

Πρακτικά		βου Συνεδρίου		Μότος 1992	
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	XXVIII/3	σελ.	299-308	Αθήνα 1993
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.		pag.		Athens

**ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΤΑΥΡΟΥ
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ
ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΝΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΙΔΙΑΠΝΟΗΣ**

Ν.Ι.ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ*, Ι.Ε.ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ**

ΣΥΝΟΨΗ

Μελετάται ο μικρός αλλά ενδιαφέρων υδροφόρος ορίζοντας που αναπτύσσεται εντός ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων του οφιολιθικού καλύμματος της περιοχής Σταυρού, οι οποίοι περιβάλλονται από μικρής υδροπερατότητας νεογενείς σχηματισμούς.

Προσδιορίζονται οι υδραυλικές του παράμετροι και μελετάται το ισοζύγιο των υπόγειων νερών. Διαπιστώνονται περιορισμένες δυνατότητες του υδροφόρου και ελλειμματικό ισοζύγιο λόγω υπεράντλησης που συνεπάγεται συνεχή πτώση της υδροστατικής στάθμης περί τα 7,5m ετησίως κατά την περίοδο 1984-1990

Προτείνεται τρόπος έμμεσου υπολογισμού του συντελεστή εναποθήκευσης με χρησιμοποίηση της μέσης ετήσιας πτώσης στάθμης καθώς και της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής όταν ο συντελεστής εναποθήκευσης είναι γνωστός.

ABSTRACT

The aquifer of the recrystallized limestones (a part of the ophiolitic nappe according to Aubuin and Dercourt, 1965 and Fytrolakis 1980) has been investigated. This aquifer is trapped between impermeable neogene formations.

The hydraulic gradient, as calculated from the isopiezometric curves-map, 0.03; the hydraulic conductivity of the aquifer, according to a pumping test $10^{-1} \text{m}^2 \text{sec}^{-1}$, the aquifer is of moderate capacity.

The evaluation of the fluctuations of the absolute ground water level during the periode 1984-1990 shows a negative ground-water balance; the mean annual drawdown (h1) of the water level is about 7,5m.

A method for the calculation of the storage coefficient (n) is proposed, based on the actual evapotranspiration (ETr), the surface extension of the water table and its mean annual drawdown. Furthermore, we propose a methode for calculating the actual evapotranspiration, when the area extent of the water table, the storage coefficient and the mean annual drawdown are known.

Hence the deficit water-volume as calculated is $72 \cdot 10^3 \text{m}^3/\text{y}$. It corresponds to a pumping discharge of $Q=15 \text{m}^3/\text{h}$ for 7 months

*Γεωλογικό Τμήμα Πανεπιστημίου Πατρών.
Τμήμα Μηχ. Μεταλλείων Ε.Μ. Πολυτεχνείου

annually. Because of the importance of this aquifer to the town of Ierapetra, especially during summer with high consumption, due to heavy tourism, more rational use of ground-water is very important. The adequate knowledge of the areal extent of the aquifer and the storage coefficient can help to a better evaluation of the aquifer's capacity as well as the estimation of a possible artificial recharge with water-quantities otherwise lost through runoff.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελετηθείσα περιοχή Σταυρού, (παλαιά ονομασία Καπίστρι) εκτείνεται στα ΒΑ του ομώνυμου συνοικισμού του δήμου Ιεράπετρας μεταξύ των υψομέτρων 200 και 500 m.Σ' αυτήν αναπτύσσεται ένας ενδιαφέρων μικρός υδροφόρος ορίζοντας ο οποίος διαμορφώνεται κυρίως εντός των ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων του οφιολιθικού καλύμματος η επιφανειακή εξάπλωση των οποίων ανέρχεται σε $1,40 \cdot 10^6 \text{ m}^2$.

Στην περιοχή αυτή έχουν αναρυχθεί 7 παραγωγικές γεωτρήσεις με παροχές που κυμαίνονται μεταξύ 12 και $40 \text{ m}^3/\text{h}$, καθώς και ορισμένες άλλες γεωτρήσεις που δεν συνάντησαν υδροφορία αλλά βοηθούν στην οριοθέτηση του υδροφόρου.

Η ευρύτερη περιοχή στερείται άλλων υπογείων νερών κι αυτό έχει οδηγήσει σε υπερεκμετάλλευση του ως άνω υδροφόρου με αποτέλεσμα να υπάρχει ελλειμματικό ισοζύγιο που όπως θα φανεί στη συνέχεια οδηγεί στην βαθμιαία υποχώρηση της στάθμης και εξάντληση του.

1. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συμμετέχουν στην δομή της ευρύτερης περιοχής είναι οι εξής (βλ. εικ. 1):

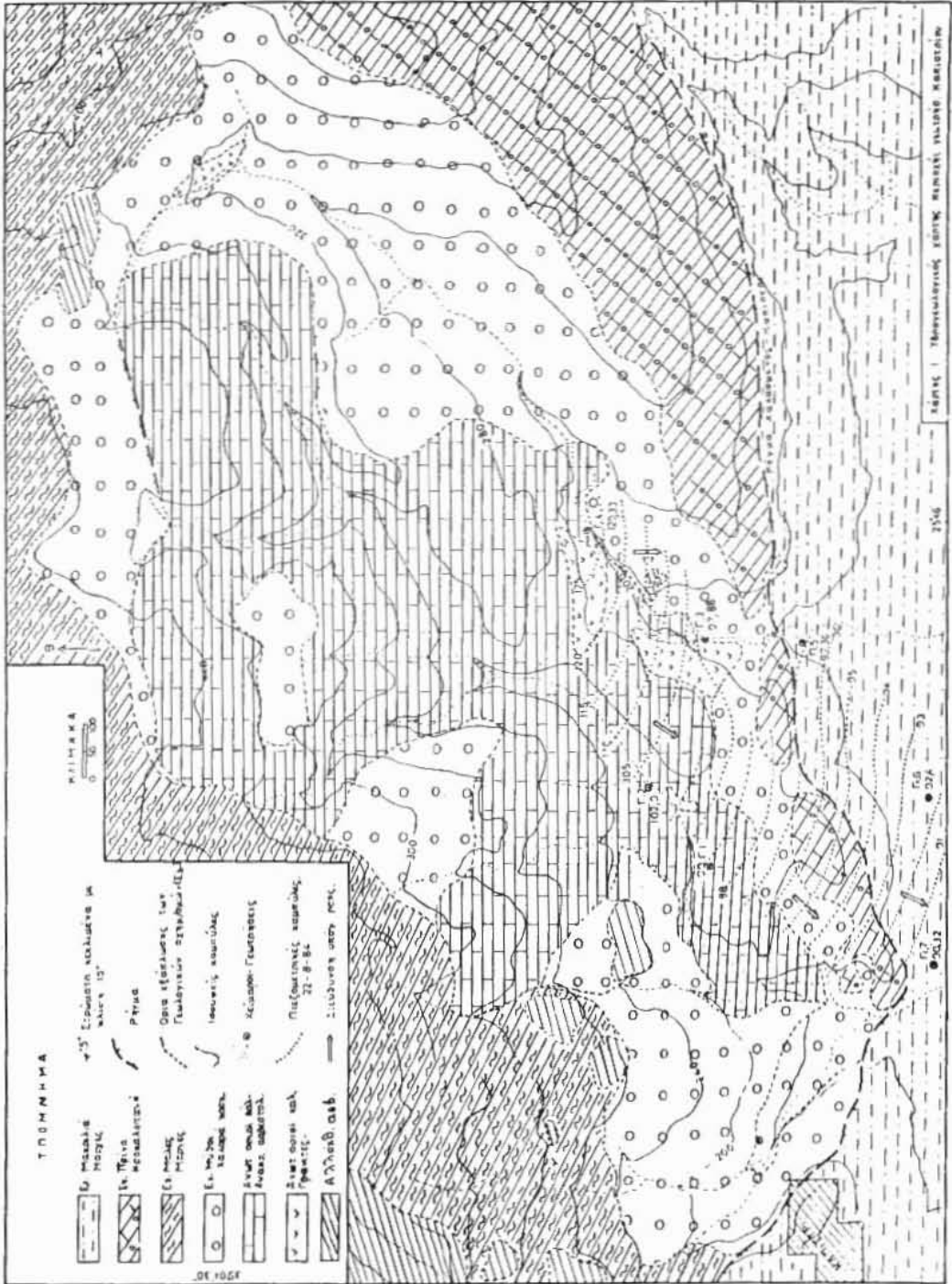
-**Κάλυμμα οφιολίθων και κρυσταλλοσχιζωδών:** Στην περιοχή μελέτης συναντώνται κυρίως ανακρυσταλλωμένοι ασβεστολίθοι (κρητιδικής ηλικίας) οι οποίοι είναι ισχυρά τεκτονισμένοι, συνεπώς υδροπερατοί. Το κατακόρυφο πάχος τους ξεπερνά, σύμφωνα με στοιχεία από γεωτρήσεις που έχουν αναρυχθεί εντός αυτών, τα 200m. Μικρής έκτασης εμφανίσεις οφιολίθων καθώς και γρανιτών συνδέονται στη περιοχή με τα ανακρυσταλλωμένα αυτά ανθρακικά πετρώματα και αποτελούν μέλη του σύνθετου πολύμικτου τεκτονικού καλύμματος οφιολίθων και κρυσταλλοσχιζωδών (Φυτρολάκης 1980).

-**Νεογενείς σχηματισμοί.** Στην ευρύτερη περιοχή συναντώνται, από τις παλαιότερες προς τις νεώτερες οι παρακάτω ενότητες κατά (Fortuin, 1977):

Ενότητα **Μύθοι:** Τα λιθολογικά συστατικά της είναι πολύμικτα κροκαλοπαγή, ηλικίας Λαγγίου, που προέρχονται από την διάβρωση του οφιολιθικού καλύμματος. Η επιφανειακή εξάπλωσή της είναι μικρή, το δε πάχος της δεν υπερβαίνει τα 20m. Τά σπάνεια απολιθώματα που συναντώνται υποδηλώνουν ιζηματογένεση σε χερσαίο περιβάλλον, ενώ το κοκκινοπράσινο χρώμα υποδηλώνει συνιζηματογενή οξειδωση των λιθολογικών της συστατικών. Ο σχηματισμός αυτός είναι υδροπερατός.

Ενότητα **Μάλες (Μέσο Σερραβάλλιο):** Αποτελείται από αργιλικές κυρίως μάργες, μέσα στις οποίες παρεμβάλλονται ενστρώσεις από χαρακτηριστικά διαβαθμισμένα κροκαλοπαγή, με ασβεστολιθικές κροκάλες της ζώνης Τριπόλεως. Τα πετρώματα αυτά έχουν πάχος που ξεπερνά τα 200m, καθώς και μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση. Σαν σύνολο η ενότητα συμπεριφέρεται υδροστεγανά.

Ενότητα **Πρίνα:** Βρίσκεται υψηλότερα τοπογραφικά, είναι νεώτερη στρωματοφρακικά (Τορτόνιο) και αποτελείται από μονόμικτα έως ολιγόμικτα στρωσιγενή λατυποπαγή. Σε εναλλαγές μέσα στα λατυποπαγή παρατηρούνται βιολιθικά θραύσματα, στρώματα γυαλιτών, μαργών και μαργαϊκών ασβεστολίθων. Η ενότητα αυτή σαν σύνολο θεωρείται υδροπερατή.



Εικ. 1. Υδρογεωλογικός χάρτης ευρείας περιοχής Σταυρού (Κατισαρίου) Ιε. Λάπητρας

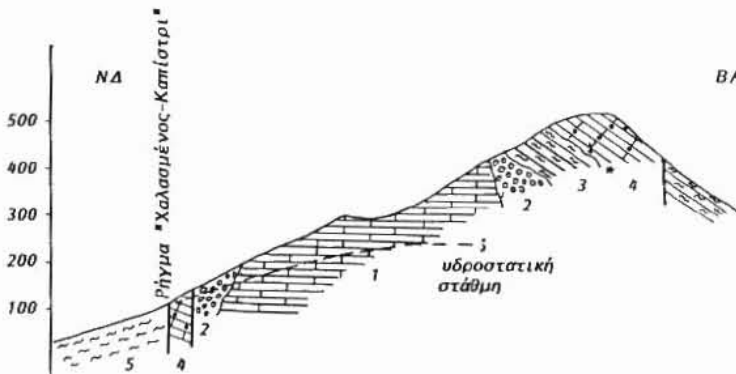
Ενότητα **Μακρυλιά** (Μέσο-ανώτερο Τορτόνιο): Εκτείνεται νότια του μεγάλου ρήγματος **Χαλασμένος-Καπίστρι** και αποτελείται από μπλέ-γκρί μάργες με ποικίλοντα αριθμό από πολύ μικρού πάχους ενστρώσεις καστανόχρωμων διαβαθμισμένων άμμων. Το πάχος της ενότητας ξεπερνά κατά τόπους τα 450m και συμπεριφέρεται ως υδροστεγανό σύνολο.

Μετά το τέλος των επωθήσεων των διαφόρων αλλοχθόνων ενότητων επί του χώρου της Κρήτης, λόγω των μεγάλων και ανομοιόμορφα κατανεμημένων λιθοστατικών πιέσεων, προκλήθηκαν ρήξεις των πετρωμάτων που είχαν ως συνέπεια την δημιουργία τεράστιων ρηγμάτων, διευθύνσεων Α-Δ και Β-Ν. Αποτέλεσμα τέτοιων ρηγμάτων είναι και η τεκτονική τάφρος της Ιεράπετρας στην οποία ανήκει και η περιοχή μελέτης. Επί του εντόνου αναγλύφου που διαμορφώθηκε αποτέθηκαν τα πρώτα ιζήματα του Νεογενούς (Fortuin, 1977).

Σε μια παράκτια χέρσο αποτέθηκαν τα πρώτα κλαστικά ιζήματα, ενότητα "Μύθοι" κατά το Λάγγιο, προερχόμενα από την αποσάθρωση τοπικών πρωτογενών σχηματισμών. Τα ιζήματα της επόμενης ενότητας, "Μάλες" αποτέθηκαν σε θαλάσσιο περιβάλλον κατά το Σερραβάλλιο. Κατά το ανώτερο Σερραβάλλιο-κατώτερο Τορτόνιο έντονες τεκτονικές κινήσεις συνετέλεσαν στην ανύψωση της περιοχής που οριοθετείται από το ρήγμα "Χαλασμένος-Καπίστρι". Οι υπερυψωμένες περιοχές διαβρώθηκαν ενώ ασβεστόλιθοι της ενότητας Τριπόλεως αποσπάσθηκαν και ολίσθησαν πάνω και μέσα στα νεώτερα ιζήματα στην βαθμιαία βυθιζόμενη νότια περιοχή στην οποία αποτίθεται τότε η ενότητα "Μακρυλιά" (Fortuin, 1977). Ετσι εξηγείται η ύπαρξη κροκαλολατυποπαγών και ασβεστολιθικών όγκων εντός των ιζημάτων της. Στα βόρεια αποτίθενται ταυτόχρονα τα ιζήματα της ενότητας "Πρίνας" (Fortuin, 1977).

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Όπως φαίνεται στον υδρογεωλογικό χάρτη (εικ.1) και στη γεωλογική τομή (βλ.εικ.2) ο υδροφόρος ορίζοντας αναπτύσσεται εντός των



Εικ. 2. Σχηματική γεωλογική τομή περιοχής Σταυρού (κλ. μήκους 1:25000)

- 1: κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι ανωτ. Οφιολιθικού καλύμματος,
 - 2: κροκαλοπαγή ενότητας Μύθων, 3: ενότητα Μάλες, 4: κροκαλοπαγή ενότητας Πρίνας, 5: μάργες ενότητας Μακρυλιά.
- * τμήμα της τομής στα ΒΑ δεν περιλαμβάνεται στην Εικ. 1 λόγω περιορισμένου χώρου.

ενότητας "Πρίνα". Οι υδροφόροι ορίζοντες που σχηματίζονται εντός των πετρωμάτων των παραπάνω ενότητων, στα τμήματα που έρχονται σε επαφή με τους ανακρυσταλλωμένους ασβεστολίθους, συνδέονται υδραυλικά με τον ορίζοντα που σχηματίζεται εντός αυτών. Η σύνδεση αυτή διαπιστώνεται και από την ομαλή εξέλιξη της πιεζομετρικής εικόνας όπως φαίνεται στον υδρογεωλογικό χάρτη (εικ.1).

Ο ενιαίος αυτός υδροφόρος ορίζοντας περιβάλλεται από αδιαπέρατα και' επικράτηση και μικρής περατότητας νεογενείς σχηματισμούς των ενότητων "Μάλες" και "Μακριλιά". Πριν την εκμετάλλευση του από τις υπάρχουσες σήμερα γεωτρήσεις εκτονωνονταν προς τα βόρεια μέσω της ενότητας "Μύθαι" ή μέσω υδροπερατών στρώσεων της ενότητας "Πρίνας". Για τον λόγο αυτό προς νότον δεν υπήρξαν ποτέ πηγές που να αναβλύζουν στην επαφή με τα αδιαπέρατα πετρώματα της ενότητας "Μακριλιά".

Οι γεωτρήσεις που ανορύχθηκαν για πρώτη φορά το 1983 στην περιοχή, άλλες διέτρησαν εξ ολοκλήρου κρυσταλλικούς ασβεστολίθους (Γ1, Γ2, Γ3, Γ4) και άλλες που ανορύχθηκαν νότια του ρήγματος "Χαλασμένος-Καπίστρι" συνάντησαν ογκόλιθους κροκαλοπαγών και ασβεστολίθων μέσα στις μάργες της ενότητας "Μακριλιά" που συνδέονται υδραυλικά με τον υδροφόρο των ασβεστολίθων. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο τα πετρώματα αυτά ολισθήσαν στο πρηνές κατά μήκος του ρήγματος "Χαλασμένος-Καπίστρι" προερχόμενα τόσο από την ενότητα "Πρίνα" όσο και από προνεογενή πετρώματα της σειράς Τριπόλεως.

Με την βοήθεια στοιχείων από μετρήσεις στάθμης εντός των γεωτρήσεων στις 22-8-84 και με την παραδοχή ότι λόγω έντονου κρυσταλλισμού και πυκνής κατάτμησης των ασβεστολίθων η υδροφορία σ' αυτούς είναι "αυστηρή" και όχι αυστηρά εκλεκτική κατά μήκος προμοριακών αγωγών, σχεδιάστηκαν οι υδροισοψείς καμπύλες που φαίνονται στην (εικ.1). Από την μελέτη τους συνάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα.

α). Η υψηλή πιεζομετρία, (απόλυτη στάθμη από 99 έως 129m) αποδεικνύει τον "εγκλωβισμό" του υδροφόρου και την μη επικοινωνία του με την θάλασσα που βρίσκεται σε απόσταση 6 Km προς τα νότια. Πλευρικές πολύ περτορισμένες μεταγγίσεις προς τα υδροπερατά μέλη των ενότητων "Μάλες" (βόρεια και δυτικά) και "Μακριλιά" (νότια) δεν αποκλείονται.

β). Η υδραυλική κλίση στους ανακρυσταλλωμένους ασβεστολίθους είναι της τάξης του 0.03 και δείχνει, δεδομένων και των μικρών παροχών ότι η υδροπερατότητα του υδροφόρου είναι μικρή.

γ). Η ροή των υπόγειων νερών πραγματοποιείται προς τα ΝΝΔ.

δ). Τα εφαιπόμενα κροκαλοπαγή νότια των ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων τροφοδοτούνται πλευρικά από τα υπόγεια νερά τους που ρέουν από ΒΑ προς ΝΔ.

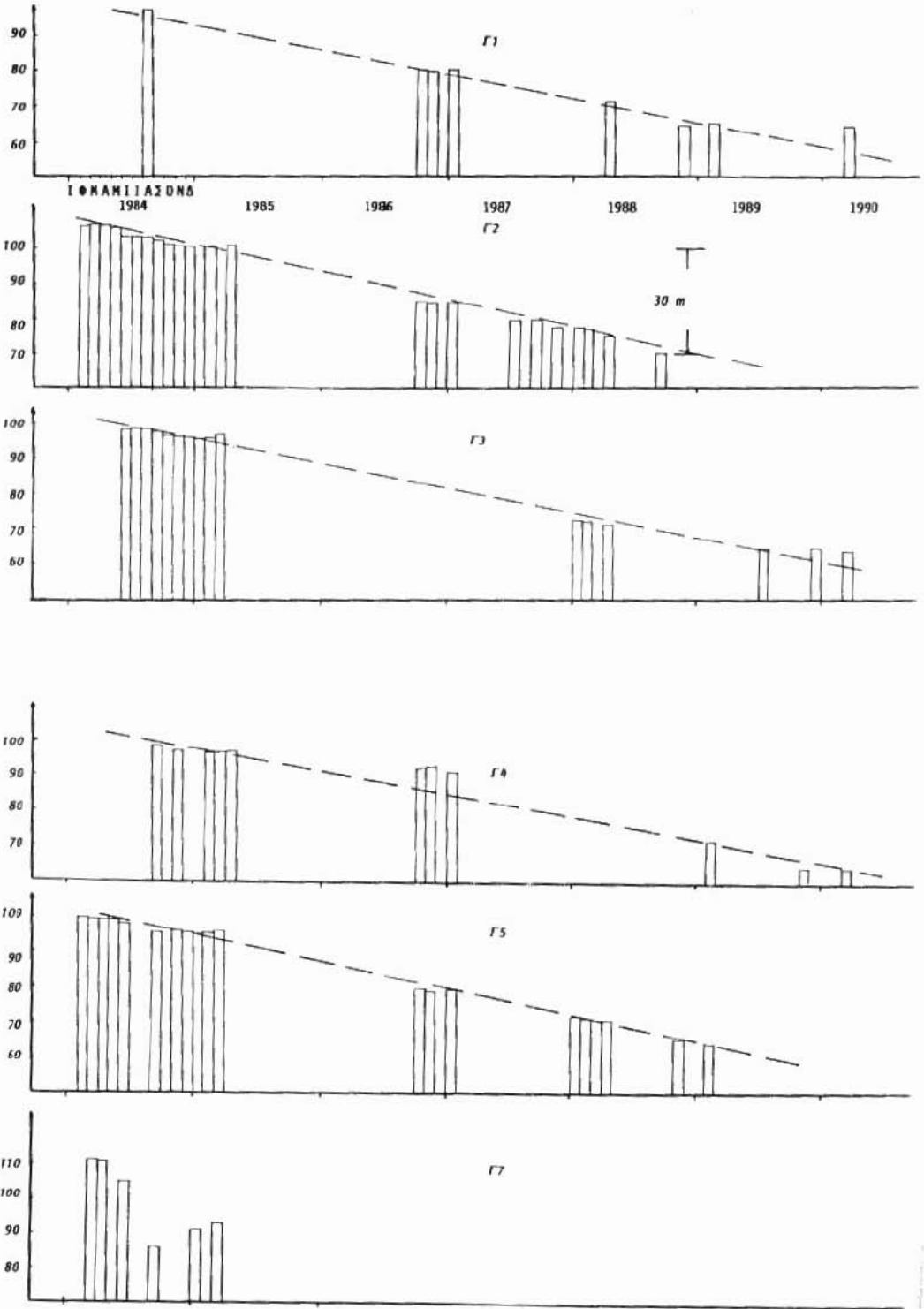
Από στοιχεία δοκιμαστικής άντλησης που έγινε στη γεώτρηση Γ3 προέκυψε ότι η υδαταγωγιμότητα ισούται με $T=1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$, τιμή μικρή για ανθρακικά πετρώματα (F. A. O., 1964, Γ. Σούλιος 1985, Γ Καλλέργης 1986).

Από μετρήσεις στάθμης που πραγματοποιήθηκαν σποραδικά την περίοδο 1984-1990 κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα της (εικ.3), από τα οποία γίνεται σαφές ότι:

α). Υπάρχει έλλειμμα στο ισοζύγιο των υπόγειων νερών που εκφράζεται με την αρνητική κλίση της καμπύλης στάθμης-χρόνου.

β). Υπάρχει αναλογία στις πτώσεις στάθμης των γεωτρήσεων παρατήρησης που εκφράζεται με την παραλληλία των ευθειών πτώσης στάθμης συναρτήσεϊ του χρόνου, γεγονός που δηλώνει ομοιόμορφη συμπεριφορά του καρστικού υδροφορέα και του υδροφορέα των κροκαλοπαγών.

γ). Η μέση ετήσια πτώση στάθμης είναι της τάξης των 7,5 m.



ΕΙΚ. 3. ΕΓΓΛΕΓΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΝ ΥΕΥΔΕΙΟΝΑΝ ΤΗ ΣΤΕΙΟΧΗΣ ΣΤΑΥΡΟΥ (ΓΕΡΑΤΕΤΡΑΣ).

3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Το υδρολογικό ισοζύγιο δίνεται ως γνωστόν από την σχέση:

$$P=E+Q+I+\Delta r$$

όπου: P οι βροχοπτώσεις

E η εξατμισοδιαπνοή

Q η επιφανειακή απορροή

I η κατείσδυση

Δr η διακύμανση στα αποθέματα του υπόγειου νερού.

Οι παράμετροι στις παραπάνω σχέσεις μελετήθηκαν για τον υδροφόρο ορίζοντα, η γεωμετρική εικόνα του οποίου απλοποιήθηκε και εξομοιώθηκε με κανονικό γεωμετρικό σχήμα. Έτσι η επιφάνεια της βάσης του οριοθετήθηκε με γεωλογικά κριτήρια και με την βοήθεια των γεωτρήσεων της περιοχής (επιτυχουσών και μη) υπολογίστηκε δε ίση με $S=1,08 \times 10^6 \text{ m}^2$. Η επιφάνεια αυτή διαφέρει από το εμβαδόν της επιφανειακής εξάπλωσης των υδροπερατών σχηματισμών (ασβεστολίθων και κροκαλοπαγών).

Η χρονική περίοδος που επιλέχθηκε για την μελέτη του ισοζυγίου αναφέρεται στα έτη από 1983 μέχρι 1988. Το μήκος της περιόδου είναι τέτοιο ώστε να αμβλύνονται λάθη όπως μικροδιακυμάνσεις της παροχής των γεωτρήσεων, σύντομες διακοπές στη λειτουργία τους, ανακρίβειες σε παρατηρήσεις και μετρήσεις της πτώσης της στάθμης των γεωτρήσεων, κλπ. Η περίοδος όμως αυτή είναι και η αντιπροσωπευτικότερη για το σύνολο των γεωτρήσεων. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών έχουν αναχθεί σε ετήσια βάση.

Οι απολήψεις του νερού είναι σημαντικές. Η παροχή καθώς και ο συνολικός όγκος νερού που διατίθεται από τις γεωτρήσεις είναι γνωστά διότι το νερό πωλείται από τους ιδιοκτήτες τους. Η σημαντική πτώση της στάθμης στις γεωτρήσεις λόγω υπεραντλήσεων και η μείωση της παροχής δημιουργεί προβλήματα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η παροχή της γεώτρηση Γ4 ήταν $40 \text{ m}^3/\text{h}$ μέχρι το 1989. Εκτοτε μειώνεται και σήμερα αντλούνται $20 \text{ m}^3/\text{h}$.

Το μέσο βροχομετρικό ύψος για την περιοχή είναι της τάξης των 632 mm (N. Λαμπράκης, 1987) όμως για την χρονική περίοδο του ισοζυγίου ανέρχεται σε $686,8 \text{ mm}$. Υπάρχει μια υγρή περίοδος που διαρκεί από Νοέμβριο έως και Φεβρουάριο, ενώ οι υπόλοιποι μήνες του έτους είναι σχεδόν ξηροί.

Από την μελέτη των ημερήσιων τιμών προκύπτει ότι στις τιμές των βροχοπτώσεων δεν παρατηρούνται εξάρσεις (βροχές μεγάλων εντάσεων) στην περιοχή και αυτό έρχεται σε συμφωνία με το γεγονός ότι δεν υπάρχει επιφανειακή απορροή η αυτή είναι πολύ μικρή. Σ' αυτό συμβάλλει και η φύση των πετρωμάτων. Το νερό της επιφανειακής απορροής πριν εξέλθει της λεκάνης απορροής διατρέχει τους ανακρυσταλλωμένους ασβεστολίθους σε μήκος 2 km περίπου και διηθείται.

Για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (ETp), χρησιμοποιήθηκε η μαθηματική σχέση του PENMAN, από όπου στη συνέχεια με την μέθοδο του ισοζυγίου κατά THORNTHWAITE (βλ. πιν. 1) προέκυψε η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ETr) η οποία ανέρχεται σε $389,63 \text{ mm}$ ύψους βροχής, δηλαδή ποσοστό 57% των βροχοπτώσεων. Η διαφορά μεταξύ της ετήσιας βροχόπτωσης των $686,8 \text{ mm}$ και της τιμής της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής δίνει την κατείσδυση στην περιοχή, η οποία ισούται με $h1=297 \text{ mm}$.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και με δεδομένη την έκταση της επιφάνειας της λεκάνης απορροής (S) που είναι ίση με $3,18 \cdot 10^6 \text{ m}^2$,

¹ Σύμφωνα με παρατηρήσεις μας στην ευνοικότερη των περιπτώσεων δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 0.02. Στην παρούσα μελέτη για απλοποίηση θεωρείται μηδενικά και θεωρείται βέβαιο ότι το ενδεχόμενο σφάλμα είναι πολύ μικρό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μηνιαία δυνητική εξατμισιοδιαπνοή (ETp) κατά PENMAN (1956)

Υδατικό ισοζύγιο και εξαγωγή της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής (ETr) κατά THORNWAITE and MATAER (1955)

	Μαρτ	Απρ	Μαΐος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγαιστ	Σεπτ	Οκτωβ	Νοεμ	Δεκ	Ιαν	Φεβρ	Σύνολα
ETp mm	58,72	97,65	146,77	201,65	231,16	205,56	135,55	71,73	28,62	11,93	12,05	26,71	
P(mm)	96,30	36,70	10,40	0,0	25,00	0,00	61,20	18,30	98,20	130,90	108,30	101,50	686,8
Ελλειμα τροφοδ (mm)		60,95	136,37	201,65	206,16	205,56	74,35	53,43					
Πλεονασμα τροφοδ (mm)	37,58								69,58	118,97	96,25	74,79	
Υγρασία α-κόν. ζών (mm)	100,00	-30,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,58	100,00	100,00	100,00	
ETr(mm)	58,72	97,65	49,45	0,00	25,00	0,00	61,20	18,30	28,62	11,93	12,05	26,71	389,63
Κατείδυση (mm)	37,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,55	96,25	74,79	297,17

προκύπτει ότι ο όγκος (I) του νερού κατύσσεισης είναι ίσος με:
 $I = S \cdot h_1 = 3,18 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \times 0,297 \text{ m} = 944.460 \text{ m}^3 \text{ ανά έτος}$ (1)

Ο ελλειμματικός όγκος νερού Δr λόγω υπεραντλήσεων προκύπτει από την σχέση:

$$\Delta r = S_u \cdot h_2 \cdot n \quad (2)$$

όπου: Su, το εμβαδό της βάσης του υδροφόρου, ίσο με $1,08 \cdot 10^6 \text{ m}^2$.

h2, η ετήσια ελλειμματική πτώση στάθμης, ίση με 7,5m

n, ο συντελεστής ενεργού πορώδους, που θα προσδιοριστεί στη συνέχεια.

Ο συνολικός όγκος νερού που αντλείται από όλες τις γεωτρήσεις κατ'έτος, V, προκύπτει αθροιστικά με βάση την ημερήσια κατανάλωση, ίσος με $V = 1.016.640 \text{ m}^3 \text{ ανά έτος}$. Ο όγκος αυτός ισούται με τα ετήσια αναθεωρούμενα αποθέματα, δηλαδή το ποσό της κατεύσεσης (I), συν τον ελλειμματικό όγκο (Δr). Έχουμε δηλαδή: $V = I + \Delta r$ (3)

Από την σχέση (3) με τη βοήθεια των (1) και (2) μπορούμε να υπολογίσουμε:

α). Τον συντελεστή εναποθήκευσης (n) όταν δεν διατίθενται στοιχεία από αντιλήσεις, εάν γνωρίζουμε επαρκώς την επιφάνεια του υδροφόρου (Su) και τον συντελεστή πραγματικής εξατμισιδιαπνοής (ETr) που στη προκειμένη περίπτωση υπολογίστηκε ίσος με 0,57. Ο συντελεστής εναποθήκευσης (n) δίνεται από την σχέση:

$$n = (V - I) / (S_u \cdot h_2) \quad (4)$$

από την οποία με αντικατάσταση λαμβάνουμε για τον μελετούμενο υδροφόρο $n = 8,90 \times 10^{-3}$ (περίπου ίσον με 0,9%). Δι'εφαρμογής του τύπου (2) προκύπτει ότι ο ετήσιος ελλειμματικός όγκος νερού ισούται με: $\Delta r = S_u \cdot h_2 \cdot n = 1.080.000 \times 7,5 \times 0,00890 = 72.000 \text{ m}^3 \text{ ετησίως}$. Η τιμή του (n) που υπολογίσαμε για την μελετούμενη περιοχή, είναι από τις μικρότερες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (βλ. Γ. ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, τ. Β, σελ 11.72). Αυτό πρέπει να αποδοθεί αφ'ενός σε περιορισμένη αποκάρσωση λόγω μακροχρόνιας κάλυψης των ανθρακικών πετρωμάτων από νεογενή και αφ'ετέρου σε μερική απόφραξη του δευτερογενούς πορώδους (εκ τεκτονισμού και αποκάρσωσης) από υδροστεγανά νεογενή ιζήματα.

β). Την πραγματική εξατμισιδιαπνοή (ETr) εάν γνωρίζουμε επαρκώς αφ'ενός μεν την επιφάνεια του υδροφόρου (Su), αφ'ετέρου δε τον συντελεστή εναποθήκευσης (n). Σε περιοχές χωρίς επιφανειακή απορροή, η ETr προκύπτει από την σχέση:

$$ETr = H - h_1 \quad (5)$$

όπου: H το ετήσιο ύψος βροχής και h1 η κατεύσεση εκφρασμένη σε ύψος βροχής, η οποία μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$h_1 = [V - (S_u \cdot h_2 \cdot n)] / S \quad (6)$$

που προκύπτει από τον συνδιασμό των (1), (2) και (3).

Η επίλυση της (6) δια χρησιμοποίησεως των δεδομένων της περιοχής μελέτης (δηλαδή $V = 1.016.640$, $S_u = 1.080.000$, $n = 8,90 \times 10^{-3}$ και $S = 3,13 \times 10^6$) δίνει $h_1 = 0,297$ που αντιστοιχεί με την πραγματική εξατμισιδιαπνοή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Διαπιστώθηκε ότι ο υδροφόρος ορίζοντας που αναπτύσσεται εντός των ανακρυστλλωμένων ασβεστολίθων του καλύμματος οφιολίθων-κρυσταλλοσχιστωδών είναι εγκλωβισμένος εντος υδροστεγανών νεογενών πετρωμάτων.

- Από την μελέτη του συντελεστή υδραυλικής κλίσης καθώς και των συντελεστών υδαταγωγιμότητας και αποθεμάτων συμπεραίνεται ότι πρόκειται για μέτριας απόδοσης υδροφόρο.

Τα στοιχεία αυτά ελήφθησαν από τους ιδιοκτήτες των γεωτρήσεων, την ΤΥΔΚ Νομού Λασιθίου και τον Δήμο Ιεράπετρας.

- Με τα στοιχεία των διακυμάνσεων της υδροστατικής στάθμης της περιόδου 1984-1990 κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα στάθμης - χρόνου, διαπιστώθηκε ελλειμματικό ισοζύγιο υπόγειων νερών και υπολογίστηκε η μέση πτώση στάθμης που είναι ανά έτος 7,5m.
- Με την βοήθεια της σχέσης του PENMAN και του ισοζυγίου κατά THORNTWAITE υπολογίστηκε η πραγματική εξατμισοδιαπνοή.
- Προτείνεται μέθοδος υπολογισμού του συντελεστή εναποθήκευσης όταν είναι γνωστά, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή, η επιφάνεια του υδροφόρου και η μέση πτώση στάθμης του καθώς και υπολογισμού της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής όταν είναι γνωστά, η επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα (Su), ο συντελεστής εναποθήκευσης (n) η μέση ετήσια πτώση στάθμης και ο όγκος των αφαιρουμένων ποσοτήτων νερών.
- Υπολογίστηκε ο ετήσιος ελλειμματικός όγκος νερού που είναι ίσος με 72.000m³ και αντιστοιχεί σε άντληση Q=15m³/h για τα δεδομένα της περιοχής δηλαδή συνεχή άντληση 24h/d για 7 μήνες ανά έτος.
- Για την αντιμετώπιση της κατάστασης, προτείνεται να γίνεται ορθολογικότερη εκμετάλευση του υδροφόρου βασιζόμενη σε αναλυτική μελέτη που θα στηρίζεται σε ακριβέστερα στοιχεία σχετικά με την γεωμετρία του υδροφόρου και να διερευνηθεί το θέμα του τεχνικού εμπλουτισμού, ώστε να καταστεί δυνατή η καλύτερη εκμετάλλευση του υδροφόρου. Αυτό είναι απαραίτητο να γίνει δεδομένου ότι ο Δήμος Ιεράπετρας βασίζει σε μεγάλο βαθμό στις γεωτρήσεις που διαθέτει στην περιοχή την ύδρευση της πόλης κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ANGELIER, J. (1976): Sur la neotectonique de l'arc égéen externe: les failles normales Est-Quest et l'expansion subméditerranéenne crétoise. C.R.Acad. Sc. Paris, t 232, Serie D 413-416, Paris.
- AUBOUIN, J. & DERCOURT, J. (1965): Sur la géologie de l'Egée regard sur la Crète (Grèce). Bull. Soc. Géol. France, (7) 787-821, Paris.
- FORTUIN, A. (1977): Stratigraphy and sedimentary history of the Neogene deposits in the Ierapetra region, Eastern Crete. Gua. papers of Geology Series 1, No 8 1977 Amsterdam.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ.Α. (1986): Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία. Τόμοι Α και Β, έκδοση ΤΕΕ, Αθήνα.
- ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ, Ν. (1987): Υδρογεωλογικές συνθήκες ευρείας περιοχής Ιεράπετρας. Διατριβή επί διδακτορία, στο Ε.Μ. Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- PENMAN, H. (1948): "Estimating evaporations". Trans. Am. Geoph. Union, t. 39, N^o 1, p. 19-56, New York.
- ΣΟΥΛΙΟΣ, Γ. (1985): Συμβολή στην υδρογεωλογική μελέτη των καρστικών υδροφόρων συστημάτων του Ελληνικού χώρου. "Επιστ. Επιτ. Σχ. Θετικών Επιστημών Παν/μίου Θεσσαλονίκης". Παραρτ. 27, του 23^{ου} τόμου.
- THORNTWAITE, C. and MATHER, J. (1955): "The water balance". Climatology, Vol. VIII, N^o 1, p. 1-37, New Jersey.
- U.N.S.F. (F.A.O.): Karst groundwater investigations. Greece. 1964, Roma.
- ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν. (1980): Η γεωλογική δομή της Κρήτης. Διατριβή επί υφηγεσία, Αθήνα.