



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΠΑΤΗΣΙΩΝ 42, ΑΘΗΝΑ

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ :

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ  
 ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ  
 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ  
 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ  
ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗΣ  
ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ : Ι. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ, Αναπλ. Καθηγητής

ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ : Θ. ΜΙΜΙΔΗΣ, Δρ Υδρογεωλόγος  
Ξ. ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ, Διπλ. Γεωλόγος

ΑΘΗΝΑ      ΙΟΥΛΙΟΣ 1987

40

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ

ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Ι. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ, Θ. ΜΙΜΙΔΗΣ, Ε. ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ\*

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Ερευνώνται οι υδρογεωλογικές συνθήκες της πόλης της Καλαμάτας και της ευρύτερης προσχωματικής παραλιακής ζώνης.

Μελετάται η υδροδυναμική συμπεριφορά των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων και συντάσσονται χάρτες ισοβαθών και ισοπιεζομετρικών καμπυλών.

Διερευνάται η ποιότητα των υπόγειων νερών και διαπιστώνεται ότι είναι κατάλληλα για πόση και οικιακή χρήση, ενώ είναι καλά για αρδεύσεις. Διαπιστώνεται επίσης ότι προσβάλλουν τα μεταλλικά τμήματα και υλικά των κατασκευών που βρίσκονται σε επαφή με αυτά, άλλοτε διαβρώνοντάς τα και άλλοτε αποθέτοντας άλατα.

A B S T R A C T

The hydrogeological conditions of the town of Kalamata is investigated together with the wider coastal zonal area of alluvial deposits.

The hydrodynamic behaviour of the aquifers is studied and maps of equal depths and piezometric surfaces are constructed.

The water utilization for drinking and domestic purposes is not recommended, while for irrigation groundwaters satisfy the requirements or standards. Also it is found out that these waters have tendencies to form scale or corrode metallic parts or structure material in case they come in contact with them.

---

J.KOUMANTAKIS, T. MIMIDES and X. STAVROPOULOS - Hydrogeological investigation of Kalamata area (Peloponnese, Greece)

\* Nat. Tech. Univ., 42 Patission str., Athens 106 82

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά από τους καταστρεπτικούς σεισμούς της Καλαμάτας το Σεπτέμβριο του 1986, ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.) στην επιθυμία του να αποκτηθεί η καλύτερη δυνατή γνώση που θα επέτρεπε την ασφαλέστερη ανοικοδόμηση της πόλης, ζήτησε από τα Πανεπιστήμια και Πολυτεχνεία της χώρας, να συνδράμουν στην κατεύθυνση αυτή.

Σε σύσκεψη που προκάλεσε στις 6-10-1986 στα γραφεία του, γνωστοποιήθηκε το θέμα στους πανεπιστημιακούς, τόνισε το επείγον του χαρακτήρα του και ζητήθηκε να υποβληθούν σχετικές προτάσεις για χρηματοδότηση ερευνητικών προγραμμάτων, τα οποία θα είχαν σκοπό τη συγκέντρωση όλων των στοιχείων που θα χρειαζόταν για τη σύνταξη της Μικροζωνικής μελέτης της Καλαμάτας.

Τα Α.Ε.Ι. ανταποκρίθηκαν άμεσα και ανεξάρτητα από την έναρξη των χρηματοδοτήσεων άρχισαν να συγκεντρώνουν τα απαραίτητα στοιχεία με επί τόπου μεταβάσεις, δεδομένου ότι είχαν αναλάβει τη δέσμευση μέχρι το τέλος του 1986 να υποβάλλουν Προκαταρκτικές εκθέσεις.

Μέσα σ' αυτή την προσπάθεια, ύστερα από πρότασή μας, ο ΟΑΣΠ χρηματοδότησε ερευνητικό πρόγραμμα με τίτλο "Υδρογεωλογική έρευνα στα πλαίσια της μικροζωνικής της Καλαμάτας". Η προκαταρκτική έκθεση παραδόθηκε τον Δεκέμβριο του 1986 και η τελική τον Ιούλιο του 1987.

Τα στοιχεία που συγκεντρώσαμε και τα συμπεράσματα από την αξιολόγησή τους παραθέτουμε συνοπτικά στην εργασία αυτή. Αναλυτικότερα ο ενδιαφερόμενος μπορεί να τα αναζητήσει στον Ο.Α.Σ.Π. και στο Ε.Μ.Π. (Τομέας Γεωλογικών Επιστημών).

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η πεδινή παραλιακή ζώνη της Καλαμάτας καλύπτεται από αλλούβια, σημαντικού πάχους κατά θέσεις. Στην περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος η αλλουβιακή αυτή ζώνη αποκτά το μεγαλύτερο πλάτος της και επεκτείνεται υπό μορφήν γλώσσας προς το εσωτερικό εκατέρωθεν της κοίτης του ποταμού Νέδοντα. Σημαντικές αλλουβιακές αποθέσεις υπάρχουν επίσης εκατέρωθεν των μεγάλων χειμάρρων που κατεβαίνουν από την ανατολική της πόλης ορεινή περιοχή.

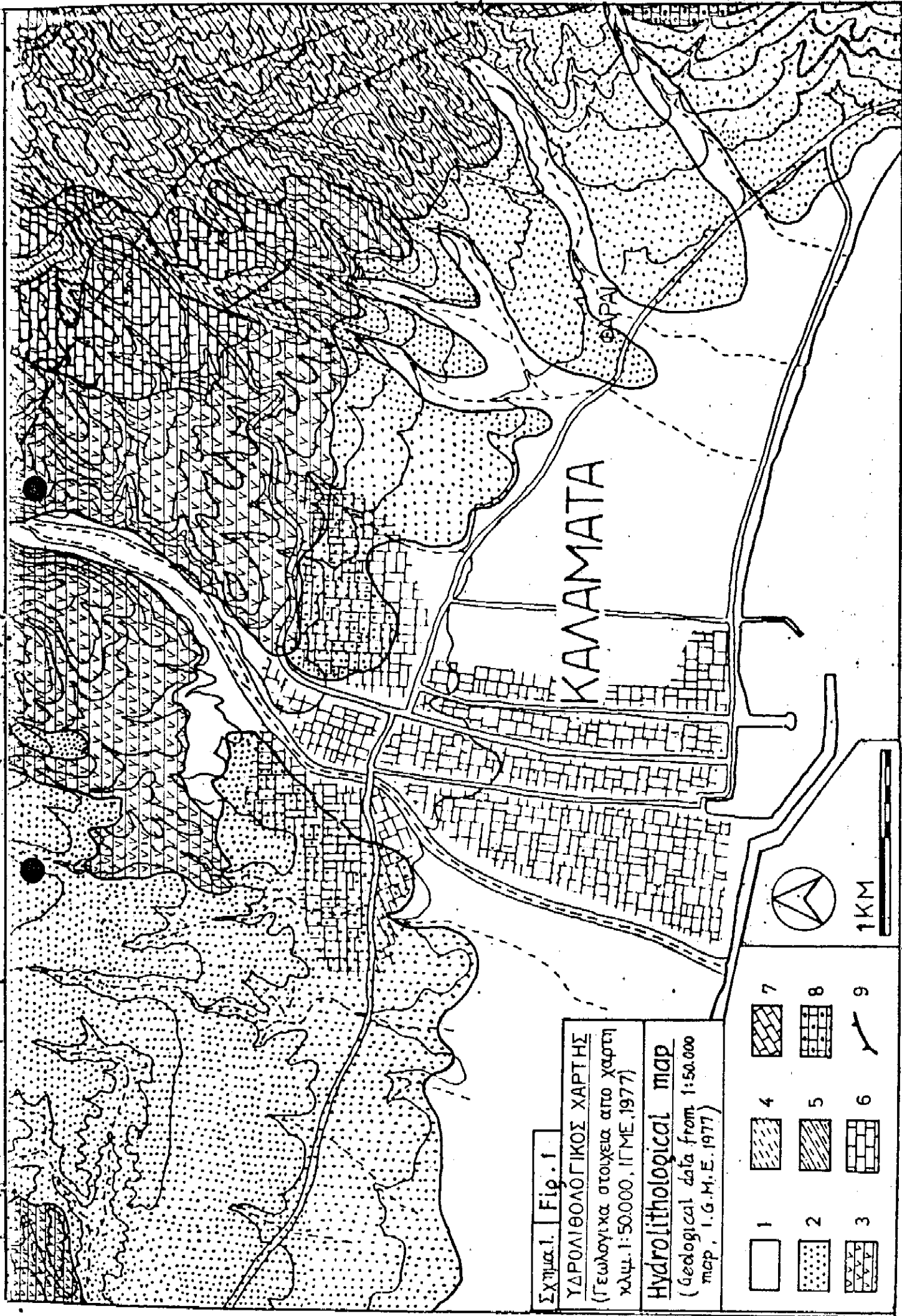
Όλες αυτές οι αποθέσεις είναι χειμαρροποτάμιας προέλευσης με ποικίλη λιθολογική και κοκκομετρική σύνθεση, όπως λεπτομερέστερα αναφέρεται παρακάτω.

Υπόβαθρό τους αποτελούν, αλλού οι παλαιότερες τεταρτογενείς, χειμαρροποτάμιας επίσης προέλευσης, αποθέσεις και αλλού νεογενείς σχηματισμοί. Στον ανατολικότερο τομέα είναι πολύ πιθανόν υπόβαθρο των τεταρτογενών αποθέσεων να αποτελεί ο φλύσχος, η εξάπλωση του οποίου είναι σημαντική στην ορεινή ζώνη ΒΑ της Καλαμάτας.

Το γεωλογικό περιβάλλον στην ευρύτερη γειτονική έκταση διακρίνεται στον υδρολιθολογικό χάρτη του σχήματος 1.

Με βάση τις γεωλογικές παρατηρήσεις και πληροφορίες από γεωτεχνικές έρευνες (παλαιότερες για μελέτες θεμελιώσεων και πρόσφατες στα πλαίσια της Μικροζωνικής μελέτης) είναι δυνατόν, σε σχέση με τις υφιστάμενες υδρολιθολογικές συνθήκες της ευρείας περιοχής να αναφερθούν τα εξής :

α) Οι χειμαρροποτάμιας τεταρτογενείς αποθέσεις, διακρίνονται σε παλιές και νέες. Εξ αιτίας του τρόπου απόθεσής τους δεν χαρακτηρίζονται από μια ομαλή στρωματογραφική αλληλουχία, αλλά από μια ακαταστασία, που εκδηλώνεται με ποικιλία (σε μέγεθος και μορφή) φακών και αποσφηνούμενων ενστρώσεων υλικών ποικίλης κοκκομετρίας και λιθολογικής σύστασης. Υπ' αυτές τις συνθήκες είναι φυσικό να υπάρχουν σημαντικές διαφορές τιμών υδροπερατότητας, τόσο κατά την κατακόρυφη όσο και κατά την οριζόντια έννοια και επομένως μεγάλη ποικιλία τιμών υδαταγωγιμότητας από θέση σε θέση.



Σχήμα 1. Fig. 1

ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ  
 (Γεωλογικά στοιχεία από χαρτή  
 κλίμ. 1:50.000, ΙΓΜΕ, 1977)

Hydro lithological map  
 (Geological data from 1:50.000  
 map, I.G.M.E. 1977)

- |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |



1 KM

#### ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ

- 1 : Αλλουβιακές αποθέσεις χειμαρροποτάμιας προέλευσης (άμμοι, χαλίκια, ιλύς, άργιλοι). Υδροπερατότητα ποικίλουσα από θέση σε θέση.
- 2 : Πλειστοκαινικές χερσαίες αναβαθμίδες και πλευρικά κορήματα ποικίλης λιθολογικής και κοκκομετρικής σύνθεσης και κυμαινόμενης υδροπερατότητας.
- 3 : Πλειοκαινικοί θαλάσσιοι σχηματισμοί, αποτελούμενοι κυρίως από μάργες. Στη βάση μικρού πάχους κροκαλοπαγή και κατά θέσης μαργαϊκοί ή ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι. Πρακτικά στεγανός σχηματισμός.
- 4 : Πρώτος φλύσχης ζώνης Πίνδου (εναλλαγές αργιλομαργαϊκών στρωμάτων και ψαμμιτών). Πρακτικά στεγανός σχηματισμός.
- 5 : Φλύσχης ζώνης Τρίπολης (εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών με ενστρώσεις ή φακούς ασβεστόλιθων και κροκαλοπαγών). Σχηματισμός πρακτικά υδροστεγανός.
- 6 : Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι ζ. Πίνδου. Υδροπερατοί.
- 7 : Ασβεστόλιθοι Παλαιοκαινού - Ανωτ. Ηωκαίνου ζ. Τρίπολης. Υδροπερατοί.
- 8 : Ασβεστόλιθοι και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι ζ. Τρίπολης. Υδροπερατοί.
- 9 : Επώθηση.

#### LEGEND OF GEOLOGICAL MAP

- 1 : Alluvial deposits (sands, pebbles, silt and clays).
- 2 : Plio-Pleistocene terrestrial terraces and screes of miscellaneous lithological and grain : size composition and permeability of wide range.
- 3 : Pliocene marine formations consisting mainly of marls. At their base thin bedded conglomerates and at places marly to psammitic limestones. Practically an aquiclude.
- 4 : First flysch of Pindos (alterations of clayey-marly beds and sandstones). Practically an aquiclude.
- 5 : Flysch of Tripoli zone (alterations of marls, sandstones with intercalations or lenses of limestones and conglomerates). Practically an aquiclude.
- 6 : Upper Cretaceous limestones of Pindos zone. Permeable.
- 7 : Paleocene - upper Eocene limestones of Tripolis zone. Permeable.
- 8 : Limestones dolomitic limestones of Tripolis zone. Permeable.
- 9 : Overthrust.

Στις νεότερες χειμαρροποτάμιες αποθέσεις διακρίνονται δύο ενότητες : του τεφρού ιλυώδους Αμμοχάλικου, με λεπτές ενστρώσεις ή θήλακες αμμοίλυος και της τεφρής Αμμοίλυος. Το πάχος τους ποικίλλει, η δε απόθεσή τους έχει γίνει είτε πάνω σε παλιότερες χειμαρροποτάμιες αποθέσεις, είτε απ' ευθείας πάνω στους νεογενείς σχηματισμούς.

Στις παλαιότερες χειμαρροποτάμιες αποθέσεις πρόσφατη γεωτεχνική έρευνα (1) έχει διαπιστώσει επτά ενότητες, οι οποίες όμως από υδρογεωλογική άποψη μπορούν να ενοποιηθούν σε δύο : Η μία, με ψηλή υδροπερατότητα ταυτίζεται με την υπ' αριθ. 7 ενότητα, η οποία αποτελείται από κροκαλοπαγές και ψαμμιτοκροκαλοπαγές, με κατά θέσεις ενστρώσεις εύθρυπτων ψαμμιτών. Οι υπόλοιπες έξι, υδρογεωλογικά ενσωματώνονται σε μια, αποτελούμενη από ποικιλία υλικών (άργιλος, ιλύς, άμμος, κροκάλες, κλπ.) σε διάφορες προσμίξεις και σε φακούς και αποσφηνούμενες ενστρώσεις με ποικιλία μορφών και μεγεθών, επομένως και με ποικιλία τιμών υδροπερατότητας και υδαταγωγιμότητας.

β) Υδροστεγανό υπόβαθρο της περιοχής του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλης και της γύρω απ' αυτήν πεδινής έκτασης, αποτελούν οι νεογενείς μαργαϊκοί σχηματισμοί. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από μάργες, συνήθως αμμώδεις, λευκοκίτρινου-καστανοκίτρινου χρώματος ή τεφρού-τεφροκύανου, με ενστρώσεις και φακούς μαργαϊκής άμμου ή ιλύος. Κατά θέσεις παρατηρούνται διάσπαρτα χαλίκια και κροκάλες που εξελίσσονται σε αμμοχάλικα ή κροκαλοπαγή.

Αν και οι χονδρόκοκκες αυτές ενστρώσεις και φακοί είναι σχετικά υδροπερατά υλικά, εν τούτοις όλο το πακέτο των νεογενών στο οποίο, μέχρι το βάθος τουλάχιστο των 80 μ. που έχει διερευνηθεί, επικρατούν οι μάργες, συμπεριφέρεται σαν πρακτικά υδροστεγανό.

Το νεογενές εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους στο Κάστρο, στην περιοχή της Υπαπαντής, στο βορειοανατολικό τμήμα της πόλης, και στις περιβάλλουσες λοφώδεις περιοχές, με καστανοκίτρινες αμμώδεις μάργες που περιέχουν ενστρώσεις και φακούς άμμου και κροκαλοπαγών. Προς τα νότια οι σχηματισμοί αυτοί "επεκτείνονται" κάτω από τις παλαιές και νέες χειμαρροποτάμιες αποθέσεις, σε διάφορα βάθη. Αυτό οφείλεται στο ανώμαλης μορφολογίας παλαιοανάγλυφο τους, πάνω στο οποίο αποτέθηκαν οι τεταρτογενείς σχηματισμοί.

### 3. ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Οι περιγραφείσες υδρολιθολογικές συνθήκες και το γεγονός ότι οι υδροπερατές ενδιαστρώσεις και φακοί τροφοδοτούνται τόσο απευθείας από την επιφάνεια του εδάφους, όσο και από τις κλίτες των χειμάρρων, δημιουργούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη υπόγειων υδροφόρων οριζόντων.

Οι υδροφόροι αυτοί ορίζοντες, αλλού είναι ελεύθεροι και αλλού υπό πίεση ή μερικώς υπό πίεση. Λόγω των σχετικά πλούσιων βροχοπτώσεων στην περιοχή\*, αναμένεται η τροφοδοσία τους να είναι ικανοποιητική.

Την ελεύθερη υπόγεια υδροφορία εκμεταλλεύονται πολυάριθμα αβαθή συνήθως πηγάδια, ενώ λίγες γεωτρήσεις και βαθύτερα πηγάδια έχουν συναντήσει την υπό πίεση υδροφορία. Σε μια μάλιστα θέση (αριθ. απογραφής 69) σε γεώτρηση βάθους περί τα 50 μ. είχε παρατηρηθεί πριν από λίγα χρόνια αρτεσιανή ροή στην επιφάνεια του εδάφους.

\* Για την 10ετία 1960-69 οι μέσες μηνιαίες και η μέση ετήσια βροχόπτωση στην Καλαμάτα ήταν (σε χιλιοστά) :

Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΕΤΟΣ
12,01	96,0	77,9	28,7	28,9	8,5	3,3	13,4	34,3	95,3	102,2	192,5	801,6

Για τη μελέτη της συμπεριφοράς των υπόγειων νερών, απογράψαμε περί τα 100 πηγάδια, καθώς και τις λίγες γεωτρήσεις που υπάρχουν στην περιοχή. Έγινε τοποθέτησή τους σε χάρτες κλίμακας 1:5.000 και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της υδροστατικής στάθμης σε 4 περιόδους : 25-27/10/1986, 6-8/12/1986, 22-4/2/1988 και 30/5-1/6/1988. (βλ. Πίνακα 1)

Με τη βοήθεια των μετρήσεων αυτών σχεδιάσαμε τέσσερις χάρτες ισοβαθών καμπύλων της υδροστατικής επιφάνειας των υπόγειων νερών, δύο από τους οποίους δίδουμε στις εικ. 2 και 3.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την αξιολόγηση των στοιχείων όλων των μετρήσεων και των χαρτών είναι τα ακόλουθα :

α) Οι χαμηλότερες υδροστατικές στάθμες παρατηρήθηκαν το τέλος Οκτωβρίου. Εξαιρέση αποτελεί η παραλιακή ζώνη εκατέρωθεν των εκβολών του ποταμού Νέδοντα, στην οποία διαπιστώθηκε ότι η πτώση της στάθμης συνεχιζόταν μέχρι τις αρχές Δεκεμβρίου. Σε ένα μάλιστα πηγάδι της περιοχής αυτής διαπιστώθηκε πτώση και κατά τις τέσσερις μετρήσεις.

Ο υποβιβασμός της υδροστατικής στάθμης συνεχίστηκε ως το Δεκέμβριο και σε δύο μικρούς και φτωχούς υδροφορείς των βορειοδυτικών παρυφών της πόλης, ανεξάρτητους από τον μεγάλο παραλιακό υδροφόρο ορίζοντα.

β) Η στάθμη των υπόγειων νερών του Φεβρουαρίου σε σχέση με αυτήν του Δεκεμβρίου είναι χαμηλότερη. Εξαιρέση αποτελεί το πηγάδι που αναφέρθηκε προηγουμένως, καθώς και ένα ακόμη (350 μ. δυτικά του π. Νέδοντα) για το οποίο υπάρχει πληροφορία ότι σε διπλανό του πηγάδι χάθηκε το νερό κατά το σεισμό. Αυτό πιθανότατα οφείλεται σε ρήγμα το οποίο έδωσε δυνατότητα απότομης εκτόνωσης του υδροφορέα.

γ) Στο 40% των περιπτώσεων των μετρήσεων του τέλους Μαΐου, διαπιστώθηκε ότι συνεχίζεται η ανύψωση της στάθμης σε σχέση με το Φεβρουάριο. Οι θέσεις αυτές βρίσκονται όλες διάσπαρτες στη χαμηλή ζώνη, σε μέγιστη απόστασή από την παραλία μέχρι 1.500 μ. Η διασπορά αυτή και η παρουσία πηγαδιών σε παρακείμενες θέσεις στα οποία η στάθμη είχε υποβιβασθεί, η ύπαρξη δηλαδή ανομοιογενούς διακύμανσης (πτώσης ή ανύψωσης) της υδροστατικής στάθμης, δηλώνει έντονη ανομοιογένεια του υδροφορέα, και διαφοροποίηση τόσο των συνθηκών τροφοδοσίας από θέση σε θέση όσο και των συνθηκών εκτόνωσης προς τη θάλασσα.

δ) Οι μέγιστες διακυμάνσεις στάθμης που παρατηρήθηκαν είναι συνήθως της τάξης του 0,5 έως 2 μ. Διακυμάνσεις μεγαλύτερες των 2 μ. (συνήθως 2 έως 5 μ.) διαπιστώθηκαν στο 23% των περιπτώσεων.

Οι μικρές διακυμάνσεις (0,5 έως 2 μ.) παρατηρήθηκαν στην παραλιακή ζώνη, καθώς και στην πλέον εσωτερική λοφώδη έκταση, ενώ οι μεγάλες σε μια ζώνη ανατολικά της πόλης, παράλληλη περίπου προς τον περιφερειακό δρόμο προς Μερσηνιακή Μάνη. Η τελευταία αυτή ζώνη αποτελεί την κυρίως περιοχή τροφοδοσίας του τμήματος του φρεάτιου παραλιακού υδροφόρου ορίζοντα που βρίσκεται βορειοανατολικά του λιμανιού. Σ' αυτό συμφωνεί και η εικόνα που παρέχεται από τον πειζομετρικό χάρτη (βλ. σχ. 4).

Χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις στάθμης της περιόδου με τα χαμηλότερα νερά, δηλαδή της 26ης Οκτωβρίου 1986, λαμβάνοντας υπ' όψη και τις μετρήσεις του τέλους Μαΐου 1987 μπορέσαμε να σχεδιάσουμε ισοπιεζομετρικές καμπύλες\* στην παραλιακή ζώνη, σε ένα τμήμα της υπόλοιπης πεδινής έκτασης, καθώς και στην εσω-

\* Για την αναγωγή των μετρήσεων του βάθους της υδροστατικής στάθμης σε απόλυτα υψόμετρα, χρησιμοποιήσαμε τις δυνατότητες που παρέχει ο τοπογραφικός χάρτης κλίμακας 1:5.000. Στο χάρτη αυτό η ισοδιάσταση είναι 4 μ., στην πεδινή όμως περιοχή οι ισοΰψεις πυκνώνουν ανά 1 μ. ή ανά 0,5 μ. στην παραλιακή ζώνη. Στη ζώνη επομένως αυτή η ακρίβεια των υψομέτρων που εκτιμήσαμε έχουν ακρίβεια  $\pm 0,25$  μ., ενώ στην υπόλοιπη πεδινή έκταση  $\pm 0,5$  μ. (βλ. Πίνακα 2)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΣΤΑΘΜΕΣ ΑΒΑΘΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Αριθμ. σταθμ.	Βάθος σε μ.			Βάθος σε μ.			Max* Δ h (μ)
	25-27/10/86	6-8/12/86	Δ h(μ)	22-24/2/87	30/5-1/6/87	Δ h(μ)	
1	3,15	3,14	+0,01	2,71	2,75	-0,04	0,44
2	3,75	3,56	+0,19	2,72	2,67	+0,05	1,08
3	5,76						
4	15,24	15,01	+0,23	15,00	14,74	+0,26	0,50
5	2,30	1,88	+0,42	1,43	1,72	-0,29	0,87
6	2,06	1,90	+0,16	1,45	1,68	-0,23	0,61
7	1,69	1,80	+0,11	1,36	1,61	-0,25	0,44
8	2,20	2,30	-0,10	1,82	1,85	-0,03	0,48
9	3,25	3,08	+0,17	2,61	2,74	-0,13	0,64
10	2,00	2,12	-0,12	1,72	1,90	-0,18	0,40
11	2,72	2,68	+0,04	2,02	1,83	+0,19	0,89
12	2,78	2,70	+0,08	2,10	2,73	-0,63	0,63
13	2,42	2,41	+0,01	1,88	2,39	-0,51	0,54
14	2,62	2,52	+0,10	1,92	2,46	-0,54	0,70
15	2,26	2,03	+0,23	1,52	2,06	-0,54	0,74
16	2,30	2,10	+0,20	1,50	1,77	-0,27	0,80
17	3,88	3,80	+0,08	3,15	3,33	-0,18	0,73
18	8,62	8,40	+0,22	7,71	5,24	+2,47	3,33
19	10,32	10,05	+0,27	9,65	9,35	+0,30	0,97
20	5,98	5,80	+0,18	5,48	5,10	+0,38	0,88
21	5,41	5,20	+0,21	4,84	4,71	+0,13	0,70
22	3,96	3,72	+0,24	3,29	3,23	+0,06	0,73
23	2,65	2,32	+0,33	1,82	2,12	-0,30	0,33
24	3,07	3,10	-0,03	2,62	2,67	-0,05	0,48
25	2,50	2,70	-0,20	3,08	3,36	-0,28	0,86
26	4,12	4,12	0,00	3,58	3,52	+0,06	0,60
27	4,44	4,18	+0,26	3,62	3,65	-0,03	0,82
28	8,69	8,50	+0,19	7,62	7,55	+0,07	1,14
29	10,26	10,10	+0,16	9,32	9,31	+0,01	0,95
30	8,20	7,90	+0,30	7,28	7,12	+0,16	1,08

\* Μέγιστη διαφορά στάθμης μεταξύ Οκτωβρίου 1986 και Ιουνίου 1987 με βάση τις τέσσερις μετρήσεις.

\*\* Συνεχής πτώση.

συνεχίζεται



Αριθμ. πηγαίου	Βάθος σε μ.			Βάθος σε μ.			Max Δ h(μ)
	25-27/10/86	6-8/12/86	Δ h(μ)	22-24/2/87	30/5-1/6/87	Δ h(μ)	
31	14,49	14,25	+0,24	13,80	13,67	+0,13	0,82
32	>12	>12		>12	>12		
33	8,60	8,49	+0,11	7,76	5,03	+2,73	3,57
34	7,16	5,59	+1,57	4,12	3,92	+0,20	3,24
35	4,54	3,95	+0,59	3,36	3,17	+0,19	1,37
36	4,16	3,78	+0,38	3,10	3,02	+0,08	3,14
37	3,90	3,77	+0,13	3,12	3,10	+0,02	0,80
38	4,21	3,88	+0,33	3,20	3,16	+0,04	1,05
39	4,32	3,84	+0,48	3,11	3,06	+0,05	1,26
40	>14,2	>14,2		>14,02	>14,02		
41	6,66	6,35	+0,31	5,72	5,67	+0,05	0,99
42	5,98	5,72	+0,26	3,30	3,38	-0,08	2,68
43	8,73	8,60	+0,13	8,18	7,72	+0,46	1,01
44 <sup>(1)</sup>	4,05	3,84	+0,19	5,14	5,15	-0,01	1,31
45	2,35	2,30	+0,05	2,28	2,13	+0,15	0,22
46	11,66	10,82	+0,84	5,86	5,95	-0,09	5,80
47	9,78	9,30	+0,48	7,98	5,07	+2,91	4,71
48	5,20	4,90	+0,30	2,60	3,02	-0,58	2,60
49	6,75	6,41	+0,34	3,42	3,97	-0,55	3,33
50	13,30	10,05	+3,25	9,02	8,97	+0,05	4,33
51	10,14	9,10	+0,34	8,96	5,71	+3,25	4,43
52	6,64	6,39	+0,25	4,61	7,20	-2,59	2,59
53	2,95	2,68	+0,27	1,75	2,17	-0,42	1,23
54	4,57	4,21	+0,36	2,98	3,09	-0,11	1,59
55	8,53	7,70	+0,83	6,94	6,32	+0,62	2,21
56	4,76	4,40	+0,36	3,64	3,35	+0,29	1,41
57	6,72	6,68	+0,04	5,02	6,17	-1,15	1,70
58	3,28	3,02	+0,26	2,26	2,36	-0,10	1,02
59	2,73	2,55	+0,18	1,61	2,03	-0,42	1,12
60	3,41	3,18	+0,23	2,63	2,48	+0,15	0,93
61	6,44	6,15	+0,29	4,30	4,92	-0,62	2,14
62	3,81	3,55	+0,26	2,32	2,88	-0,56	1,49
63	*						
64 <sup>(2)</sup>	>10	>10		>10	>10		

(1) Σε παρκαείμενο πηγάδι χάθηκε το νερό κατά το σεισμό (πληροφορίες γειτόνων).

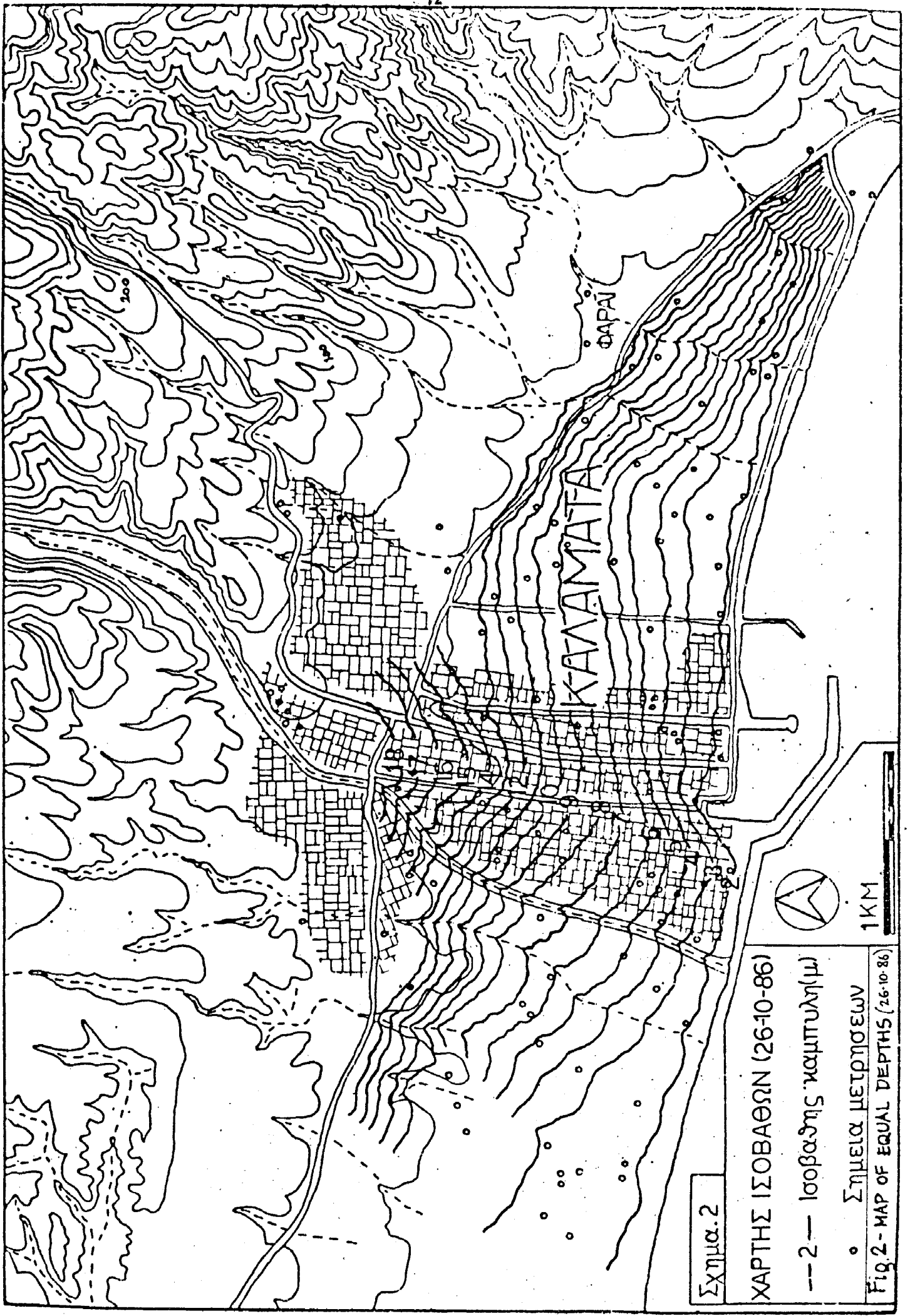
(\*) Το πηγάδι έχει μετατραπεί σε βόθρο. Το βάθος του είναι 20μ. Το καλοκαίρι στέρευε, ενώ το χειμώνα συγκέντρωνε 2μ. νερό στον πυθμένα (πληροφορίες ιδιοκτήτη).

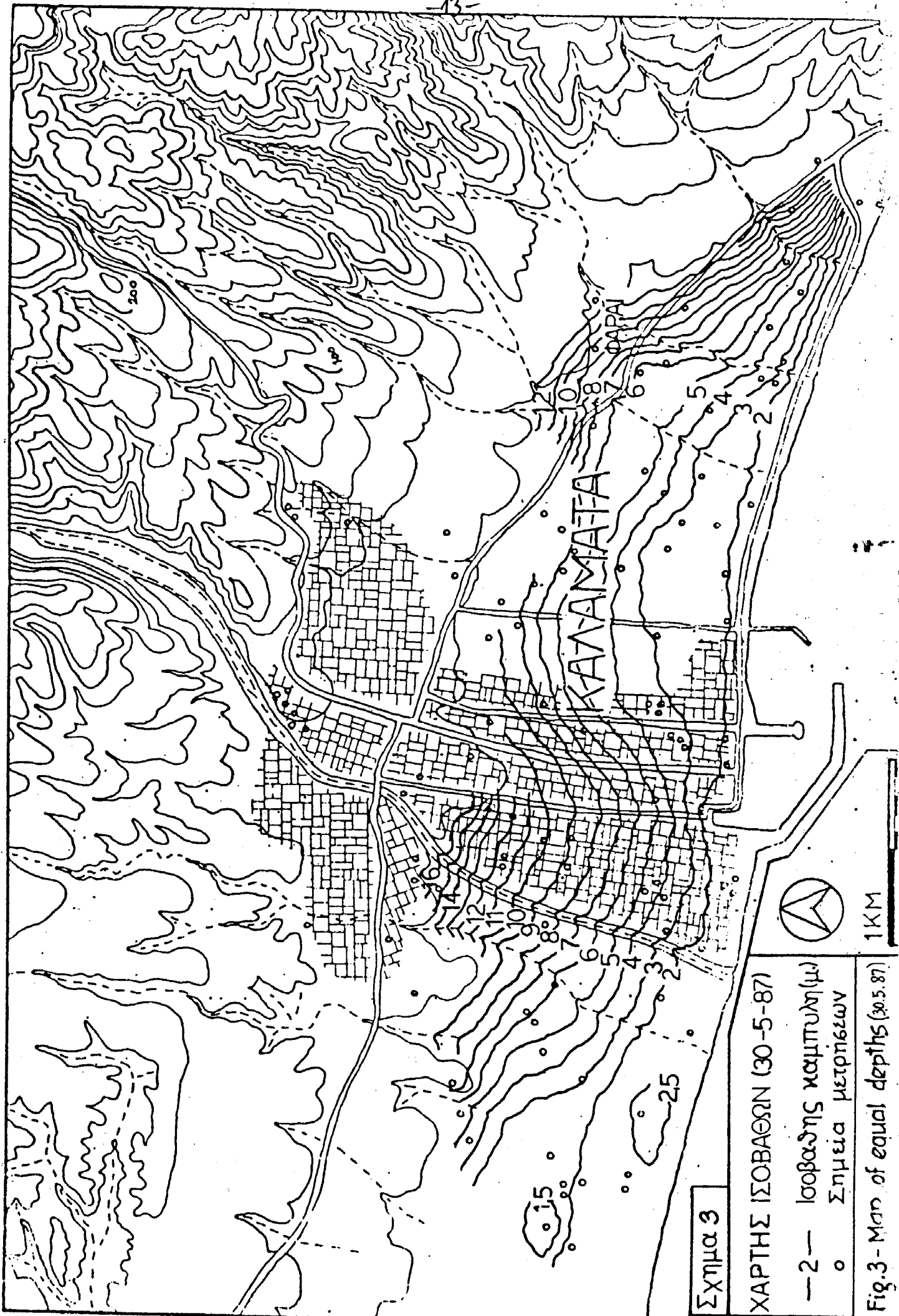
(2) Μετά τη διευθέτηση της κοίτης του Νέδοντα το πηγάδι στέρευσε.



Αριθμ. απογρ.	Βάθος σε μ.			Βάθος σε μ.			Max Δh
	25-27/10/86	6-8/12/86	Δ/ (μ)	22-24/2/87	30/5-1/6/87	Δh	
96		12,20		10,47	12,65	-1,63	1,63
97		1,80		1,62	1,78	-0,16	0,18
98		2,45		2,08	2,00	+0,08	0,45
99		16,09		15,67	15,75	-0,08	0,42
100		14,10		16,55	16,77	-0,22	2,67
Γ <sub>7</sub>	10,50	10,30	+0,20	8,67	6,82	+1,85	3,68
Γ <sub>8</sub>	16,50	16,30	+0,20	Το πιεζόμετρο καταστράφηκε			
Γ <sub>15</sub>	13,70 <sup>(1)</sup>	13,50	+0,20	"	"	"	
Γ <sub>2</sub>	18,00	Δεν έχει τοποθετηθεί πιεζόμετρο		(Μέτρηση στις 15.10.86)			
Γ <sub>3</sub>	1,60			(Μέτρηση στις 4.11.86)			
Γ <sub>6</sub>	1,50						

(1) Ερευνητική γεώτρηση στα πλαίσια της μικροζωνικής (μέτρηση στάθμης στις 20.11.86)





ΣΧΗΜΑ 3

ΧΑΡΤΗΣ ΙΣΟΒΑΘΩΝ (30-5-87)

— 2 — Ισοβαθής καμπύλη (μ)  
 ○ Σημεία μετρήσεων

Fig.3 - Map of equal depths (30.5.87)



1 KM

τερική, ελαφρώς υπερυψωμένη ζώνη, ανατολικά της παλιάς πόλης, στην οποία διαπιστώθηκε μια απότομη αύξηση των υψομέτρων των ισοπιεζομετρικών καμπυλών (σχ. 4).

Με τις υπάρχουσες όμως μετρήσεις δεν παρέχεται η δυνατότητα χάραξης ισοπιεζομετρικών καμπυλών ανεκτής αξιοπιστίας, στην ευρεία περιοχή που εκτείνεται εσωτερικότερα της πιεζομετρικής καμπύλης υψομέτρου +1 μ. Στη ζώνη αυτή διαπιστώνεται ανώμαλη πιεζομετρική εικόνα, που εκδηλώνεται με παρουσία υδροστατικής στάθμης σε απόλυτα υψόμετρα τόσο μεγαλύτερα του +1 μ., όπως αναμενόταν σε περίπτωση ομαλής πιεζομετρικής εικόνας, όσο και μικρότερα, σε ορισμένες μάλιστα θέσεις έως και αρνητικά. Η κατάσταση εμπλέκεται περισσότερο από το γεγονός ότι τα πηγάδια στα οποία διαπιστώθηκαν αυτές οι ανωμαλίες είναι άτακτα διεσπαρμένα στην περιοχή και η πυκνότητά τους δεν επιτρέπει τη σχεδίαση ισοπιεζομετρικών καμπυλών.

Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η υπόγεια υδροφορία αναπτύσσεται σε γεωλογικούς σχηματισμούς έντονα ανομοιογενείς, τόσο κατά την οριζόντια ανάπτυξή τους, όσο και κατά την κατακόρυφη. Αυτό συνεπάγεται τη δημιουργία τοπικών υδροφόρων οριζόντων με ασθενή, εποχιακή ή και ανύπαρκτη υδραυλική σύνδεση με τη γενικότερη υπόγεια υδροφορία των αλλουβίων της παραλιακής ζώνης.

Εκτός από τα παραπάνω, από τη μελέτη της πιεζομετρίας προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

α) Η μορφολογία της πιεζομετρικής επιφάνειας ελέγχεται και επηρεάζεται σ' ένα βαθμό από τη μορφολογία της επιφάνειας του εδάφους.

β) Τα πιεζομετρικά φορτία είναι πολύ μικρά, με τιμές από αρνητικές έως 2 μ. σε όλη την έκταση νότια της νοητής γραμμής η οποία στο δυτικό τομέα ταυτίζεται με τη σιδηροδρομική γραμμή και στον ανατολικό από τον επαρχιακό όρομο που οδηγεί από Καλαμάτα προς Καρδαμήλη. Βόρεια της νοητής αυτής γραμμής τα πιεζομετρικά φορτία αυξάνουν απότομα.

Η γραμμή αυτή οριοθετεί δύο ευδιάκριτες περιοχές : Στη νότια το πάχος των προσχώσεων είναι σημαντικό, ενώ στη βόρεια το στεγανό υπόβαθρο βρίσκεται πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους.

γ) Στην παραλιακή ζώνη ανατολικά του λιμανιού διαπιστώθηκαν στάθμες ισορροπίας υπόγειων νερών χαμηλότερες από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι και 1,5 μ. Από την μελέτη της χημείας των υπόγειων νερών φαίνεται ότι η πιεζομετρική αυτή κατάσταση δεν οδήγησε σε διείσδυση της θάλασσας στο εσωτερικό τόσο όσο τα αρνητικά αυτά πιεζομετρικά φορτία επέβαλαν.

Βέβαια τιμές χλωριόντων των υπόγειων νερών από 150 έως και 500 mg/l, που διαπιστώθηκαν στη ζώνη αυτή, δηλώνουν ένα ασθενή έως σημαντικό επηρεασμό από τη θάλασσα. Όμως οι χαμηλότερες στάθμες σε σχέση με την επιφάνεια της θάλασσας, θα είχαν οδηγήσει σε μια πολύ πιο έντονη υφαλμύρωση, αν στην παραλιακή ζώνη δεν αναπτυσσόταν και αργιλικό ή αργιλομιγείς σχηματισμοί μικρής υδροπερατότητας.

δ) Η συγκλίνουσας και αποκλίνουσας ακτινωτής μορφής πιεζομετρική επιφάνεια, δείχνει ότι οι κύριες ζώνες τροφοδοσίας είναι ο βορειοανατολικός τομέας (βλ. και σχ. 4) και ο Νέδοντας.

Ο εγκιβωτισμός του κατάντη τμήματος της κοίτης του Νέδοντα έχει προκαλέσει μεταβολές στις προηγούμενες συνθήκες τροφοδοσίας. Όμως η πιεζομετρική εικόνα δηλώνει ότι από την ανάντη περιοχή του ποταμού έξω από την Καλαμάτα, όπου η κοίτη δεν έχει επενδυθεί πραγματοποιούνται διηθήσεις από τα αμμοχάλικα της. Οι διηθήσεις αυτές τροφοδοτούν τους υπόγειους υδροφορείς, αλλά η ανταπόκριση, με ανύψωση της στάθμης στην παραλιακή ζώνη, καθυστερεί. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο στην παραλιακή ζώνη εκατέρωθεν της εκβολής του ποταμού η πτώση της στάθμης των υπόγειων νερών συνεχιζόταν και το Δεκέμβριο.

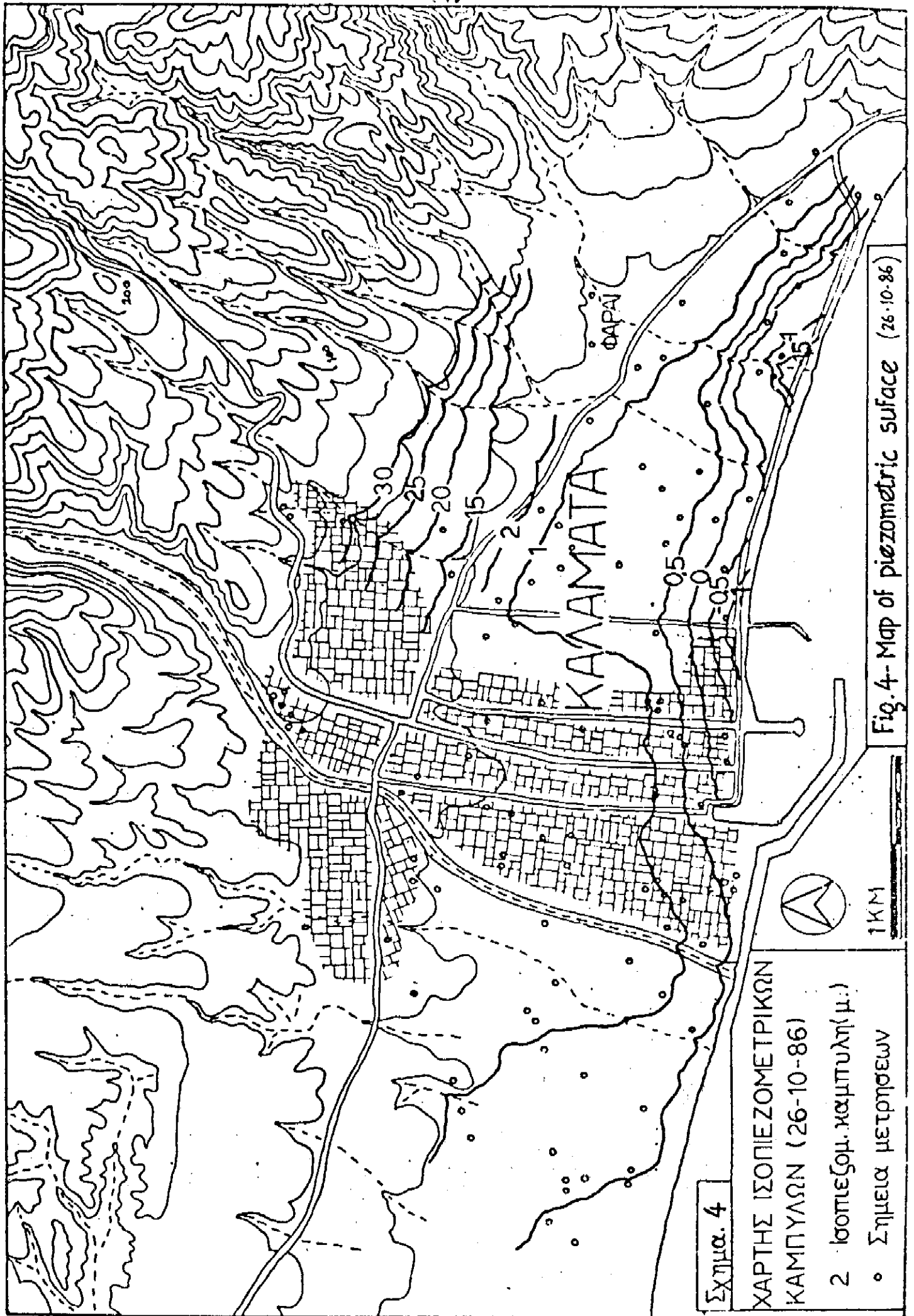
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΕΤΑΞΥ  
ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1986 ΚΑΙ ΜΑΪΟΥ 1987

Αριθμός σημείου	Απόλυτο υψόμετρο κατά προσέγγιση	26/10/86		30/5/87		Διαφορά μεταξύ Οκτωβρ.1986 Μαΐου 1987
		Βάθος μ.	Απόλυτο υψόμετρο	Βάθος μ.	Απόλυτο υψόμετρο	
A	B	Γ	Δ	Ε	Ζ	H
1	3,10	3,15	-0,05	2,75	0,35	0,40
2	4,00	3,75	0,25	2,67	1,33	1,08
3	7,00	5,76	1,24	-	-	-
4	18,60	15,84	2,76	14,74	3,86	1,10
5	3,10	2,30	0,80	1,72	1,38	0,58
6	2,30	2,06	0,24	1,68	0,62	0,38
7	2,20	1,69	0,51	1,61	0,59	0,08
8	2,60	2,20	0,40	1,85	0,75	0,35
9	4,00	3,25	0,75	2,74	1,26	0,51
10	2,70	2,00	0,70	1,90	0,80	0,40
11	4,00	2,72	1,28	1,83	2,17	0,89
12	3,60	2,78	0,82	2,73	0,87	0,05
13	3,20	2,42	0,78	2,39	0,81	0,03
14	3,10	2,62	0,48	2,46	0,64	0,16
15	2,90	2,26	0,64	2,06	0,84	0,20
16	2,80	2,30	0,50	1,77	1,03	0,53
17	4,60	3,88	0,72	3,33	1,27	0,55
18	9,50	8,62	0,88	5,24	4,26	3,38
19	11,40	10,32	1,08	9,35	2,05	0,97
20	7,00	5,98	1,02	5,10	1,90	0,88
21	6,00	5,41	0,59	4,71	1,29	0,70
22	4,60	3,96	0,64	3,23	1,37	0,73
23	3,80	2,65	1,15	2,12	1,68	0,53
24	3,70	3,07	0,63	2,67	1,03	0,40
25	4,30	2,50	1,80	3,36	0,94	-0,86
26	4,90	4,12	0,78	3,52	1,38	0,60
27	5,80	4,44	1,36	3,65	2,15	0,79
28	9,80	8,69	1,11	7,55	2,25	1,14
29	11,00	10,26	0,74	9,31	1,69	0,95
30	9,00	8,20	0,80	7,12	1,88	1,08

A	B	Γ	Δ	Ε	Ζ	Η
31	15,60	14,49	1,11	13,67	1,93	0,82
32	19,10	>12				
33	8,90	8,60	0,30	5,03	3,87	3,57
34	7,40	7,16	0,24	3,92	3,48	3,24
35	5,70	4,54	1,16	3,17	2,53	1,37
36	5,30	4,16	1,14	3,02	2,28	1,14
37	4,20	3,90	0,30	3,10	1,10	0,80
38	4,20	4,21	0,01	3,16	1,04	1,05
39	5,40	4,32	1,08	3,06	2,34	1,26
40	13,10	>14,02	>-0,92			
41	7,30	6,66	0,64	5,67	1,63	0,99
42	5,00	4,05	0,95	3,38	1,62	0,67
43	9,90	8,73	1,17	7,72	2,18	1,01
44	7,20	5,98	1,22	5,15	2,05	0,83
45	2,20	2,35	-0,15	2,13	0,07	0,22
46	11,90	11,66	0,24	5,95	5,95	5,71
47	11,30	9,78	1,52	5,07	6,23	4,71
48	20,00	5,20	14,80	3,02	16,98	2,18
49	20,00	6,75	13,25	3,97	16,03	2,78
50	12,10	13,30	-1,20	8,97	3,13	4,33
51	11,80	10,14	1,66	5,71	6,09	4,43
52	7,30	6,64	0,66	7,20	0,10	-0,56
53	3,50	2,95	0,55	2,17	1,33	0,78
54	5,40	4,57	0,83	3,09	2,31	1,48
55	9,80	9,05	0,75	6,32	3,48	2,73
56	5,30	4,76	0,54	3,35	1,95	1,41
57	8,00	6,72	1,28	6,17	1,83	0,55
58	3,80	3,28	0,52	2,36	1,44	0,92
59	2,90	2,73	0,17	2,03	0,87	0,70
60	3,90	3,41	0,49	2,48	1,42	0,93
61	7,10	6,44	0,66	4,92	2,18	1,52
62	4,40	3,81	0,59	2,88	1,52	0,93
63	30,10	Έχει μετατραπεί σε βόθρο				
64	27,90	>10	>18	} πηγάζει με ξηρό ποτισμένο		
65	27,10	>22	>5,10			



A	B	Γ	Δ	Ε	Ζ	Η	
66	28,20	> 7	} Πηγύδια με ξηρό πυθμένα				
67	28,20	> 9					
68	27,50	>14					
69	20,80	10,40	10,40	10,28	10,52	0,12	
70	42,00	7,50	34,50				
71	57,60	2,50	55,10	2,17	55,43	0,33	
72	60,00	3,00	57,00	2,66	57,34	0,34	
73	34,10	4,00	34,10	3,94	30,16	0,06	
74	34,10	8,00	26,10	7,26	26,84	0,74	
75	28,00	2,62	25,38	0,86	27,14	1,76	
76	26,40	7,20	19,20	7,68	18,72	-0,48	
77	9,90	9,50	0,40	5,90	4,00	3,60	
78	18,70	17,40	1,30	11,95	6,75	5,45	
79	19,60	8,55	11,05	8,35	11,25	0,20	
80	3,80	4,13	-0,38	3,94	-0,14	0,24	
81	2,90	4,63	-1,73	3,17	-0,27	1,48	
82	2,10	3,27	-1,17	2,53	-0,43	0,74	
83	2,10	2,98	-0,88	2,80	-0,70	0,18	
84	10,10	7,83	2,27	7,94	2,16	-0,11	
85	4,60	4,77	-0,17	2,61	1,99	2,16	
86	5,00	4,00	1,00	4,35	0,65	-0,35	
87	8,40	7,50	0,90	7,06	1,34	0,44	
88		18,00					
89	4,90	4,32	0,58	3,47	1,43	0,85	
90	2,70	2,45	0,25	2,36	0,34	0,09	
91	2,20	1,83	0,37	1,31	0,89	0,52	
92	2,70	1,98	0,72	1,80	0,90	0,18	
93	2,80	2,29	0,51	1,83	0,97	0,46	
94	25,80	ως το βάθος των 27,70μ. δεν συναντήθηκε υδροραρία					
95	2,10	3,12	-1,02	2,65	-0,55	0,47	
96	12,70	12,65	0,05	12,10	0,60	0,55	
97	3,20	2,05	1,15	1,78	1,42	0,27	
98	2,60	2,85	-0,25	2,00	0,60	0,85	
99	16,30	16,32	-0,02	15,75	0,55	0,57	
100	19,50	17,52	1,98	16,77	2,72	0,75	
Γ <sub>7</sub>	13,80	10,50	3,30				



Σχ. 4

ΧΑΡΤΗΣ ΙΣΟΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΩΝ  
ΚΑΜΠΑΛΩΝ (26-10-86)

- 2 Ισοπεδομ. καμπυλη(μ.)
- ο Σημεία μετρήσεων

1KM

Fig. 4-- Map of piezometric surface (26.10.86)

ε) Οι υδραυλικές κλίσεις παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα τιμών, από πολύ μικρές έως αρκετά μεγάλες. Στη χαμηλή παραλιακή ζώνη οι τιμές κυμαίνονται από 1:150 έως 1:1500.

Στην πλέον εσωτερική ζώνη, βόρεια του Ινστιτούτου Ελαίας, οι τιμές είναι πολύ μεγαλύτερες, κυμαινόμενες από 1:20 έως 1:30.

Σαν κύρια αιτία για το ευρύ φάσμα τιμών υδραυλικών κλίσεων και για την "άτακτη" κατανομή τους στο χώρο, πρέπει να θεωρηθεί η μεγάλη διακύμανση των τιμών της υδροπερατότητας των λιθολογικών σχηματισμών του υδροφορέα. Για την εσωτερική ζώνη, στη διαμόρφωση των μεγάλων τιμών υδραυλικής κλίσης συμβάλλει και η ελάττωση της διατομής του υδροφόρου στρώματος, λόγω της ανύψωσης του στεγανού υποβάθρου.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ

Επειδή δεν υπάρχουν στοιχεία για το ποιά ήταν η κατάσταση πριν από τους σεισμούς, ώστε να γίνουν συσχετισμοί με την μετασεισμική κατάσταση και να διαπιστωθούν οι πιθανές επιπτώσεις των σεισμών στα υπόγεια νερά, θα καταγράψουμε απλώς τις πληροφορίες που συγκεντρώσαμε από τους κατοίκους της περιοχής.

Σύμφωνα λοιπόν μ' αυτές τις πληροφορίες :

- α) Σε πηγάδι παρακείμενο του υπ' αριθ. 44 χάθηκε το νερό κατά το σεισμό.
- β) Στο υπ' αριθ. 74 πηγάδι, βάθους 12 μ., επί μια εβδομάδα μετά τους σεισμούς αντλείτο θολό νερό.
- γ) Στο υπ' αριθ. 82 πηγάδι, ο πυθμένας του ανυψώθηκε κατά 0,50 μ. και ο ιδιοκτήτης αναγκάστηκε να ανασύρει την αντλία.
- δ) Στο πηγάδι υπ' αριθ. 79 η στάθμη του νερού ανυψώθηκε κατά 6 μ.
- ε) Στην κοίτη του χειμάρρου Φαρών παρατηρήθηκαν αναβλύσεις νερών.

#### 5. ΥΔΡΟΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

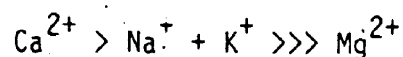
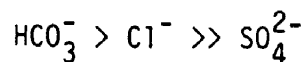
##### 5.1. Εισαγωγή

Η υδρογεωχημική μελέτη των υπόγειων νερών βασίζεται στα αποτελέσματα χημικών αναλύσεων 24 δειγμάτων τα οποία ελήφθησαν από πηγάδια της περιοχής κατά τη διάρκεια Οκτωβρίου 1986 - Φεβρουαρίου 1987. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα δείγματα ήρθαν στην επιφάνεια με ειδικό δειγματολήπτη βάθους. Οι χημικές αναλύσεις έγιναν στα Εργαστήρια του Τομέα Γεωλογικών Επιστημών του Ε.Μ.Πολυτεχνείου. Τα στοιχεία απ' αυτές και μέρος της επεξεργασίας τους φαίνονται στον Πίνακα 3.

Η παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων γίνεται σε τρεις ενότητες : α) Γενικές παρατηρήσεις επί της υδροχημείας της περιοχής, β) Κατηγορίες και ταξινόμηση κατά Durov και γ) Επίδραση της ποιότητάς τους σε μεταλλικά υλικά και κατασκευές.

##### 5.2. Γενικές παρατηρήσεις επί της υδροχημείας

Οι χημικές αναλύσεις έδωσαν τις παρακάτω αλληλουχίες ανιόντων και κατιόντων :



Ο χάρτης κατανομής των αγωγιμοτήτων δίνεται στο σχήμα 5, ενώ των χλωριόντων στο σχήμα 6. Η μέγιστη περιεκτικότητα χλωριόντων εμφανίζεται σε μια περιοχή κατά μήκος της παραλίας, ανατολικά του λιμνιού, με μορφή ανώμαλης λωρίδας που διευρύνεται στο ανατολικό τμήμα της και φθάνει εσωτερικά μέχρι τις

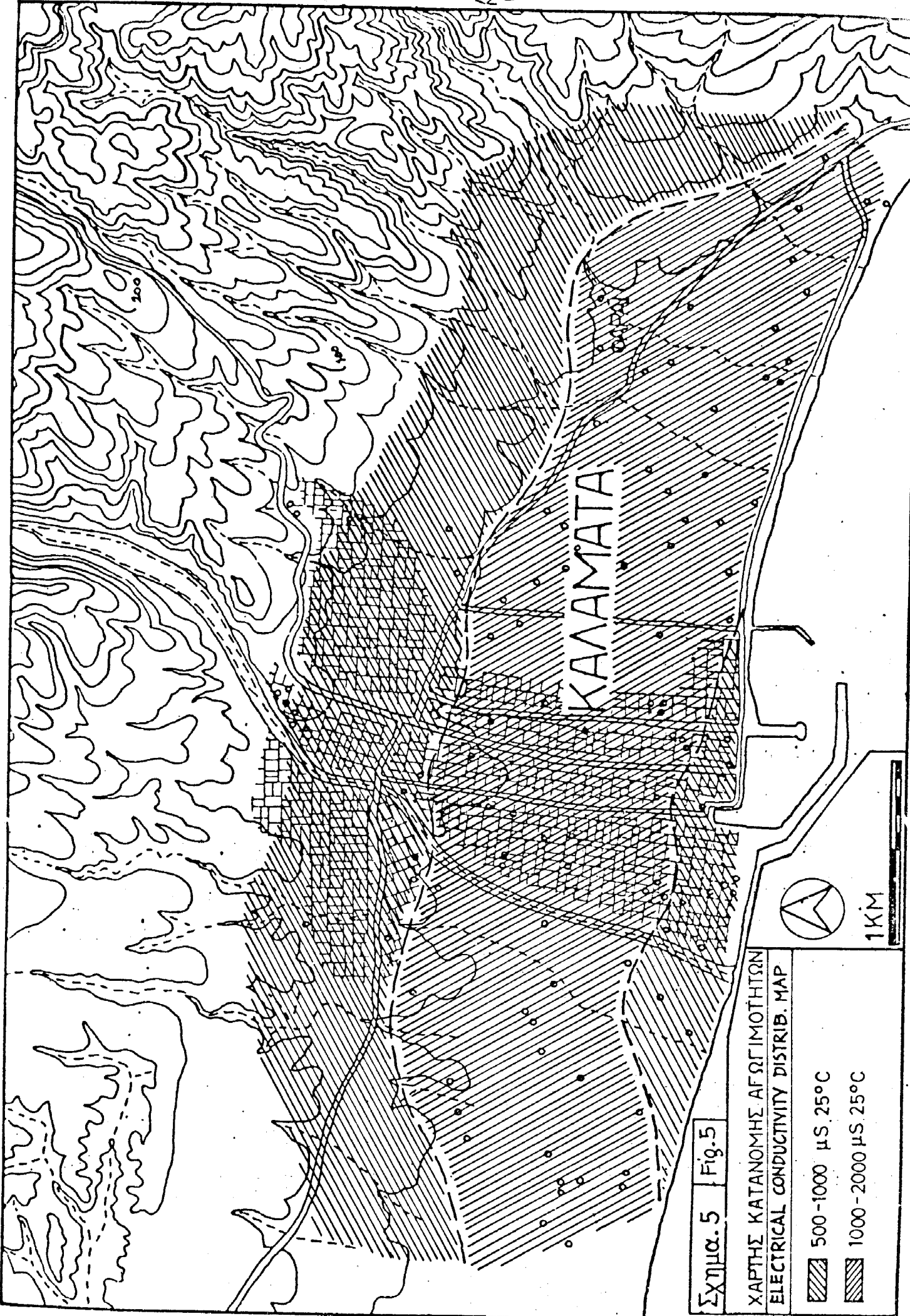
Πίνακας 3. Αποτελέσματα υδροχημικών αναλύσεων υπόγειων νερών Καλαμάτας κατά την περίοδο Οκτωβρίου 1986 - Φεβρουαρίου 1987.

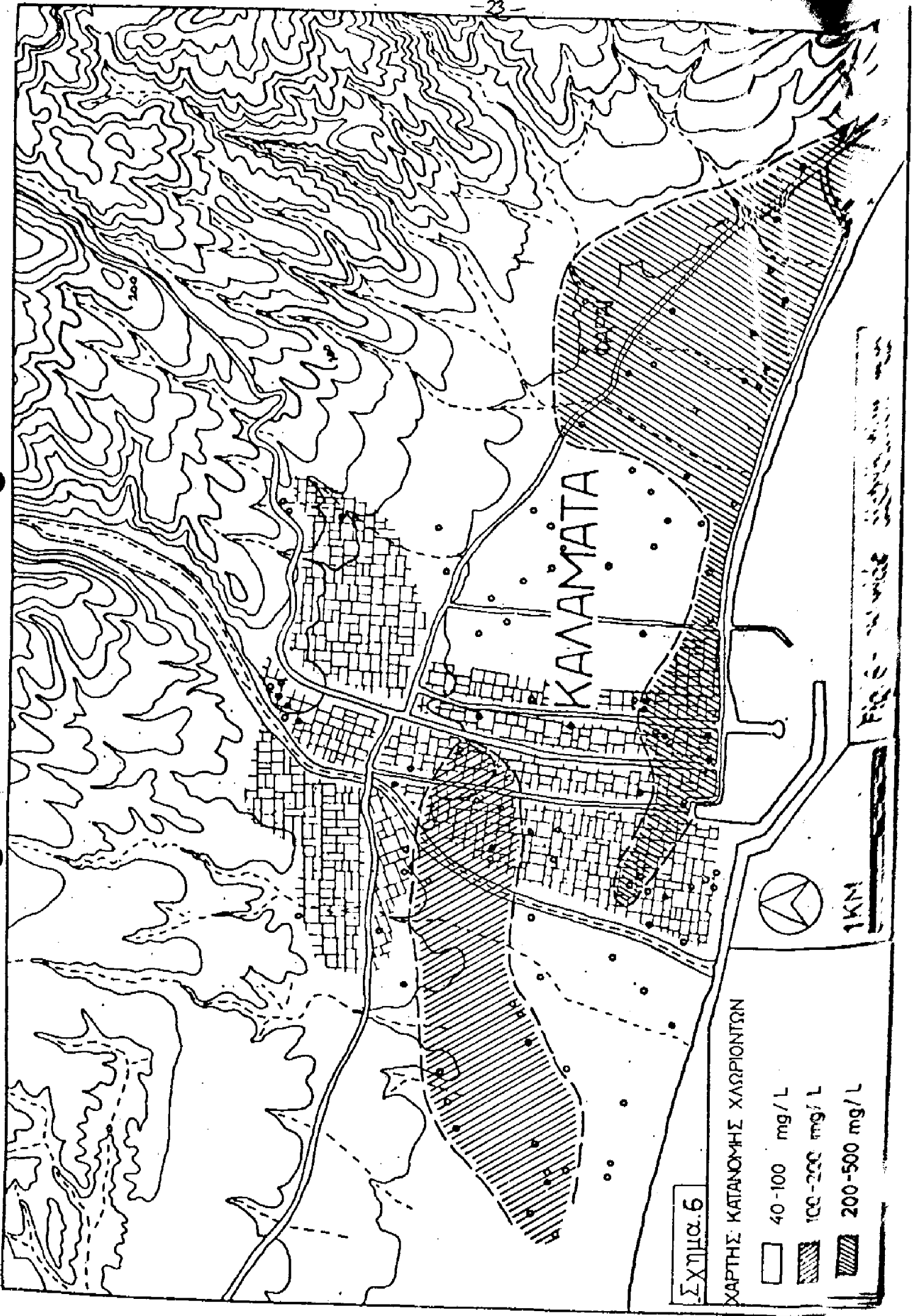
Αξ. αριθμός	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Αρ. δείγματος	1	3	4	5	9	13	18	27	30	31	38	44
Βαθ. δειγμ. (m)	2,71	5,76	15,00	2,30	3,08	1,88	7,71	3,62	7,28	13,8	3,2	5,14
T°C	16,3	22,5	18,3	21,7	17,1	14,8	15,5	13,3	17,8	18,7	15,0	14,6
pH	7,08	6,83	5,78	7,70	7,55	7,64	7,65	7,71	5,43	7,48	5,95	7,52
Eh (mV)	159,0	-	274,0	-	-	229,0	231,0	241,0	262,0	228,0	238,0	229,0
EC (μS/cm, 25°C)	855,0	1041,0	1933,0	813,0	759,0	1108,0	2360,0	1593,0	1344,0	1284,0	1607,0	1002,0
D.O. ppm	3,10	-	3,20	-	-	3,25	7,12	3,40	4,45	5,80	4,97	1,45
CO <sub>2</sub>	75,0	-	35,0	-	-	15,0	20,0	35,0	80,0	45,0	50,0	30,0
HCO <sub>3</sub>	475,0	284,3	444,4	351,5	277,6	208,6	190,6	465,0	422,5	449,7	506,9	357,9
SO <sub>4</sub>	79,0	80,0	110,4	54,5	46,3	95,0	165,8	91,7	67,8	67,5	88,3	68,0
Cl <sup>-</sup>	131,0	85,0	200,0	79,6	41,3	95,7	154,3	154,6	85,6	175,5	191,6	79,8
NO <sub>2</sub>	36,9	25,0	167,2	4,1	17,2	97,2	204,6	12,5	105,6	35,0	30,0	21,3
Ca <sup>2+</sup>	143,0	143,8	195,0	113,2	119,3	102,0	123,8	165,6	154,5	143,6	184,3	95,6
Mg <sup>2+</sup>	4,1	3,9	4,0	4,1	3,5	2,9	4,7	4,7	3,9	5,0	3,4	3,3
Na <sup>+</sup>	142,9	40,2	178,1	70,6	17,2	98,4	175,6	120,7	101,5	154,7	149,4	93,9
K <sup>+</sup>	2,30	2,1	3,0	3,4	2,4	4,1	1,4	3,4	2,4	1,6	2,8	3,3
TDS	1015,1	664,1	1302,7	681,0	524,8	703,9	1020,8	1018,4	943,8	1032,6	1157,5	723,1
AIK ppm CaCO <sub>3</sub>	390,4	233,2	364,5	288,3	227,7	171,1	156,3	381,6	346,6	368,9	415,8	293,6
T.H	374,9	375,9	505,0	300,3	313,0	267,2	329,2	433,9	402,8	380,1	475,2	252,9
C.H	374,9	233,2	364,5	288,3	227,7	171,1	156,3	381,6	346,6	368,9	415,8	259,9
N.C.H	0,0	142,7	141,5	12,0	85,3	96,1	172,9	52,3	56,2	11,2	59,4	0,0
SI Ca	0,15	-0,15	-1,02	0,69	0,37	0,20	0,24	0,77	-1,48	0,58	-0,88	0,28
SI ar	0,0	-0,28	-1,17	0,55	0,22	0,04	0,09	0,60	-1,63	0,43	-1,04	0,12
SI do	-0,06	-0,57	-1,30	0,35	0,06	-0,03	0,12	0,63	-1,76	0,36	-1,13	0,10
SAR	3,22	0,90	3,45	1,78	0,42	2,62	4,22	2,52	2,20	3,46	2,99	2,57
SSP %	45,60	19,38	43,68	34,54	11,48	45,15	53,90	38,16	35,79	47,19	40,95	45,26
RSC meq/l	0,33	-2,84	-2,81	-0,22	-1,69	-1,91	-3,44	-1,03	-1,11	-0,21	-1,17	0,82
pH-pH <sub>i</sub>	-1,60	-0,50	-2,65	+0,46	-0,07	-1,84	-1,86	-0,74	-3,25	-1,30	-2,32	-1,69

AIK = αλκαλικότητα, T.H. = ολ. σκληρότητα, C.H. = παρ. σκληρότητα, N.C.H. = μον. σκληρότητα

Πίνακας Ι (Συνέχεια)

Αξ. αριθμός	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Αρ. δείγματος	48	57	59	69	77	79	83	86	87	91	98	100
Βαθ. δειγν. (m)	2,60	5,02	1,61	9,80	4,82	3,62	2,00	4,00	7,50	1,00	2,45	16,55
T°C	16,5	14,4	15,2	18,2	14,8	16,5	15,0	20,1	20,1	13,5	18,0	16,4
pH	7,11	6,35	6,62	7,62	7,47	7,15	7,02	7,27	7,34	7,44	7,87	7,53
Eh (mV)	274,0	248,0	272,0	268,0	221,0	261,0	251,0	-	-	226,0	-	239,0
EC (μS/cm, 25°C)	875,0	1410,0	1428,0	510,0	1833,0	1463,0	1028,0	1194,0	2250,0	1733,0	2650,0	1050,0
D.O.	1,55	3,90	5,93	4,89	3,75	5,53	4,78	-	-	6,59	-	7,50
CO <sub>2</sub>	30,0	35,0	60,0	51,0	35,0	30,0	60,0	-	-	65,0	-	20,0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	338,8	249,5	359,0	277,9	345,2	262,9	384,3	349,1	281,0	358,8	258,0	254,9
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	44,4	51,5	120,8	21,0	92,5	71,8	66,7	65,0	68,3	150,6	83,0	42,3
Cl <sup>-</sup>	58,0	110,4	112,6	40,0	305,7	210,5	151,3	158,7	462,3	180,6	510,5	314,0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	32,1	100,3	79,2	4,3	68,2	49,7	43,3	44,4	22,0	115,7	3,08	50,6
Ca <sup>2+</sup>	86,3	87,3	145,3	83,2	160,0	85,6	121,4	185,1	191,3	186,3	111,3	75,6
Mg <sup>2+</sup>	3,8	3,3	4,6	6,1	7,8	4,2	2,1	3,8	6,2	3,4	5,2	4,6
Na <sup>+</sup>	90,8	118,2	118,4	33,6	195,4	180,4	144,1	59,0	208,6	147,1	325,7	242,5
K <sup>+</sup>	2,4	2,1	2,7	2,7	2,7	1,3	2,4	2,9	4,7	1,8	2,5	1,9
TDS	656,6	722,6	942,6	468,8	1177,5	866,4	915,6	868,0	1244,6	1144,3	1300,0	986,4
AlK	277,9	204,7	294,5	228,0	283,2	215,7	315,2	286,4	230,7	294,3	212,1	209,1
T.H.	231,7	232,2	382,6	233,6	432,7	231,7	312,5	478,8	504,3	480,1	300,1	208,3
C.H.	231,7	204,7	294,5	228,0	283,2	215,7	342,5	286,4	230,7	294,3	212,1	108,3
N.C.H.	0,0	27,5	88,1	5,6	149,5	16,0	0,0	192,4	273,6	185,8	88,0	0,0
SI <sub>Ca</sub>	-0,15	-1,09	-0,44	0,32	0,41	-0,24	-0,09	0,42	0,38	0,43	0,59	0,06
SI <sub>Ar</sub>	-0,30	-1,25	-0,60	0,17	0,25	-0,40	-0,25	0,27	0,24	0,27	0,44	-0,10
SI <sub>Do</sub>	-0,33	-1,25	-0,62	0,17	0,37	-0,36	-0,40	0,03	0,15	0,21	0,49	0,01
SAR	2,60	3,38	2,64	0,96	4,09	5,16	3,55	1,17	4,05	2,92	8,19	7,32
SSP	46,5	52,89	40,62	24,70	49,84	63,06	50,39	21,66	47,76	40,23	70,41	71,86
RSC	0,93	-0,54	-1,74	-0,10	-2,97	-0,31	0,07	-3,83	-5,45	-3,70	-1,74	0,03
pH-pH <sub>i</sub>	-2,31	-3,21	+0,83	-1,80	-1,52	-2,21	-1,84	+0,28	+0,10	-1,30	+0,06	-2,14





ΣΧΗΜΑ. 6

ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΧΛΟΡΟΦΥΛΛΩΝ

- 40 - 100 mg / L
- ▨ 100 - 200 mg / L
- ▩ 200 - 500 mg / L

1KM



Fig. 6 - Chlorophyll map

Φαρές. Αυτό οφείλεται κυρίως στην σύσταση του υδροφορέα της παραλιακής αυτής ζώνης που επιτρέπει σχετικά εύκολη διείσδυση του θαλασσινού νερού. Αντίθετα ο δυτικός παραλιακός τομέας, όπου και οι περισσότερες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, δεν εμφανίζει αυξημένα χλωριόντα (40-100) στην παραλιακή ζώνη. Από επιτόπιες παρατηρήσεις σε εκσκαφές διαπιστώθηκε ότι αυτό οφείλεται σε παρουσία στην παραλία γκρι-μπλε μαργών μεγάλου πάχους, οι οποίες δρούν σαν φράγμα-εμπόδιο στην αλμύριση των υπόγειων νερών από διείσδυση της θάλασσας.

Βόρεια της παραλιακής αυτής ζώνης παρατηρείται περιοχή με αυξημένη περιεκτικότητα σε χλωριόντα που κυμαίνονται από 100-200 mg/l. Στις τεταρτογενείς αποθέσεις της περιοχής αυτής η διείσδυση μπορεί να πραγματοποιείται από δυτικότερα κείμενη περιοχή, στην οποία οι υδροφόροι σχηματισμοί έρχονται σε απευθείας επαφή με την θάλασσα χωρίς παρεμβολή μαργών. Πιθανόν επίσης, λόγω κακής αποστράγγισης των αρδευομένων αυτών εκτάσεων να πραγματοποιείται εμπλουτισμός σε άλατα.

Από τις τιμές Eh (δυναμικό οξειδοαναγωγής) και D.O. (διαλυμένο οξυγόνο) φαίνεται ότι τα νερά είναι νεαράς ηλικίας και τροφοδοτούνται με επιφανειακές απορροές περιοχών με ασβεστολίθους των υψηλότερων περιοχών. Γι' αυτό και στις παρυφές της πόλης τα υπόγεια νερά των κορημάτων και των κώνων των χειμάρρων παρουσιάζουν κατανομή ολικών σκληροτήτων (βλ. σχ. 7) γύρω στους 25 γαλλικούς βαθμούς, που θεωρείται τιμή τυπική φρέσκων νερών ασβεστολιθικών πετρωμάτων. Το εύρος της ζώνης αυτής εξαρτάται από την περιεκτικότητα του νερού σε CO<sub>2</sub> και από την υδροπερατότητα του σχηματισμού. Καθώς πλησιάζουμε προς την πόλη της Καλαμάτας ητες μειώνονται στους 20 περίπου γαλλικούς βαθμούς (μείωση παρατηρείται και στις παροδικές και μόνιμες) γεγονός που σημαίνει ότι συντελείται μια απομάκρυνση Ca από το διάλυμα με ταυτόχρονο εμπλουτισμό του σε Na λόγω ιοντοανταλλαγής του από τα αργιλικά υλικά. Τέλος, στην παραλιακή ζώνη λόγω επιπρόσθετης φόρτισης του διαλύματος σε Na από διείσδυση της θάλασσας, το υπόγειο νερό έχει την τάση να διαλύει με μεγάλη ευχέρεια ασβεστιτικό αμμόδες υλικό, μέχρις ότου επέλθει η επιθυμητή ισορροπία σε Ca. Αυτό ερμηνεύεται με αύξηση των ιόντων Ca και Mg με αποτέλεσμα να λαμβάνει η ολική σκληρότητα μεγαλύτερες τιμές. Μια άλλη παράμετρος που συνηγορεί γι' αυτή την ερμηνεία είναι οι δείκτες κορεσμού του ασβεστίτη (SI<sub>Ca</sub>), αραγωνίτη (SI<sub>Ar</sub>) και δολομίτη (SI<sub>Do</sub>).

Ως προς την ποσιμότητα των υπόγειων νερών μπορούμε να πούμε ότι αυτά είναι κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τους ακατάλληλα προς πόση καθώς και οικιακή χρήση, κύρια λόγω αυξημένων νιτρικών (οξειδωσή αμμωνιακών και νιτρωδών που προέρχονται από διαρροές βόθρων, ελλειπές αποχετευτικό δίκτυο και λιπάσματα), ολικών διαλυμένων αλάτων (TDS) και χλωριόντων.

Από τους δείκτες SAR, SSP ( $(Na^+ + K^+ / Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+ \%$ , τα κατιόντα σε μονάδες meq/l) και RSC ( $CO_3^{2-} + HCO_3^- - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$  σε meq/l), με όρια : SAR μέχρι και 18, SSP τιμές μεγαλύτερες του 15% και RSC τιμές με μέγιστο 2,5, μπορούμε να πούμε ότι όλα τα νερά είναι κατάλληλα για αρδεύσεις.

### 5.3. Κατηγορίες και ταξινόμηση κατά Duron

Στο σχήμα 8 φαίνονται οι διάφορες κατηγορίες νερών της Καλαμάτας και η ταξινόμησή τους κατά Duron. Όλα τα υπόγεια νερά τείνουν είτε δια της οδού 1 είτε δια της οδού 2 να εξελιχθούν σε νερά υποβαθμισμένης ποιότητας NaCl. Η κατηγορία Ca - HCO<sub>3</sub> περιλαμβάνει τα πιο φρέσκα.

Ο Πίνακας 4 δίνει μια ταξινόμηση των νερών με βάση μερικές υδροχημικές ιδιότητές τους και τους λόγους ιόντων (οι συγκεντρώσεις εκφρασμένες σε meq/l). Με βάση αυτά έχουν προσδιορισθεί : [Ca-HCO<sub>3</sub>], [Na, Ca-HCO<sub>3</sub>, Cl] και Na-Cl. Ο λόγος Ca/Cl μειώνεται πολύ σημαντικά στην τρίτη κατηγορία λόγω εμπλουτισμού των νερών σε χλωριόντα. Για τον ίδιο λόγο αυξάνεται ο λόγος Cl/HCO<sub>3</sub>.

Στον υδρολογικό κύκλο του νερού ο λόγος Na/Cl κυμαίνεται από 0,86 - 1,00 (0,867 του θαλάσσιου νερού). Στις τρεις κατηγορίες νερών της Καλαμάτας ο λό-



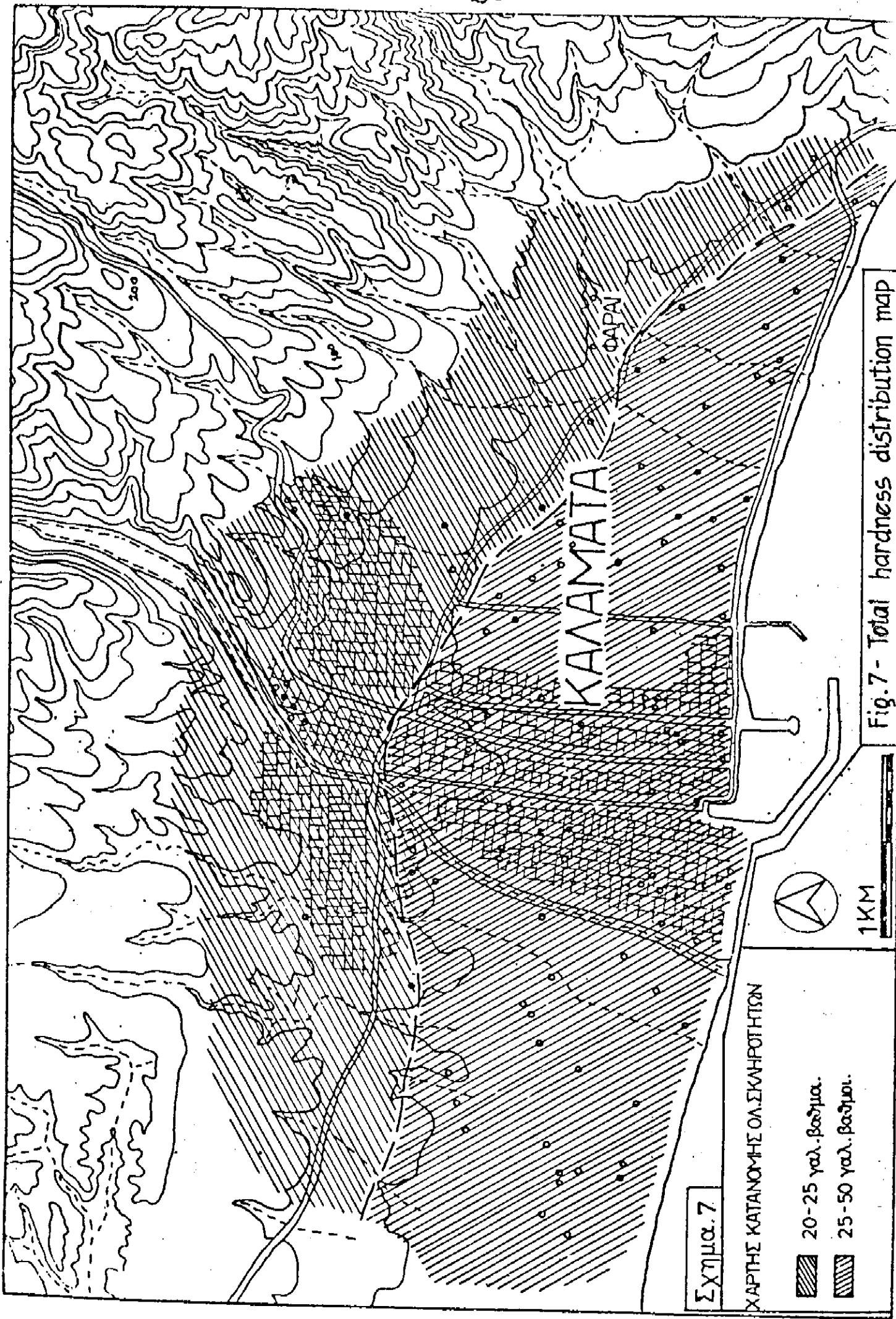
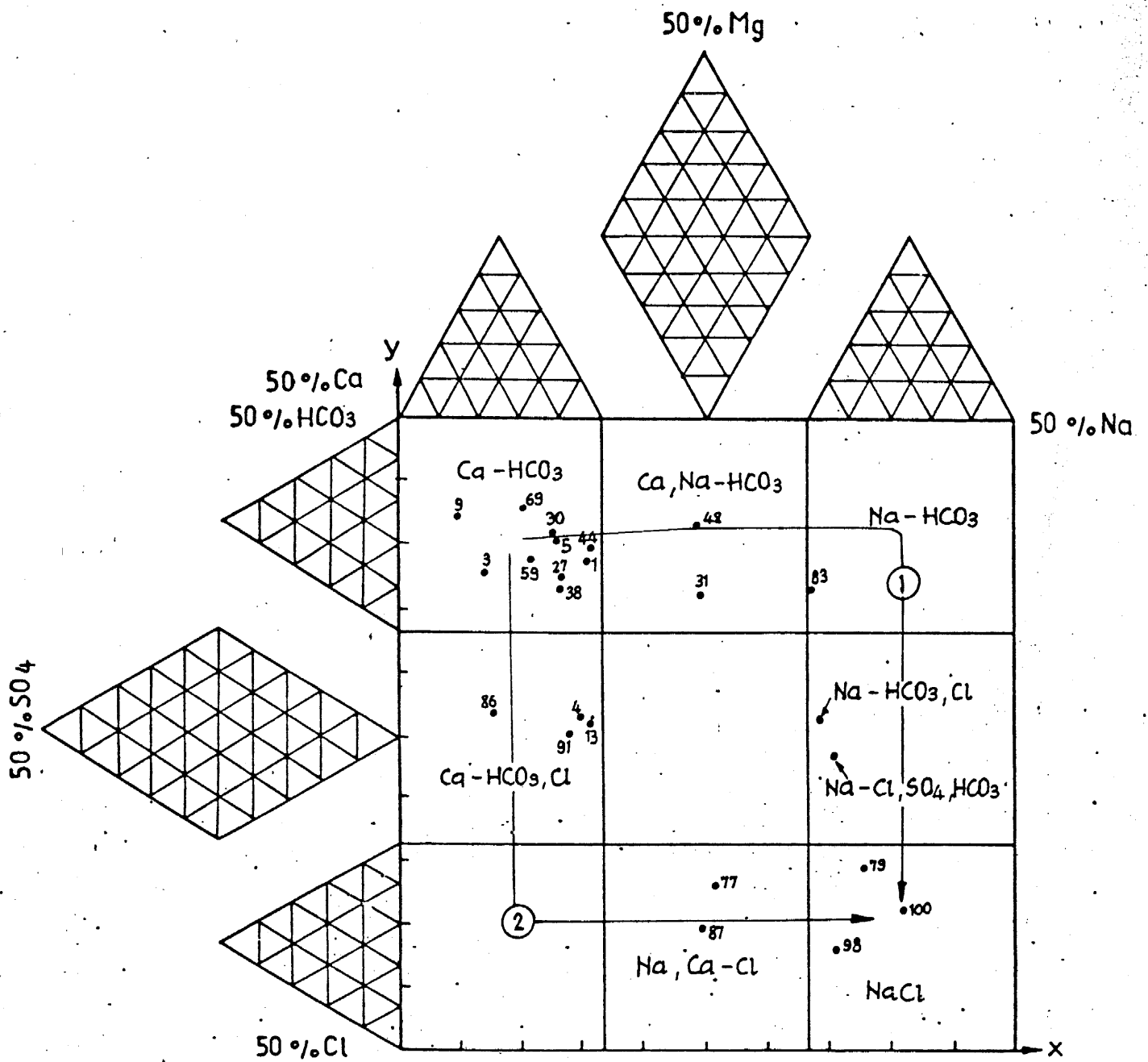
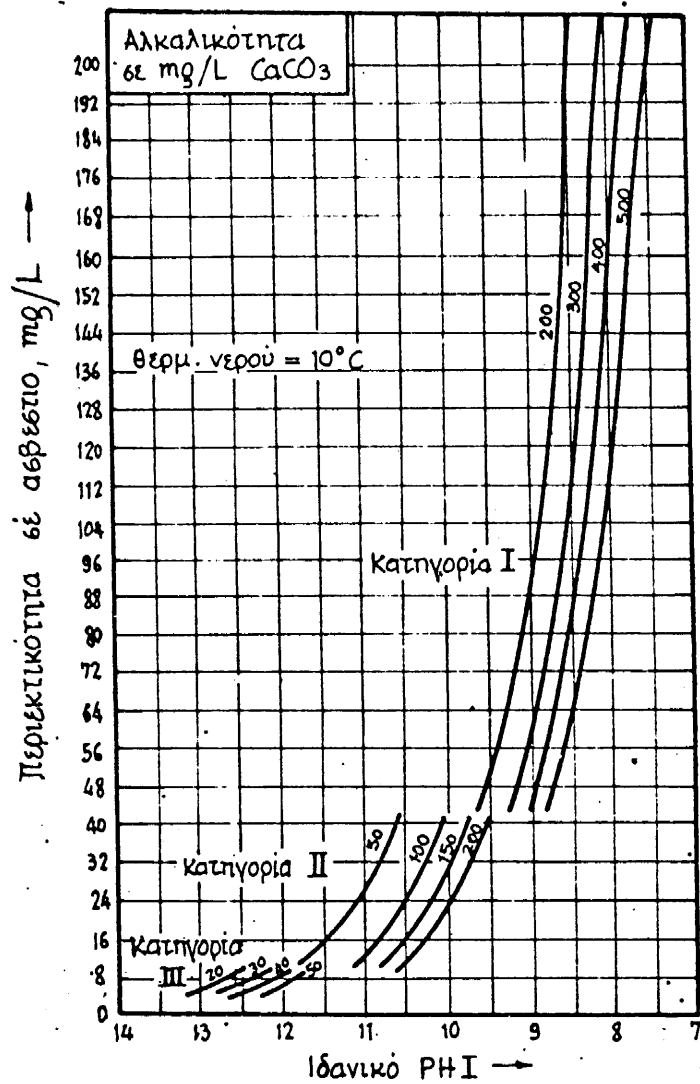


Fig. 7 - Total hardness distribution map



Σχήμα 8. Διάγραμμα Durov και κατηγορίες υπόγειων νερών Καλαμάτας.

Fig. 8. Durov diagram and groundwaters categories of Kalamata.



Σχ.9. Το  $pH_I$  υπολογίζεται σαν συνάρτηση της κατηγορίας ταξινόμησης, της αλκαλικότητας και της περιεκτικότητας σε ασβέστιο του υπόγειου νερού.

Fig.9. The  $pH_I$  can be calculated as a function of the classified category, of alkalinity and of the content in Ca of the groundwater.

γος αυτός παρουσιάζει μια μέση τιμή μεγαλύτερη του 1,0 γεγονός που σημαίνει ότι σε όλες κυριαρχούν οι ιοντοανταλλακτικές διεργασίες που έχουν σαν αποτέλεσμα να ελευθερώνουν σημαντικές ποσότητες κατιόντων Na από το πλέγμα των αργίλων. Δηλαδή έχουμε μια επιπρόσθετη πηγή Na απ' αυτή της θάλασσας.

Πίνακας 4. Ταξινόμηση των υπόγειων νερών της Καλαμάτας σύμφωνα με τις υδροχημικές τους ιδιότητες

	Κατηγορία I (φρέσκα)	Κατηγορία II (μεικτά)	Κατηγορία III (βεβαρυμένα)
pH (μ. τιμή)	7,00	7,27	7,51
TDS (μ. τιμή)	814	1080	1050
Τύπος Νερού	Ca-HCO <sub>3</sub>	Na, Ca - HCO <sub>3</sub> , Cl	Na - Cl
Ca/Cl	1,44-5,11	0,73-2,63	0,38-0,71
Na/Cl	1,20-1,81	0,69-2,41	0,98-1,32
SO <sub>4</sub> /HCO <sub>3</sub>	0,09-0,43	0,16-1,10	0,21-0,40
SO <sub>4</sub> /Cl	0,28-0,93	0,10-0,79	0,10-0,34
Cl/HCO <sub>3</sub>	0,25-0,77	0,29-2,83	1,38-3,39

Τέλος, για την ερμηνεία των λόγων SO<sub>4</sub>/HCO<sub>3</sub> και SO<sub>4</sub>/Cl μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής : Το θειικό ιόν στα υπόγεια νερά χαμηλής έως μεσαίας αλμυρότητας βρίσκεται σε χαμηλή περιεκτικότητα και ο δείκτης κορεσμού του CaSO<sub>4</sub> είναι αρνητικός. Επίσης σε μικρή απόσταση από τη ζώνη φυσικής τροφοδοσίας του υδροφόρου ορίζοντα, το Cl<sup>-</sup> (το οποίο είναι το πιο ευδιάλυτο ιόν) αρχίζει σιγά-σιγά να αυξάνει και να υπερκελίζει το SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> και το HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> στα κατάντη. Θα περίμενε λοιπόν κανείς μείωση του SO<sub>4</sub>/Cl και αύξηση του SO<sub>4</sub>/HCO<sub>3</sub> προς τις περιοχές μικρότερης πιεζομετρίας. Στην υπό μελέτη περιοχή αυτό αληθεύει κατά μεγάλο ποσοστό για το λόγο SO<sub>4</sub>/Cl. Οι τιμές όμως του λόγου SO<sub>4</sub>/HCO<sub>3</sub> ενώ επαληθεύονται μέχρι και την κατηγορία II, στην κατηγορία III παρουσιάζεται μια απότομη μείωσή του λόγω επαναδιάλυσης του CaCO<sub>3</sub> όπως είδαμε στην παράγραφο για τις γενικές παρατηρήσεις επί της υδροχημείας της περιοχής.

#### 5.4. Επίδραση της ποιότητας των υπόγειων νερών σε μεταλλικά υλικά

##### 5.4.1. Δείκτες διαβρωσιμότητας ή απόθεσης

Οι πιο συνηθισμένοι δείκτες είναι του Langelier (1936) και του Ryznar (1944) οι οποίοι εκφράζουν την τάση του νερού για διάβρωση ή απόθεση. Μπορούμε να προσδιορίσουμε τους δείκτες αυτούς με την βοήθεια του pH κορεσμού του νερού σε CaCO<sub>3</sub> για συγκεκριμένη αλκαλικότητα και συγκέντρωση σε Ca. Η απόκλιση του πραγματικού pH από αυτό που υπολογίζεται σε κορεσμό, μας δίνει σημαντικές πληροφορίες για τη συμπεριφορά του νερού σε μεταλλικές κατασκευές, σωλήνες, οπλισμό σκυροδέματος και σιδερένιους πασσάλους.

Σ' αυτή τη μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης σταθερότητας του Ryznar που βασίζεται στον υπολογισμό ενός pH, γνωστού ως ιδανικού (pH<sub>I</sub>).

Με τον όρο ιδανικό pH<sub>I</sub> εννοούμε εκείνη την τιμή που παράγει δείκτη σταθερότητας Ryznar (R<sub>SI</sub>) ίσο με 6,0. Δηλαδή από τον τύπο :

$$pH_I = 2pH_S - R_{SI}$$

όπου pH<sub>S</sub> είναι το pH σε κορεσμό CaCO<sub>3</sub>, για R<sub>SI</sub>=6, μπορούμε να υπολογίσουμε το pH<sub>I</sub>.

Συγκρίνοντας τέλος το pH<sub>I</sub>, με το πραγματικό (που μετράμε στην ύπαιθρο) παίρνουμε το αναζητούμενο αποτέλεσμα.

5.4.2. Ταξινόμηση νερών ως προς τη διαβρωτικότητα ή απόθεση αλάτων

Τα πιο συνηθισμένα επιφανειακά και υπόγεια νερά κατατάσσονται στις παρακάτω τρεις κατηγορίες (κατά Ryznar).

Κατηγορία	Αλκαλικότητα σε mg/l CaCO <sub>3</sub>	Ασβέστιο mg/l	Ολικά διαλ. άλατα mg/l
I	200-500	40-200	300-1.500
II	50-200	10- 40	100- 300
III	20- 50	4- 10	100

5.4.3. Σπουδαία χαρακτηριστικά

Τα χαρακτηριστικά που συνεισφέρουν στην διαβρωτικότητα του νερού ή στην τάση του για απόθεση είναι :

- α) Ολική αλακαλικότητα (HCO<sub>3</sub> + CO<sub>3</sub> + OH)
- β) Ca
- γ) pH
- δ) Θερμοκρασία
- ε) Ολικά διαλυμένα άλατα (TDS)

Από τους παραπάνω δείκτες μόνο τα ολικά διαλυμένα άλατα έχουν ελάχιστη επίδραση στην τάση για διάβρωση ή απόθεση. Αν όλες οι άλλες παράμετροι κρατηθούν σταθερές, ουσιώδης μόνο μεταβολή στην συγκέντρωση των TDS θα επιφέρει αξιωματική αλλαγή της συμπεριφοράς του νερού για διάβρωση ή απόθεση.

5.4.4. Ιδανικό pH<sub>I</sub>

Για κάθε κατηγορία νερού, υπολογίσαμε τιμές pH<sub>I</sub> για διάφορους συνδυασμούς ασβεστίου και αλκαλικότητας. Αυτές βασίστηκαν στις μέσες τιμές των TDS (κατηγορία I:900, II:200, και III:90 mg/l) και για θερμοκρασία 10°C, όπως φαίνεται στο σχήμα 9.

Δηλαδή με γνώση μόνο των τιμών για το ασβέστιο και την αλκαλικότητα και επιλέγοντας την αντίστοιχη κατηγορία νερού, προσδιορίζουμε το pH<sub>I</sub>. Η τιμή αυτή συγκρίνεται με το πραγματικό pH. Η προκύπτουσα ποιοτική ανάλυση από αυτές τις συγκρίσεις δίνεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Βαθμός διαβρωτικότητας ανάλογα με το pH και pH<sub>I</sub>.

Πραγματικό pH-pH <sub>I</sub>	Βαθμός διαβρωτικότητας ή απόθεσης των νερών
0 έως 0,5	Μικρή ή μηδαμινή απόθεση
0,5 έως 1,0	" ή ελαφριά "
1,0 έως 2,0	" έως σημαντική απόθεση
Μεγαλύτερη από 2	Σημαντική έως βαριά "
0 έως -0,5	Μικρή ή μηδαμινή διάβρωση
-0,5 έως -1,0	" ως ελαφριά "
-1,0 έως -2,0	" έως σημαντική διάβρωση
Μικρότερη από -2,0	Σημαντική έως βαριά "

5.4.5. Διορθώσεις θερμοκρασίας

Αν η θερμοκρασία του νερού δεν είναι 10°C, το pH<sub>I</sub> μπορεί να υπολογισθεί για οποιαδήποτε θερμοκρασία με χρήση του τύπου του Ryznar :

$$\Delta pH_I = -0,0167(1,8t + 22^\circ C)$$

Η τιμή αυτή προστίθεται στην  $pH_i$  που έχει προσδιορισθεί από το διάγραμμα του σχήματος 9. Όσο ψηλότερη η θερμοκρασία, τόσο χαμηλότερη η τιμή του  $pH_i$  για δεδομένη ποιότητα νερού. Αν προκύψουν τιμές διαφορετικές από αυτές του σχήματος, προέκταση των καμπυλών λύνει το πρόβλημα.

#### 5.4.6. Συνθήκες διαβρωτικότητας υπόγειων νερών Καλαμάτας

Στον Πίνακα I καταχωρούνται μαζί με τις αναλύσεις των υπόγειων νερών και οι τελικές τιμές  $pH-pH_i$  για τα νερά της Καλαμάτας. Με βάση τις τιμές αυτές αναμένεται στις χαμηλές θερμοκρασίες διάβρωση, ενώ με την ανύψωση της θερμοκρασίας απόθεση αλάτων. Στις περιόδους των χαμηλών θερμοκρασιών, η διαθρωτική δράση αυξάνει λόγω χαμηλών τιμών  $pH$ , μέτριας έως υψηλής περιεκτικότητας σε διαλυμένο οξυγόνο και  $CO_2$  και υψηλών τιμών  $Eh$ .

#### 5.5. Συμπεράσματα υδροχημείας

- 1) Υδροχημικές παρατηρήσεις για την περιοχή έδωσαν για τα ανιόντα  $HCO_3^- > Cl^- \gg SO_4^{2-}$ , ενώ για τα κατιόντα  $Ca^{2+} > Na^+ + K^+ \gg Mg^{2+}$ .
- 2) Ο χάρτης κατανομής των χλωριόντων έδωσε μέγιστη περιεκτικότητα σε μια ζώνη κατά μήκος της παραλιακής οδού που Α διευρύνεται και φθάνει μέχρι τις Φαρές.
- 3) Ο χάρτης κατανομής των σκληροτήτων έδωσε δύο ζώνες. Η πρώτη προς τις παραφές της πόλης έχει σχετικά μαλακότερα νερά από την παραλιακή. Γενικά τα νερά είναι φρέσκα λόγω υψηλών τιμών  $Eh$  και  $D.O.$  και τροφοδοτούνται με επιφανειακές απορροές ασβεστολιθικών κυρίως περιοχών.
- 4) Η ταξινόμηση τους κατά Duroν, έδωσε τις παρακάτω τρεις κατηγορίες υπόγειων νερών με διακεκριμένους κατά το μεγαλύτερο μέρος ιοντικούς λόγους :
  - α)  $Ca-HCO_3$
  - β)  $Na, Ca-HCO_3, Cl$
  - γ)  $Na-Cl$
- 5) Υπολογίστηκαν οι δείκτες κορεσμού κατά Ryznar ( $pH-pH_i$ ) και διαπιστώθηκε ότι τα υπόγεια νερά της Καλαμάτας προσβάλλουν τα μεταλλικά τμήματα ή υλικά των κατασκευών, διαβρώνοντάς τα σε περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών ή αποθέτοντας άλατα σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών.
- 6) Η ποιότητά τους για ποσιμότητα και οικιακή χρήση θεωρείται ακτάλληλη σε πολλές περιοχές, κύρια λόγω υψηλών συγκεντρώσεων σε νιτρικά, TDS καθώς και χλωριόντων, ενώ θεωρούνται κατάλληλα για αρδεύσεις.

## 6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Στην ευρεία πεδινή περιοχή της Καλαμάτας αναπτύσσεται μέσα στις τεταρτογενείς αποθέσεις αβαθής υπόγεια υδροφορία. Στη λοφώδη εσωτερική ζώνη υφίσταται επίσης φτωχή υδροφορία στο μανδύα αποσάθρωσης των νεογενών μαργών και τα μικρού πάχους πλευρικά κορήματα.
2. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις παρουσιάζουν έντονη ανομοιογένεια, η οποία γίνεται αισθητή και στην υδρογεωλογική συμπεριφορά τους. Στεγανό υπόβαθρό τους αποτελούν οι νεογενείς μάργες.
3. Στην πεδινή περιοχή το βάθος ισορροπίας των υπόγειων νερών κυμαίνεται από 1μ. στην παραλιακή ζώνη έως και 15μ. ή ακόμη περισσότερο στην εσωτερική. Στη λοφώδη ζώνη τα βάθη ξαναγίνονται μικρά.
4. Στους χάρτες ισοβαθών φαίνεται η διακύμανση του βάθους του υδροόρου ορίζοντα κατά περιοχές και χρονική περίοδο. Από αυτούς διαπιστώνεται ότι σε όλη την παραλιακή ζώνη και σε εύρος κυμαινόμενο, τα υπόγεια νερά βρίσκονται σε βάθη μικρότερα των 5μ. και προφανώς επηρεάζουν τη ζώνη θεμελίωσης και τα έργα θεμελιώσεων.
5. Οι ζώνες με υδροφορία σε βάθη μικρότερα των 5μ. παίρνουν το μεγαλύτερο εύρος τους δυτικά των εκβολών του Νέδοντα και στην ευρύτερη περιοχή του γηπέδου της Καλαμάτας. Στις περιοχές αυτές το εύρος φθάνει τα 1000μ. από την θάλασσα.
6. Βόρεια του Νομαρχιακού μεγάρου και σε όλη την έκταση της παλιάς πόλης τα υπόγεια νερά βρίσκονται σε βάθη μεγαλύτερα των 10μ.
7. Οι μέγιστες εποχιακές διακυμάνσεις είναι συνήθως της τάξης του 0,5 έως 2μ. στην παραλιακή ζώνη, καθώς και στην εσωτερική λοφώδη έκταση. Σε μία ενδιαμέση ζώνη διαπιστώθηκαν μεγαλύτερες διακυμάνσεις, συνήθως 2 έως 5μ. Η ζώνη αυτή συμπίπτει με τη μία από τις δύο κύριες περιοχές τροφοδοσίας των υπόγειων νερών. Η άλλη είναι ο ποταμός Νέδοντας, από το τμήμα του βόρεια της πόλης το οποίο δεν έχει επενδυθεί.
8. Η περίοδος με τα χαμηλά νερά συμπίπτει με το φθινόπωρο. Μπορεί όμως κατά θέσεις να επεκτείνεται και στους πρώτους χειμερινούς μήνες. Η πλέον αβαθής στάθμη παρατηρήθηκε το Φεβρου-

άριο, αλλά σε πολλές θέσεις η ανύψωση των υπόγειων νερών συνεχίζεται ως τον Ιούνιο.

9. Στην παραλιακή ζώνη ανατολικά του λιμανιού διαπιστώθηκαν στάθμες ισορροπίας των υπόγειων νερών χαμηλότερες από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι και 1,5μ. Η κατάσταση αυτή δεν έχει οδηγήσει σε διείσδυση της θάλασσας τόσο όσο τα αρνητικά αυτά πιεζομετρικά φορτία επέβαλαν. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη στην παραλιακή ζώνη αργιλικών και μαργαϊκών αποθέσεων που δυσχεραίνουν την διείσδυση. Διαπιστώθηκαν εν τούτοις συγκεντρώσεις χλωριόντων από 150 έως και 500 mg/l.
10. Τα πιεζομετρικά φορτία είναι πολύ μικρά, με τιμές από αρνητικές έως 2μ. σε όλη την πεδινή έκταση νότια της νοτιής γραμμής: σιδηροδρομική γραμμή-Γ<sub>8</sub>-Γ<sub>7</sub>-περιφερειακή οδός από Καλαμάτα προς Καρδαμύλη. Βόρεια αυτής της γραμμής τα πιεζομετρικά φορτία αυξάνονται απότομα. Η ίδια γραμμή οριοθετεί προς βορρά την έκταση στην οποία οι τεταρτογενείς αποθέσεις έχουν σημαντικό πάχος.
11. Οι υδραυλικές κλίσεις παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα τιμών. Στην παραλιακή ζώνη είναι πολύ μικρές (από 1:250 έως 1:1500), ενώ στην εσωτερική λοφώδη έκταση είναι αρκετά μεγάλες (1:20 έως 1:30) λόγω κυρίως της μεγάλης κλίσης που παρουσιάζει το στεγανό υπόβαθρο.
12. Τα υπόγεια νερά από πλευράς ποσιμότητας είναι ακατάλληλα, λόγω αυξημένων τιμών σε συγκεντρώσεις νιτρικών, ολικών διαλελυμένων αλάτων, καθώς και χλωριόντων σε αρκετές περιοχές. Η σκληρότητά τους κυμαίνεται από μέτρια έως υψηλή. Σε αρκετές περιπτώσεις είναι ακατάλληλα τόσο για οικιακή χρήση όσο και για αρδεύσεις.
13. Σε ότι αφορά την προσβολή από τα υπόγεια νερά μεταλλικών κατασκευών που βρίσκονται σε επαφή μ'αυτά, στην περίοδο μεν των χαμηλών θερμοκρασιών παρατηρείται μικρή έως σημαντική διάβρωση, ενώ κατά την περίοδο των υψηλών θερμοκρασιών συνήθως μικρή απόθεση αλάτων.  
Ιδιαίτερα στην περίοδο των χαμηλών θερμοκρασιών η κατάσταση από άποψη διαβρωτικής δράσης των υπόγειων νερών χειροτερεύει εξ αιτίας των χαμηλών τιμών pH και της μέτριας έως υψηλής περιεκτικότητας σε διαλυμένο οξυγόνο και CO<sub>2</sub>.
14. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι στις περιοχές, όπως η παραλιακή ζώνη, όπου τα ολικά διαλυμένα στερεά, το Cl<sup>-</sup> και τα NO<sub>3</sub><sup>-</sup> έχουν μεγάλες τιμές, ενώ το pH μικρές, δημιουργούνται τοπικές-σημειακές διαβρώσεις ρωγματώδους τύπου στις υπεδαφικές μεταλλικές κατασκευές.



## 7. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διερευνάται η υδροδυναμική συμπεριφορά και η ποιότητα των υπογείων νερών των τεταρτογενών αποθέσεων της πόλης της Καλαμάτας και της γειτονικής παραλιακής ζώνης.

Διαπιστώνεται ότι σε μία παραλιακή λωρίδα πλάτους μέχρι 1 χλμ. η υπόγεια υδροφορία αναπτύσσεται σε βάθη μικρότερα των 5 μ., γεγονός που επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα των εδαφοτεχνικών χαρακτηριστικών της ζώνης θεμελίωσης. Στη λωρίδα αυτή δημιουργούνται προβλήματα στεγανοποίησης των υπόγειων χώρων προς αποφυγή πλημμύρισής τους αλλά και θέμα ανώσεως.

Γίνεται ερμηνεία των χαρτών κατανομής χλωριόντων και ολ. σκληροτήτων των υπόγειων νερών, ενώ η ταξινόμησή τους κατά Duron δίδει τρεις κατηγορίες με διακεκριμένους κατά το μεγαλύτερο μέρος ιοντικούς λόγους σε κάθε μια. Επίσης εξακριβώνεται ότι λόγω ποιότητας τα υπόγεια νερά προσβάλλουν τα μεταλλικά τμήματα ή υλικά των κατασκευών που βρίσκονται σε επαφή μ' αυτά, διαβρώνοντάς τα σε περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών ή αποθέτοντας άλατα σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών. Από άποψη ποσιμότητας και οικιακής χρήσης είναι ακατάλληλα κυρίως λόγω αυξημένων νιτρικών, ολικών διαλυμένων αλάτων καθώς και χλωριόντων σε αρκετές περιοχές, ενώ θεωρούνται κατάλληλα για αρδεύσεις.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δ/ση Ερευνών Εδαφών ΥΠΕΧΩΔΕ (1986). Γεωτεχνική έρευνα Καλαμάτας στα πλαίσια της Μικροζωνικής μελέτης.
2. Ι.Γ.Μ.Ε. (1977). Γεωλογικός χάρτης κλ. 1:50.000, φύλλο "Καλαμάτα".
3. Langelier W.F. (1936). "Analytical control of anticorrosion water treatment". J. Amer. Water Works Assoc., Vol. 28, No. 10, pp. 1501-1521.
4. Μαριολάκος Η., Σαμπώ Β., Αλεξόπουλος Α., Δανάμος Ι., Λέκκα Ε., Λογος Ε., Λόζιος Σ., Μερτζάνης Α., Φουντούλης Ι. "Μικροζωνική μελέτη Καλαμάτας. Γεωλογία, Νεοτεκτονική, Γεωμορφολογία".
5. Ryznar J.W. (1944). "A new index for determining amount of calcium carbonate scale formed by a water". J. Amer. Water Works Assoc., Vol. 36, p. 472.