

<i>Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας</i> <i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	<i>Τόμ.</i> <i>XXVII</i> <i>Vol.</i>	<i>σελ.</i> <i>133-146</i> <i>pag.</i>	<i>Αθήνα</i> <i>Athens</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 σχιστολιθών, πηλιδών, 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 περιφέρεια της τα πιο αξιόλογα χωριά είναι η Επισκοπή το Σγουροκεφάλι, ο Σαμπάς, οι Απόστολοι, το Καστέλι Πεδιάδας, το Καλό Χωριό, το Κόξαρι και η Γάλυπε (Εικ. 1).

Γεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής

Στην περιοχή κυριαρχούν τα ιζήματα της ενότητας Ωλονού-Πίνδου (σειρά της Εθιάς). Τα ιζήματα 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), ανωτριάδικής έως μεσοπωκαινικής ηλικίας. Εμφανίζονται νότια και ανατολικά της μελετούμενης περιοχής.

Στο νοτιοανατολικό άκρο της περιοχής, αναπτύσσονται μεταίζημα της ενότητας Φυλλιών-Χαλαζιτών, (περιοχή Καστελίου-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, πηλινών 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 κλασικά ιζήματα, κυρίως από πηλίτες, ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστολίθους, μέσα στους οποίους απαντούν κατά θέσεις διαβάσεις ή σπηλίτες.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Αλλουβιακές αποθέσεις
Νεογενές (αδιαίρετο)



ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΙΝΔΟΥ

Αδιαίρετοι ασβεστόλιθοι (Ιουρασικό-Αν. Ηώκαινο). Χαρακτηριστική η παρεμβολή σε ακανόνιστα στρωματογραφικά ύψη εναλλαγών λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων - κερρατολίθων - κίτρινων αργιλικών σχιστολίθων και ερυθρών πηλινών



Μεσοηκαινικός φλύσχης

Ανωπαλαιοκαινικός - κατωηκαινικός φλύσχης



Μέσο-ανω παλαιοκαινικός φλύσχης

Κλαστικός σχηματισμός Καμπανίου - Κάτω Μαστιχίου



Πρώτος φλύσχης (α) και ερυθροί πηλίες-ραδιολαρίτες με παρεμβολές λατυποπαγών ασβεστολίθων (β)



Εναλλαγές αργιλικών σχιστολίθων-ερυθρών πηλινών-κερατολίθων-λατυποπαγών-ασβεστολίθων, ανωιουρασικής - κατωκηληθικής ηλικίας



Κλαστικό τριασικό με διαβασικές παρεμβολές



ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΡΙΠΟΛΗΣ

Ανωηκαινικός φλύσχης

Αδιαίρετοι ασβεστόλιθοι (Α. Τριασικό - Α. Ηώκαινο)



Φυλλίτες, χαλαζίτες, σχιστολίθοι με παρεμβολές λεπτοπλακωδών μαρμάρων

Βαρίσκια μεταμορφωμένα πετρώματα

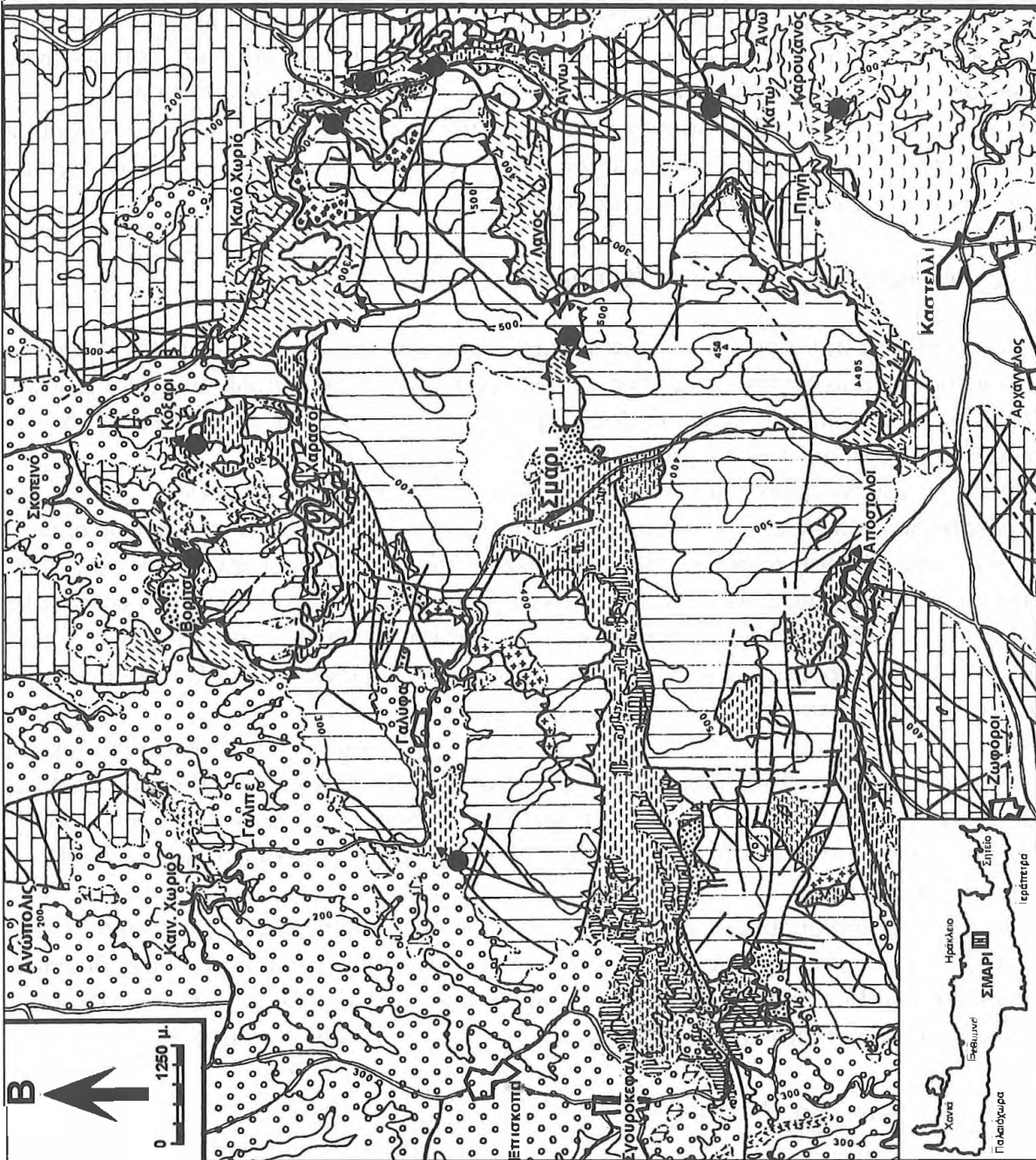


Επώθηση ενότητας Πίνδου

Επίπλευση ενότητας Πίνδου

Επώθηση ενότητας Τρίπολης

Ρήγμα και πιθανή ή καλυμμένη προέκτασή του Πηνι



Εικ. 1: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής Σιμαρίου.

Στους στρωματογραφικά ανώτερους ορίζοντες απαντούν κατά θέσεις εναλλαγές λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων, 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 εφιππεύουν σε ανωτριάδικά κλαστικά ιζήματα.

Το Αν. Ιουρασικό και Κ. Κρητιδικό (μέχρι την εμφάνιση του πρώτου φλύσχη), συγκροτούνται από δύο, διαδοχικά επαναλαμβανόμενες, διαφορετικής υδρογεωλογικής συμπεριφοράς, βασικές λιθολογικές μονάδες. Η μια περιλαμβάνει πολύμεικτους, παχυστρωματώδεις, λατυποπαγείς ασβεστολίθους και η άλλη, εναλλαγές λεπτοστρωματωδών μικριτικών και μικρολατυποπαγών ασβεστολίθων, κερατολίθων, κίτρινων αργιλικών σχιστολίθων 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 Φλύσχης» 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 φλύσχης» 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 σχιστολίθων 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 κερατολίθων, με ή χωρίς παρεμβολές κλασικών οριζόντων και αργιλικών σχιστολίθων και β: από σχηματισμούς στους οποίους κυριαρχούν οι εναλλαγές ερυθρών πηλινών - κερατολίθων.

Ως εκ τούτου οι κύριοι ρυθμιστές της υδρογεωλογικής συμπεριφοράς της ανωκρητιδικής ακολουθίας είναι οι ορίζοντες των αδιαπέρατων σχηματισμών (κλασικοί ορίζοντες, αργιλικοί σχιστολίθοι και ερυθροί πηλίτες), η κατανομή των οποίων μεταβάλλεται τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο, ιδιαίτερα στο χρονικό διάστημα Καμπάνιο - Αν. Μαιστρίχτιο.

Παλιόκαινο - 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 στρωμάτων σε διάφορα επίπεδα περιορίζει σημαντικά τη δυνατότητα κατείσδυσης αξιόλογων ποσοτήτων 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 λιθοστρωματογραφική 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 καρσικοποίησή τους ούτε την ανάπτυξη αξιόλογων υδροφόρων συστημάτων (οριζόντων).

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Γενικά

Ρήγματα, διακλάσεις, πτυχές, λέπη και συλλόλιθοι 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 λέπη, 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:

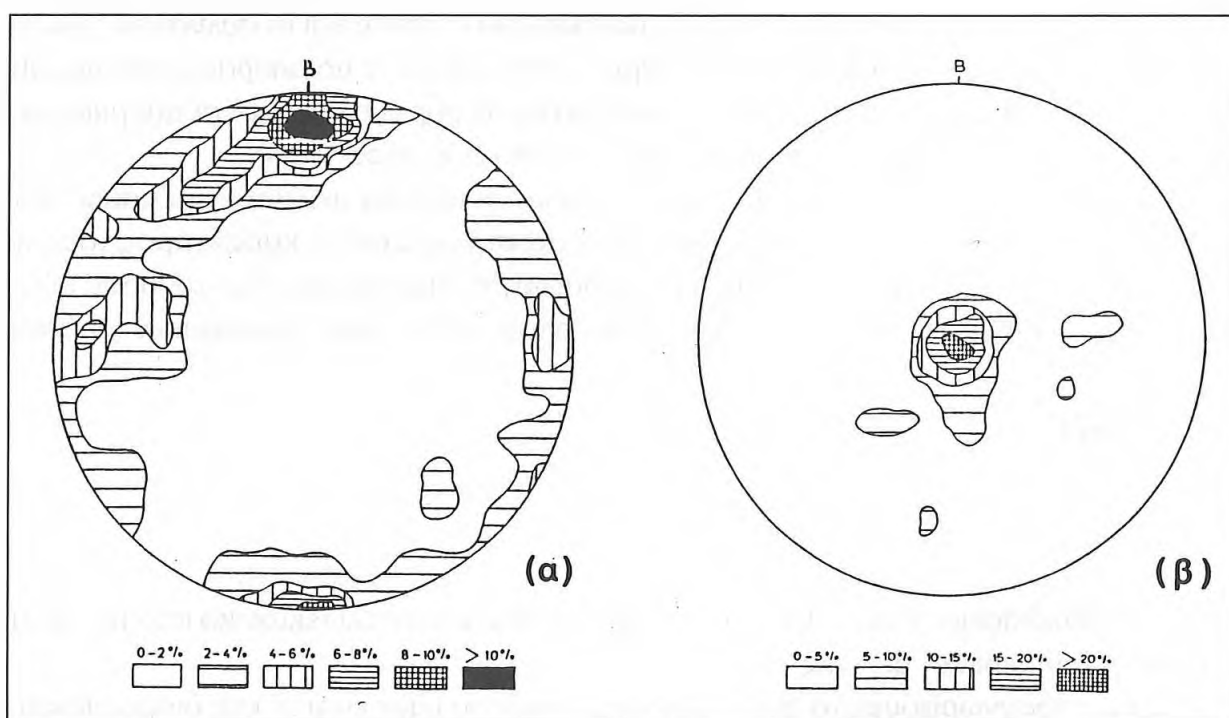
- Δύο τουλάχιστον πτυχογόνες παραμορφωτικές φάσεις έχουν επηρεάσει τα ιζήματα των πινδικών εμφανίσεων.
- Οι άξονες των πτυχών, παρά τη μεγάλη διασπορά των διευθύνσεών τους, παρουσιάζουν μια τάση ανάπτυξης παράλληλα προς δύο προτιμητέες διευθύνσεις, μια Βορράς-Νότος και μια Ανατολή-Δύση (Εικ. 2α). Δεν 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 κατά 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 περιοχική μελέτη.

Από τη λεπτομερή γεωλογική картоγράφηση 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 λέπη.

Λόγω των διαδοχικών λεπιώσεων παρατηρούμε αρχαιότερα στρώματα να εφιππεύουν σε νεώτερα και νεώτερα 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 κλαστικός, υδρογεωλογικά αδιαπέρατος, σχηματισμός (κλαστικό τριαδικό, πρώτος ή κανονικός φλύσχης, 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.

ΣΧΕΣΗ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ 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.)

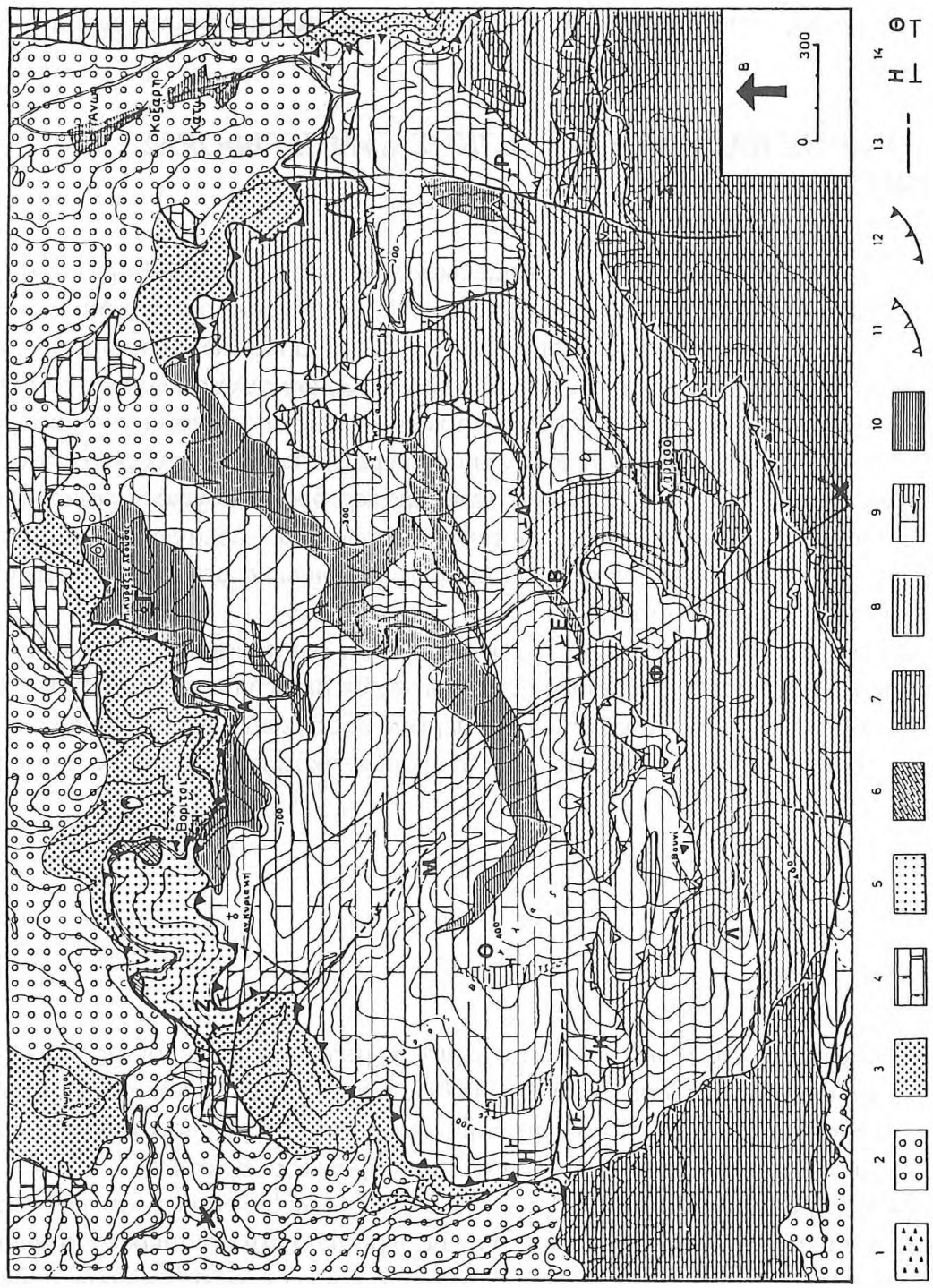
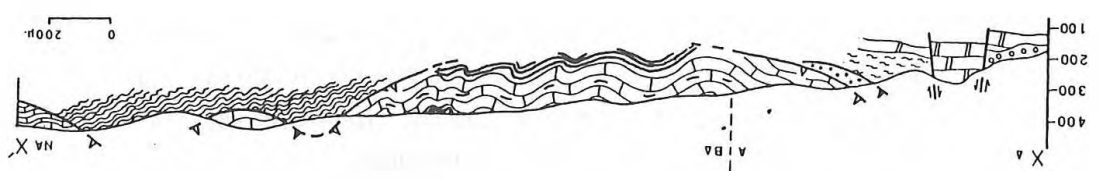
- Η παρουσία στη βάση των διαφόρων λεπών αδιαπέρατων σχηματισμών, οι οποίοι έχουν ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της υδραυλικής επικοινωνίας μεταξύ των ασβεστόλιθων των διαφόρων λεπών, καθώς και οι διαστάσεις των επί μέρους υδρογεωλογικών λεκανών, είναι άμεσα συνδεδεμένα με την λεπιοειδή διάταξη των διαφόρων σχηματισμών της ενότητας της Πίνδου.

ΠΗΓΕΣ

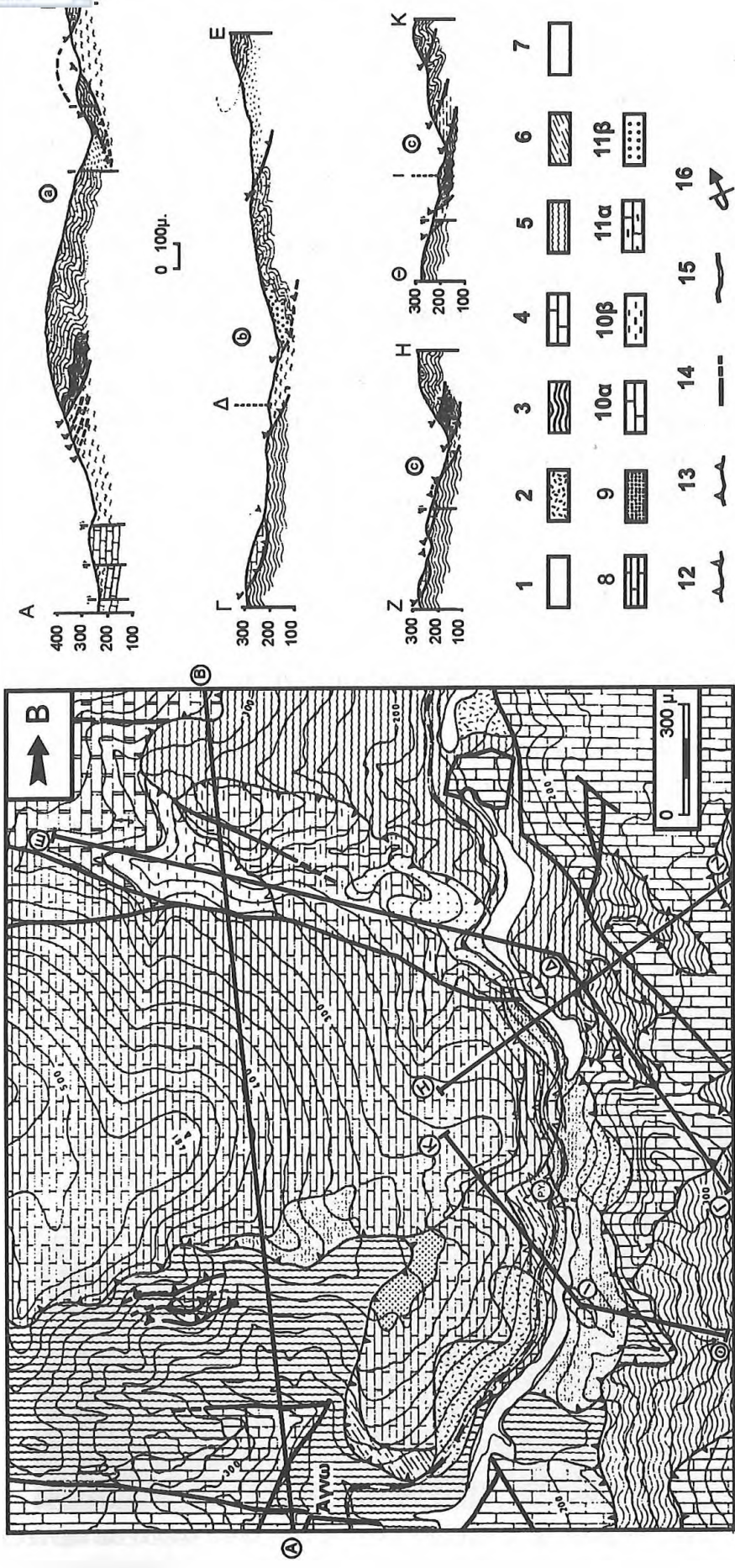
Γενικά

Παρατηρώντας κανείς το γεωλογικό χάρτη της περιοχής μελέτης και βλέποντας τη μεγάλη έκταση που καταλαμβάνουν οι ασβεστόλιθοι 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 (κλαστικό τριαδικό, πρώτος ή κανονικός φλύσχης, 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 Βορίτσι-Χαράσι. 1) Πλευρικά κορήματα. 2) Νεογενή. 3-4) Ενόπια Τριπόλης. 3) Φλύσχος 4) Ηώκανικοί ασβεστόλιθοι. 5-10) Ενόπια Πίνδου. 5) Μεσοφωκανική κλασική ακολουθία. 6) Μεσοφωκανικοί ασβεστόλιθοι 7) Ανωκρητιδική ασβεστόλιθοι. 8) Πρώτος φλύσχος. 9) Ανώγειρασι - κατακρητιδική λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με οριζόντες ερυθρών πηλινών-κερατολίθων. 10) Εναλλαγές αργλικών οξυτολίθων-ερυθρών πηλινών - λεπτοπυλακωδών ασβεστόλιθων-κερατολίθων. 11) Εφίπνευσον. 12) Επώθησιν. 13) Ρήγμα.



Εικ. 4: Γεωλογικός χάρτης βόρεια του οικισμού Άγιοι Τρίφων. 1) Ποταμοχειμάρρεις αποθέσεις. 2) Πλευρικά κορήματα 3) Ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών. 4-5) Ενότητα Τρίπολης, 4) Ασβεστόλιθοι. 5) Φλύσχος. 6) Κλασικό Τριαδικό. 7) Πρώτος φλύσχος. 8) Ανωκρητιδική ασβεστόλιθοι. 9) Κλασική ακολουθία του Καμπανίου. 10α) Παλαιοκαινικοί ασβεστόλιθοι - κερατόλιθοι. 10β) Ανωπαλαιοκαινικός - κατωπαλαιοκαινικός φλύσχος. 11α) Κάτω-μεσοπαλαιοκαινικοί ασβεστόλιθοι - κερατόλιθοι. 11β) Μεσοπαλαιοκαινικός φλύσχος. 12) Επίδηση. 13) Εφίππευση. 14) Ρήγμα. 15) Δημόσιος δρόμος. 16) Αναστροφή. Ρ.Υ. = Ρωμαϊκό Υδραγωγείο.

μεταξύ των έντονα κερματισμένων και ισχυρά κατά θέσεις καρστικοποιημένων ασβεστολίθων των διάφορων λεπών αλλά και μεταξύ των ασβεστολίθων του ίδιου λέπους. 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 λεπών και κατά συνέπεια των περισσότερων ανεξάρτητων υδρογεωλογικών ενοτήτων ή λεκανών είναι μικρή, τότε είναι εύκολο να αντιληφθεί ότι οι ενότητες αυτές εκφορτίζονται πάρα πολύ γρήγορα, σχεδόν αμέσως μετά από κάθε αξιόλογη βροχόπτωση, 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 μικροπηγές. 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 διαίτας 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

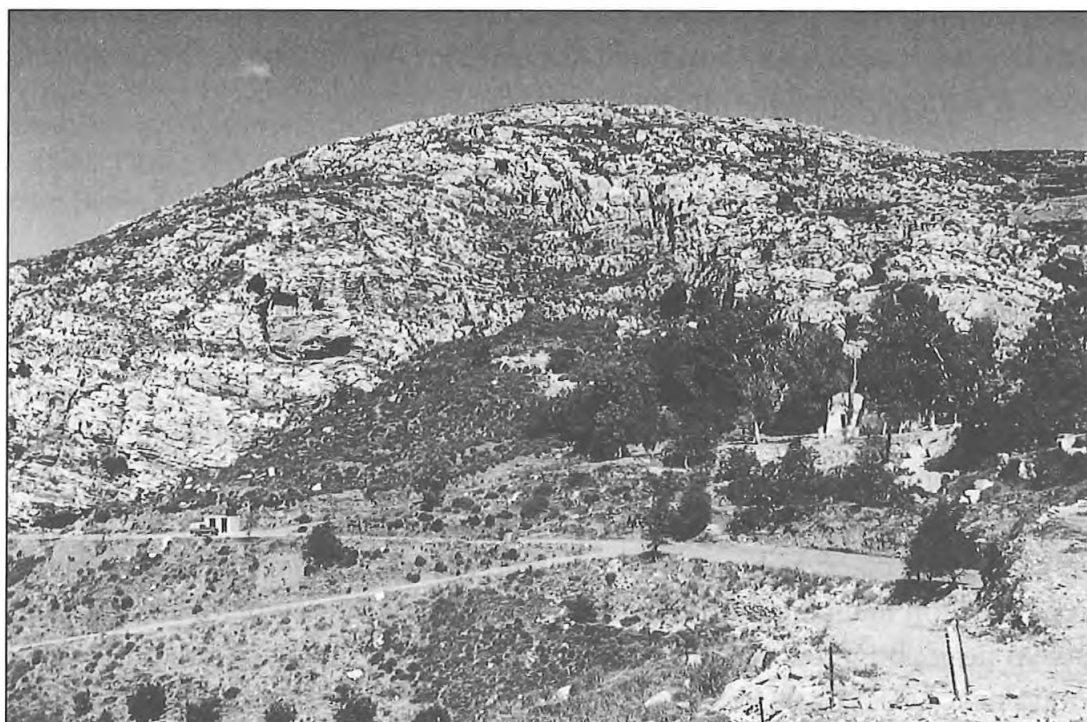
Πρόκειται για δύο πηγές που βρίσκονται σε απόσταση 200 περίπου μέτρων μεταξύ τους και που έχουν μια υψομετρική διαφορά της τάξης των 15 μέτρων. Εκφορτίζουν το λέπος των ανώιουρασικών κατακρητιδικών λατυποπαγών ασβεστολίθων οι οποίοι εφιππεύουν σε «πρώτ φλύσχη» και επωθούνται σε φλύσχη της Τρίπολης. Είναι πηγές επαφής. Η πηγή που βρίσκεται σε χαμηλότερο 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 επικλυσιγενώς 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 ανωκρητιδικών ασβεστολίθων 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 ανωκρητιδικών ασβεστολίθων 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 ρεματίας, 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 κλαστικού τριαδικού ή του «πρώτου φλύσχη». Είναι πηγή επαφής και η παροχή της κατά τους θερινούς μήνες είναι της τάξης μερικών κυβικών μέτρων το 24ωρο. Κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους, βορειότερα και τοπογραφικά ψηλότερα της πηγής αυτής θα πρέπει, στην επαφή ανωκρητιδικών ασβεστολίθων και κλαστικού τριαδικού, να εκδηλώνόταν 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 Βορισίου

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 εικοσιπεντάωρο. Εκδηλώνεται στην επαφή ανωϊουρασικών σχηματισμών και φλύσχη της Τρίπολης. Υδρομαστεύεται και χρησιμοποιείται για την ύδρευση του Βορισίου.

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 πόρων στις πινδικές εμφανίσεις της περιοχής αυτής.

- Τέλος θεωρούμε πιθανή την άμεση υδραυλική επικοινωνία των ασβεστολίθων της Πίνδου με τα ανθρακικά της Τρίπολης, για την οποία άμεση ένδειξη έχουμε μόνο από την περιοχή ΒΑ του Σμαρίου, δεν νομίζουμε όμως ότι αυτή είναι τόσο καθοριστική όσο οι προαναφερθείσες αιτίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, ΑΠ., 1990. Γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής του τοπογραφικού φύλλου «Μοχός», Κεντροανατολική Κρήτη. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 660 σελ., Αθήνα.
- AUBOUIN, J. & DERCOURT, 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 mittelkretischen Deckenstapels (nordliches Dikti-Gebirge). *Geotekt Forsch.*, 59. 1-72, Stuttgart.

