

## ΟΙ ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΩΝ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ - ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ<sup>1</sup>

Π.Κ. ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ<sup>1</sup>

### ΣΥΝΟΨΗ

Οι πρώτες λιθοστρωματογραφικές έρευνες των αλλουβιακών ιζημάτων του Αργολικού πεδίου που έγιναν στις αρχές της δεκαετίας του 1960, περιοριζόνταν στο κεντρικό και νότιο τμήμα του και σε βάθος μέχρι 60-70 μέτρα περίπου. Με την επεξεργασία πρόσθετων στοιχείων, η παρούσα έρευνα επεκτάθηκε σε βάθος και έκταση μέχρι το πρακτικά αδιαπέρατο υπόβαθρο της λεκάνης και τα περιθώρια της πεδιάδας αντίστοιχα. Προσδιορίστηκε το είδος και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των υδροφόρων σχηματισμών. Στο κεντρικό και νότιο τμήμα της πεδιάδας απαντούν υπό πίεση υδροφόροι σχηματισμοί, που καλύπτονται επιφανειακά από ένα εκτεταμένο στρώμα ερυθράς μαργαίτης αργίλου, ενώ προς τα περιθώριά της αναπτύσσονται ελεύθεροι υδροφόροι σχηματισμοί. Το υπόβαθρο των υδροφόρων σχηματισμών αποτελείται κυρίως από φλύσχη και εκτεταμένα αργιλώδη ιζήματα ενώ κατά θέσεις απαντούν εξάρσεις μεσοζωικών ασβεστολίθων.

### ABSTRACT

The alluvial sediments' stratigraphy of the plain of Argos (Greece) has first been investigated during sixties in order to assist the study and confrontation of the seawater intrusion problem in the area. The need of employing modern modeling techniques for the simulation of groundwater flow and pollution transport in the aquifers necessitated further hydrostratigraphic research. The objective of the current research was the further investigation of the hydrostratigraphy not only in the central and southern part of the plain but also throughout the entire plain and further deeper up to base of the aquifers. Specific geometrical features of the alluvial sequence were sought such as the base and the top of the aquifers as well as their structure.

Thus, all the available borehole logs were collected, mapped in the field and classified according to their accuracy and their detail. Thirteen hydrostratigraphic sections were drawn. It was found out that the central and southern part of the plain is covered superficially by a "clay cap" which consists of red - marl clay and is ten to twenty metres thick. Under this clay cap, a number of confined aquifer layers is developed which are progressively merged towards the periphery of the plain to a single unconfined aquifer thus forming "Piedmont" type of deposits. The sediments' bedrock includes various kinds of alpine and post-alpine sediments such as flysch, limestones and Neogene marl conglomerates and extended clay layers. Its' shape has mainly been controlled by various normal faults and tectonic movements.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Αργολικό πεδίο, αλλουβιακοί υδροφόροι, λιθοστρωματογραφία.

**KEY WORDS:** Plain of Argos, alluvial aquifers, hydrostratigraphy.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών από την υφαλμύριση, στο τέλος της δεκαετίας του 1950, προσέκλυσε το ενδιαφέρον διαφόρων υπηρεσιών και επιστημόνων. Μετά από προκαταρκτικές εργασίες, τον Απρίλιο του 1962, συστάθηκε ομάδα εργασίας αποτελούμενη από εκπροσώπους των ενδιαφερόμενων Υπουργείων (Υ.Σ., Υ.Δ.Ε, Υ.Γ. και Π.Ε.Υ), καθώς και από εμπειρογνώμονες του FAO και της TAHAL Ltd η οποία κατάρτισε ένα γενικό πρόγραμμα ερευνητικών εργασιών και μελετών για τον προσδιορισμό των υδατικών πόρων της λεκάνης του Αργολικού Πεδίου και την υπόδειξη μέτρων για την αντιμετώπιση της υφαλμύρισης των υδροφόρων οριζώντων. Το σχετικό πρόγραμμα καταρτίστηκε τα έτη 1962-63 οπότε και άρχισε άμεσα η εφαρμογή του.

Σε όσα αφορά στη στρωματογραφία, το πρόγραμμα αυτό μεταξύ των άλλων περιελάμβανε την εκτέλεση 60 ερευνητικών γεωτρήσεων, με σκοπό τη λεπτομερή στρωματογραφική έρευνα των αλλουβιακών αποθέσεων, τον

<sup>1</sup> HYDROSTRATIGRAPHY OF THE ALLUVIAL SEDIMENTS OF THE PLAIN OF ARGOS (GREECE) - AQUIFERS.  
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεοφύρατος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.  
I. Γ. Κρέμμον 13, 111 43 Αθήνα

καθορισμό των περιοχών τροφοδοσίας των υδροφόρων σχηματισμών και των υδραυλικών τους ιδιοτήτων (S, Sy, T, K). Η εκτέλεση των παραπάνω γεωτρήσεων έγινε υπό την επίβλεψη των γεωλόγων Α. Γαλέου, Μ. Θάνου και Σ. Ζέρβα οι οποίοι ασχολήθηκαν επιμελώς με την συλλογή, ανιχνώριση και αξιολόγηση των λιθολογικών δεγμάτων και τη σύνταξη των σχετικών στρωματογραφικών τομών των παραπάνω γεωτρήσεων. Από τις 59 γεωτρήσεις (Σχήμα 1) που τελικά έγιναν (Οκτώβριος 1962 - Μάιος 1964), ελήφθησαν 938 δείγματα, τα οποία εξετάστηκαν μακροσκοπικά και εν μέρει μικροσκοπικά. Για την ακριβέστερη διάγνωση της λιθολογικής τους σύστασης και την διάκριση ανάμεσα σε ασβεστόλιθο - μαργαίτο ασβεστόλιθο - μάργα - μαργαίτη όργιλο πραγματοποιήθηκαν αοβειομετρήσεις σε όλα τα δείγματα. Η μικροπαλαιοντολογική εξέταση των απολιθωμάτων κατέστη αδύνατη με αποτέλεσμα να γίνουν μόνο μακροσκοπικές παρατηρήσεις, με σκοπό τον καθορισμό χερσαίων, θαλάσσιων ή και λιμναίων φάσεων, καθώς και τη συσχέτιση των τομών των γεωτρήσεων. Η επεξεργασία των δεδομένων αυτών έγινε τελικά από το γεολόγο Α. Γαλέο, ο οποίος συνέταξε μια σειρά λεπτομερών στρωματογραφικών τομών. Οι παραπάνω γεωτρήσεις έφταναν σε βάθος 60-70 m περίπου και σε **σύγκριση** με τα σημερινά δεδομένα εκμετάλλευσης των υδροφόρων σχηματισμών μπορούν να χαρακτηριστούν στην πλειοψηφία τους ως αβιαιείς με εξαίρεση την 5<sup>η</sup> ερευνητική, βάθους 300 m, στο μέσο περίπου της ακτής του Αργολικού κόλπου (βλ. Σχήμα 1) και αυτή στην πλατεία της κοινότητας Ανυφί, βάθους 617 m (Α.Μ. 3438). Οι παραπάνω γεωτρήσεις στο σύνολό τους συγκεντρώνονταν κυρίως στην **παράλια** και στην **κεντρική** ζώνη του Αργολικού πεδίου. Συνεπώς η τότε λιθοστρωματογραφική έρευνα ήταν μεν λεπτομερής, αλλά περιοριζόταν κυρίως στην **παράλια** και **κεντρική** ζώνη και σε βάθος μέχρι 60-70m (βλ Θεοδωρόπουλος και Παπαπέτρον - Ζαμιάνη, 1970). Η γεωλογία των **αλπικών** σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής αποτελεί ξεχωριστό αντικείμενο, με το οποίο ασχολήθηκαν κατά καιρούς διάφοροι ερευνητές όπως π.χ. οι Philipson 1892, Descourt, 1964, Τάταρης κ.α. 1964, Τάταρης και Καλλέγγης, 1965, Τριζαλινός, 1968, Παπασιματιάνου κ.α 1970 κ.α.

## 2. ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η επέκταση των παραπάνω ερευνών σε βάθος αλλά και σε έκταση με σκοπό την αποτύπωση της όλης λιθοστρωματογραφικής δομής όχι μόνο στην παράκτια και στην κεντρική περιοχή του Αργολικού Πεδίου, η οποία είχε άμεση σχέση με το πρόβλημα της υπαλιμύρισης αλλά και στα περιθωριά του όπου η γεωλογική δομή ελέγχει τους μηχανισμούς πλευρικής και κατακόρυφης τροφοδοσίας των υδροφόρων σχηματισμών.

Στην υδρογεωλογική έρευνα το ενδιαφέρον επικεντρώνεται όχι τόσο στα στρωματογραφικά χαρακτηριστικά των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών, με την κλασική έννοια της στρωματογραφίας, αλλά στη ταξινόμηση του ανάλογα με τη συμπεριφορά τους στην κίνηση του υπόγειου νερού. Έτσι δεν χρησιμοποιείται ο όρος στρωματογραφία, αλλά ο όρος "**λιθοστρωματογραφία**" ή "**υδροστρωματογραφία (hydrostratigraphy)**" (βλ. π.χ Anderson and Woessner, 1992)

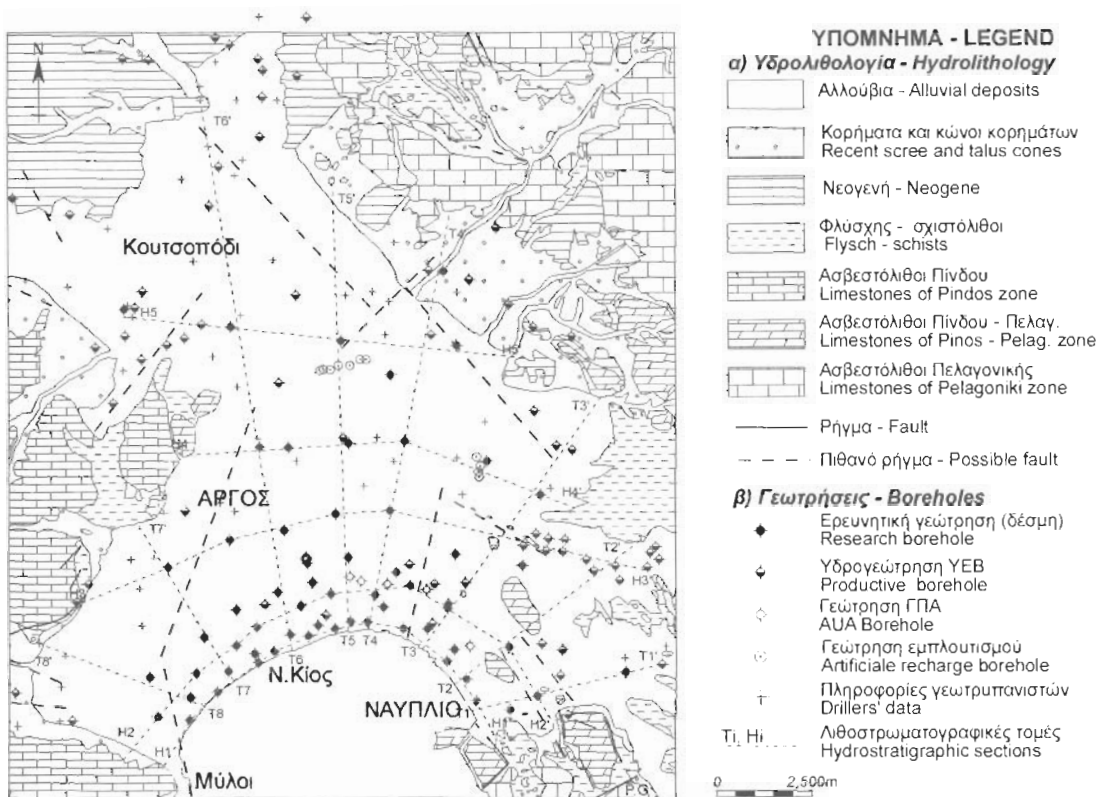
Στο Αργολικό πεδίο παρ' ότι έχουν γίνει περισσότερες από 15.000 γεωτρήσεις, ελάχιστες από αυτές έχουν αποτυπωθεί σε γεωλογικές τομές. Γεωλογικές τομές υπάρχουν για τις 59 ερευνητικές γεωτρήσεις<sup>1</sup> (δέσμες) της περιόδου 1962-64 και για 70 περίπου παραγωγικές υδρογεωτρήσεις<sup>2</sup>, που κατασκευάστηκαν από την **ΥΕΒ** του ΥΠ.ΓΕ. (Σχήμα 1). Οι πρώτες ερευνητικές γεωτρήσεις έδωσαν σχετικά λεπτομερή στρωματογραφικά στοιχεία, γιατί έγιναν με λήψη πυρήνα σε όλο τους το μήκος ή με χρουστικά γεωτρήματα, ενώ στις μετέπειτα υδρογεωτρήσεις καταγράφηκαν, από την **ΥΕΒ** του ΥΠ.ΓΕ. στοιχεία σε ότι αφορά στη θέση των υδροφόρων σχηματισμών που διατηρήθηκαν, στο πάχος τους και περιγραφικά στοιχεία για τους στρωματογραφικούς ορίζοντες που απαντήθηκαν, όχι όμως τόσο ακριβή όσο αυτά των ερευνητικών γεωτρήσεων. Η αξιολόγηση όλων αυτών των τομών γεωτρήσεων μπορεί να δώσει περαιτέρω πληροφορίες για τη γεωμετρία αλλά και για το είδος των υδροφόρων σχηματισμών. Οι θέσεις των 59 ερευνητικών γεωτρήσεων ή "**Δεσμών γεωτρήσεων**" (βλ. Σχήμα 1) έχουν προσδιοριστεί με τοπογραφική αποτύπωση και είναι γνωστές με ακρίβεια, ενώ αντίθετα οι θέσεις των υπολοίπων υδρογεωτρήσεων της **ΥΕΒ** έχουν προσδιοριστεί μόνο από περιγραφικά στοιχεία για τον ιδιοκτήτη καθώς και τοπωνύμια. Έτσι, με τις προαναφερόμενες δυσκολίες και με ιδιαίτερη προσπάθεια, εντοπίστηκαν στο πεδίο και χαρτογραφήθηκαν όλες οι υδρογεωτρήσεις της **ΥΕΒ** που διέθεταν γεωλογικές τομές (Γιαννουλόπουλος, 2000).

Η όλη στρωματογραφική εικόνα συμπληρώθηκε ακόμη με τομές 10 ερευνητικών γεωτρήσεων, που έγιναν στα πλαίσια προόφρατου ερευνητικού προγράμματος του ΓΠΑ<sup>3</sup> καθώς και με δέκα τομές γεωτρήσεων εμπλου-

1 Στρωματογραφικά Τομιά Ερευνητικών Γεωτρήσεων Αργολικού Πεδίου. Υπουργείο Γεωργίας (ΥΠ.ΓΕ), Υπηρεσία Εγγειων Βελτιώσεων (ΥΕΒ), Δυνας 1, Γεωλογικών Εργαστηρίων, Αθήνα 1966.

2 Τομές υδρογεωτρήσεων από το αντίστοιχα αρχείο της ΥΕΒ του ΥΠ.ΓΕ. Αθήνα.

3 "Χρησιμοποίηση για άδειαση του νερού του ασφάλματος Κίβρατος Αργολίδας και παρακολούθηση και αντιμετώπιση της υπαλιμύρισης του Αργολικού πεδίου". Επιστημονικός υπεύθυνος Α. Πουλορηλάκης



Σχήμα 1 Απλοποιημένος υδρολιθολογικός χάρτης του Αργολικού πεδίου. Θέσεις γεωτρήσεων και λιθοστρωματογραφικών τομών (βλ. Σχήματα 2, 3)

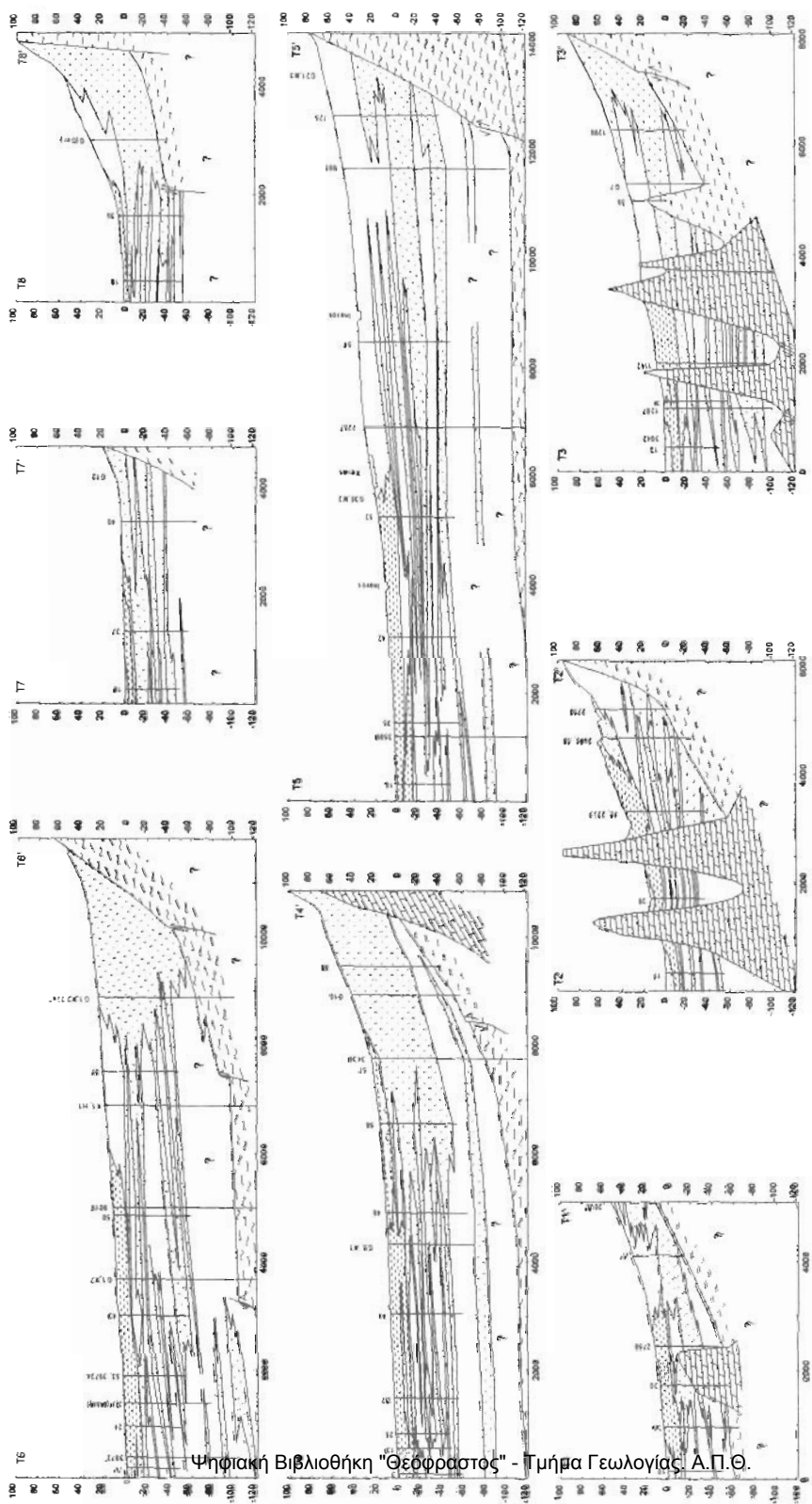
Figure 1 A simplified hydrogeological map of the Plain of Argos. Positions of boreholes and hydrostratigraphic sections (see Figs 2, 3)

τισμού που ανορύχθηκαν το 1994 κατά μήκος της διώρυγας Κυβερείου (βλ. Σχήμα 1). Επίσης αξιολογήθηκαν πληροφορίες γεωτρηπανιστών, που αφορούσαν σε 55 γεωτρήσεις, που έχουν ανορυχθεί σε διάφορα σημεία της πεδιάδας. Έτσι η όλη στρωματογραφική εικόνα που περιγράφεται στη συνέχεια βασίστηκε συνολικά σε 150 γεωλογικές τομές γεωτρήσεων και πληροφορίες γεωτρηπανιστών για 55 επιπλέον θέσεις γεωτρήσεων. Οι ααριβείς θέσεις όλων των γεωτρήσεων αυτών όπως προέκυψαν από την απογραφή τους, καθώς και σχετικά πληροφοριακά στοιχεία γεωτρήσεων παρουσιάζονται στο Σχήμα 1 (Γιαννουλόπουλος 2000).

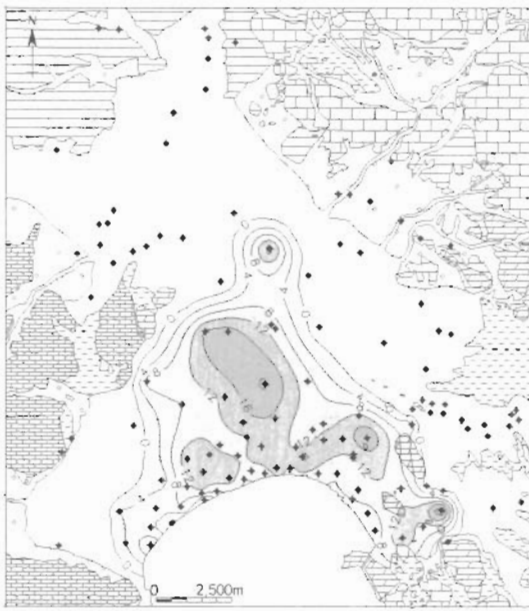
### 3. ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Στα πλαίσια της λιθοστρωματογραφικής έρευνας έγινε προσπάθεια προσδιορισμού της θέσης των υδροφόρων σχηματισμών στο χώρο. Προσδιορίστηκε η οροφή και η βάση των επαλλήλων υδροφόρων στρωμάτων που αναπτύσσονται στα μεταλλικά ιζημάτα της πεδιάδας, καθώς και τα όρια των επιμέρους υδροφόρων σχηματισμών. Από τη σύνθεση όλων των παραπάνω διαθέσιμων στρωματογραφικών στοιχείων, συντάχτηκαν 13 λιθοστρωματογραφικές τομές που καλύπτουν όλη την έκταση του Αργολικού πεδίου. Σχεδιάστηκαν αρχικά σε κλίμακα 1:5.000 (οριζόντια) και 1:250 (κατακόρυφη) και υπολογίστηκε ότι αντιστοιχούν σε αθροιστικό μήκος 126.95km. Οι τομές αυτές παρουσιάζονται στα Σχήματα 2 και 3, ενώ οι θέσεις τους στην πεδιάδα φαίνονται στο Σχήμα 1. Στη συνέχεια τους δόθηκε σημαντική βαρύτητα στο διαχωρισμό αδρμερών και λεπτομερών ιζημάτων έτσι ώστε, σε συνδυασμό με τα λοιπά περιγραφικά στοιχεία, να διακριθούν καλύτερα οι υδροφόροι σχηματισμοί από τους αργολικούς οριζόντες καθώς επίσης και ο ρόλος των υπόλοιπων πολυμέτρων ιζημάτων. Χαρακτηριστικοί οριζόντες οδηγό στη στρωματογραφική συσχέτιση ήταν οι διάφοροι οριζόντες τύρφης, το χρώμα και η σύσταση των αργιλικών ιζημάτων, καθώς και η στρωματογραφική ακολουθία και επαλληλία των διαφόρων ιζηματογενών σειρών.

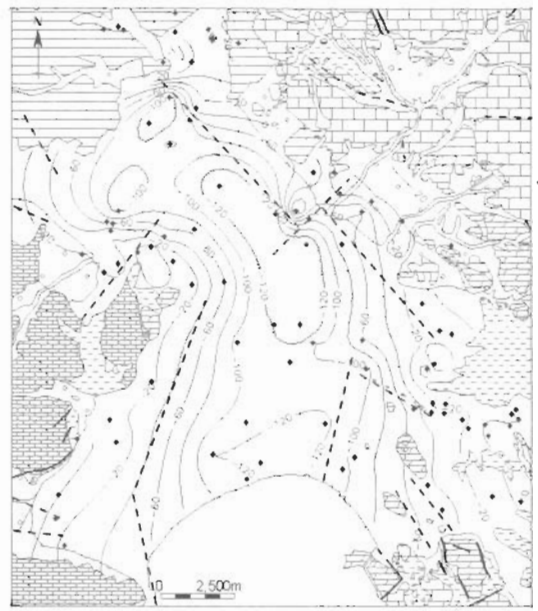




Σχήμα 3. Αλφοπεριφερειακές τομές Αρτολιανού πεδίου γενικής όριθύνσης Α-4 (βλ. Σχήμα 1)  
 Figure 3. Hydrostratigraphic sections of the alluvial sediments, E-W oriented (see Figure 1)



**Σχήμα 4 Πάχος (m) και όρια αργιλικού καλύμματος**  
**Figure 4 Thickness (m) and regional distribution of the clay cap**



**Σχήμα 5 Ισοϋψείς καμπύλες του αδιαπέρατου υπόβαθρου.**  
**Figure 5 Contours of the aquifers' impermeable base.**

Όπως αναφέρθηκε, η εκμετάλλευση των υδροφόρων σχηματισμών έχει επεξεταθεί κατά τις τελευταίες δεκαετίες σε βάθη μεγαλύτερα από 60 m (αναζητάται νερό σε βάθη μέχρι και 300 - 400 m). Στα βάθη αυτά, στην παρακτία ζώνη, τα δεδομένα από βαθιές γεωτρήσεις είναι αρκετά περιορισμένα. Οι βαθύτερες γεωτρήσεις με γνωστές τομές στην παρακτία ζώνη είναι η 5η ερευνητική στο μέσο της παρακτία ζώνης (βάθους 300 m), δύο ερευνητικές γεωτρήσεις της Νέας Κίου (βάθους 150) και μια αδόμη στην περιοχή της Τύρωντας βάθους 150 m. Από την 5η ερευνητική γεώτρηση προέκυψε ότι μέχρι το βάθος των 300 m απαντούν διάφορα υδροφόρα στρώματα αλλά αυτά που βρίσκονται σε βάθη μεγαλύτερα από 120 m δεν έχουν αξιόλογη υδροφορία. Από τις lithολογικές περιγραφές των παραπάνω γεωτρήσεων, προκύπτει ότι στην κεντρική και νότια περιοχή του Αργολικού πεδίου σε βάθη μεγαλύτερα των 60 m υπάρχει μια επαλληλία υδροφόρων στρωμάτων που εναλλάσσονται με αργιλικά στρώματα μέχρι το βάθος των 120 m κάτω από το οποίο κυριαρχεί ένα εκτεταμένο στρώμα αργιλοδών ιζημάτων.

Εκτός από τη δομή και τη σύσταση των υδροφόρων σχηματισμών, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η χωρική τους κατανομή και ιδιαίτερα η θέση της βάσης και της οροφής των παραπάνω επαλληλών υδροφόρων σχηματισμών. Σε ότι αφορά στη σύστασή τους, οι υδροφόροι σχηματισμοί αποτελούνται από ποικίλα κλαστικά υλικά τα οποία διακρίνονται<sup>1</sup> σε χάλικες, χαλιζοπηγή - χροκόλοπηγή, ασβεστολιθικά συγκοιμάτα, αμμο, χροκόλες, ψαμμίτες - ψηφιδοπηγή, ψηφίδες, κορμύλογενείς οριζόντες, τράπεζες ελεσματοβραγχίων και κώνους κορημάτων.

Ως οροφή μπορεί να θεωρηθεί το αργιλικό κάλυμμα που απαντά στην κεντρική και νότια ζώνη της πεδιάδας (βλ. Σχ. 2, 3, 4). Ο Α. Γαλάριος, το 1967, μετά από τη λεπτομερή επεξεργασία των δεδομένων των ερευνητικών γεωτρήσεων<sup>1</sup>, συμπεραίνει ότι "...το μεγαλύτερο τμήμα του Αργολικού πεδίου καλύπτεται επιφανειακά υπό στρώματος σημαντικού πάχους εξ αδιαπέρατον μαργακικής αργίλου..." ενώ, "... τα υδροφόρα στρώματα λαμβάνουν την πλήρη ανάπτυξη αυτών μετά τα 15 m βάθος περίπου". Το στρώμα αυτό της ερυθράς μαργακικής αργίλου, σε σχέση με το τελικό βάθος διάτρησης των σύγχρονων υδρογεωτρήσεων, μπορεί να χαρακτηριστεί ως επιφανειακό και μπορεί να οριοθετηθεί με σχετικά καλή ακρίβεια γιατί στα βάθη που εκτείνεται (0-20 m) υπάρχουν πληροφορίες υψηλής αξιοπιστίας, από όλες σχεδόν τις διαθέσιμες τομές γεωτρήσεων. Από την επεξεργασία όλων των τομών των γεωτρήσεων προέκυψαν τα όρια και η γεομετρία του καλύμματος αυτού και παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.

Υπόβαθρο των υδροφόρων σχηματισμών είναι κυρίως ο φλύσχης της ενότητας της Πίνδου - Πελαγονικής, τα Πλειοκαινά κροκαλοπαγή και σε μερικά σημεία οι μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι της Υποπελαγονικής οι οποίοι στις περισσότερες περιπτώσεις εδράζονται ή παρεμβάλλονται στο φλύσχη λόγω **επωθήσεων και επιπτεύσεων**. Σε πολλές θέσεις ιδίως στον κεντρικό και νότιο τμήμα της πεδιάδας, ο φλύσχης απαντά σε μεγάλο βάθος ή απουσιάζει παντελώς.

Στις θέσεις **αυτές ως αδιαπέρατο υπόβαθρο** θεωρούνται τα εزتταμένα αργιλόδη ιζηματα. Ο Μεσοζωικός ασβεστόλιθος εμφανίζεται ελιφανειακά στους λόφους της Τρίφυλλας ενώ έχει επίσης **απαντηθεί και στις γεωτρήσεις με ΑΜ<sup>2</sup> 2163, 2683, 2757, 2807, 3042, 4120 (του ΥΠ.ΓΕ)** καθώς και στην **ερευνητική γεώτρηση (Δέσμη)** με αριθ. 30 (βλ. Σχήμα 1). Φυσικά, σε ότι αφορά στο υπόβαθρο της πεδιάδας οι πληροφορίες είναι περιορισμένες και εντοπίζονται κυρίως στα ανατολικά της περιθώρια. Για το λόγο αυτό εκτός από τις διαθέσιμες γεωτρήσεις συνεκτιμήθηκαν και διασπασθήσαν πληροφορίες που προέκυψαν από συνεντεύξεις με γεωτροπανιότες της περιοχής. Η μορφή του αδιαπέρατου υποβάθρου όπως προέκυψε από την **επεξεργασία όλων των παραπάνω στοιχείων** παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνθέτοντας όλα τα διαθέσιμα στοιχεία που αναλύθηκαν προηγουμένα, **προκύπτει** ότι στο Αργολικό πεδίο αναπτύσσονται παράλληλοι υδροφόροι σχηματισμοί στους οποίους **παρεμβάλλονται** αργιλικά και αργιλόδη ιζηματα. Σε γενικές γραμμές οι υδροφόροι σχηματισμοί που διακρίνονται είναι:

**Φρεατικός υδροφόρος:** αναπτύσσεται σε μια στενή λωρίδα κατά μήκος της **παραλιακής ζώνης** από την ακτή μέχρι και 200-300 m προς την πεδιάδα (Σχήματα 2,3) και εκτείνεται από το **Ναύπλιο** μέχρι το μέσο περίπου των ακτών του Αργολικού κόλπου. Συνίσταται κυρίως από λεπτόκοκκες άμμους με **ποικίλη** συμμετοχή αργιλιζών υλικών. Το μέγιστο βάθος στην παράκτια ζώνη φτάνει τα 7-8m και **αναπτύσσεται** πάνω από το αργιλικό κάλυμμα. Η διάκριση του φρεατίου αυτού υδροφόρου από τη χαλαρή επιφανειακή αργιλική εδαφική στρώση πάχους 2-3m, που περιγράφεται συνήθως σε γεωλογικές τομές γεωτρήσεων και ως **"q υτιζή γη"** δεν είναι πολλές φορές σαφής. **Συνεπώς** είναι ασφαλέστερο ο φρεατικός υδροφόρος ορίζοντας στην περιοχή αυτή να περιγράφεται ως **"ζώνη εδαφικού νερού"** αφού δεν αποδίδει εμεταλλεύσιμες ποσότητες νερού για να χαρακτηριστεί με την κλασική έννοια ως υδροφόρος σχηματισμός.

Ο αριθμός των παράλληλων υδροφόρων στρωμάτων που ακολουθούν γάτω από το πρακτικά αδιαπέρατο αργιλικό κάλυμμα μέχρι το υπόβαθρο των υδροφόρων σχηματισμών ποικίλει από 0 έως σε θέση (βλ. Σχήμα 2,3). Οι ερευνητικές γεωτρήσεις της περιόδου 1962-64 συνάντησαν από 2 έως 5 υδροφόρα στρώματα μέχρι το βάθος των 60 m. Άλλοτε σχηματίζουν **διακριτά υδροφόρα** στρώματα ενώ σε μερισές περιπτώσεις αποτελούν ένα πολύπλοκο δίκτυο, που έχει διαμορφωθεί από τις **εκάστοτε** συνθήκες ιζηματογένεσης. Σε γενικές γραμμές, ο αριθμός τους μειώνεται από την παραλία προς το εσωτερικό της πεδιάδας, ενώ προς τα περιθώρια της πεδιάδας σταδιακά ενοποιούνται σε ένα ελεύθερο υδροφόρο. Το συγκεκριμένο υδροστρωματογραφικό μοντέλο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως τύπου *Piedmont* (βλ. Mandel and Shifan, 1981). Στο νότιο τμήμα, στην παράκτια ζώνη, σε βάθος 15-20m αναπτύσσεται το πρώτο υδροφόρο στρώμα πάχους 5 έως 15m το οποίο αποτελείται κυρίως από ασβεστολιθικά συζώματα. Εκτείνεται 3 km περίπου στη χέρσα και αποτελεί γενικά τον ανώτερο υδροφόρο. Υπόκειται **ενάλλατες** αδρομερών κλαστικών υλικών (άμμοι, χαλίκια) με αργιλικά ιζήματα τα οποία θα μπορούσε να λεχτεί ότι στο σύνολό τους αποτελούν ένα δεύτερο υδροφόρο σχηματισμό η μέγιστη ανάπτυξη του οποίου κυμαίνεται σε βάθη από 40 έως 60m περίπου. Μια ακόμη επαλληλία υδροφόρων στρωμάτων που **εναλλάσσονται** με κωπανή άργιλο και μάρμα, αναπτύσσεται σε βάθη από 80-90 m και 100-112 m.

Η σαφής αυτή γεωλογική δομή με τους **διακριτούς υδροφόρους** που περιγράφησαν δεν εκτείνεται σε όλο το Αργολικό πεδίο, αλλά κυρίως στην **παράκτια ζώνη** και σε απόσταση 3-7 km περίπου από την ακτή. Βορειότερα, οι τρεις αυτοί υδροφόροι τείνουν να ενοποιηθούν. Σε περιοχές όπου παρεμβάλλονται εزتταμένα αργιλικά στρώματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως υπό πίεση, αλλά εκεί όπου επικρατούν αδρομερέστερα υλικά χαρακτηρίζονται ως μερισώς υπό πίεση έως ελεύθεροι. Συμβατικά μπορούμε να δεχτούμε ότι η ανάπτυξη των υπό πίεση υδροφόρων εκτείνεται μέχρι τα όρια του αργιλικού καλύμματος (βλ. Σχήμα 2, 3) όπου σταδιακά αντικαθίστανται από ελεύθερους.

Οι ελεύθεροι υδροφόροι εκτείνονται στη ζώνη μεταξύ των ορίων του αργιλικού καλύμματος και των περιθωρίων της πεδιάδας όπου αναπτύσσονται αλτικοί σχηματισμοί. Η βάση τους είναι ο φλύσχης ή εزتταμένα αργιλικά στρώματα (Σχ. 5) και η οροφή τους προσεγγίζεται από τις ανώτερες διακλιμαίνσεις της ελεύθερης επιφάνειας του υπόγειου νερού.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ANDERSON M.P. AND WOESSNER W.W. 1992. Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport. Academic Press, 381 σελ.
- ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ Π. 2000. Υπόγεια Υδρολογική και Μαθηματικά Μοντέλα στο Αργολικό Πεδίο. Διδακτορική διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Τομέας Διαχείρισης Υδατικών Πόρων. 362 σελ.
- DERCOURT J. 1964. Γεωλογική μελέτη της περιοχής μεταξύ των πεδίων Αργολικού και Τριπολείως. ΙΓΕΥ τομ. VII, No 3, σελ. 77-103.
- ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ Δ, ΚΑΙ ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ – ΖΑΜΑΝΗ Α. 1970. Γεωλογικά και φρεσιογραφικά έρευνα επί του Αργολικού πεδίου. Annales Geologiques des Pays Helleniques, Vol 22, σελ 269-294
- MANDEL S. AND SHIFTON L.Z. 1981. Groundwater Resources. Investigation and Development. Water Pollution. A series of Monographs. Academic Press, 269 σελ.
- ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ Ι., Δ. ΒΕΤΟΥΛΗ Α. ΤΑΤΑΡΗΣ, Γ. ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Ι. ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ, Ν. ΑΛΛΕΧΟΣ ΚΑΙ Γ. ΚΟΥΝΗΣ 1970. Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Αργος, κλ. 1:50.000. ΙΓΕΥ.
- PHILIPSON A. 1891. Der Peloponnes., Berlin, 642pp.
- ΤΑΤΑΡΗΣ Α., Γ. ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ ΚΑΙ Δ. ΚΟΥΝΗΣ 1964. Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Ναύπλιο, κλ. 1:50.000. ΙΓΜΕ
- ΤΑΤΑΡΗΣ Α. ΚΑΙ Γ. ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ 1965. Η γεωλογική δομή του ορεινού όγκου Τρισεξώνας - Αραχναίου και της περιοχής Ναυπλίου – Λυγουριού (ΒΑ Πελοπόννησος) ΙΓΕΥ, Τόμος ΙΧ, No 6, σ. 195-220.
- ΤΡΙΚΑΛΙΝΟΣ Ι. 1968. Συμβολή εις την εξέταση της τεκτονικής δομής ης Ελλάδος. Τεκτονικά έρευνα εις την περιοχή του Ναυπλίου. Πρακτ. Ακαδ. Αθηνών, 37, σ. 223-231.