έκδοση ΙΓΜΕ) περιγράφει μάρμαρα και δολομίτες σε εναλλαγή με γνεύσιους και σχιστολίθους γλαυκοφανιτικούς-γλαυκοφανίτες-χαλαζίτες που διέκρινε μέσα στους γνεύσιους κυρίως στο βόρειο αλλά και στο νότιο τμήμα του νησιού.

Από γεωτεκτονική άποψη η Σίφνος μπορεί να ενταχθεί στην ενότητα των Βορείων Κυκλάδων δεδομένου ότι λείπουν τα νηρικά μάρμαρα με την σμύριδα (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1986), ενώ οι κυανοσχιστολίθοι του βόρειου τμήματος μοιάζουν με αυτούς στη Σύρο και Τήνο. Η ηλικία της μεταμόρφωσης υπολογίζεται σε Ηωκαινική, περίπου 42 Ma για την κυανοσχιστολιθική και σε Μειοκαινική, περίπου 21-24 Ma, για την πρασινοσχιστολιθική φάση (SCHLIESTEDT *et al.*, 1987).

Η στρωματογραφική διάρθρωση κατά GOURNELLOS (1980), μέσα από τη λογική των ισοκλινών πτυχών που παρατήρησε, περιλαμβάνει: (i) ένα κατώτερο κλαστικό σχηματισμό, που αποτελείται από ένα σύνολο γνευσίων και σχιστολίθων με μετα-όξινα πετρώματα, παρεμβολές μετα-κερατολίθων και φακούς ανθρακικών πετρωμάτων, αξιοσημείωτου πάχους, (ii) ένα κατώτερο σχηματισμό τεφρών ή κυανών μαρμάρων με σχιστολιθικούς φακούς, 100-

200 m πάχους, (iii) ένα σχηματισμό μετα-κροκαλοπαγούς με κλάστες από καλαζία, δολομίτη, μάρμαρα, μετα-βασικά και μετα-όξινα πετρώματα, πάχους 60-80m, (iv) ένα ανώτερο κλαστικό σχηματισμό από ασβεστιτικούς -γλαυκοφαντικούς σχιστόλιθους και γνεύσιους, πάχους μικρότερο από 80 m, (v) ένα ανώτερο σχηματισμό μαρμάρου με έντονη δευτερογενή δολομιτίωση, αγνώστου πάχους και (vi) κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και τεταρτογενείς αποθέσεις.

Από τη συστηματική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:25000, που έγινε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, διαπιστώθηκε ότι η στρωματογραφική στήλη της Σίφνου απλουστεύεται με την ύπαρξη δύο ουσιαστικά σχηματισμών: (i) ένα σχηματισμό μαρμάρων που αποτελούν τη πιθανή βάση, με πάχος που είναι δύσκολο να προσδιοριστεί λόγω των ισοκλινών πτυχών και της ροϊκής παραμόρφωσης. Ο σχηματισμός του μετα-κροκαλοπαγούς με εναλλαγές ανθρακικού και αργιλικού υλικού παρατηρείται τοπικά με μεταβαλλόμενο πάχος και συνήθως αντιστοιχεί σε στρώματα μετάβασης από τα μάρμαρα στους σχιστόλιθους. (ii) ένα σχηματισμό

λίθων που αποτελούν την οροφή με πάχος που πιθανόν ξεπερνά τα 500 m.

GOURNELLOS (1980) περιέγραψε τη δομή των ισοκλινών πτυχών της Σίφνου σύμφωνα με τη γεωμετρία των άλλων Κυκλάδων και διέκρινε τέσσερις παραμορφωτικές φάσεις με πτυχές διαφόρων προσανατολισμών (NE-SW, NW-SE, N-S). Ο λόγος της διασποράς των διευθύνσεων των αξόνων των πτυχών όπως θα δούμε στη συνέχεια οφείλεται στην ύπαρξη λιστρικών ρηγμάτων, τα οποία έχουν στρέψει τα διαδοχικά τεκτονικά τεμάχια με μία δεξιόστροφη κίνηση που παρακολουθείται από Βορρά προς Νότο. Κατά τη χαρτογράφηση έγινε δυνατή η διάκριση των διαδοχικών ισοκλινών κατακεκλιμένων πτυχών μέσα σε κάθε τεμάχιο με εντοπισμό των κορυφαίων των πτυχών σε ορισμένες θέσεις όπως: (i) στην περιοχή βόρεια του οικισμού Τρουλάκια, όπου τα αξονικά επίπεδα των ισοκλινών πτυχών έχουν μεγάλες κλίσεις προς NW και οι άξονες είναι περίπου οριζόντιοι, (ii) στην περιοχή των νότιων πρανών του Αγ. Συμεών, όπου οι άξονες είναι επίσης οριζόντιοι αλλά τα αξονικά επίπεδα κλίνουν ελαφρά προς NE, (iii) στα νότια πρανή του Προφ. Ηλία και της Πλατιάς Ράχης, όπου οι άξονες των πτυχών βυθίζονται προς NE όπως ακριβώς και τα αξονικά επίπεδα των πτυχών. Μία χαρακτηριστική εναλλαγή μαρμάρου/σχιστόλιθου λόγω ισοκλινών πτυχών εμφανίζεται στα νότια πρανή του Αγ. Συμεών στον όρμο Καμάρες σε φυσική τομή.

Όσον αφορά στα ρήγματα, στο μεν γεωλογικό χάρτη της Δάβη (1966) σημειώνονται πολλά, τα οποία όμως δεν διακόπτουν τη συνέχεια των στρωμάτων και αποτελούν φωτοερμηνεία αεροφωτογραφιών, στο δε χάρτη κατά GOURNELLOS (1980) σημειώνονται ελάχιστα, τα οποία είτε διακόπτουν τη συνέχεια των στρωμάτων είτε αποτελούν χαρακτηριστικές μορφοτεκτονικές γραμμές, δεν σημειώνονται όμως οι κυριότερες ρηξιγενείς ζώνες που διαχωρίζουν τα ανεξάρτητα ρηξιτεμάχια. Οι ρηξιγενείς ζώνες που εντοπίστηκαν στην παρούσα μελέτη αντιστοιχούν σε μικρής κλίσης λιστρικά ρήγματα, στα οποία εκτός από τη χαρακτηριστική τοξοειδή γεωμετρία του μετώπου τους είναι χαρακτηριστική και η αλλαγή της κλίσης της ρηξιγενούς επιφάνειας, η οποία μπορεί να αρχίζει σχεδόν κατακόρυφη στα υψηλότερα σημεία για να καταλήγει σχεδόν οριζόντια στα χαμηλότερα σημεία κοντά στις ακτές.

Τέτοια ρήγματα έχουν εντοπισθεί στην Σύρο (RIDLEY, 1984) καθώς και στη Δονούσα (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1985). Τα λιστρικά ρήγματα διακόπτουν την συνέχεια της όλης δομής των μεταμορφωμένων σχηματισμών της Σίφνου και παρατηρείται διαφορετικός προσανατολισμός της επικρατούσας τεκτονικής διεύθυνσης που οφείλεται στο ότι αυτά αποτελούν ρηξιγενείς μορφές παραμόρφωσης του ανώτερου τεκτονικού ορόφου με επικρατούσα ενταπική συνιστώσα τη βαρύτητα και με κίνηση που επιφέρει στρέψη.

Συγκεκριμένα, στη Σίφνο παρατηρούνται τέσσερα μεγάλα λιστρικά ρήγματα (Εικ. 6): (i)

στην περιοχή της Χερσονήσου στο βόρειο τμήμα του νησιού με πολύ μικρή κλίση (10° - 20°) προς NW, (ii) στα βόρεια πρανή του Αγ. Συμεών με διεύθυνση WSW-ESE κλίση 30° - 40° προς SW, (iii) στα ανατολικά πρανή του Προφ. Ηλία από τον όρμο Καμάρες ως τον όρμο Πλατυγιαλός, με γενική διεύθυνση NW-SE και κλίση 20° - 50° προς SW που αποτελεί την μεγαλύτερη δομή λιστρικού ρήγματος στο Κεντρικό Αιγαίο η οποία και διαχωρίζει ουσιαστικά το νησί σε δύο τεμάχια, (iv) στην περιοχή ανάμεσα στους όρους Βαθύ και Πλατυγιαλός με γενική διεύθυνση ENE-WSW και κλίση 30° - 40° SSE καθώς και μερικά μικρότερα ίδιας γεωμετρίας που πλησιάζουν την συνήθη μορφή κατολισθήσεων όπως νότια του δρόμου Καμάρες-Απολλωνία. Η γενική εικόνα της ρηξιγενούς τεκτονικής της Σίφνου αποτελείται από την σταθερή ζώνη του βασικού ρηξιτεμάχου-υποβάθρου του ανατολικού τμήματος και διαδοχικά ρηξιτεμάχια με ολίσθηση προς τα δυτικά στο δυτικό τμήμα. Οι επιφάνειες των λιστρικών ρηγμάτων αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την υδρογεωλογία της νήσου και α κίνηση του νερού.

Υδρογεωλογία

Η υπόγεια υδροφορία της Σίφνου εντοπίζεται στα μάρμαρα και ιδιαίτερα στα κατώτερα σημεία τους κοντά στις επαφές με τους υποκείμενους σχιστόλιθους. Γενικά, δηλαδή το ατμοσφαιρικό νερό κατεισδύει στα μάρμαρα έως ότου φτάσει σε υποκείμενους αδιαπέρατους σχιστόλιθους οπότε ακολουθεί τη γεωμετρία της επαφής δημιουργώντας υπόγειους άξονες αποστράγγισης και είτε εκβάλλει στη θάλασσα δημιουργώντας υποθαλάσσιες πηγές, είτε εγκλωβίζεται σε υπόγειες λεκάνες σε διάφορα υψόμετρα, ακόμη και κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

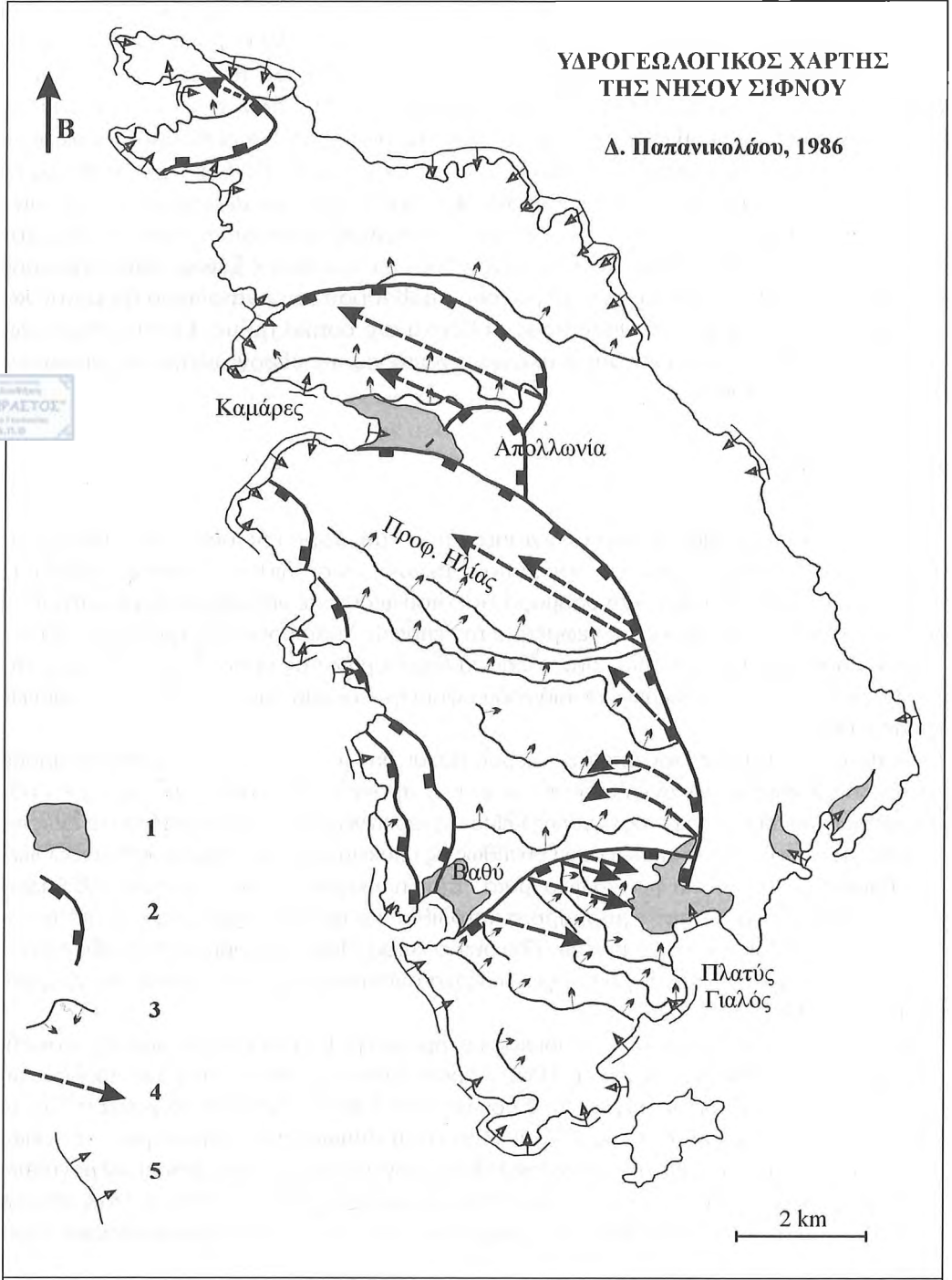
Επομένως, η ανεύρεση του υπόγειου νερού είτε σε υπόγεια λεκάνη, είτε εν κινήσει απαιτεί λεπτομερή γνώση της τεκτονικής δομής που στην προκειμένη περίπτωση, όπως έχει ήδη αναφερθεί, περιλαμβάνει αφενός μεγάλης κλίμακας ισοκλινείς πτυχές και αφετέρου τα λιστρικά ρήγματα, που λόγω του ότι ακολουθούν συνήθως τις υποκείμενες των μαρμάρων σχιστολιθικές μάζες δημιουργούν υπόγεια φυσικά φράγματα. Έτσι, η υπόγεια κίνηση του νερού καθορίζεται από τη γεωμετρία της επαφής μάρμαρα/σχιστόλιθοι και από τη γεωμετρία των λιστρικών ρηγμάτων. Στην περίπτωση διατομής των δύο αυτών επιφανειών όπου απαντούν οι αδιαπέρατοι σχιστόλιθοι έχουμε τη δημιουργία υπόγειου άξονα αποστράγγισης κατά μήκος της γραμμής διατομής (Εικ. 6).

Το υδρογεωλογικό αυτό πρότυπο παρίσταται σχηματικά με βάση την περίπτωση της περιοχής των ανατολικών προβούλων του Προφ. Ηλία, η οποία ενδιαφέρει την ύδρευση της Απολλωνίας, αλλά ισχύει για όλες τις όμοιες περιπτώσεις που σχηματίζονται στα λιστρικά ρήγματα της Σίφνου (Εικ. 7). Με βάση το πρότυπο αυτό έχει γίνει η αποτύπωση των κυριότερων υπόγειων υδροφόρων επιφανειών μαρμάρων/ σχιστολιθων, υπόγειων φραγμάτων-λιστρικών ρηγμάτων και των αξόνων υπόγειας ροής με βάση τις κλίσεις των στρωμάτων, τις βυθίσεις των αξόνων των πτυχών και τις κλίσεις των λιστρικών ρηγμάτων πάνω στον ειδικό υδρογεωλογικό χάρτη (Εικ. 6).

Συμπερασματικά, κάθε άξονας υπόγειας ροής αποτελεί και γεωμετρικό τόπο θέσεων για υδρογεωτρήσεις. Η επιλογή της κατάλληλης θέσης κατά μήκος κάθε άξονα υπόγειας ροής εξαρτάται από το υψόμετρο της επιφάνειας και το προσβάσιμο του εδάφους, το βάθος της αναμενόμενης υδροφορίας και την πιθανότητα αλμύρνησης, λόγω της εισόδου του θαλασσινού νερού, στα αρνητικά υψόμετρα.

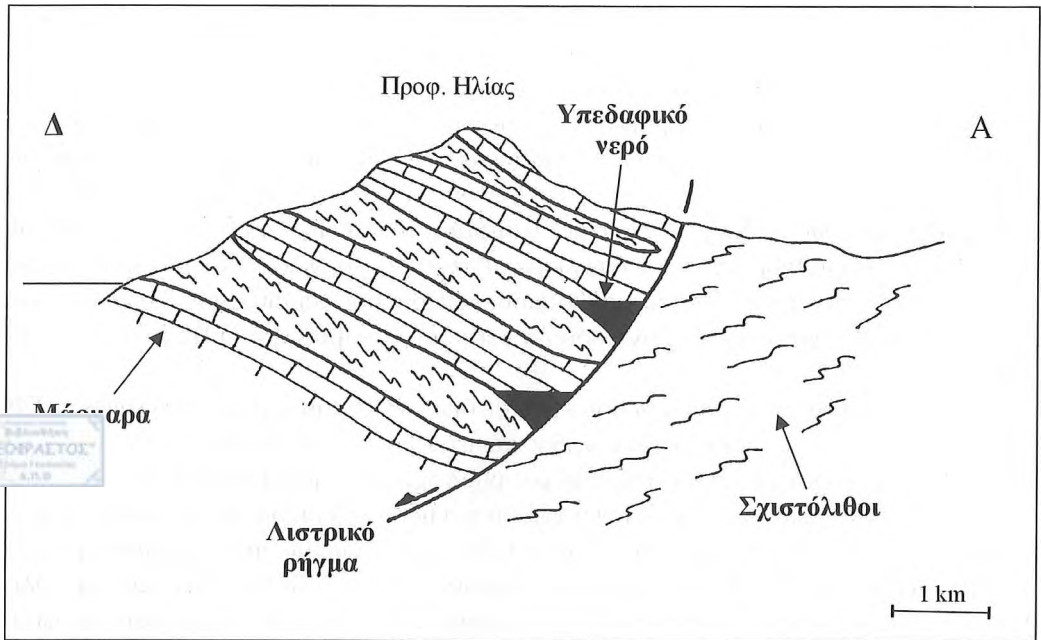
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ
ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΣΙΦΝΟΥ

Δ. Παπανικολάου, 1986



Εικ. 6: Υδρογεωλογικός χάρτης της Σίφνου

1. Παράκτιες λεκάνες με υφάλμυρο ελεύθερο οριζόντα σε μικροδιαπερατούς σχηματισμούς (αλλουβία),
2. Λιστρικό ρήγμα, 3. Επαφή περατό/αδιαπέρατο (μάρμαρα/οπισιτόλιθοι) με υδροφορία και η φορά κίνησης του νερού, 4. Υπόγειος άξονας απορροής, 5. Μέτωπα διείσδυσης θαλασσινού νερού.



Εικ. 7: Το υδρογεωλογικό πρότυπο της Σίφνου που περιλαμβάνει τις επιφάνειες των λιστρικών ρηγμάτων που λειτουργούν σαν υπόγεια φράγματα και τις θέσεις όπου εγκλωβίζεται το υπεδάφικό νερό στην διατομή των λιστρικών ρηγμάτων με τις επαφές μάρμαρα/σχιστόλιθοι, που επαναλαμβάνονται λόγω ισοκλινών πτυχών.

ΑΝΔΡΟΣ

Γεωλογική και τεκτονική δομή

Η συστηματική μελέτη της Άνδρου με γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:30.000 και λεπτομερή στρωματογραφική και τεκτονική ανάλυση έγινε από τον Παπανικολάου στα πλαίσια διδακτορικής διατριβής με σειρά δημοσιεύσεων (1976, 1977, 1978) καθώς και σε άλλες δημοσιεύσεις στα πλαίσια της γεωλογίας των Κυκλάδων (1984, 1986, 1987).

Η Άνδρος δομείται από δύο γεωτεκτονικές ενότητες (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1978): (i) την ενότητα Βορείων Κυκλάδων που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του νησιού, χαρακτηρίζεται από μεταμορφωμένα πετρώματα υψηλών πιέσεων/χαμηλών θερμοκρασιών, μεσοζωϊκής ηλικίας και περιλαμβάνει κυρίως μάρμαρα (νηρπικά στη βάση-πελαγικά στην οροφή), σιπολινομάρμαρα, μαρμαρυγιακούς, αμφιβολιτικούς, ασβεστιτικούς σχιστόλιθους και επιδοιτικούς, αλβιτικούς γνεύσιους που πιθανά προέρχονται από μετατοφίτες, μεταβασάλτες καθώς και πολλά μετακλασικά ιζήματα και (ii) την ενότητα Μακροτάνταλου, που εμφανίζεται στην Βόρεια Άνδρο στην περιοχή Μακροτάνταλου, χαρακτηρίζεται από πετρώματα περμικής ηλικίας (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1976, 1978), που έχουν υποστεί κυανοσχιστολιθική φάση μεταμόρφωσης και περιλαμβάνει κυρίως μάρμαρα, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους-φυλλίτες-χαλαζίτες, κλωριτικούς-επιδοιτικούς-αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους έως αμφιβολίτες και η οποία βρίσκεται επωθημένη πάνω στην ενότητα Βορείων Κυκλάδων. Ο γενικός στρωματογραφικός χαρακτήρας και των δύο ενότητων είναι ένας αριθμός από οριζόντες μαρμάρων και σιπολινών με μία

μεγάλη μάζα από μετατόφρους και μεταπηλίτες πάντα πλούσιους σε ανθρακικά, ενώ υπάρχουν επίσης μερικοί καλαζίτες και πυριτικά στρώματα μέσα στα μάρμαρα.

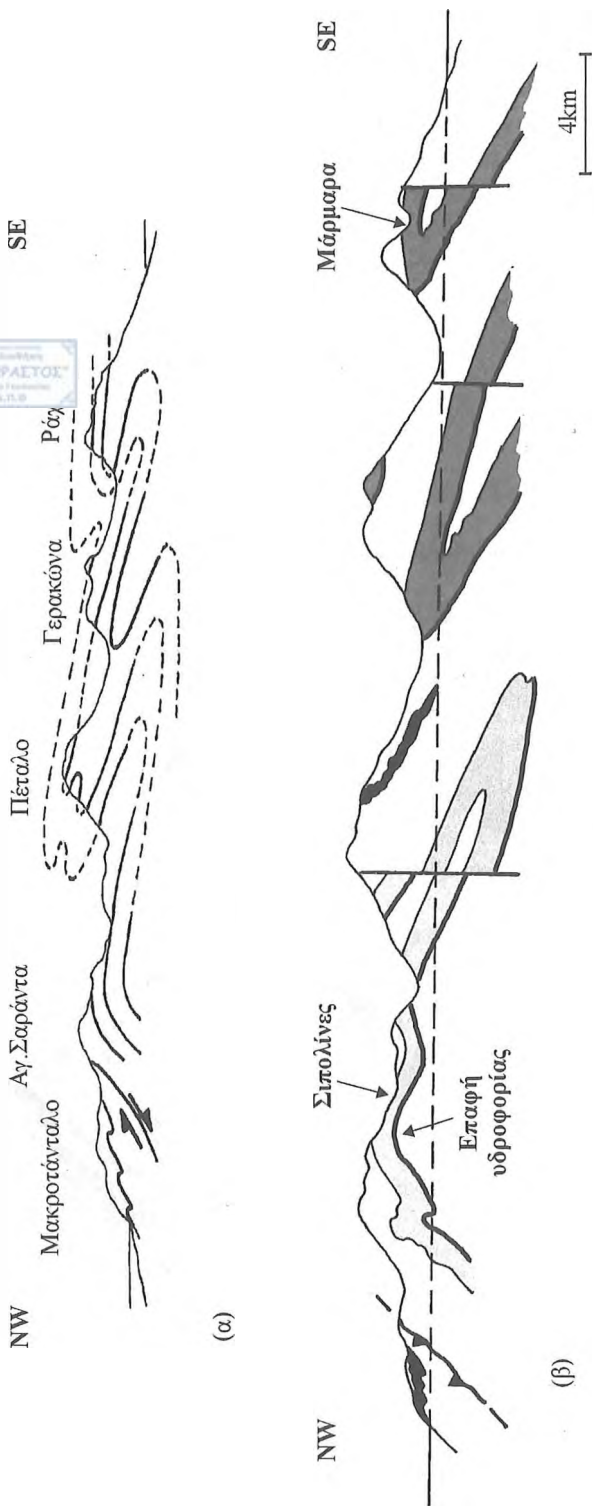
Η στρωματογραφική διάρθρωση της νήσου συμπληρώνεται από εκρηξιγενή πετρώματα που παρατηρούνται κυρίως κατά μήκος της τεκτονικής επαφής μεταξύ των δύο παραπάνω ενότητων και αποτελούν υπερβασικά πετρώματα οφιολιθικού τύπου (σερπεντινίτες ή ελαφρά σερπεντινωμένοι περιδοτίτες) καθώς και μικρές εμφανίσεις όξινων εκρηξιγενών πετρωμάτων με την μορφή φλεβών σε διάφορες θέσεις. Τα ιζηματογενή πετρώματα του Τεταρτογενούς που απαντώνται στην Άνδρου είναι πολύ περιορισμένα, κυρίως αργιλοσαμμιτικά υλικά από την αποσάθρωση των σχηματισμών του υποβάθρου, ασβεσπικοί ψαμμίτες που διακρίνονται σε έναν παλαιότερο συμπαγή και έναν νεότερο εύθρυπτο σχηματισμό καθώς και πλευρικά κορήματα.

Η λεπτομερής τεκτονική ανάλυση που έγινε σε όλες τις κλίμακες (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1978) ότι τα μεταμορφωμένα και τα υπερβασικά πετρώματα έχουν υποστεί την ίδια τεκτονική παραμορφωση, στάδια της οποίας είναι: (i) μία υπολειμματική παλιά παραμορφωτική φάση με ισοκλινείς πτυχές ακαθόριστης διεύθυνσης, (ii) μία πολύ ισχυρή παραμορφωτική φάση με ισοκλινείς πτυχές με σχιστότητα κατά αξονικό επίπεδο και γράμμωση παράλληλη προς τον άξονα με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ κατά την οποία δημιουργούνται οι δύο καθοριστικές μεγάλες κατακεκλιμένες πτυχές της Άνδρου (D1), (iii) μία νεότερη δεύτερη παραμορφωτική φάση σχεδόν ομοαξονική προς την προηγούμενη που πυχώνει την αρχική σχιστότητα και συναντάται συνήθως σαν ολισθοδιατμητικός σχισμός με διεύθυνση Α-Δ (D2), (iv) μία νεότερη τρίτη παραμορφωτική φάση που χαρακτηρίζεται από μετάβαση από συνθήκες πύκωσης σε συνθήκες θραύσης με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ με χαρακτηριστικά κανονικά ρήγματα με πλάγια ολίσθηση (D3) και (v) μία τέταρτη παραμορφωτική φάση που εκδηλώνεται αποκλειστικά με θραύση που καταστρέφει τον προηγούμενο τεκτονικό ιστό.

Υδρογεωλογία

Η υδροφορία της Άνδρου εντοπίζεται αφενός στις περιοχές των αλλουβίων και των πλευρικών κορημάτων, όπου αναπτύσσεται επιφανειακός ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας και αφετέρου στους μακροπερατούς σχηματισμούς των μαρμάρων και των σιπολινών, όπου αναπτύσσονται υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες. Οι περιπτώσεις των επιφανειακών οριζόντων σε πρόσφατους χαλαρούς ιζηματογενείς σχηματισμούς αντιμετωπίζονται με τις συνήθεις μεθόδους εκμετάλλευσης με πηγάδια ή αβαθείς γεωτρήσεις ή καλλιέργια πηγών. Αντίθετα οι περιπτώσεις των υπόγειων υδροφόρων στα μεταμορφωμένα πετρώματα της Άνδρου απαιτούν άριστη γνώση της τεκτονικής δομής και της στρωματογραφικής διάρθρωσης. Ο εντοπισμός των περιοχών όπου πιθανόν να υπάρχει μόνιμη υπόγεια δεξαμενή ή δίοδος νερού βασίζεται στη γεωμετρία των επαφών ανάμεσα σε περατούς και αδιαπέρατους σχηματισμούς και στην περίπτωση της Άνδρου οι επαφές αυτές αφορούν στη βάση των οριζόντων μαρμάρων και σιπολίτη.

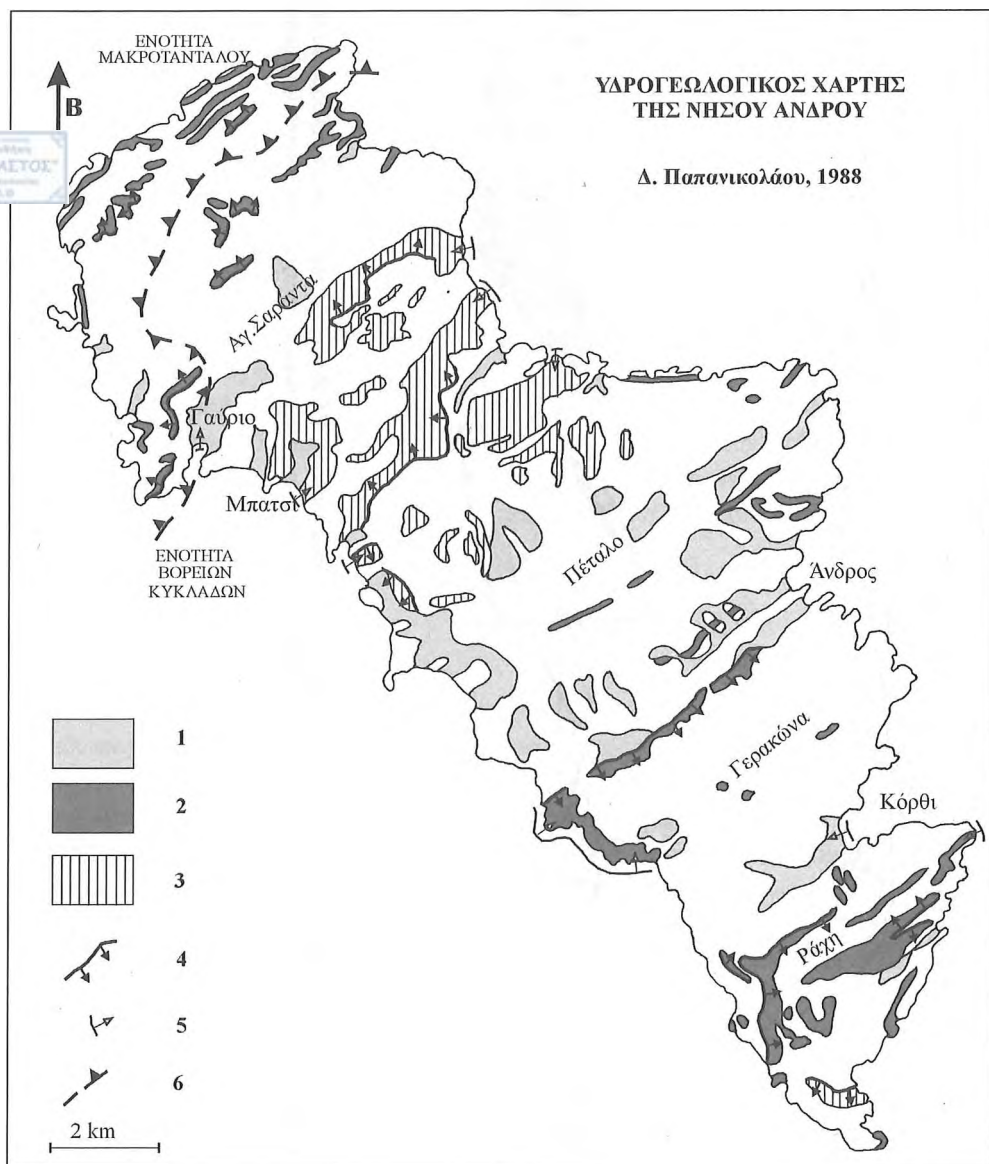
Η γενική γεωλογική τομή της Άνδρου μπορεί να χρησιμεύσει σαν οδηγός των ευνοϊκών θέσεων για τον εντοπισμό συγκλινικών δομών των επαφών περατό/αδιαπέρατο της Άνδρου (Εικ. 8). Οι θέσεις αυτές είναι οι εξής: (i) τα πυθμαία των κλειστών πτυχών των περμικών μαρμάρων της ενότητας Μακροτάνταλου στην περιοχή βόρεια των οικισμών Κάλαμος, Χάρτες, Καλιβάρι, (ii) τα πυθμαία των συγκλινικών δομών των σιπολινών του Αγ. Πέτρου στην περιοχή



Εικ. 8: Γενική τεκτονική δομή κατά μήκος της νόσου Άνδρου (α) (από Παπανικολάου, 1978) και γεωλογική τομή με την υδρογεωλογική ερμηνεία της (β) όπου διακρίνονται οι υδροπερατοί σχηματισμοί μαρμάρων και σιπολινών, που οριοθετούν τις επιφάνειες περατό/αδιαπέρατο (μάρμαρα-σιπολίτες/σιπολίτοι) σε συνάρτηση με τις ισοκλίσεις πτυχώσεις.

του Άνω Γαυρίου και βόρεια από το Μπατόσι και (iii) οι πυρήνες των ισοκλινών κατακεκλιμένων πτυχών του κατώτερου μάρμαρου στην αξονική περιοχή της Σταυροπέδας έως τα Φαλλικά και Λειβάδια και στην κορυφαία ζώνη της Ράχης, στην περιοχή Πίσω Μεριά καθώς και στην περιοχή Αγ. Άννας στον πυρήνα της αντικλινικής δομής (Εικ. 8).

Από τις παραπάνω τρεις κατηγορίες θέσεων οι οποίες φαίνονται και στον υδρογεωλογικό χάρτη (Εικ. 9), η πρώτη των περμικών μαρμάρων του Μακροτάνταλου έχει πολύ περιορισμένες δυνατότητες υδροφορίας, λόγω του μικρού πάχους των μαρμάρων και της αποκοπής της



Εικ. 9: Υδρογεωλογικός χάρτης της Άνδρου

1. Μικροπερατοί σχηματισμοί (αλλούβια, κορήματα), 2. Μάρμαρα (μακροπερατοί σχηματισμοί), 3. Σιπολίτες (μακροπερατοί σχηματισμοί), 4. Επαφές υδροφορίας περατό/αδιαπεράτο και η φορά κίνησης του υπεδραφικού νερού, 5. Μέτωπα διείσδυσης θαλασσινού νερού, 6. Τεκτονική επαφή.

συνέχειας των οριζόντων. Η τρίτη κατηγορία αφορά είτε δυσπρόσιτες περιοχές χωρίς σημαντικούς οικισμούς, είτε περιοχές όπου δεν υπάρχει μεγάλη ανάγκη νερού. Αντίθετα η δεύτερη κατηγορία των σιπολινών έχει δυνατότητα αξιοποίησης, λόγω της γειννίας με οικισμούς όπου υπάρχει ανάγκη νερού και σε σχετικά προσβάσιμες περιοχές. Μειονέκτημα αποτελεί το ότι οι σιπολίνες του Αγ. Πέτρου περιλαμβάνουν άλλοτε πολύ ανθρακικό ασβέστιο και είναι σιπολινομάρμαρα ή και μάρμαρα έντονα μακροπερατά, ενώ άλλοτε περιλαμβάνουν σχιστολιθικούς οριζόντες με παρεμβολές ασβεστιτικών οριζόντων ελάχιστα μακροπερατών. Πάντως είναι γεγονός ότι τα συστήματα διακλάσεων είναι έντονα ανεπτυγμένα και με μεγάλη συχνότητα. Έτσι, η προσπάθεια για ανεύρεση υπόγειου νερού σε μεγάλη ποσότητα πρέπει να γίνει στους σιπολίνες στην περιοχή μεταξύ του Άνω Γαυρίου και Μπασιό και σε βάθη από 200-300m.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΓΕΩΡΓΟΥΛΗΣ, Ι., 1984. Γεωλογικά Έρευναι εις την Επαρχίαν Μαντινείας. Διδακτορική διατριβή, Παν/μιο Αθηνών.
- GOURNELLOS, TH., 1980. Contribution a l'etude geologique des Cyclades (Grece): L'ile de Siphnos, These de 3eme Cycle, Paris.
- ΔΑΒΗ, Ε., 1966. Γεωλογική κατασκευή της νήσου Σίφνου. Γεωλ. Γεωφ. Μελ., ΙΓΜΕ, 10/3, 161-220.
- DURR, S., ALTHERR, R., KELLER, J., OKRUSCH, M. & SEIDEL, E., 1978. The median Aegean crystalline belt: stratigraphy, structure, metamorphism, magmatism. In Alps, Apennines, Hellenides, 455-477.
- DURR, S., SEIDEL, E., KREUZER, H. & HARRE, W., 1978. Temoins d'un metamorphisme d'age cretace superieur dans l'Egeide: datations radiometriques de mineraux provenant de l'ile de Nikouria. *Bull. Soc. Geol. France*, XX, 209-213.
- ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν. & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., in collaboration with PANAGOPOULOS, A., 1981. Stratigraphy and structure of Amorgos Island, Aegean Sea. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 30/2, 455-472.
- ΛΕΚΚΑΣ, Σ., 1978. Συμβολή εις την γεωλογικήν δομήν της περιοχής Τριπόλεως. Διδακτορική διατριβή Παν/μιο Αθηνών, 192 σελ.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1976. Η ηλικία του Κρυσταλλοσχιστώδους εις την νήσον Άνδρον. *Πρακτ. Ακαδ. Αθηνών*, 51, 292-301.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1977. The successive structures of the Post-alpine orogeny in Andros Island, Cyclades. VI Coll. Geol. Aegean Region, I, 311-319.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1978. Γεωλογικά έρευναι εις την νήσον Άνδρον. Διατριβή επί διδακτορία, Παν/μιο Αθηνών, 231 σελ.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1978. Contribution to the Geology of Aegean Sea. The island of Andros. *Ann. Geol. Pays Hellen.* 29/2, 477-553.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1980. Contribution to the Geology of Aegean Sea. The island of Paros. *Ann. Geol. Pays Hellen.* 30/1, 65-96.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1984. The three metamorphic belts of the Hellenides: a review and a kinematic interpretation. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.* 17, 551-561.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1986. Γεωλογία της Ελλάδας. Επτάλοφος, 240 σελ.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1986. The Medial Tectonometamorphic Belt of the Hellenides. 3rd Congress Geol. Soc. Greece, May 1986, *Bul. Geol. Soc. Greece*, 20/1, 101-120.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1987. Tectonic Evolution of the Cycladic Blueschist Belt (Aegean Sea, Greece). In *Chemical Transport in Metasomatic Processes*, Reidel Publ.co., 429-450.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. σε συνεργασία με ΓΚΑΝΑ, Α., ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗ, Α., ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ, Ε., 1985. Υδρογεωλογική μελέτη της νήσου Δονούσας (Κυκλάδες). Παν/μιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Έκθεση προς την Νομαρχία Κυκλάδων, 38 σελ.

- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. σε συνεργασία με ΓΚΑΝΑ, Α., ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗ, Α., ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ, Ε., 1986. Υδρογεωλογική μελέτη νήσου Σίφνου. Παν/μιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Έκθεση προς την Νομαρχία Κυκλάδων, 75 σελ.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. σε συνεργασία με ΓΚΑΝΑ, Α., ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗ, Α., ΛΟΓΟ, Ε., ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ, Ε., 1988. Υδρογεωλογική μελέτη νήσου Άνδρου. Παν/μιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Έκθεση προς την Νομαρχία Κυκλάδων, 199 σελ.
- REINECKE, T., ALTHERR, R., HARTUNG, B., HADJIPANAGIOTOU, K., KREUZER, H., HARRE, W., KLEIN, H., KELLER, J., GEENEN, E. & BOGER, H., 1982. Remnants of a late Cretaceous high temperature belt on the Island of Anafi (Cyclades, Greece). N. Jb. Miner. Abh. 145, 157-182.
- RIDLEY, G., 1984. The significance of deformation associated with blueschist facies metamorphism of the Aegean Island of Syros. Geol. Soc. London, Spec. Publ, 17, 545-550.
- SABOT, V. & PAPANIKOLAOU, D., 1976. La contribution de l'analyse geomorphologique a l'etude des grands mouvements du socle dans la mer Egee. Prakt. Acad. Athenes, 51, 86-96.
- SABOT, V. & PAPANIKOLAOU, D., 1977. Some geomorphological aspects of the Cyclades and their importance morphotectonic evolution of the area. VI Coll. Geol. Aegean Region, Athens 1977, Proc. 529-534.
- EDT, M., ALTHERR, R. & MATTHEWS, A., 1987. Evolution of the Cycladic Crystalline Complex: Petrology, isotope geochemistry and geochronology. n: Helgeson (ed) Chemical Transport in Metasomatic Processes, 389-428, Reidel.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Χρ. Πεταλάς & Ι. Διαμαντίς ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ Ν. ΡΟΔΟΠΗΣ)	5
Ι. Διαμαντίς & Δ. Κωνσταντινίδης Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΕ ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ, ΣΕ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ	17
Α. Δημάδη ΠΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΡΩΝ ΤΩΝ ΚΑΡΣΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΤΟΥ ΦΑΛΛΑΚΡΟΥ ΟΡΟΥΣ - ΔΡΑΜΑ	27
Ι. Διαμαντίς & Θ. Τζεβελέκης ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΤΗΣ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ Σ' ΕΝΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΟ ΠΕΔΙΟ	37
Ι. Φουντούλης & Ε. Λέκκας Η ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΗΣ ΙΟΝΙΟΥ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΟΡΟΣ ΛΑΠΙΘΑΣ (ΔΥΤ. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ)	47
Δ.Ι. Παπανικολάου, Σ.Γ. Λόζιος, Ε.Κ. Λόγος & Χ.Ι. Σίδερης ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΠΙΚΗΣ ΔΕΚΑΝΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ (Περιοχές ΝΕΜΕΑΣ - ΤΡΙΚΑΛΩΝ)	57
V. Skourtsis-Coroneou, V. Tselepidis & V. Petridou-Nazou STRATIGRAPHY OF THE TRIASSIC FORMATIONS OF THE ISLAND OF HYDRA	77
V. Tselepidis, N. Solakius & A. Mavridis ON THE FIRST OCCURRENCE OF AMMONITES IN THE CRETACEOUS STRATA OF THE PARNASSUS-GHIONA ZONE, CENTRAL GREECE	95
Ηλ. Γερολυμάτος & Ιωάν. Κοϊνάκης ΔΟΛΟΜΙΤΕΣ ΚΑΙ ΜΑΡΜΑΡΑ ΣΕ ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΑ ΠΕΔΙΑ	105
Παν. Ηλία, Κ. Παντουλά & Μ. Πλυτά ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΧΡΥΣΟΥ ΣΤΗ ΔΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΥΡΩΤΑ	121
Απ. Αλεξόπουλος & Σπ. Λέκκας Ο ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΤΩΝ ΠΙΝΔΙΚΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΜΑΡΙΟΥ (Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ-ΚΡΗΤΗ)	133
Δ. Παπανικολάου & Ε. Λόγος με τη συνεργασία των Α. Γκανά, Α. Κοκορομύτη & Ε. Σπυρίδωνος ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ: ΑΝΔΡΟΣ, ΣΙΦΝΟΣ ΚΑΙ ΔΟΝΟΥΣΑ	147

