

## ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΝΩ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ

Ε. Σπυρίδωνος<sup>1</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με το μαθηματικό ομοίωμα του ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα της λεκάνης της Άνω Μεσσηνίας προσδιορίζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν ένα κλειστό υδρογεωλογικό σύστημα και η ποσοτική συμμετοχής του στο υδρολογικό ισοζύγιο. Στην υπό μελέτη περιοχή δημιουργούνται κλειστές συνθήκες για το υπό-γειο νερό, από το συνδυασμό της λιθολογίας του υποβάθρου του υδροφορέα και των τεκτονικών δομών. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη ροή του νερού είναι: α) ο ποταμός Άμφιτας, που διασχίζει την περιοχή με διεύθυνση Β-Ν και αποτελεί τη μοναδική διέξοδο για τα νερά τη λεκάνης, β) οι εισροές στον υδροφορέα από τη γειτονική λεκάνη Δωρίου δυτικά και τις ρηξιγενείς ζώνες ανατολικά - βόρεια, και γ) η τροφοδοσία του ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα από τον υπό πίεση. Η προσομοίωση έδειξε ότι η διαφορά ύψους των παρυφών του υδροφορέα από το κεντρικό τμήμα σε συνδυασμό με τη μείωση της τιμής του συντελεστή  $K$  προς το κέντρο προκαλεί πλημμύρες την άνοιξη.

### ABSTRACT

Mathematical modeling of the phreatic aquifer of the Ano Messini basin, is used to determine the factors that influence a closed hydrogeological system and their quantitative contribution to the hydrological balance. Closure of groundwater flow appears as a result of the lithology of the underlying formations and tectonic structures. The major factors affecting the groundwater flow are: a) the Amfitas river, which flows through the basin in a N-S direction, b) water inflows from the Dorion neighbour basin to the West and the fault zones to the East - North, and c) water leakage from the confined aquifer to the phreatic one. Simulation showed that the elevation difference of the aquifer margins to the central part in conjunction with diminishing  $K$  values to the centre causes flooding on spring.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον ελληνικό χώρο, ο συνδυασμός της λιθολογίας των αλπικών ενοτήτων με τον πτυχογόνο και ρηγατογόνο τεκτονισμό και τη μορφοτεκτονική εξέλιξη κατά τη νεοτεκτονική περίοδο, δημιουργεί σε πολλές περιοχές κλειστά υδρογεωλογικά συστήματα, είτε σε υδροφορείς που αναπτύσσονται σε κλαστικά ιζημάτα, όπως η λεκάνη της Άνω Μεσσηνίας (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, 1988), είτε σε καρστικούς υδροφορείς (εκτός άλλων ΓΚΑΝΑΣ, 1986, ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗΣ & ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ, 1986, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et. al., 1991).

Η έννοια του κλειστού συστήματος γεωμορφολογικά αναφέρεται σε υδραυλικό κλείσιμο των επιφανειακών απορροών, όπου το δίκτυο απορροής είναι εσωτερικό

<sup>1</sup> FU Berlin, Institut für Geologie, Geophysik und Geoinformatik, FR Geoinformatik, Maltesserstr 74-100, Haus D, D-12249 Berlin, GERMANY

κό και η μόνη εκροή από το υδρολογικό σύστημα είναι η εξατμισοδιαπνοή. Υδρογεωλογικά κλειστό είναι το σύστημα όπου η ροή του υπόγειου νερού είναι επίσης εσωτερική, χωρίς υπόγειες εκροές (DUFFY & AL-HASSAN, 1988). Η λεκά-νη της Άνω Μεσσηνίας, αποτελεί ένα κλειστό σύστημα όσον αφορά τη ροή του υ-πόγειου νερού (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, 1988). Στην περιοχή αναπτύσσονται δύο υδροφόροι ορίζοντες στα μεταλλικά ιζήματα, ένας φρεάτιος και ένας βαθύτερος υπό πί-εση. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται μόνον ο ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας.

Πρέπει να παρατηρηθεί ότι τα όρια της λεκάνης (υδροκρίτες) δε συμπίπτουν με τα όρια του υδροφορέα, ο οποίος αποτελεί ένα τμήμα μόνο της λεκάνης. Στην παρακάτω συζήτηση ο όρος ισοζύγιο αναφέρεται στο ισοζύγιο του ελεύθε-ρου υδροφόρου και όχι στο ισοζύγιο όλης της λεκάνης.

Σε ένα τέτοιο σύστημα δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι χάρτες ισοπιεζο-μετρικών καμπυλών για την εκτίμηση του συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας K (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, 1988). Για να μελετηθεί η συμπεριφορά του υδροφόρου συστή-ματος της Άνω Μεσσηνίας και στη συνέχεια να εκτιμηθεί η επίδραση των ανθρώ-πινων επεμβάσεων (γεωτρήσεις, αντιπλημμυρικά έργα), επιλέχθηκε η μέθοδος της μαθηματική προσομοίωσης (MERCER & FAUST, 1981, ΜΠΑΜΠΑΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ et. al., 1985 a, b, KINZELBACH, 1986).

Ειδικότερα προσδιορίζονται οι παράγοντες εκείνοι οι οποίοι επηρεάζουν τη ροή του υπόγειου νερού σε ένα τέτοιο κλειστό σύστημα και το μέγεθος της επίδρασής τους.

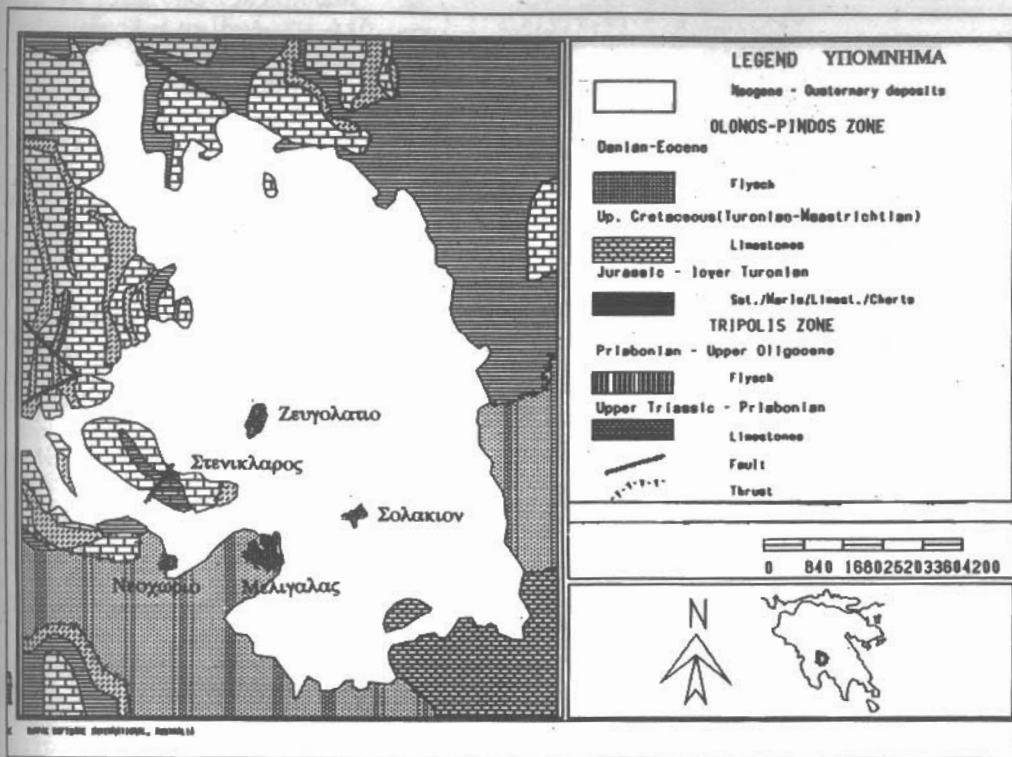
## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η γεωλογική δομή της περιοχής που έχει μελετηθεί ιδιαίτερα από τους ΛΑ-ΛΕΧΟ, 1974, ΚΑΤΕΙΚΑΤΣΟ, 1980, και ΜΑΡΙΟΛΑΚΟ, 1988 συνοψίζεται στα εξής:

Η λεκάνη της Άνω Μεσσηνίας, μαζί με αυτές προς νότο της Κάτω Μεσσηνίας και του Δωρίου και Κυπαρισσίας προς τη δύση αποτελούν τμήματα του τεκτονι-κού βυθίσματος Καλαμάτας-Κυπαρισσίας, που καθορίζεται από δύο ρηγιγενείς ζώνες, τη μία στο βόρειο και ανατολικό περιθώριο και την άλλη στο νότιο και δυτικό (εικ. 1). Η Άνω Μεσσηνία αποτελείούσε κατά το Πλειόκαινο ένα παλαιο-ισθμό μεταξύ του Μεσσηνιακού και του Κυπαρισσιακού κόλπου, αφού οι νεογε-νείς αποθέσεις των λεκανών αυτών είναι θαλάσσιες, ενώ τα κλαστικά ιζήματα στην Άνω Μεσσηνία είναι χερσαία (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, 1988).

Στην περιοχή απαντούν δύο αλπικές γεωτεκτονικές ενότητες, η ενότητα Τρίπολης και η ενότητα Ολωνού - Πίνδου, και τα μεταλλικά πλειο - τειαρτογε-νή ιζήματα, τα οποία αποτίθενται ασύμφωνα πάνω στο αλπικό υπόβαθρο. Τα με-ταλλικά κλαστικά ιζήματα παρουσιάζουν μεγάλο πάχος σε σχέση με τις διαστά-σεις της λεκάνης, το οποίο στο κέντρο της ξεπερνά τα 280 m (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, 1988). Στο δυτικό περιθώριο της λεκάνης τα ιζήματα αποτίθενται πάνω στην ενότητα της Πίνδου, κυρίως σε ραδιολαρίτες, ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους και φλύσχη. Στο βόρειο και στο ανατολικό περιθώριο τα μεταλλικά ιζήματα βρίσκονται τεκτονικά σε επαφή με τους αλπικούς σχηματισμούς, εξαιτίας των περιθωριακών ρηγμάτων του τεκτονικού βυθίσματος Καλαμάτας - Κυπαρισσίας, στο βόρειο τμήμα με ραδιολαρίτες Πίνδου και στο ανατολικό με ραδιολαρίτες Πίνδου και φλύσχη Τρίπολης. Στο νότιο περιθώριο αποτίθενται πάνω στο φλύσ-χη της Τρίπολη και νοτιοανατολικά πάνω σε ασβεστόλιθους Τρίπολης. Στο νο-τιοδυτικό άκρο της η λεκάνη συνδέεται μέσω μιας στενής πεδινής λωρίδας με-ταλλικών ιζημάτων μικρού πάχους με τη λεκάνη Δωρίου - Κοπανακίου.

Οι μεταλλικές αποθέσεις, στις οποίες αναπτύσσεται ο υπό μελέτη υδροφό-ρος ορίζοντας, έχουν έκταση 81 km<sup>2</sup> και μπορούν να χωριστούν γεωμορφολογικά σε δύο περιοχές (εικ. 2), μια προς τις παρυφές της λεκάνης με απότομη μορ-φολογία, όπου κυριαρχούν κώνοι αλλουβιακών κορρημάτων, με χονδρόκοκκο υλι-κό, και μια στο κεντρικό, πεδινό τμήμα, που καλύπτεται από ένα μικρού πά-



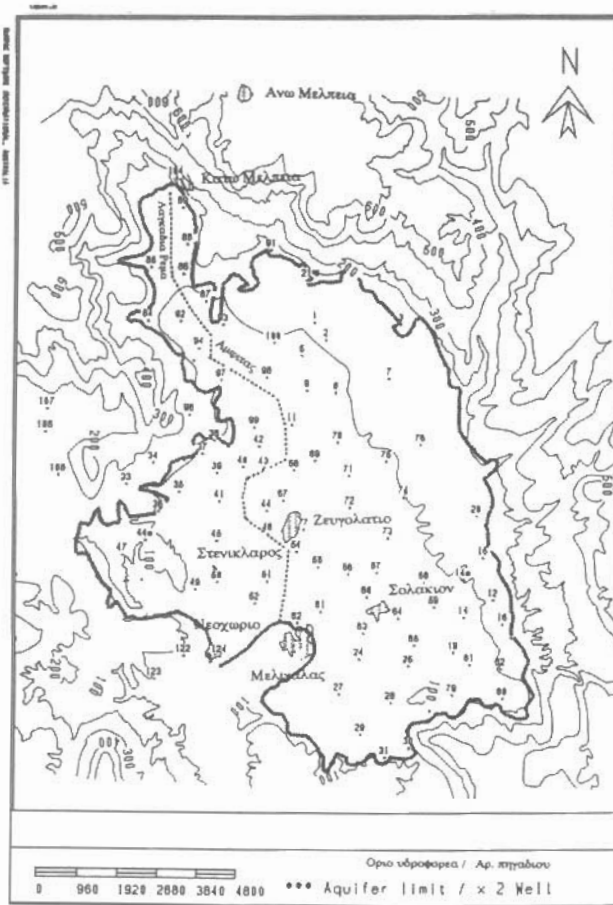
Εικ. 1: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης (Μαριολάκος, 1988)  
 Fig. 1: Simplified geological map (Mariolakos, 1988)

χους αργιλοαμμώδες στρώμα. Γενικά προς τους βαθύτερους ορίζοντες παρατηρήθηκε αδρομερέστερο κλαστικό υλικό. Σε βάθος 25-40 m εμφανίζεται ένα αργιλικό στρώμα πάχους περίπου 5-20 m. Οι περιφερειακοί κώνοι κορρημάτων, το μεγάλο πάχος των ιζημάτων και οι εναλλαγές χονδρόκοκκου με λεπτόκοκκο κλαστικό υλικό είναι τυπικά γνωρίσματα κλειστών λεκανών (MABBUT, 1979). Αυτό που αποτελεί ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της λεκάνης της Άνω Μεσσηνίας είναι η ύπαρξη του προαναφερθέντος αργιλικού ορίζοντα.

### 3. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Γεωτρήσεις που έγιναν στην περιοχή έδειξαν ότι αναπτύσσονται δύο υδροφόροι ορίζοντες, ένας ελεύθερος, και ένας υπό πίεση κάτω από το στρώμα αργίλων που εμφανίζεται σε βάθος 25-40 m (Υ.Γ., 1979).

Από την περιγραφή της γεωλογικής δομής γίνεται φανερό ότι ο συνδυασμός της λιθολογίας του υποβάθρου των ιζημάτων και των τεκτονικών δομών δημιουργούν για όλο το υδροφόρο σύστημα της λεκάνης της Άνω Μεσσηνίας στεγανές συνθήκες, χωρίς τη δυνατότητα υπόγειων απορροών, επειδή οι τεκτονικές δομές (ρηγιγενείς ζώνες), που φέρνουν τα μεταλπικά ιζήματα σε επαφή με αδιαπέρατους σχηματισμούς, δε δίνουν τη δυνατότητα απορροής αλλά αντίθετα τροφοδοτούν τον υδροφόρο ορίζοντα με επιπλέον ποσότητες νερού (Υ.Γ., 1979, ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, 1988). Ο αργιλικός ορίζοντας αφετέρου δημιουργεί και ειδικότερα για τον ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα κλειστές συνθήκες. Η λεκάνη της Άνω



Εικ. 2: Μορφολογία της λεκάνης  
 Fig. 2: Basin topography

τμήμα της περιοχής, στο χωριό Άνω Μέλιπεια, αναβλύζει πηγή, η οποία τροφοδοτεί το μικρό ποτάμι που ρέει κατά μήκος της στενής κοιλάδας (Ρέμα Λαγκάδια), έχει δε ροή νερού καθ' όλο το έτος (Υ.Γ., 1979). Στο πεδινό τμήμα, το ρέμα αυτό συμβάλλει μαζί με άλλα παροδικής ροής ρέματα στον ποταμό Αμφίτα, ο οποίος διαρρέει με διεύθυνση βορρά-νότο όλο το πεδινό τμήμα του υδροφορέα (εικ. 2). Επίσης κατά μήκος του δυτικού και βόρειου ορίου του υδροφορέα και πάνω στη νοητή γραμμή αλλαγής της μορφολογικής κλίσης εμφανίζονται αρκετές μικρές πηγές παροδικής ροής και μικρής παροχής (Υ.Γ., 1979).

#### 4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ

Για την προσομοίωση του ελεύθερου υδροφόρου χρησιμοποιήθηκε το σύστημα MODFLOW (McDONALD & HARBAUGH, 1988). Η μη-μόνιμη κίνηση του υπόγειου νερού σταθερής πυκνότητας δια μέσου ενός πορώδους μέσου περιγράφεται από την μερική διαφορική εξίσωση:

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

Μεσσηνίας, που μαζί με αυτή του Δωρίου - Κοπανακίου αποτελεί μία ενιαία υδρογεωλογική ενότητα, είναι λοιπόν ένα κλειστό υδρογεωλογικό σύστημα, με μοναδική δυνατότητα επιφανειακής απορροής μια στενή ζώνη στο νότιο τμήμα μεταξύ Νεοχωρίου και Μελιγαλά (Υ.Γ., 1979, ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, 1988). Το υπόγειο νερό συγκεντρώνεται στην κεντρική περιοχή της λεκάνης, μεταξύ των χωριών Στενικλάρος - Ζευγολατιό - Σολακίον - Μελιγαλάς, περιοχής που περιοδικά πλημμυρίζει (εικ. 2).

Η κατανομή του συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας  $K$  εξαρτάται από την κοκκομετρία των ιζημάτων και παρουσιάζει τιμές μικρότερες στο πεδινό τμήμα της λεκάνης, το οποίο καταλαμβάνουν τα λεπτόκκοκα ιζήματα και μεγαλύτερες στις παρυφές, όπου αναπτύσσονται οι κώνοι κορρημάτων (εικ. 4α). Λόγω του μεγαλύτερου πάχους των ιζημάτων στο πεδινό τμήμα ( $\approx 40$  m και κατά θέσεις ως 60 m) σε σχέση με τα περιθώρια, η αποθηκευτικότητα του υδροφορέα σε αυτό δεν είναι μειωμένη.

Στο βορειοανατολικό

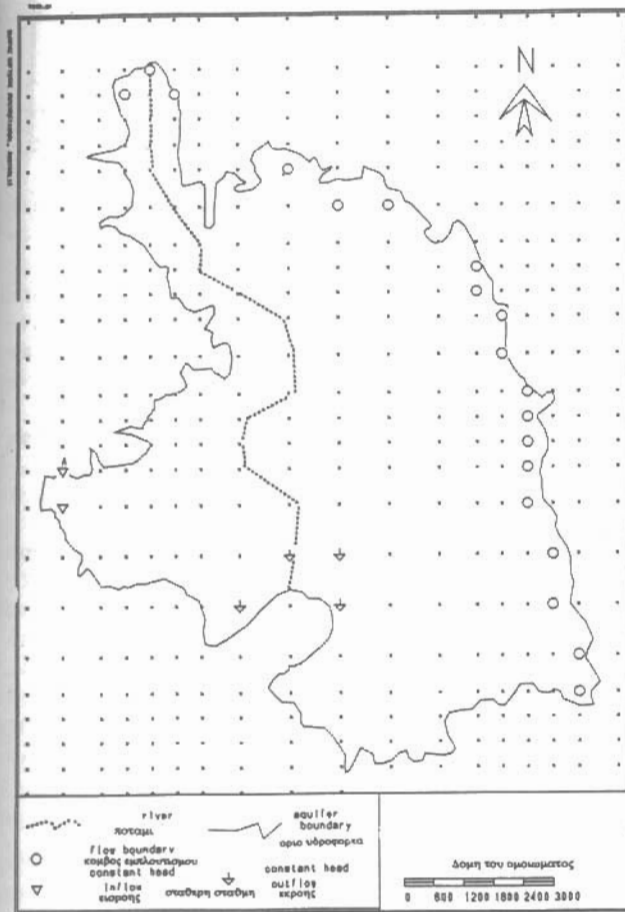
$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - \Sigma(x, y, z, t) = S_y \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

όπου  $K_x, K_y, K_z$ , είναι οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας κατά μήκος των τριών διεξυθύνσεων στο χώρο,  $h$  η πιεζομετρική επιφάνεια,  $W(x, y, z, t)$  οι εισροές ή εκροές από το σύστημα  $S_y$  η ειδική απόδοση του υδροφορέα και  $t$  ο χρόνος.

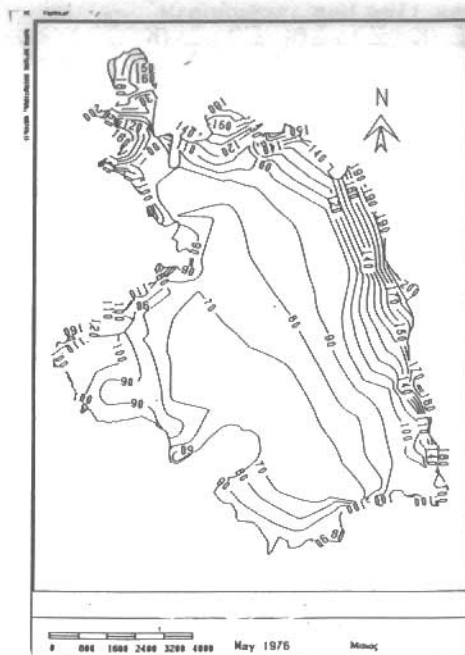
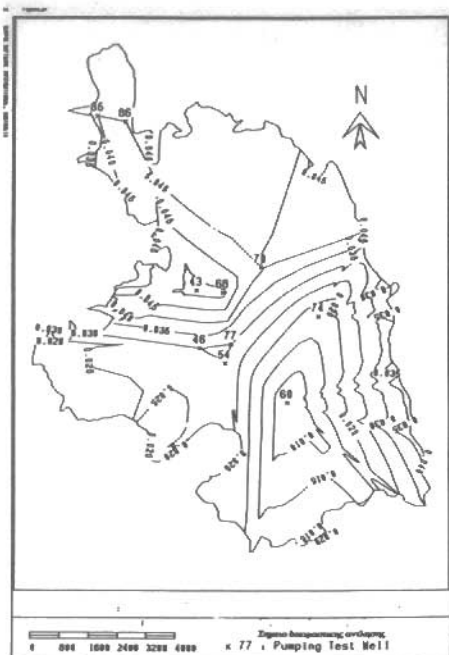
Το μαθηματικό ομοίωμα του υδροφορέα αποτελείται από την εξίσωση (1) μαζί με τον προσδιορισμό αρχικών συνθηκών στάθμης καθώς και συνθηκών ροής ή / και στάθμης στα όρια του συστήματος. Η αναλυτική λύση της εξίσωσης (1) είναι δυνατή μόνο σε πολύ απλά συστήματα, αλλιώς απαιτούνται αριθμητικές μέθοδοι για τη λύση του προβλήματος. Μια τέτοια προσέγγιση είναι η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών (εκτός άλλων McDONALD & HARBAUGH, 1988). Με τη μέθοδο αυτή το συνεχές σύστημα που περιγράφει η εξίσωση (1) διαχωρίζεται σε ένα δίκτυο

διακριτών κόμβων στο χώρο και στο χρόνο και οι μερικές παραγωγοί της στάθμης  $h$  αντικαθίστανται από διαφορές του  $h$  υπολογισμένες σε κάθε κόμβο.

Η δομή του ομοιώματος παρουσιάζεται στην εικ. 3, όπου φαίνεται ο διαχωρισμός του υδροφορέα σε ένα μη κανονικό ορθογώνιο δίκτυο με αποστάσεις μεταξύ των κόμβων 500 ή 1000 m. Στην εικ. 4α φαίνεται η κατανομή του συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας  $K$  στη λεκάνη και τα 9 σημεία προσδιορισμού του  $K$  από δοκιμαστικές αντλήσεις. Ο χάρτης αυτός κατασκευάστηκε με τη μέθοδο του τριγωνισμού, η οποία κρίθηκε σαν η πιο κατάλληλη, λόγω του μικρού αριθμού των μετρήσεων σε σχέση με την έκταση της λεκάνης. Το καλοκαίρι του 1993 επιπλέον δοκιμαστικές αντλήσεις επιβεβαίωσαν τις τιμές αυτές. Στην εικ. 4β παρουσιάζεται η πιεζομετρία του Μαΐου 1976, όπου αποτελεί και την αρχική συνθήκη για τον υπολογισμό του ομοιώματος, και στην 5α του Οκτωβρίου 1976, που αποτελεί και τη στάθμη ρύθμισης του μοντέ-



Εικ. 3: Δομή του ομοιώματος  
Fig. 3: Model structure



**Εικ. 4α:** Υδραυλική Αγωγιμότητα K (x10e3)  
**Fig. 4a:** Hydraulic Conductivity K (x10e3)

**Εικ. 4β:** Μετρημένη πιεζομετρική επιφάνεια  
**Fig. 4b:** Measured piezometric head

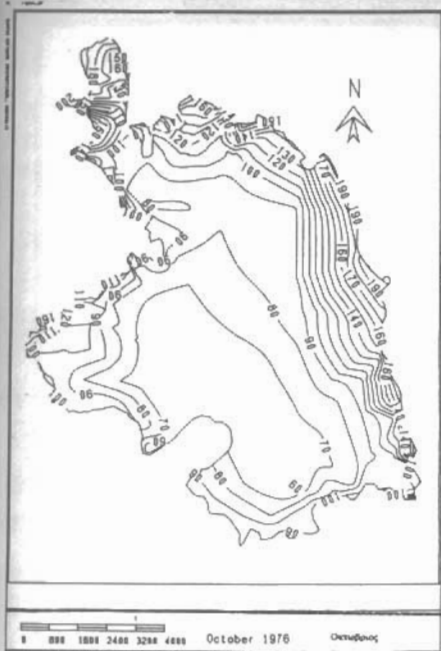
λου. Τέλος στην εικ. 5β παρουσιάζεται η υπολογισμένη πιεζομετρική επιφάνεια για τον Οκτώβριο 1976. Το ενεργό πορώδες για τον υδροφόρο έχει την τιμή 8%, η κατείσδυση έχει κατανομηθεί ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του ομοιώματος και έχει την τιμή 50 mm για το διάστημα Μαΐου - Οκτωβρίου 1976. Όλα τα παραπάνω στοιχεία και μετρήσεις προέρχονται από μελέτη του Υπουργείου Γεωργίας (Υ.Γ., 1979). Στην εικ. 2 παρουσιάζονται τα όρια του υδροφορέα και οι θέσεις των φρεάτων μέτρησης της στάθμης του.

Οι οριακές συνθήκες παρουσιάζονται στην εικ. 3 και είναι τριών ειδών: α) μηδενικής ροής (αδιαπέρατο όριο), β) σταθερής στάθμης, όπου ανάλογα με τη διαφορά από τους γειτονικούς κόμβους προσομοιώνουν εισροές ή εκροές προς / από τον υδροφόρο και γ) ροής εξαρτημένης από τη στάθμη που προσομοιώνουν εισροές από εξωτερικές πηγές. Του τύπου β) είναι το όριο στα δυτικά της λεκάνης που προσομοιώνει τις υπόγειες εισροές από τη λεκάνη Δωρίου - Κοπανακίου, και στο νότιο-κεντρικό τμήμα, όπου παριστάνονται οι επιφανειακές εκροές από το ποτάμι. Όριο του τύπου γ) είναι η ανατολική και βόρεια πλευρά του υδροφορέα, που προσομοιώνει τις εισροές από τις ρηξιγενείς ζώνες. Τίσιου τύπου όριο είναι και το ποτάμι, όπου ανάλογα με τις στάθμες των γειτονικών κόμβων έχουμε τροφοδοσία του από τον υδροφόρο ορίζοντα ή το αντίστροφο.

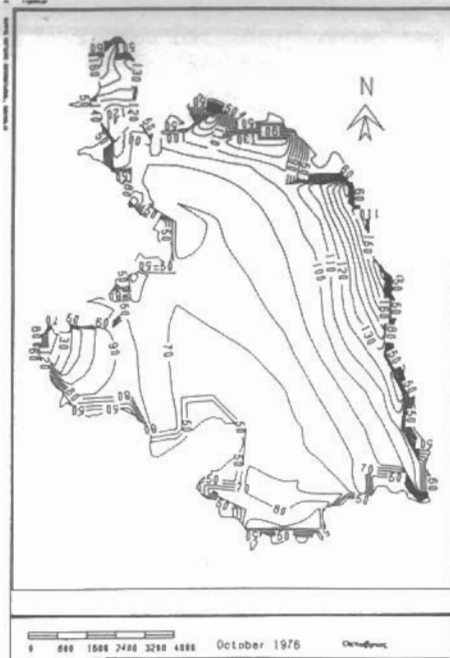
## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει τη ροή του υπόγειου νερού αλλά και το υδρολογικό ισοζύγιο του ελεύθερου υδροφόρου της λεκάνης της Άνω Μεσσηνίας είναι ο ποταμός Αμφίτας που διαρρέει την περιοχή. Λόγω της αυταναμίας υπόγειας απορροής, αυτός αποτελεί τη μοναδική οδό διαφυγής των υδάτων από τη λεκάνη. Έτσι στο ΒΔ τμήμα, στην στενή κοιλάδα του Ρέματος Λαγκαδία, ο





Εικ. 5α: Μετρημένη πιεζομετρική επιφάνεια  
Fig. 5a: Measured piezometric head



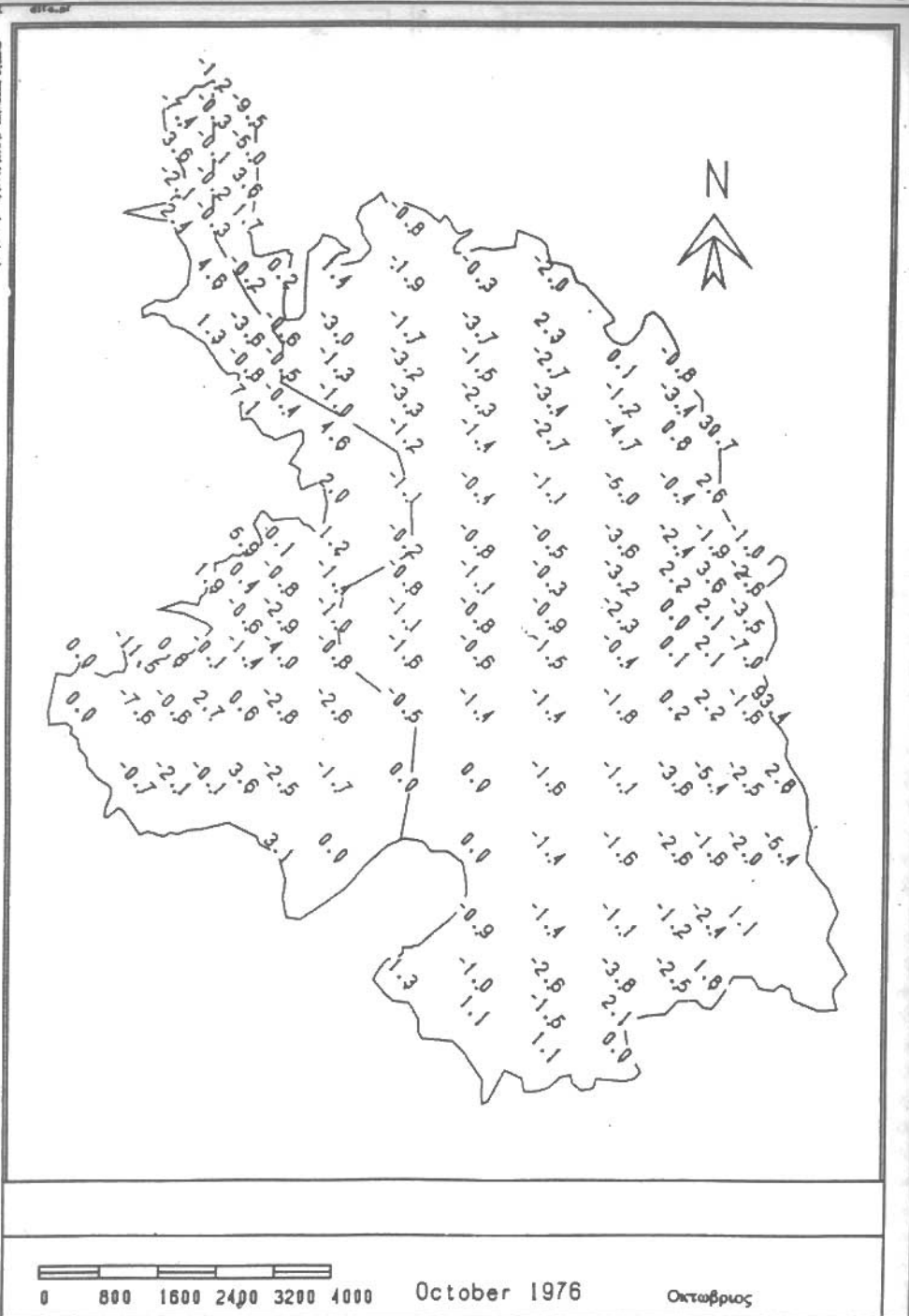
Εικ. 5β: Υπολογισμένη πιεζομετρική επιφάνεια  
Fig. 5b: Calculated piezometric head

ποταμός τροφοδοτείται από τον υδροφόρο, όπως φαίνεται από τη γωνία των γραμμών ροής του υπόγειου νερού με την κοίτη του ποταμού. Στα βόρεια του πεδινού τμήματος δεν υπάρχει μεγάλη αλληλεπίδραση του ποταμού με τον υδροφόρο ορίζοντα, αντίθετα, ο υδροφόρος εκφορτίζεται στο ποτάμι στην περιοχή που συγκεντρώνεται το υπόγειο νερό, βόρεια του Μελιγαλά (εικ. 5β).

Ο δεύτερος παράγοντας είναι οι εισροές στον υδροφόρο από τη λεκάνη Δωρίου στα νοτιοδυτικά και από τις ρηξιγενείς ζώνες στα βόρεια και στα ανατολικά από την πλευρική τροφοδοσία των κορρημάτων μέσω των ρηξιγενών ζωνών. Η διαφοροποίηση του  $K$  στην κατακόρυφη διάσταση στις παρυφές του υδροφόρου, δηλαδή επιφανειακά στους κώνους κορρημάτων μεγαλύτερες τιμές και προς τους βαθύτερους οριζόντες μικρότερες, θα έδινε πιο ακριβή αποτελέσματα σε αυτές τις περιοχές, δεν υπάρχουν όμως τα αναγκαία στοιχεία.

Ο τρίτος παράγοντας είναι η υψομετρική διαφορά των παρυφών του υδροφόρου από το κεντρικό τμήμα (100 - 150 m) σε συνδυασμό με την κατανομή του συντελεστή δραστικής αγωγιμότητας  $K$  (εικ. 4α). Οι υπολογισμοί του ομοιώματος έδειξαν ότι εξαιτίας της μείωσης του  $K$  από τις παρυφές ( $=1 \cdot 10^{-5}$  m/sec) προς το κέντρο του υδροφόρου ( $=1 \cdot 10^{-6}$  m/sec) η ροή του νερού είναι ταχύτερη από τις ρηξιγενείς ζώνες προς τα πλευρικά κορρήματα σε σχέση με τη ροή από το κέντρο του υδροφόρου προς τον ποταμό, κάτι που εξηγεί τις εμφανίσεις των μικρών περιοδικών πηγών στα ρια του πεδινού τμήματος. Το ίδιο γεγονός, συνδυαζόμενο και με την τροφοδοσία του ελεύθερου υδροφόρου από τον υπό πίεση μέσω του αργιλικού οριζοντα εξηγεί τις πλημμύρες στο πεδινό τμήμα την άνοιξη.

Στην εικ. 6 παρουσιάζεται η διαφορά της μετρημένης στάθμης από την υπολογισμένη για τον Οκτώβριο 1976. Το ομοίωμα υπολογίζει γενικά υψηλότερες στάθμες, ιδίως προς τα περιθώρια. Για μια πιο πιστή αναπαράσταση της λει-



Εικ. 6: Μετρημένη - Υπολογισμένη στάθμη  
 Fig. 6: Measured  $h$  - Calculated  $h$



τουργίας του υδροφόρου συστήματος πρέπει να ενταχθούν στο μοντέλο τα ρεύματα παροδικής του ανατολικού περιθωρίου και οι πηγές του δυτικού. Επίσης καλύτερα αποτελέσματα θα έδινε μια διαφοροποίηση των τιμών του πορώδους στο χώρο.

#### ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζοντας ευχαριστίες στον Καθηγητή κ. Η. Μαριολάκο για την παραχώρηση των στοιχείων της μελέτης της ΓΕΩΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ και στο συνάδελφο γεωλόγο Ralf von Hassel για τη βοήθεια του στις δοκιμαστικές αντιλήψεις το καλοκαίρι του 1993.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- KANAS, A. (1986). Υδρογεωλογικές και γεωλογικές έρευνες στη νήσο Δονούσα (Κυκλάδες). Διπλωματική εργασία, 129 σ., Παν. Αθηνών, Γεωλ. Τμήμα, Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής, Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Αθήνα.
- DUFFY, C.J. and AL-HASSAN, S. (1988). Groundwater Circulation in a Closed Desert Basin: Topographic Scaling and Climatic Forcing, *Water Resources Research*, 24 (10), p. 1675-1688.
- ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ. (1980). Γεωλογική Μελέτη περιοχής Βασιλικού-Ιθώμης, Μεσσηνίας, Ι.Γ.Μ.Ε., *Γεωλογικά και Γεωφυσικά μελέται*, Τομ. XXI, No 1, 197 σ., 12 πίνακες, Αθήνα.
- ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗΣ, Α. and ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ, Ε. (1986). Υδρογεωλογικές και γεωλογικές παρατηρήσεις στο νησί Σίφνος (Κυκλάδες). Διπλωματική εργασία, 92 σ., Παν. Αθηνών, Γεωλ. Τμήμα, Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής, Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Αθήνα.
- KINZELBACH, W. (1986). *Groundwater Modeling*, 333 p., Elsevier, Amsterdam.
- ΛΑΛΕΧΟΣ, Ν. (1974). Η Γεωλογική δομή της Κεντρο - Δυτικής Πελοποννήσου, Ι.Γ.Μ.Ε., *Γεωλογικά αναγνωρίσεις*, No 53, 94 σ., 17 πίνακες, Αθήνα.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. (1988). Η εφαρμογή του νομού του Darcy σε κλειστά υδρογεωλογικά συστήματα, παράδειγμα: Η λεκάνη της Άνω Μεσσηνίας (ΝΔ Πελοπόννησος). *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., Πρακτικά 3ου Συνεδρίου*, XX/3, 77-96, Αθήνα.
- MABBUTT, J. (1979). *Desert Landforms*, 340 p., MIT Press, Cambridge, Mass.
- McDONALD, M.G. and HARBAUGH, A.W. (1988). *A Modular Three Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model*, 528 p., U.S. Geological Survey, Washington, D.C..
- MERCER, J.W. and FAUST, C.R. (1981). *Ground-Water Modeling*, 60 p. GeoTrans Inc., Resto, Virginia.
- ΜΠΑΜΠΑΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ, Χ., ΚΑΡΓΙΩΤΗΣ, Ν. ΤΕΡΖΙΔΗΣ, Γ. (1985). Μαθηματικό Μοντέλο για την αξιοποίηση του υπόγειου νερού της πεδιάδας Κατερίνης. *Υδροτεχνικά, Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης*, 515-523, Εάνθη.
- ΜΠΑΜΠΑΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ, Χ., ΜΑΥΡΟΥΔΗΣ, Ι., ΤΕΡΖΙΔΗΣ, Γ. (1985). Μαθηματικό μοντέλο για κλειστό υπό πίεση υδροφορέα (πεδιάδα Αλμωπιάς). *Υδροτεχνικά, Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης*, 549-557, Εάνθη.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΛΟΓΟΣ, Ε., ΓΚΑΝΑΣ, Α., ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗΣ, Α., ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ, Ε. Τεκτονικά πρότυπα των μεταμορφωμένων των Κυκλάδων και εφαρμογές τους στην Υδρογεωλογία, υπό εκτύπωση, *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, XXVII, Αθήνα.
- ΥΠ. ΓΕΩΡΓΙΑΣ, ΓΕΝ. ΔΙΕΥΘ. ΕΡΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ (1979). Υδρογεωλογική Μελέτη πεδιάδος Άνω Μεσσηνίας, ΓΕΩΡΕΥΝΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε., Αθήνα.