



ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ & ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ
ΣΤΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL
STUDY OF ALMYROS SPRING IN HERAKLION

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ : Α. ΜΠΑΛΤΖΑΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Π. ΣΟΥΠΙΟΣ

ΧΑΝΙΑ 2006

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	ΠΕΡΙΛΗΨΗ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	ΣΚΟΠΟΣ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	ΠΡΟΫΠΑΡΧΟΝΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ
4.1.....	<i>Μορφολογία</i>
4.2.....	<i>Γεωλογία</i>
4.3.....	<i>Τεκτονική</i>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ
5.1...	<i>Υδρολιθολογία</i>
5.2...	<i>Ανάπτυξη Υδροφοριών</i>
5.3...	<i>Καρστικό Υδροφόρο Σύστημα πηγών Αλμυρού</i>
5.3.1 –	Υδρογεωλογικές Παράμετροι Πηγής
5.3.2 –	Βροχομετρικά Στοιχεία
5.3.3 –	Ημέρες Γλυκού νερού
–	Υπερετήσια Συμπεριφορά Υδροφορέα
–	Υφαλμύριση ως συνέπεια εκμετάλλευσης
–	Κατασκευή Ισοπιεζομετρικών & Ισοχλωριών Χαρτών
–	Ερμηνεία Πιεζομετρικών
–	Ερμηνεία Ισοχλωριών καμπυλών
–	Παρατηρήσεις από ερμηνεία χαρτών
–	Υποθαλάσσιες πηγές Μπαλίου
–	Γεωτρήσεις
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Δήμος Ηρακλείου είναι ένας από τους μεγαλύτερους και ταχύτερα αναπτυσσόμενους δήμους στην Ελλάδα. Στην τελευταία απογραφή (2001) ο μόνιμος πληθυσμός του έφτανε τους 138.766 κατοίκους. Παρόλα αυτά , ανέκαθεν ταλαιπωρούνταν από την έλλειψη επαρκών ποσοτήτων νερού για ύδρευση.

Κατά καιρούς έγιναν επανειλημμένες προσπάθειες από διάφορους φορείς για την αξιοποίηση του υδροφορέα που τροφοδοτεί την υφάλμυρη καρστική πηγή Αλμυρού, την μεγαλύτερη πηγή της περιοχής. Τα τελευταία 40 χρόνια , σημαντικός αριθμός Ελλήνων και ξένων επιστημόνων ανέπτυξαν απόψεις που αφορούν στην κατανόηση της λειτουργίας του υδροφορέα για τη βέλτιστη εκμετάλλευσή του. Οι επικρατέστερες από αυτές τις απόψεις προχώρησαν και στο στάδιο της υλοποίησης.

Το εργαστήριο Γεωφυσικής και Σεισμολογίας του Τ.Ε.Ι Κρήτης παράρτημα Χανίων σε συνεργασία με τη Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης – Αποχέτευσης Ηρακλείου (ΔΕΥΑΗ) και στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος με τίτλο "Αξιοποίηση πηγών Αλμυρού ποταμού", διατύπωσε μία από τις πιο εμπειριστατωμένες απόψεις για την εκμετάλλευσή του υδροφόρου ορίζοντα, η οποία βρίσκεται στο στάδιο υλοποίησης τα τελευταία 15 περίπου χρόνια, με θετικά αποτελέσματα. Στα πλαίσια αυτής της συνεργασίας υποδείχθηκε σειρά θέσεων υδρογεωτρήσεων που στην πλειοψηφία τους αποδείχθηκαν παραγωγικές. Το πρώτο "πεδίο εκμετάλλευσής" ήταν στην περιοχή Τυλίσου (1987-90) και τα επόμενα στις περιοχές Γωνιανού Φαραγγιού (1989-91) και Κέρης (1990-95).

Όμως, από τα πρώτα κιόλας έτη παραγωγής (1988-89), παρατηρήθηκε υφαλμύριση του υπόγειου νερού στο πεδίο Τυλίσου. Το φαινόμενο αποδόθηκε σε εκτεταμένες υπεραντλήσεις, οι οποίες πραγματοποιούνταν προκειμένου να καλυφθούν οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις του πληθυσμού σε υδρευτικό νερό.

Στα επόμενα έτη το μέτωπο υφαλμύρισης κινήθηκε ενδοχώρια, προς το πεδίο Κέρης, παρά την μείωση των αντλούμενων ποσοτήτων νερού από την Τύλισο. Έτσι, η ΔΕΥΑΗ προχώρησε στην ανάπτυξη νέων πεδίων υδρογεωτρήσεων στις ευρύτερες περιοχές (πεδία) Κρουσώνα – Λουτρακίου και Αγίου Μύρωνα.

Από την πλευρά της, η συνεργαζόμενη ερευνητική ομάδα του Πολυτεχνείου Κρήτης, προκειμένου να διατυπώσει εναλλακτικές λύσεις για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της υφαλμύρισης, πρότεινε την εξόρυξη υδρομαστευτικής στοάς (παλαιότερη ιδέα των Μονόπωλη – Μάστορη, 1969). Τον Οκτώβριο του 1996 , με προκαταρκτική έκθεση έγινε για πρώτη φορά ολοκληρωμένη πρόταση στην υπεύθυνη επιχείρηση (ΔΕΥΑΗ) για "συνολική αξιοποίηση του υδροφόρου ορίζοντα με την κατασκευή υδρομαστευτικής στοάς ανάντη της πηγής Αλμυρού και εκείθεν των ζωνών υφαλμύρισης".

Μετά το 1998, οπότε και υπεισέρχεται αλλαγή των διοικητικών ορίων όλων των Δήμων της χώρας (Νόμος "Καποδίστριας"), η έκταση και κατά συνέπεια ο πληθυσμός του Δήμου Ηρακλείου αυξάνουν , χωρίς να συνοδεύονται από ανάλογη αύξηση των υδατικών του πόρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αναζήτηση, από πλευράς ΔΕΥΑΗ, νέων μεθόδων εκμετάλλευσής των υδατικών αποθεμάτων του Δήμου, πέρα των υδρογεωτρήσεων.

Στις κατά καιρούς υπηρεσιακές και δημόσιες εισηγήσεις για την κατασκευή υδρομαστευτικής στοάς παρουσιάζονταν τα πρακτικά συμπεράσματα που οδηγούσαν στον τύπο, τις διαστάσεις και τους λόγους επιτυχίας και απόδοσης του έργου. Η παρούσα διατριβή αφορά στην ανάλυση των δεδομένων και την θεωρητική τεκμηρίωση όλων των συμπερασμάτων από πλευράς επιτυχίας και απόδοσης.

Η όλη εργασία περιλαμβάνει τη συλλογή και επεξεργασία μετρήσεων παροχής, στάθμης, ποιότητας των γεωτρήσεων και της πηγής του Αλμυρού, την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στις παραμέτρους του υδροφόρου ορίζοντα, καθώς και την προσομοίωση (μοντελοποίηση) της ροής με τη μέθοδο πεπερασμένων διαφορών, μέσω του προγράμματος ModFlow (σε H/Y). Η μοντελοποίηση έγινε προκειμένου να προβλεφθεί η κατάσταση ροής της ευρύτερης περιοχής κατά την διάρκεια της λειτουργίας των παραπάνω υδρομαστευτικών έργων (γεωτρήσεις και υδρομαστευτική στοά), η αλληλεπίδραση αυτών με την πηγή Αλμυρού και να βρεθεί η βέλτιστη λύση για την ασφαλή και αποδοτική λειτουργία του υδρευτικού έργου.

Κεφάλαιο 2°

ΣΚΟΠΟΣ

ΣΚΟΠΟΣ:

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι η μελέτη του πολύπλοκου υδρογεωλογικού περιβάλλοντος της περιοχής του Αλμυρού στο Ηράκλειο και της ευρύτερης περιοχής. Η πτυχιακή στηρίχτηκε στη συλλογή πολλών μελετών που εκτελέστηκαν όλα αυτά τα χρόνια.

ΜΕΛΕΤΕΣ, ΤΙΤΛΟΙ:

Τα στοιχεία αυτά συλλέχθηκαν ύστερα από την σημαντική βοήθεια της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης – Αποχέτευσης Ηρακλείου (ΔΕΥΑΗ), του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΕΕ), και μίας διδακτορικής διατριβής του Πολυτεχνείου Κρήτης του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Οι τίτλοι αυτών έχουν ως εξής:

- **Η ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΠΗΓΗ ΤΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ**
Έρευνα του μηχανισμού ανάμιξης γλυκού και θαλασσινού νερού
Από τον
ΚΑΡΟΛΟ Α. ΜΠΕΖΕ
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΟ
Δρ. ΠΑΝΕΠ. MONTPELLIER
- **ΤΟ ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΦΟΡΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ
ΑΛΜΥΡΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ**
 1. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
 2. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΣΑπό τους:
ΓΕΩΡΓΙΟ ΣΟΥΛΙΟ
Αναπληρωτής Καθηγητής Υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ.
&
ΠΑΥΛΟΥ Γ. ΠΑΥΛΑΚΗ
Πολιτικός Μηχανικός
Μελετητής Υδραυλ. Έργων
- **ΈΡΕΥΝΑ ΣΧΕΣΗΣ ΠΗΓΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
ΜΕ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΠΗΓΕΣ ΜΠΑΛΙ ΡΕΘΥΜΝΟΥ**
Από τον:
ΠΕΡΙΚΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΟΠΟΥΛΟ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ
Ηράκλειο 14/1/1987
- **ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**
ΡΟΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΠΡΟΣ ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑ
(ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΤΙΚΗ ΣΤΟΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
ΚΡΗΤΗΣ)

ΜΑΡΙΑ Ν. ΚΛΕΙΔΟΠΟΥΛΟΥ
ΧΑΝΙΑ , ΜΑΡΤΙΟΣ 2003

4.ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η βόρεια περιοχή του Νομού Ηρακλείου ορίζεται από τον ορεινό όγκο του Ψηλορείτη, στη νοτιοδυτική πλευρά της, και χαρακτηρίζεται από έλλειψη πεδιάδων μεγάλης έκτασης. Η περιοχή ενδιαφέροντος (ευρύτερη περιοχή Δήμου Ηρακλείου) παρουσιάζει ιδιαίτερα ποικιλόμορφο ανάγλυφο, το οποίο οφείλεται σε διάφορα γεωλογικά φαινόμενα, κυρίως όμως στην έντονη επίδραση των νεοτεκτονικών κινήσεων που έδρασαν κατά την περίοδο του Μειόκαινου και του Πλειστοκαίνου, ενώ η λεπτομερέστερη μορφολογική της υφή έχει διαμορφωθεί από τις διαδικασίες της διάβρωσης και της αποσάθρωσης των πετρωμάτων.

Με βάση το υψόμετρο, η περιοχή μελέτης μπορεί να διακριθεί σε τρεις μορφολογικές ζώνες:

- Χαμηλή (πεδινή) ζώνη, από την ακτή (0 m) μέχρι +200m
- Ημιορεινή ζώνη, μεταξύ +200m και +400m
- Ορεινή ζώνη, με υψόμετρα άνω των +400m

Από αεροφωτογραφίες, κλίμακας περίπου 1:30.000 (χρονολογία λήψης 1989), έγινε φωτογεωλογική αναγνώριση της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος. Κατά την πραγματοποίηση της φωτογεωλογικής εξέτασης, συγκρίθηκαν τα γεωλογικά δεδομένα που προέκυψαν από τους τοπογραφικούς και τους γεωλογικούς χάρτες, κλίμακας 1:50.000, με τα δεδομένα των αεροφωτογραφιών. Σκοπός της σύγκρισης ήταν:

- η εξοικείωση με τη φυσιογραφία της περιοχής,
- η επισήμανση ζωνών υδρογεωλογικού ενδιαφέροντος, και
- ο οπτικός έλεγχος προσπέλασης διαφόρων σημείων ενδιαφέροντος στον χάρτη.

Η μελέτη της φωτογεωλογίας χρησίμευσε και στο να ελεγχθούν και να επεκταθούν τοπικές παρατηρήσεις από επιτόπιες αναγνωρίσεις και από αποτελέσματα ερευνητικών γεωτρήσεων και γεωφυσικών βυθοσκοπήσεων. Η εργασία αυτή αποτέλεσε και ουσιαστική προεργασία για την υπόδειξη υδατοπιθανών περιοχών στα πλαίσια του ερευνητικού έργου συνεργασίας Πολυτεχνείου Κρήτης και ΔΕΥΑΗ.

4.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Στην περιοχή Ηρακλείου εμφανίζονται σχεδόν όλοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί της γεωλογικής δομής της Κρήτης, του αυτόχθονου συστήματος, του αλλόχθονου συστήματος και των ιζημάτων του Τριτογενούς και Τεταρτογενούς.

Η γεωλογική- τεκτονική δομή της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος ακολουθεί την πολυπλοκότητα των δομών της Κρήτης. Οι γεωλογικές ενότητες που συναντώνται στην περιοχή μελέτης, από τις νεώτερες προς τις παλαιότερες, έχουν ως ακολούθως:

α) Νεώτερες αποθέσεις

Οι αποθέσεις αυτές (Νεογενές- Τεταρτογενές) έχουν μεγάλες επιφανειακές αναπτύξεις, σε όλη την υπό έρευνα περιοχή. Το ανατολικό τμήμα της περιοχής ενδιαφέροντος καλύπτεται σχεδόν εξολοκλήρου από αυτούς τους σχηματισμούς. Εξετάζοντας χωριστά τους σχηματισμούς του Τεταρτογενούς και του Νεογενούς διακρίνονται:

- **Πλειστοκαινικές αποθέσεις (Τεταρτογενές)**

Τα ιζήματα του Τεταρτογενούς περιορίζονται σε μία στενή παράκτια ζώνη δυτικά της πηγής Αλμυρού και στις κοίτες του Αλμυρού ποταμού και του Γαζανού ποταμού.

Το πάχος τους δεν υπερβαίνει τα 25m.

- **Πλειοκαινικές- Μειοκαινικές αποθέσεις(Νεογενές)**

Τα ιζήματα του Πλειόκαινου (κροκαλοπαγή, αργιλομαργαϊκές αποθέσεις, άμμος κ.α) και του Μειόκαινου (βιογενείς ασβεστόλιθοι, μάργες, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, γύψοι κ.α), επικάθονται ασυμφώνως στους αλπικούς σχηματισμούς της περιοχής, καταλαμβάνοντας αρκετά μεγάλη έκταση. Επιφανειακά απαντώνται σε περιοχές που βρίσκονται στα ανατολικά τμήματα της περιοχής ενδιαφέροντος. Το συνολικό τους πάχος υπερβαίνει τα 300m.

β) Αλλόχθονο σύστημα

Αποτελείται από γεωτεκτονικές σειρές, επωθημένες σε διαδοχικά λέπια. Στην περιοχή μελέτης οι γεωτεκτονικές σειρές που απαντώνται είναι τα καλύμματα των εσωτερικών ζωνών, η γεωτεκτονική ζώνη "Γαβρόβου- Τριπόλεως" και η σειρά "φυλλιτών- χαλαζιτών".

- **Καλύμματα εσωτερικών ζωνών.**

Πρόκειται για τεκτονικά καλύμματα των εσωτερικών γεωτεκτονικών ζωνών(Πελαγονική, Υποπελαγονική) που περιλαμβάνουν ποικίλους σχηματισμούς όπως φλύσχη, φλυσχοειδή και αγχι-μεταμορφωμένα ή μεταμορφωμένα πετρώματα(φακοί μαρμάρων, οφιόλιθοι και σχιστόλιθοι). Το οφιολιθικό σύμπλεγμα αποτελεί το κύριο μέλος, από πλευράς ποσοστού ανάπτυξης στην περιοχή ενδιαφέροντος. Η επιφανειακή εμφάνιση των οφιολίθων στην περιοχή μελέτης είναι εξαιρετικά περιορισμένη, οριοθετείται από τεμνόμενα ρήγματα και βρίσκεται στο ΝΔ τμήμα της. Το πάχος του σχηματισμού φτάνει τα 80m.

- **Γεωτεκτονική ζώνη "Γαβρόβου- Τριπόλεως"**

Η γεωτεκτονική αυτή ζώνη, στην περιοχή ενδιαφέροντος, έχει συνολικό πάχος μέχρι και 500m και περιλαμβάνει, από τους νεότερους προς τους παλαιότερους σχηματισμούς.

- Φλύσχη(Ηώκαινο- Ολιγόκαινο).
- Ασβεστόλιθους(δολομιτικούς, ωολιθικούς, ταινώδεις) και δολομίτες Ανώτερου Ιουρασικού- Κατώτερου Κρητιδικού.
- Κρυσταλλικούς δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες Ανώτερου Τριαδικού
- Μέσου Ιουρασικού
- Αργλικούς σχιστόλιθους Μέσου – Ανώτερου Τριαδικού. Μαζί με τους ραουβάκες(σειρά "ραβδόχα" ηλικίας Λονδίνου – Καρνίου) αποτελούν τη βάση του τεκτονικού καλύμματος της ζώνης η οποία είναι επωθημένη πάνω στη "φυλλιτική - χαλαζιτική"σειρά.

Η εν λόγω γεωτεκτονική ζώνη καλύπτει επιφανειακά σχεδόν όλο το δυτικό ήμισυ της υπό έρευνας περιοχής.

- **Σειρά "Φυλλιτών - Χαλαζιτών"**

Η σειρά αυτή συνιστάται κυρίως από σχιστόλιθους , φυλλίτες και χαλαζίτες, με παρεμβολές ανθρακικών πετρωμάτων μεταβασιτών κ.α. Η γεωτεκτονική θέση της παραμένει άγνωστη. Ορισμένοι ερευνητές τη θεωρούν υπόβαθρο της ζώνης Γαβρόβου- Τριπόλεως και άλλοι ανεξάρτητη μονάδα.

Το μέγιστο πάχος της σειράς υπολογίζεται περίπου στα 600m. Στην περιοχή ενδιαφέροντος εμφανίζεται επιφανειακά μόνο στο Βόρειο τμήμα της.

γ) Αυτόχθονο σύστημα

Αναφέρεται και ως σειρά "Ταλέων Ορέων" ή ενότητα "Κρήτης - Μάνης". Η γεωτεκτονική της θέση δεν έχει αποσαφηνιστεί ακόμη. Πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι αποτελεί την μόνη αυτόχθονη σειρά στον Ελλαδικό χώρο και πάνω σε αυτήν επώθησαν όλες οι άλλες. Άλλη άποψη , η οποία είναι και η επικρατέστερη, την θεωρεί τμήμα της Ιονίου ζώνης.

Η νεώτερη ενότητα του αυτόχθονου συστήματος αντιπροσωπεύεται από την χαρακτηριστική σειρά των "Πλακωδών ασβεστολίθων"(Plattenkalk). Η σειρά αυτή αποτελείται από σκοτεινότεφρους και υπόλευκους κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, έντονα πτυχωμένους και με πυριτικές ενστρώσεις ηλικίας Μέσου Ιουρασικού-Ηωκαινού. Το πάχος της είναι άγνωστο, αλλά δε φαίνεται να υπερβαίνει τα 250-300m. Στην περιοχή που εξετάζεται, η επιφανειακή εμφάνιση των Πλακωδών ασβεστόλιθων είναι πολύ περιορισμένη σε έκταση, στο νότιο- νοτιοδυτικό τμήμα της, πλησίον του Γωνιανού Φαραγγιού.

4.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Οι τεκτονικές δομές της περιοχής ενδιαφέροντος χαρακτηρίζονται από όλα εκείνα τα στοιχεία που συνθέτουν τη γενικότερη τεκτονική δομή της Κρήτης. Η αλπική τεκτονική δημιούργησε πτυχώσεις και ρήγματα ,τα οποία διαμόρφωσαν τη σημερινή εικόνα του νησιού.

Οι πτυχογόνες δυνάμεις έδρασαν με διεύθυνση $B \rightarrow N$ και προκάλεσαν πτυχές ,των οποίων η επικρατέστερη διεύθυνση των αξόνων τους είναι $A \rightarrow \Delta$, ενώ τα αξονικά επίπεδα κλίνουν προς το Βορρά. Μετά την επώθηση των αλλόχθονων ενοτήτων συντελείται νέα φάση πτυχώσεων , η οποία χαρακτηρίζεται από πλήθος λεπιώσεων, έντονων παραμορφώσεων και πτυχών, με άξονες ποικίλων διευθύνσεων. Κατά τη φάση ρηγμάτωσης της Κρήτης δημιουργήθηκε σειρά ρηγμάτων, με κύριες διευθύνσεις $B \rightarrow N$ και $A \rightarrow \Delta$. Τα ρήγματα αυτά δραστηριοποιούνταν μέχρι την περίοδο του Πλειστόκαινού , οπότε και ολοκληρώθηκε η ανύψωση των κύριων οροσειρών της Κρήτης. Κατά την περίοδο του Νεογενούς δημιουργήθηκαν νεώτερα ρήγματα, των οποίων οι διευθύνσεις ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή. Επικρατούν όμως εκείνα με διευθύνσεις $BA \rightarrow N\Delta$ και $NA \rightarrow B\Delta$.

5.1 ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

Οι λιθολογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στην περιοχή ενδιαφέροντος σε σχέση με την υδρολιθική τους συμπεριφορά, ταξινομούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες: α) τις σύγχρονες και παλαιότερες προσχώσεις και τους νεογενείς σχηματισμούς, β) τα ανθρακικά πετρώματα, και γ) τους υδατοστεγανούς (πρακτικά αδιαπέραστους) σχηματισμούς.

Το μεγαλύτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον εντοπίζεται στα ανθρακικά πετρώματα. Αυτά περιλαμβάνουν ένα μεγάλο φάσμα λιθολογικών και ορυκτολογικών διαφοροποιήσεων μεταξύ ασβεστόλιθων, δολομιτών και μαρμάρων, με μεγάλη ποικιλία στον συντελεστή περατότητας και στον βαθμό καρστικοποίησης.

Για τις ανάγκες της ανά χειράς εργασίας, οι υδρολιθολογικές ενότητες, με βάση την αλληλουχία των διαδοχικών λεπιώσεων, διαχωρίστηκαν ως εξής:

α) Τεταρτογενές-Νεογενές

Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούν τους καλύτερα εκφρασμένους κοκκώδεις σχηματισμούς της περιοχής ενδιαφέροντος και καταλαμβάνουν, φυσιογραφικά, πυθμένες κοιλάδων και γενικά τα χαμηλότερα τοπογραφικά σημεία της περιοχής.

Οι σύγχρονες Τεταρτογενείς αποθέσεις εμφανίζουν την κύρια ανάπτυξη τους στις παράκτιες ζώνες και στις κοίτες των ποταμών Γαζανού και Αλμυρού. Στις Τεταρτογενείς προσχώσεις φιλοξενούνται, κατά κύριο λόγο, τοπικοί φρεάτιοι ορίζοντες, όπως αυτοί στις κοιλάδες του μέσου και του κάτω ρου του Γαζανού ποταμού. Αποτελούν, λόγω αυξημένου πορώδους, πολύ καλή υδρολιθολογική ενότητα, η οποία όμως έχει μικρή έκταση στην περιοχή που μελετάται.

Το Νεογενές αφορά καλά ανεπτυγμένους, σε έκταση και πάχος, κοκκώδεις υδροφόρους σχηματισμούς. Η ποικιλία των λιθολογικών σχηματισμών διαφοροποιεί την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά (ασυνεχής), με σημαντικότερους (λόγω αυξημένου πορώδους και εμφανίσεων πηγών) τους βιογενείς μαργαϊκούς –οργανοκλαστικούς ασβεστόλιθους του Ανώτερου Μειόκαινου, τις Πλειοκαινικές ψαμμιτομάργες, τους γύψους και τα ποικίλης σύστασης λατυπο-κροκροπαγή της βάσης. Η επίσης μεγάλη ποικιλία των σχηματισμών στους οποίους επικάθονται τα Νεογενή ιζήματα (ανθρακικά πετρώματα του υποβάθρου ή των καλυμμάτων στο οφιολιθικό σύμπλεγμα, φλύσχης Πίνδου, φυλλίτες-χαλαζίτες), καθορίζει εν μέρει την διαφορετική υδρογεωλογική συμπεριφορά τους.

β) Καλύμματα εσωτερικών ζωνών

Η γεωτεκτονική αυτή ενότητα δεν εξετάζεται χωριστά από υδρογεωλογική άποψη γιατί εμφανίζεται σε εξαιρετικά περιορισμένη έκταση στην περιοχή ενδιαφέροντος και γενικά χαρακτηρίζεται από μειωμένη υδροπερατότητα.

γ) Γεωτεκτονική ζώνη Τρίπολης

Σ' αυτή την υδρογεωλογική ενότητα περιλαμβάνονται τα ασβεστολιθικά πετρώματα της ζώνης "Γαβρόβου-Τριπόλεως", καθώς και ο φλύσχης της, ο οποίος συμμετέχει κατά θέσεις, αλλά γενικά σε μικρό ποσοστό.

Η ενότητα αυτή, λόγω της αξιόλογης γεωγραφικής της έκτασης (σχεδόν σε ολόκληρο το δυτικό ήμισυ της περιοχής ενδιαφέροντος), της ανάπτυξης της σε προσιτές γεωγραφικές- ορειογραφικές θέσεις, αλλά και της μεγάλης περατότητάς της, εξαιτίας του δευτερογενούς της πορώδους, αναδεικνύεται στην σημαντικότερη υδρογεωλογική ενότητα της περιοχής και γι' αυτό το λόγο εξετάστηκε κατά προτεραιότητα.

δ) Φυλλίτες -χαλαζίτες

Πρόκειται για εμφανίσεις, οι οποίες αποτελούν το φυσικό γεωλογικό(γεωτεκτονικό) υπόβαθρο της ζώνης Τρίπολης. Η υδροφορία που φιλοξενείται στην ενότητα αυτή είναι εξαιρετικά περιορισμένη.

Ο κύριος υδρογεωλογικός τους ρόλος έγκειται στο ότι οριοθετούν το υπόβαθρο της καρστοποίησης των ανθρακικών πετρωμάτων της ζώνης Τρίπολης. Η επωθητική σχέση της ενότητας των φυλλιτών – χαλαζιτών σε σχέση με τους Πλακώδεις ασβεστόλιθους, διαχωρίζει τους τελευταίους από τους ασβεστόλιθους της Τρίπολης.

ε) Πλακώδεις ασβεστόλιθοι(Plattenkalk)

Οι σχηματισμοί αυτοί εμπλέκονται ενεργά στην υδροφορία, σε συνδυασμό με την υδροφορία της ζώνης Τρίπολης. Η κυκλοφορία νερού μέσα στους Πλακώδεις ασβεστόλιθους γίνεται λιγότερο διάχυτα απ' ό,τι μέσα στους ασβεστόλιθους Τρίπολης, δίνοντας τη γενική εντύπωση ότι οι σχηματισμοί αυτοί έχουν περισσότερο ετερογενή χαρακτήρα και υστερούν από πλευράς αποδόσεως(σύνολο πορώδες και μεταβιβαστικότητα).

Σημαντικό τους πάντως μειονέκτημα, σε σχέση με τα ανθρακικά πετρώματα Τρίπολης, όσον αφορά την εκμεταλλευσιμότητα τους μέσω γεωτρήσεων είναι τα μεγάλα βάθη στα οποία εντοπίζεται η υδροφορία τους. Προσιτή περιοχή, λόγω χαμηλών υψομέτρων, είναι εκείνη του Γωνιανού Φαραγγιού.

5.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΔΡΟΦΟΡΙΩΝ

Η ανάπτυξη των υπόγειων υδροφοριών στους διάφορους σχηματισμούς και στις διάφορες γεωλογικές ενότητες παρουσιάζει, όπως είναι φυσικό, διαφοροποιήσεις από περιοχή σε περιοχή . Αυτό οφείλεται στις επιμέρους συνθήκες κάθε περιοχής (κυρίως τεκτονική) ή των υδρολιθολογικών ενότητων. Στα επόμενα γίνεται συνοπτική περιγραφή των σημαντικότερων υδροφοριών στην περιοχή ενδιαφέροντος.

α) Υδροφορίες προσχώσεων

Η σημαντικότερη εμφάνισή τους είναι στο Γαζανό ποταμό (χειμαρρος). Οι προσχώσεις αυτές είναι φερτά υλικά από τον ποταμό, με ποικίλο πάχος, ανάλογο του ρυθμού απόθεσής τους στην νεογενή λεκάνη. Η υδροφορία τους είναι ικανοποιητική και η τροφοδοσία εξασφαλίζεται, κατά κύριο λόγο, από δευτερογενείς διηθήσεις από τις επιφανειακές απορροές του κυρίως ποταμού και από τα άλλα ρέματα της περιοχής .

Στην έκταση των προσχώσεων υπάρχει πλήθος πηγαδιών βάθους έως 10m, το νερό των οποίων χρησιμοποιείται για άρδευση. Όμως ήδη παρατηρούνται φαινόμενα υφαλμύρινσης περιοδικού χαρακτήρα σε ετήσια βάση ("χειμώνιας"- "καλοκαίρι"), λόγω υπεραντλήσεων και επειδή τα ρέματα της περιοχής τροφοδοτούν τους υπόγειους υδροφορείς εποχιακά , αφού δεν διατηρούν επαρκείς επιφανειακές απορροές.

Η σταδιακή υφαλμύριση ολόκληρου του υδροφορέα είναι αναπόφευκτη και δε μπορεί να αντιστραφεί πρακτικά, καθώς κάτι τέτοιο θα απαιτούσε το σταμάτημα των αντλήσεων για πολλά έτη. Ως μόνη λύση για να επανέλθει η ποιότητα των υπόγειων νερών σε ανεκτά επίπεδα διαφαίνεται πλέον η περίπτωση του τεχνικού εμπλουτισμού του υδροφορέα με νερά της επιφανειακής απορροής και με κατάλληλα τεχνικά έργα.

β) Υδροφορίες Νεογενών αποθέσεων

Στις Νεογενείς αποθέσεις οι υπόγειες υδροφορίες αναπτύσσονται κατά περίπτωση στους αδρομερείς σχηματισμούς (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες), ενώ μεγαλύτερη είναι η συμμετοχή των μαργαϊκών ασβεστόλιθων(συνήθως παχυστρωματώδεις και κατακερματισμένοι). Η ανάπτυξη αυτών των υδροφοριών εξαρτάται από την τοπική στρωματογραφία , την δυνατότητα τροφοδοσίας όταν ο υδροφορέας έχει κάποιο βάθος από την επιφάνεια και το στρωματογραφικό υπόβαθρο (φλύσχης ,ανθρακικά, φυλλίτες – χαλαζίτες).

Το υδατικό δυναμικό των Νεογενών αποθέσεων είναι σχετικά μικρό, συγκριτικά με την έκταση και τον όγκο τους και σε σχέση με το δυναμικό των καρστικών υδροφοριών. Αυτό οφείλεται στη λιθολογική σύσταση του σχηματισμού η οποία χαρακτηρίζεται κυρίως από την παρουσία μαργών , οι οποίες μειώνουν την ικανότητα του σχηματισμού να αναπτύξει υδροφορία.

Κυριότερη λιθολογική μονάδα, στην οποία αναπτύσσονται κατά τόπους αξιόλογες υδροφορίες, είναι αυτή των μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Από τους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους αναβλύζει μεγάλος αριθμός πηγών(κυρίως στις επαφές τους με τις υποκείμενες μάργες), με μικρές παροχές.

Με τις γεωτρήσεις που έχουν γίνει στα Νεογενή καλύπτονται υδρο-αρδευτικές ανάγκες, μικρής κυρίως έκτασης και συνήθως τοπικές(γεωτρήσεις βάθους γύρω στα 100m από τον Δήμο Γαζίου κ.λ.π).

Προβλήματα ποιότητας του υπόγειου νερού(υφαλμύριση) έχουν εντοπισθεί σε όλα τα παράκτια υδρομαστευτικά έργα.

γ) Καρστικές υδροφορίες

Στην ευρύτερη περιοχή Ηρακλείου, οι σημαντικότερες υδροφορίες, από άποψη δυναμικότητας και δυνατότητας κάλυψης αναγκών, είναι οι καρστικές. Γενικά, σε όλες τις ανθρακικές ενότητες της περιοχής, οι υπόγειες υδροφορίες διαμορφώνονται σε χαμηλά υψόμετρα, με αναφορά τη στάθμη της θάλασσας και μόνο όταν υπάρχουν λιθολογικές, στρωματογραφικές ή τεκτονικές ασυνέχειες, αυτές διαμορφώνονται σε διαφορετικά επίπεδα. Σε αυτές τις περιπτώσεις παρατηρούνται υπερυψωμένες στάθμες και αναβλύσεις πηγών σε διάφορα υψόμετρα.

Στις βόρειο- ανατολικές και ανατολικές υπώρειες του ορεινού συγκροτήματος Ψηλορείτη φιλοξενείται αξιόλογη καρστική υδροφορία, η οποία είναι εγκατεστημένη στα ανθρακικά πετρώματα της "Τρίπολης" και των "Πλακωδών ασβεστόλιθων". Η κύρια υδροφορία συνδέεται με το γεωμορφολογικό (φυσιογραφικό) επίπεδο βάσης (στάθμη θάλασσας) και σημαντικότερη επιφανειακή εκδήλωσή της είναι η πηγή Αλμυρού, η οποία βρίσκεται γύρω στο 1,5 km ενδοχώρια του μυχού του κόλπου Ηρακλείου, στα "ριζά" του υψώματος (λόφος)"Κέρη".

Η σημαντικότερη αυτή πηγή αναβλύζει σε υψόμετρο + 1,5 έως + 3,0m, στην επαφή Νεογενών αποθέσεων με ασβεστόλιθους Τριπόλεως.Οι παροχές της είναι εντυπωσιακές, φτάνοντας τα 3,5-40m³/sec ,ανάλογα με την εποχή ("καλοκαίρι"- "χειμώνα").

Ποιοτικά όμως, το νερό της πηγής είναι γενικά υφάλμυρο, ακατάλληλο για ύδρευση, αλλά και για άρδευση.Κατά την περίοδο των χαμηλών παροχών του καλοκαιριού και του φθινοπώρου η αλμυρότητα υπερβαίνει τα 5.000ppm Cl.

Πάντως, σε υγρές περιόδους υψηλών παροχών το νερό της πηγής καθίστανται πρακτικά "γλυκό" και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί. Σήμερα τα νερά της πηγής εκρέουν στη θάλασσα πρακτικά ανεκμετάλλευτα.

Ένας σημαντικός αριθμός γεωτρήσεων που έχουν εκτελεσθεί, με κύριο σκοπό την ύδρευση του Δήμου Ηρακλείου και των γύρω οικισμών, έχουν εξορυχθεί γεωγραφικά και υδρογεωλογικά ανάντη της πηγής του Αλμυρού και κατά μήκος των βόρειο-ανατολικών και ανατολικών υπωρειών του Ψηλορείτη. Από τις γεωτρήσεις αυτές, οι οποίες έγιναν στο παρελθόν από διάφορους φορείς, αλλά και πρόσφατα (τα τελευταία 15 χρόνια)από τη ΔΕΥΑΗ (πλέον των 50 γεωτρήσεων), πιστοποιείται ότι υπάρχει άφθονη καρστική υδροφορία που συναντάται περί την στάθμη της θάλασσας και αναπτύσσεται σε μεγάλο και άγνωστο βάθος.

Υδρογεωλογικά, οι γεωτρήσεις έχουν διατρήσει τα ανθρακικά πετρώματα των ζωνών της "Τρίπολης" και των "Πλακωδών ασβεστόλιθων", ξεκινώντας πολλές από σχετικά μικρού πάχους στρωματογραφικά καλύμματα νεωτέρων σχηματισμών (Νεογενή,Τεταρτογενή).Η συνιστώμενη υδροφορία, μέσα στα ανθρακικά πετρώματα των αλπικών γεωτεκτονικών ζωνών αποτελεί την κύρια υδροφορία που συνδέεται με το τοπικό γεωμορφολογικό επίπεδο βάσης(στάθμη θάλασσας).

Η γεωτεκτονική υποζώνη Τρίπολης αποτελεί σαφώς τη σημαντικότερη ενότητα υδρογεωλογικού και οικονομοτεχνικού ενδιαφέροντος, καθώς περιλαμβάνει μεγάλες υδροαποθεματικές ζώνες, σε "λογικά" βάθη υδροφορίας. Η υδροφορία των περισσότερων γεωτρήσεων είναι εγκατεστημένη στα ανθρακικά πετρώματά της.

Αντίθετα, η υδρογεωλογικά εξίσου ενδιαφέρουσα ενότητα των Πλακωδών ασβεστόλιθων μειονεκτεί, όσον αφορά τα βάθη της συνάντησή της. Τα ανθρακικά του αυτόχθονου συστήματος αναπτύσσονται σε σχετικά μεγάλα βάθη(επίπεδα αναφοράς στην επιφάνεια της θάλασσας), αλλά στις λίγες προσιτές περιοχές(πεδίο Γωνιανού Φαραγγιού) έχουν δώσει πολύ καλά αποτελέσματα.

Όλες σχεδόν οι γεωτρήσεις έχουν συναντήσει ικανοποιητική υδροφορία(ποσοστό επιτυχίας πλέον του 95%), με στάθμη ηρεμίας από λίγα, για τις πλέον βόρειες μέχρι μερικές δεκάδες μέτρα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας, για τις πλέον ενδοχώριες. Η υδροφορία συνεχίζει σε μεγάλο και άγνωστο βάθος κάτω από τη στάθμη της θάλασσας(άγνωστο υδρογεωλογικό υπόβαθρο του καρστ ή επίπεδο βάσης της

καρστική διάβρωσης). Η στάθμη ηρεμίας των βορειότερων γεωτρήσεων κυμαίνεται περί τα 6-12m ,ενώ για τις νοτιότερες και πλέον ενδοχώριες θέσεις υπερβαίνει τα 50m πάνω από τη στάθμη της θάλασσας.

Ποιοτικά, μετά από παρατεταμένες αντλήσεις παραγωγής, τα νερά των βορειότερων γεωτρήσεων είναι σε ποικίλο βαθμό επηρεασμένα από τη θάλασσα(πεδία άντλησης Κέρης και Τυλίσου, 2-7km από την ακτή), ενώ των πλέον ενδοχώριων σταθερά "γλυκά" (πεδία Γωνιανού Φαραγγιού και Αγίου Μύρωνα).

Γενικά, οι εμφανίσεις των ανθρακικών πετρωμάτων κατέχουν, στο σύνολό τους, ευνοϊκές θέσεις σε ότι αφορά τη θάλασσα. Κατά τόπους όμως, υφίστανται μέτωπα υφαλμύρινης των υδροφοριών που καθιστούν τα νερά αυτών ακατάλληλα για ύδρευση ή και άρδευση. Πάντως, η υφαλμύρινη που παρατηρείται τόσο στο πεδίο του Κέρης (σε κάποιες γεωτρήσεις), όσο και στο πεδίο Τυλίσου (σε όλη του την έκταση), οφείλεται κυρίως στις εκτεταμένες υπεραντλήσεις του παρελθόντος.

5.3 ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΦΟΡΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΗΓΩΝ ΑΛΜΥΡΟΥ

- 5.3.1 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ

Τα συνολικά διατεθειμένα στοιχεία (από ΠΔΕΒ και ΔΕΥΑΗ) αφορούν την περίοδο των υδρολογικών ετών 1967- 94. Για κάθε υδρολογικό έτος κατασκευάστηκε διάγραμμα που απεικονίζει τις μεταβολές παροχής της πηγής και τις αντίστοιχες μεταβολές της συγκέντρωσης χλωριόντων ,συνάρτηση του χρόνου.

Τα διπλά αυτά διαγράμματα παραλληλίσθησαν χρονικά με τα αντίστοιχα ετήσια ιστογράμματα των βροχομετρικών σταθμών Ανωγείων και Κρουσώνα, οι οποίοι θεωρήθηκαν ως οι αντιπροσωπευτικότεροι της δίκαιας των βροχοπτώσεων στην ευρύτερη περιοχή Αλμυρού. Παράδειγμα των παραπάνω διαγραμμάτων φαίνεται στο Σχήμα 4.27 (υδρολογικό έτος 1979-80).

Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει ότι οι μεταβολές της ποιότητας ακολουθούν με μικρή χρονική καθυστέρηση τις μεταβολές της παροχής της πηγής. Η αύξηση της παροχής συνεπάγεται βελτίωση της ποιότητας του νερού (μείωση συγκέντρωσης χλωριόντων) και αντίθετα η μείωση παροχής συνδέεται με χειροτέρευση της ποιότητας(αύξηση συγκέντρωσης χλωριόντων).

Από τη χρονική ταύτιση του διαγράμματος με τα ιστογράμματα των βροχοπτώσεων γίνεται εμφανές ότι η αύξηση της παροχής της πηγής είναι ομόρροπη συνάρτηση της έντασης των βροχοπτώσεων. Η αύξηση της παροχής εμφανίζεται με καθυστέρηση ημερών από την "ημέρα αιχμής" της ισχυρής βροχόπτωσης.

Κατ' ανάλογο τρόπο ,για κάθε υδρολογικό έτος κατασκευάστηκε διάγραμμα που απεικονίζει τις χρονικές μεταβολές της στάθμης λίμνης της πηγής και τις αντίστοιχες μεταβολές της συγκέντρωσης χλωριόντων (παράδειγμα στο σχήμα 4.28).

Από το τελευταίο διάγραμμα προκύπτει ότι οι μεταβολές στη στάθμη της λίμνης δεν συνδέονται πάντα με τον ίδιο τρόπο με την συγκέντρωση χλωριόντων στην πηγή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μεταβολές της στάθμης οφείλονται τόσο σε φυσικά (π.χ. βροχοπτώσεις)όσο και σε τεχνητά αίτια(θέση θυροφραγμάτων).

Η ανύψωση της στάθμης της λίμνης που οφείλεται σε φυσικά αίτια επιφέρει βελτίωση της ποιότητας του νερού, ενώ δεν παρατηρείται εμφανώς το ίδιο φαινόμενο στην περίπτωση που η αύξηση της στάθμης οφείλεται σε τεχνητά αίτια. Επομένως είναι αναγκαίο να γίνει διαχωρισμός των μεταβολών της στάθμης που οφείλονται σε φυσικά , από αυτές που οφείλονται σε τεχνητά αίτια και στη συνέχεια να υπάρξει συσχετισμός με τις αντίστοιχες μεταβολές της συγκέντρωσης των χλωριόντων.

Για να διαπιστωθεί τυχόν ύπαρξη μαθηματικής σχέσης ανάμεσα στην παροχή και στην ποιότητα, κατασκευάστηκαν διαγράμματα παροχής – συγκέντρωσης χλωριόντων για κάθε υδρολογικό έτος. Μετά από επεξεργασία των παραπάνω διαγραμμάτων βρέθηκε η βέλτιστη αντιπροσωπευτική καμπύλη των σημείων.

Στο σχήμα 4.29 δίνεται το συνολικό διάγραμμα παροχής – συγκέντρωσης χλωριόντων όλων των διατιθέμενων υδρολογικών ετών.

Σημειώνεται ότι τα σημεία που αντιπροσωπεύουν μετρήσεις συγκέντρωσης χλωριόντων κάτω των 100ppm θεωρήθηκε ότι δεν ακολουθούν την λογαριθμική εξίσωση. Η παραδοχή αυτή έγινε εξαιτίας της διαπίστωσης ότι η διάταξη των σημείων στο διάγραμμα δείχνει σταθεροποίηση της ποιότητας σε

σχέση με την παροχή κάτω από κάποια τιμή συγκέντρωσης χλωριόντων. Η τιμή των 100ppm επιλέχθηκε αφενός γιατί βελτιστοποιεί το συντελεστή συσχετισμού με τα α σημεία πάνω από αυτή (τουλάχιστον για τα περισσότερα υδρολογικά έτη), αφετέρου επειδή η τιμή αυτή θα μπορούσε να αντιστοιχεί σε αμελητέα ανάμιξη θαλασσινού νερού.

Επίσης, για μικρές χρονικές περιόδους έντονων μεταβολών της παροχής (αιχμές peaks) τα ζεύγη τιμών "παροχή- ποιότητα" δεν συγχρονίζονται λόγω του προαναφερθέντος φαινομένου της καθυστέρησης, με αποτέλεσμα να αποκλίνουν σημαντικά από τη μέση καμπύλη συσχετισμού των δύο τιμών. Για το λόγο αυτό, κατά την χάραξη της καμπύλης κρίθηκε σκόπιμο να εξαιρεθούν τα ζεύγη τιμών που εμπίπτουν στις βραχυχρόνιες αυτές έντονες ανωμαλίες (σημεία "ισχυρών αιχμών").

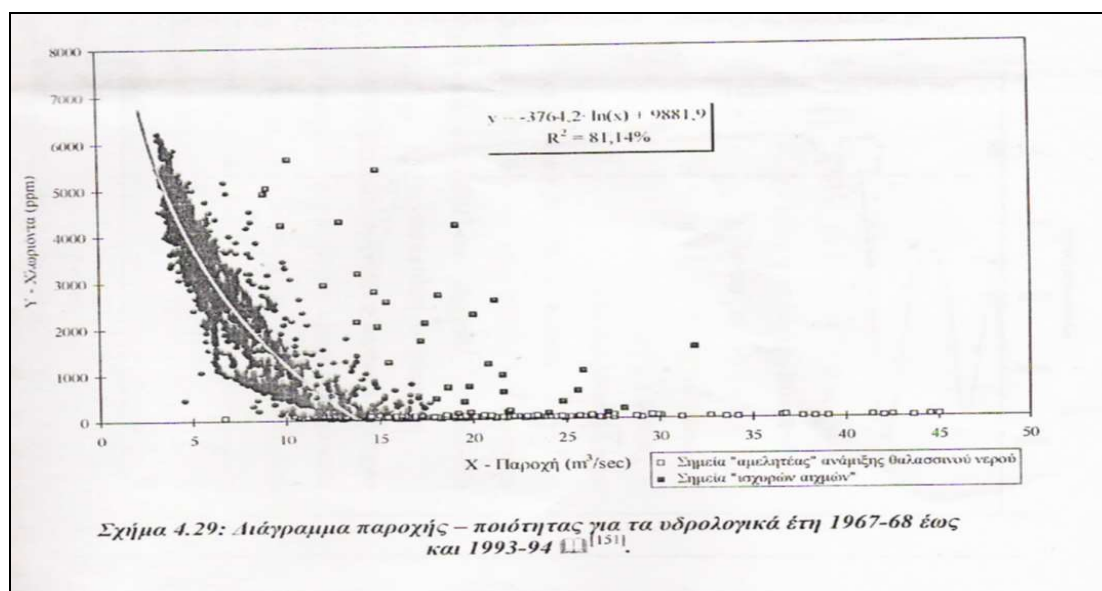
Η επιλογή του τύπου της καμπύλης του σχήματος 4.29 έγινε με κριτήριο τον συντελεστή συσχετισμού(R). Βέλτιστος συσχετισμός προέκυψε για τη σχέση:

$$y = \alpha \cdot \ln(x) + \beta$$

όπου, y συγκέντρωση χλωριόντων

x παροχή (m³/sec), και

α, β αριθμητικές παράμετροι διαφορετικές ανα υδρολογικό έτος.



Έχει παρατηρηθεί και από προγενέστερες έρευνες, ότι η δεδομένη ποιότητα νερού της πηγής συνδυάζεται χρονικά με διαφορετικές τιμές παροχών κατά τις περιόδους αύξησης (φόρτιση) και τις περιόδους μείωσης (εκφόρτιση) των εκροών της πηγής. Το φαινόμενο θα ήταν δυνατό να αποδοθεί και σαν χρονική υστέρηση επανεμφάνισης της ίδια ποιότητας νερού, για δεδομένη παροχή, μεταξύ της περιόδου "εκφόρτισης" και "φόρτισης" του υδροφορέα.

Για το λόγο αυτό, το γεγονός ερμηνεύεται σαν διαφορά χρόνου εξέλιξης του φαινομένου της επανεγκατάστασης της αλμυρότητας στους καρστικούς αγωγούς, οι οποίοι τροφοδοτούν την πηγή Αλμυρού κατά την περίοδο της εκφόρτισης και του χρόνου εξέλιξης του αντίστροφου φαινομένου της "έκπλυσης" των αγωγών κατά την περίοδο της φόρτισης.

Έτσι, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.30 η ποιότητα στο σημείο "Α" επανεμφανίζεται στο "Γ" με χρονική υστέρηση 6 ημερών από το "Β", δηλαδή από το σημείο επανεμφάνισης της παροχής του "Α".

Με αφορμή την παρατήρηση της χρονικής υστέρησης κρίθηκε σκόπιμο να ερευνηθεί το ενδεχόμενο της ύπαρξης άλλης καμπύλης συσχετισμού παροχής –ποιότητας για τις περιόδους αύξησης

και άλλης, ανάλογης καμπύλης, για τις περιόδους μείωσης των παροχών της πηγής(βλέπε σχήματα 4.31 και 4.32). Οι βέλτιστες καμπύλες για κάθε υδρολογικό έτος, είναι και πάλι της μορφής: $y = \alpha \cdot \ln(x) + \beta$.

Το ότι ο συντελεστής συσχετισμού της ενιαίας καμπύλης(σχήμα 4.29) είναι σχετικά μικρότερος των αντίστοιχων συντελεστών των μεμονωμένων καμπυλών (σχήματα 4.31 και 4.32) είναι γεγονός αναμενόμενο και επιβεβαιώνει έμμεσα ότι οι μηχανισμοί ή τουλάχιστον οι χρόνοι εξέλιξης του φαινομένου της "εκπλυσής" και της "επανεγκατάστασης" της αλμυρότητας στους καρστικούς αγωγούς είναι διαφορετική.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι καμπύλες των διαγραμμάτων της περιόδους μείωσης παρουσιάζουν μεγαλύτερο(ικανοποιητικότερο) συντελεστή συσχετισμού από αυτές των διαγραμμάτων της περιόδου αύξησης της παροχής.

Το γεγονός αποδίδεται στο ότι η εκφόρτιση του υδροφορέα γίνεται συγκριτικά "αβίαστα", ενώ η τροφοδοσία του (φόρτιση) επηρεάζεται σημαντικά από την ποικίλλουσα γεωγραφική και χρονική κατανομή, καθώς και την ένταση των εκάστοτε βροχοπτώσεων. Ως πρόσθετος λόγος θα ήταν δυνατόν να αναφερθεί το γεγονός της διάθεσης μικρότερου αριθμού μετρήσεων στις περιόδους αύξησης της παροχής σε σχέση με αυτές της μείωσής της.

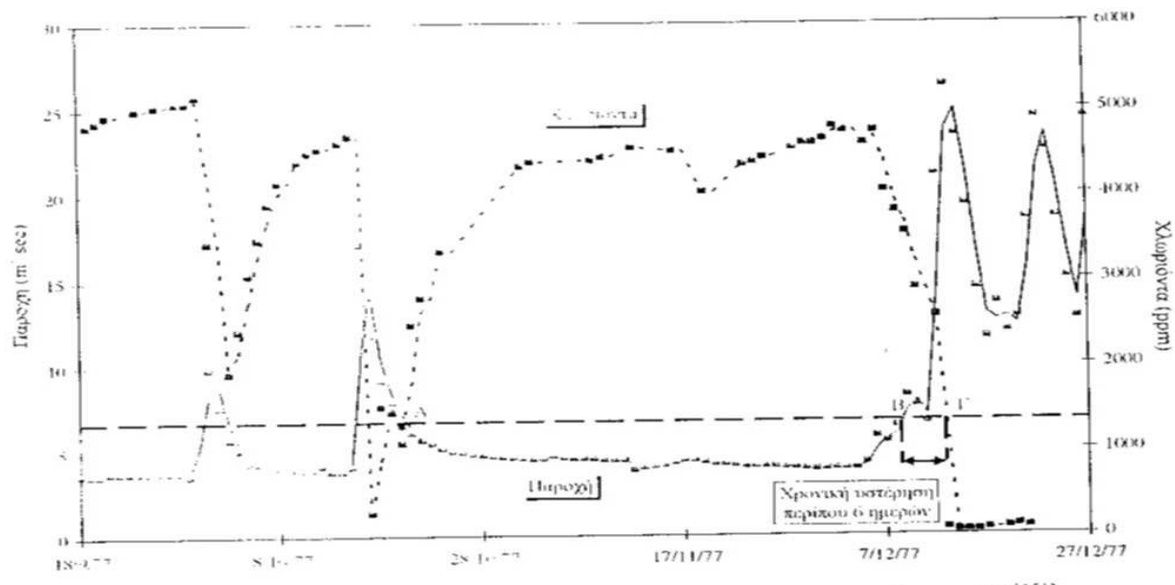
Για την εύρεση της καμπύλη στείρευσης χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση Maillet , σύμφωνα με την οποία σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα χρόνου- παροχής (η παροχή στην λογαριθμική κλίμακα) ο συντελεστής στείρευσης αντιπροσωπεύει την "κλίση" της ευθείας που προκύπτει (βλέπε παράδειγμα στο σχήμα 4.33).

Από τα διαγράμματα στείρευσης προσδιορίστηκε ο χρόνος που χρειάζεται για να συναντήσει η καμπύλη στείρευσης την "παροχή βάσης". Σημειώνεται ότι χρησιμοποιήθηκαν οι παροχές της έναρξης της ξηρής περιόδου κάθε υδρολογικού έτους (τέλος βροχοπτώσεων). Θεωρήθηκε λοιπόν αυθαίρετα ως "παροχή βάσης" η τιμή του $1(m^3/sec)$, ενώ η ελάχιστη καταγραμμένη παροχή είναι ίση με $3,3 m^3/sec$.

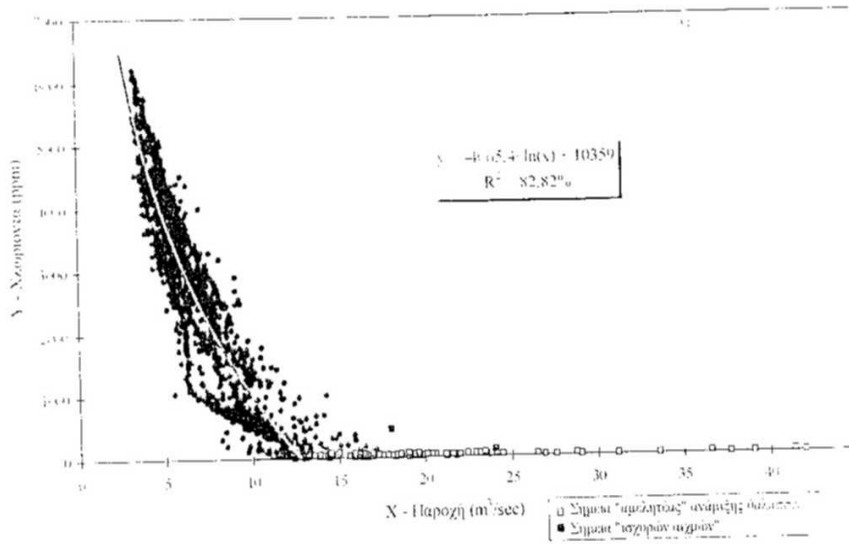
Στη συνέχεια , από τη σχέση Maillet ($Q_t = Q_0 \cdot e^{-a \cdot t}$, όπου Q_t παροχή σε χρόνο $t(m^3/sec)$, Q_0 παροχή κατά την έναρξη της στείρευσης) βρέθηκε ο συντελεστής στείρευσης (a). Με την εύρεση του συντελεστή στείρευσης είναι δυνατόν να προσδιοριστούν τα δυναμικά αποθέματα ανά έτος ($W = Q_0 / a$) μέχρι, θεωρητικά , η παροχή της πηγής να φτάσει την "παροχή βάσης".

Στον πίνακα 4.4 δίνονται οι τιμές των δυναμικών αποθεμάτων (W) που εκτιμήθηκαν για τα αντίστοιχα υδρολογικά έτη. Από τον πίνακα αυτόν συμπεραίνεται ότι τα δυναμικά αποθέματα κυμαίνονται ευρύτατα (από 47 μέχρι 462 εκατ. $m^3/ year$) , χωρίς να είναι ευχερής ο σχολιασμός αυτών των διακυμάνσεων με βάση αντικειμενικά κριτήρια(π.χ. βροχερά ή ξηρά υδρολογικά έτη).

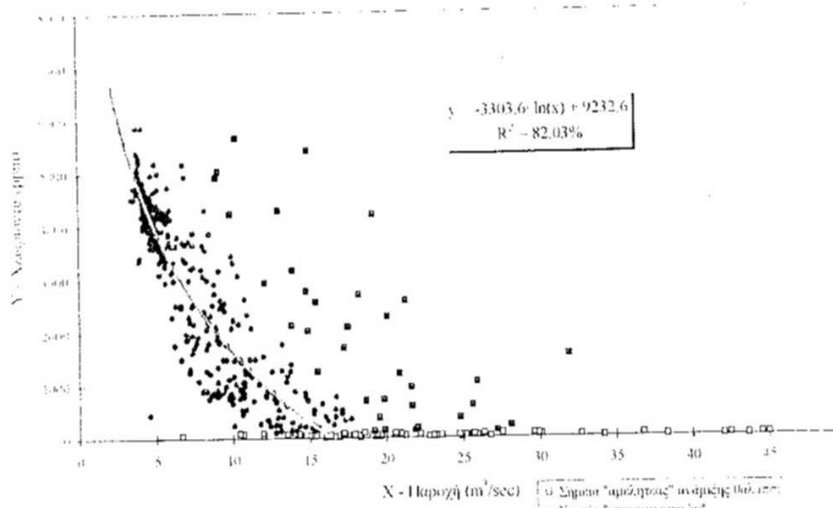
Η εξίσωση Maillet δεν είναι η καταλληλότερη για να αποδώσει αξιόπιστη, μονοσήμαντη και εύκολα ερμηνεύσιμη παράμετρο της διαίτας μίας πηγής. Για το λόγο αυτό, προτείνεται όπως ο συντελεστής στείρευσης(a) και τα δυναμικά αποθέματα(W) χρησιμοποιούνται σαν μέσοι όροι μακροτέρων χρονικών περιόδων(όχι σε μεμονωμένα υδρολογικά έτη) και μόνο σαν ενδεικτικές παραμέτροι.



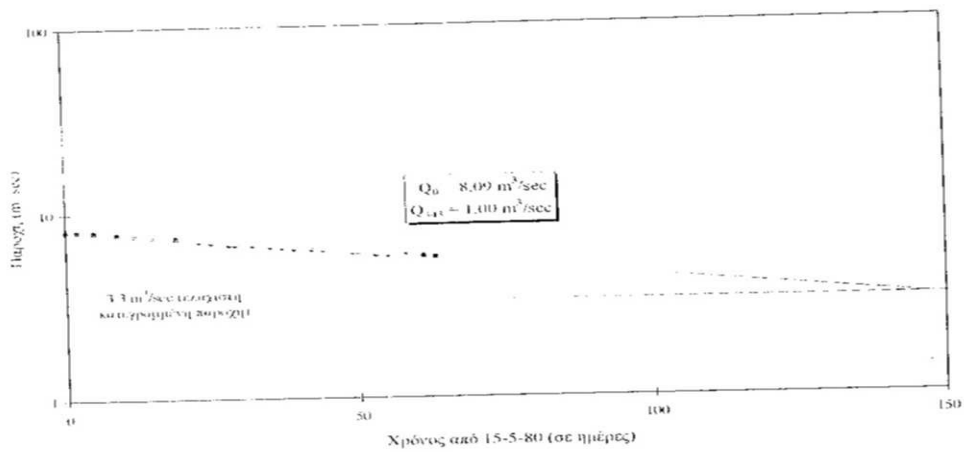
Σχήμα 4.30: Χρονική κατέλιψη επανεμφάνισης νερού ίδιας ποιότητας [151].



Σχίμα 4.31: Αιάγραμμα παροχής (μείωση) – ποιότητας [151].



Σχίμα 4.32: Αιάγραμμα παροχής (αύξηση) – ποιότητας [151].



Σχίμα 4.33: Καμπύλη στείρευσης υδρολογικού έτους 1979-80 [151].

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΡΟΗΣ

ΣΧΕΣΕΙΣ ΠΑΡΟΧΗΣ – ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ – ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Από την ανάλυση και την επεξεργασία των διαθέσιμων στοιχείων, κατασκευάστηκαν διαγράμματα για κάθε υδρολογικό έτος, απεικονίζοντας τις μεταβολές της παροχής της πηγής και τις αντίστοιχες μεταβολές της συγκέντρωσης των χλωριόντων, συναρτήσει του χρόνου.

Επειδή όμως το υδρολογικό έτος 1979 – 1980 συγκεντρώνει τις αρτιότερες μετρήσεις και ανταποκρίνεται (συγκριτικά με τα υπόλοιπα έτη) σε ένα μέσο υδρολογικό έτος, επιλέχθηκε από την σειρά των διαγραμμάτων της 25ετίας σαν το καταλληλότερο και γι' αυτό παρουσιάζετε παρακάτω στο (Σχήμα 1).

Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει ότι οι μεταβολές της ποιότητας ακολουθούν με μικρή χρονική καθυστέρηση τις μεταβολές της παροχής της πηγής. Η αύξηση της παροχής συνεπάγεται βελτίωση της ποιότητας του νερού (μείωση συγκέντρωσης χλωριόντων) και αντίθετα η μείωση παροχής συνδέεται με χειροτέρευση της ποιότητας (αύξηση συγκέντρωσης χλωριόντων).

Αξίζει να σημειωθεί ότι την ξηρή περίοδο (μετά το πέρας των βροχοπτώσεων) κατά την οποία η παροχή τείνει μειωμένη να σταθεροποιηθεί γύρω από ορισμένη τιμή, η συγκέντρωση των χλωριόντων συνεχίζει να αυξάνεται μέχρι την έναρξη του επόμενου υδρολογικού έτους.

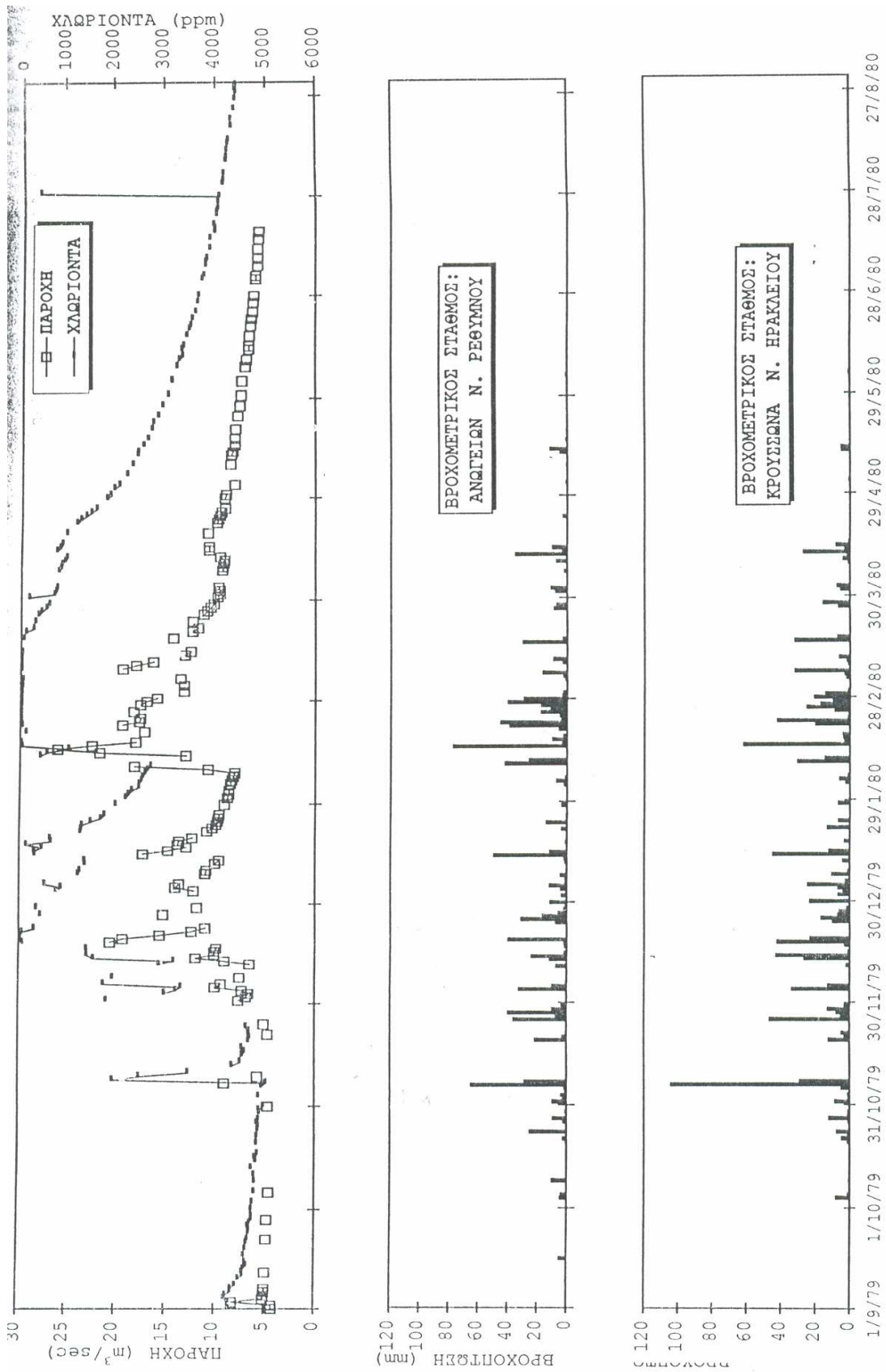
ΣΧΕΣΕΙΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ – ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ – ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Κατά ανάλογο τρόπο, από τα διαγράμματα προκύπτει ότι οι μεταβολές στη στάθμη της λίμνης δε συνδέονται πάντα με τον ίδιο τρόπο με την συγκέντρωση χλωριόντων στην πηγή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μεταβολές της στάθμης της λίμνης οφείλονται τόσο σε φυσικά (βροχοπτώσεις), όσο και σε τεχνητά αίτια (θυροφράγματα). Η ανύψωση της στάθμης της λίμνης που οφείλεται σε φυσικά αίτια (αύξηση της παροχής της πηγής λόγω βροχοπτώσεων) επιφέρει βελτίωση της ποιότητας του νερού (Σχήμα 2).

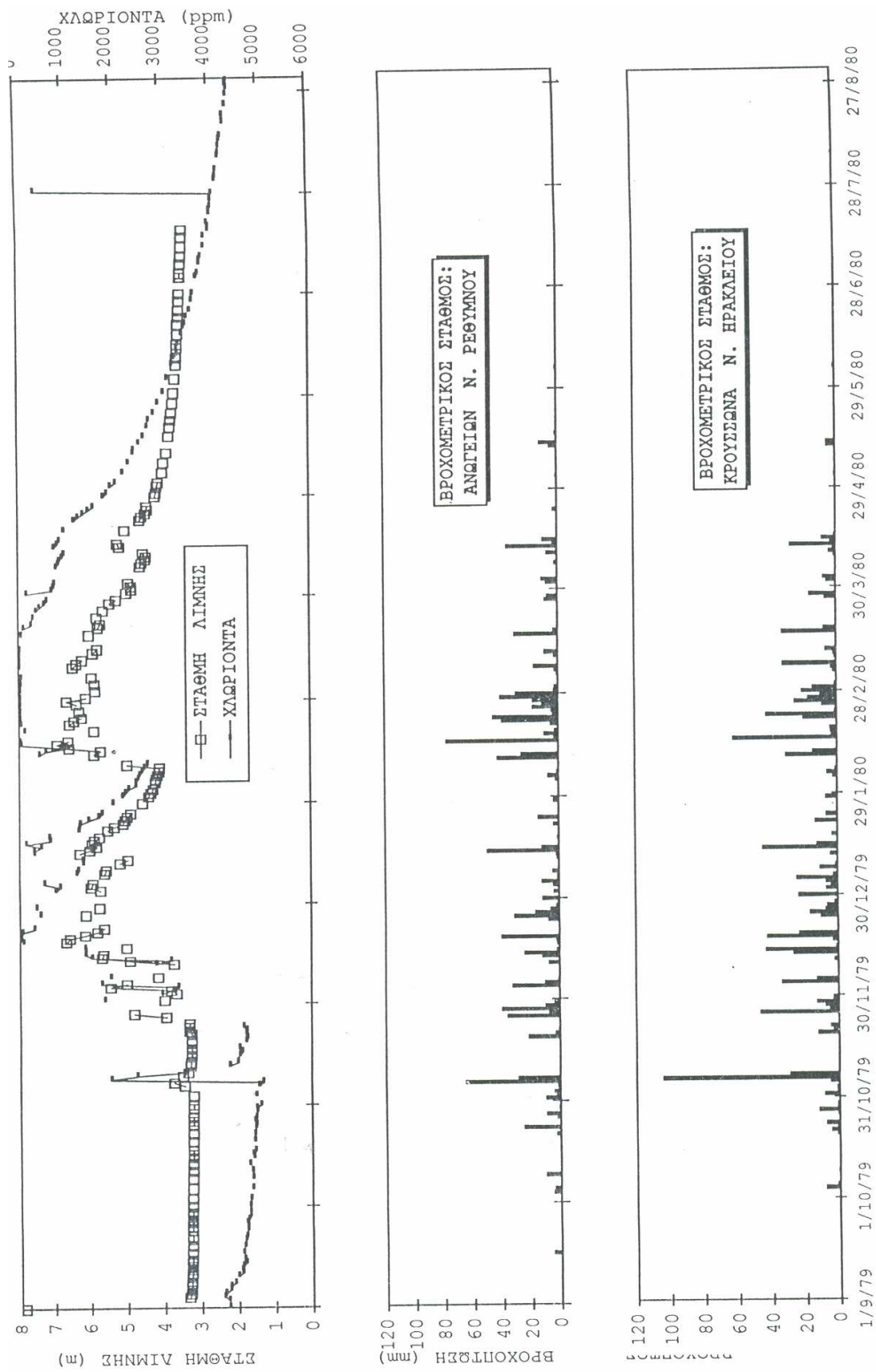
ΣΧΕΣΕΙΣ ΠΑΡΟΧΗΣ – ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Έχει παρατηρηθεί από προηγούμενες έρευνες, ότι δεδομένη ποιότητα νερού της πηγής συνδυάζεται χρονικά με διαφορετικές τιμές παροχών κατά τις περιόδους αύξησης (φόρτιση) και της περιόδου μείωσης (εκφόρτισης) των εκροών της πηγής. (Σχήμα 3).

**ΣΧΗΜΑ 1. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ-ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ-ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ
(ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ 1979-80)**

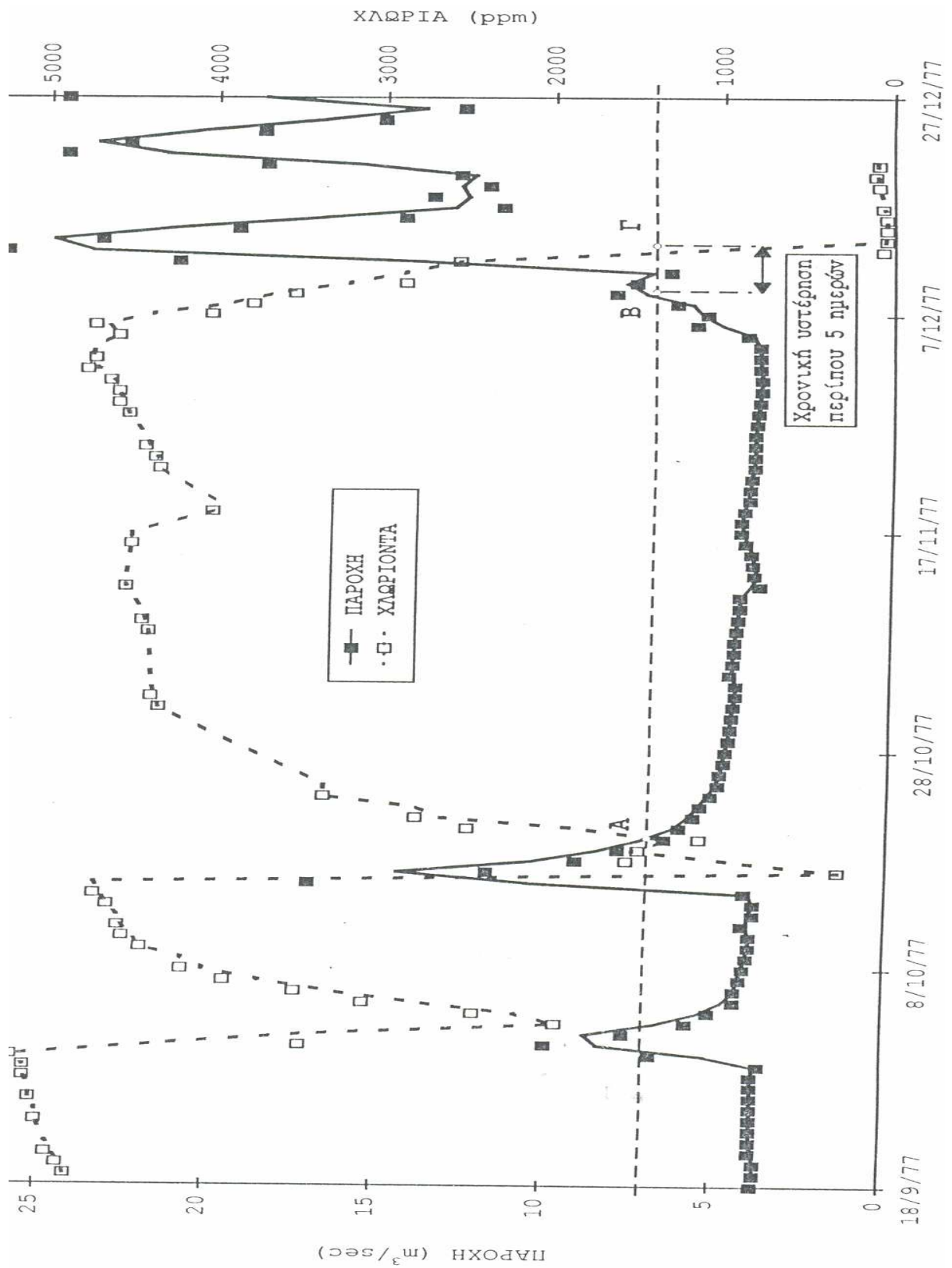


**ΣΧΗΜΑ 2. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΤΑΘΜΗΣ-ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ-ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ
(ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ 1979-80)**



ΣΧΗΜΑ 3. ΧΡΟΝΙΚΗ ΥΣΤΕΡΗΣΗ ΕΠΑΝΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

(Ποιότητα στο Α και στο Γ με χρονική υστέρηση 5 ημερών)



ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ

Σε συνθήκες τεχνητών παρεμβάσεων, με επιλογή το υδρολογικό έτος 1978 – 1979, παρατηρείται ότι οι μεταβολές της στάθμης συνηθέστατα ακολουθούνται από ταυτόχρονες μεταβολές της παροχής, κάτι που κυρίως στα υδρολογικά έτη πριν την κατασκευή του φράγματος (Σχήμα 4).

Στις περιπτώσεις εκείνες που το φαινόμενο αυτό δεν παρατηρείται (υδρολογικά έτη μετά την κατασκευή του φράγματος) αποδίδεται στο γεγονός ότι η στάθμη της λίμνης έχει επηρεαστεί από σχεδόν ταυτόχρονους χειρισμούς (τεχνητές παρεμβάσεις) στο φράγμα. Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου δύσκολα διακρίνουμε τα αποτελέσματα των τεχνητών παρεμβάσεων γιατί συγχέονται ή επικαλύπτονται από τις αντίστοιχες ανωμαλίες που προκαλούν οι βροχοπτώσεις.

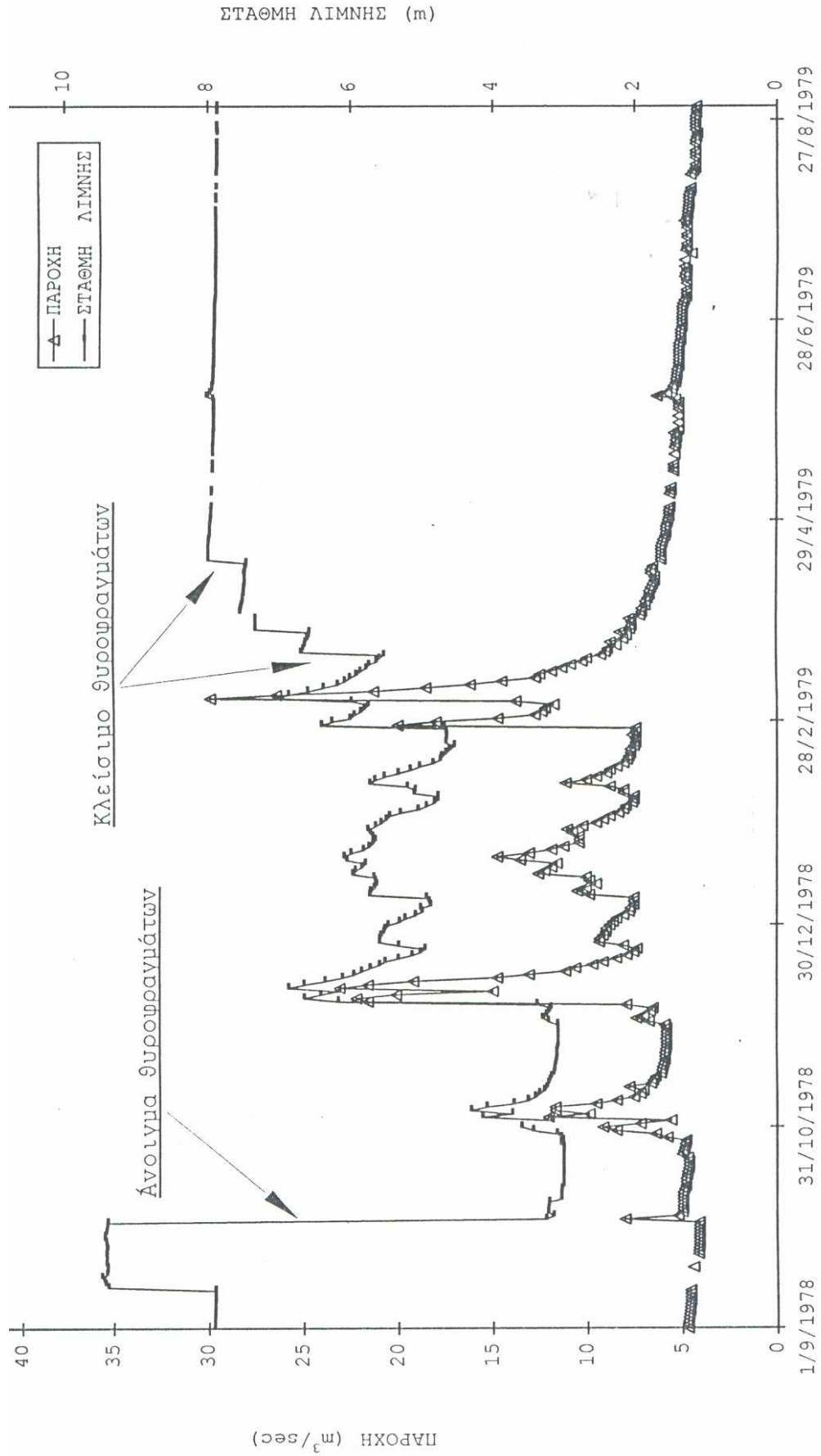
Αντίθετα σε περιόδους ξηρασίας (Μάιος – Οκτώβριος) οι σποραδικές βροχοπτώσεις και η μικρή τους αποτελεσματικότητα επιτρέπουν, μέσω κυρίως της στάθμης της λίμνης, πολύ εύκολη διάγνωση τυχόν τεχνητών παρεμβάσεων.

Οι τεχνητές αυξομειώσεις της στάθμης της λίμνης δεν επηρεάζουν την ποιότητα και τις παροχές του νερού της πηγής κατά ομοιόμορφο και σταθερό τρόπο. Ενδεικτικά και μόνο, για τα υδρολογικά έτη πριν την κατασκευή του φράγματος, για σχετικά μικρές μεταβολές της στάθμης της λίμνης ($< 0,6 \text{ m}$), παρατηρήθηκε μεγάλη μεταβολή στην ποιότητα ($100 - 6500 \text{ ppm Cl}$), όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.

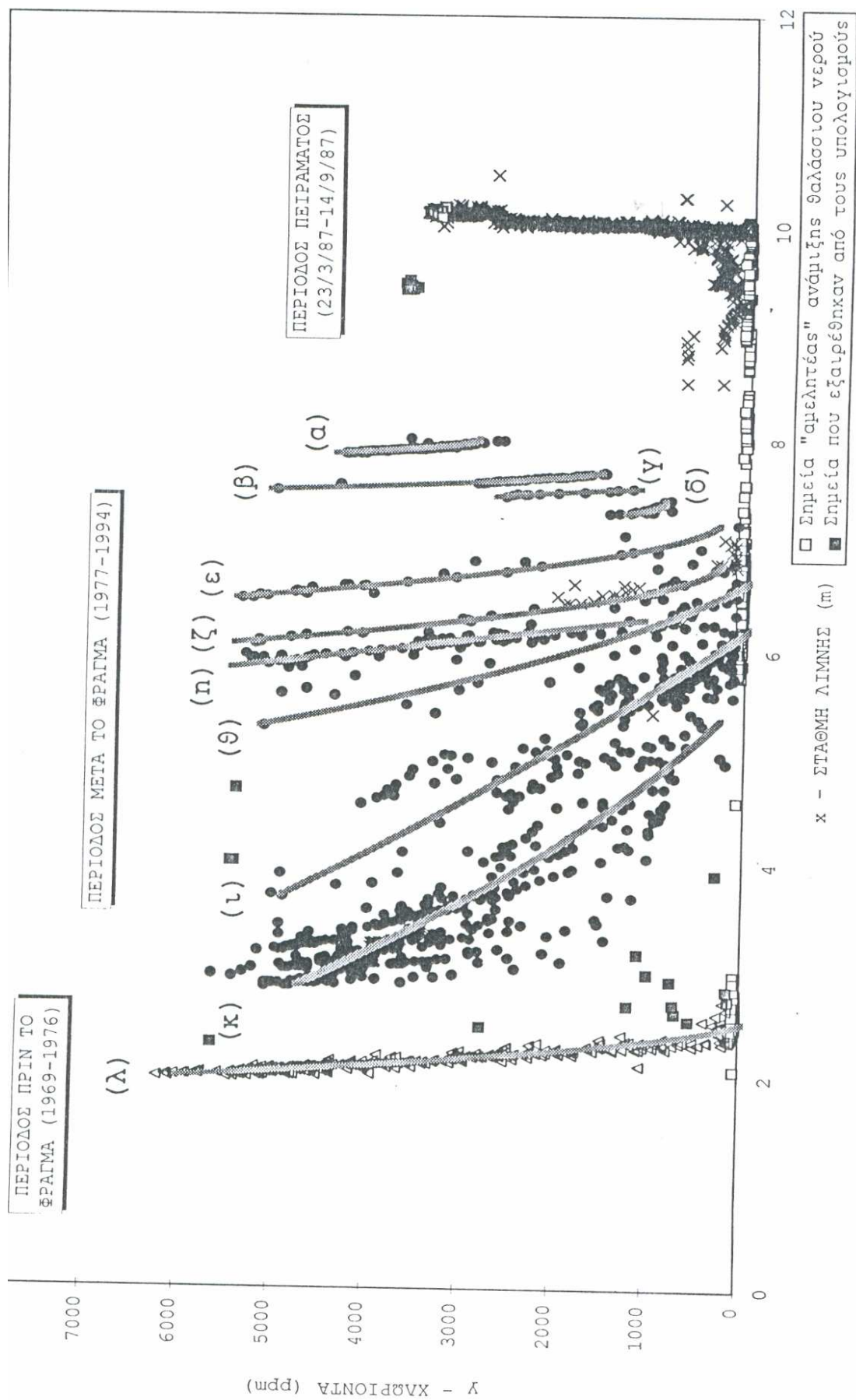
Έτσι, συνοψίζοντας, όσον αφορά τις υδρολογικές παραμέτρους της πηγής Αλμυρού σε συνθήκες τεχνητών παρεμβάσεων ισχύει ότι :

- για μεγάλες παροχές, η ποιότητα είναι καλή ανεξάρτητα στάθμης λίμνης,
- η αλμυρότητα ευνοείται καταφανώς και προοδευτικά από τις χαμηλές παροχές,
- οι παροχές μειώνονται με την αύξηση της στάθμης της λίμνης και
- με δεδομένη παροχή, η ποιότητα του νερού τείνει να βελτιωθεί με την αύξηση της στάθμης της λίμνης.
- με δεδομένη παροχή, η ποιότητα του νερού τείνει να βελτιωθεί με την αύξηση της στάθμης της λίμνης

ΣΧΗΜΑ 4. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ-ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 1978-79



ΣΧΗΜΑ 5. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΤΑΘΜΗΣ-ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
(ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΤΗ 1969-70 μέχρι και 1993-94)



5.3.2. ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο εμπλουτισμός των νερών της πηγής, γίνεται στο μεγαλύτερο βαθμό από τα νερά των βροχοπτώσεων στο βουνό του Ψηλορείτη, όπου εκτείνεται και η λεκάνη τροφοδοσίας της πηγής. Το ορεινό αυτό συγκρότημα, και πιθανόν και μέρος της ορεινής μάζας του Ανατολικού Κουλούκωνα, εκφορτίζεται μέσω της πηγής, ενώ τα νερά της βροχής διηθούνται μέσα στους καρστικούς σχηματισμούς της περιοχής.

Οι δυο σημαντικότεροι βροχομετρικοί σταθμοί είναι αυτοί των Ανωγείων και του Κρουσσώνα, (Σχήμα 6) στους οποίους το ύψος των βροχοπτώσεων μετρήθηκε ως εξής :

- στο σταθμό του Κρουσσώνα, το μέσο ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων, τη δεκαετία 1969 – 1979, ήταν 1129,13 mm, την δεκαετία 1979 – 1989, το μ.ετ. ύψος ήταν 1193,81 mm, ενώ τη δεκαετία 1989 – 1999, είχαμε 901,15 mm.

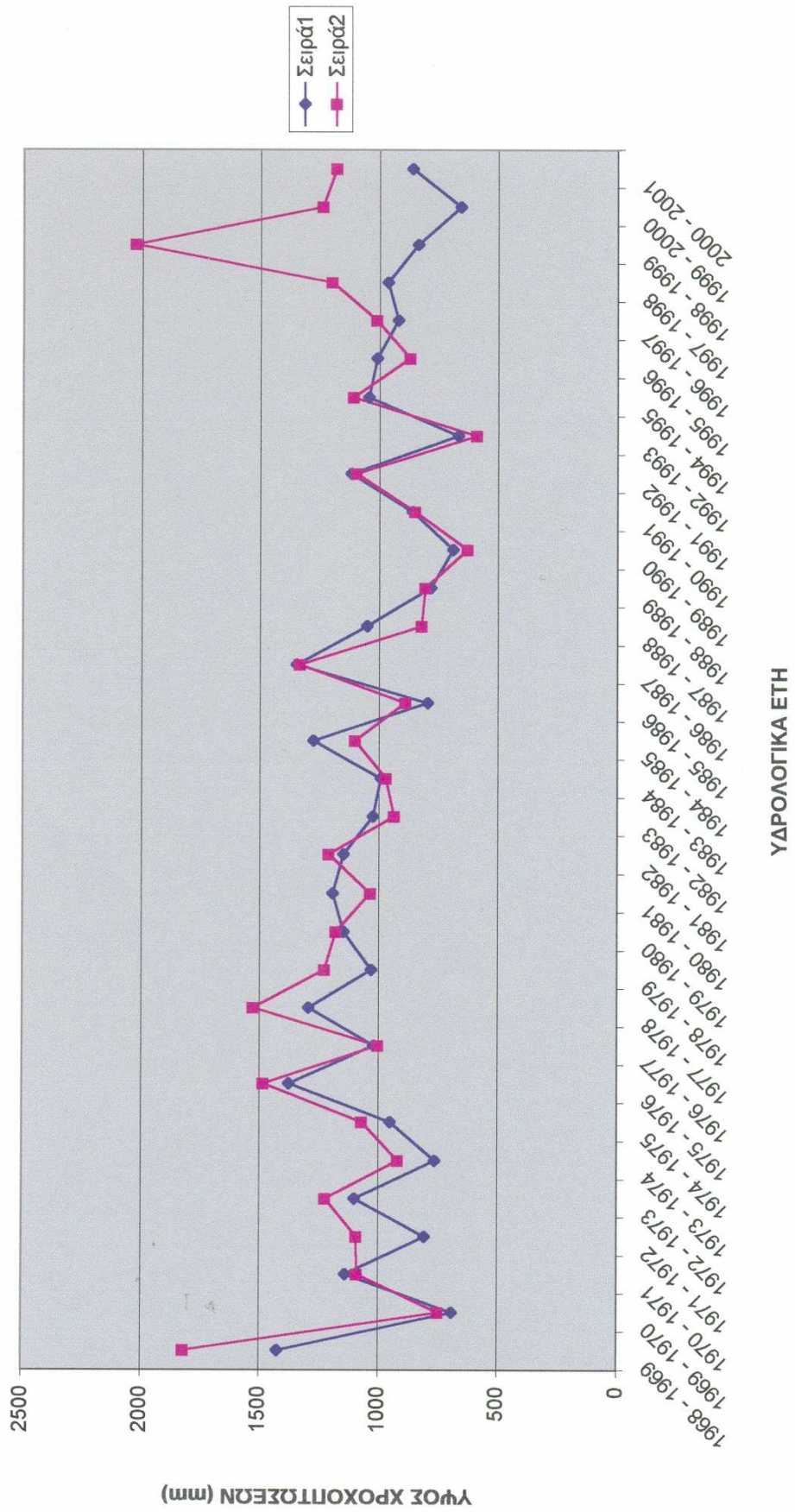
- στο σταθμό των Ανωγείων, τη δεκαετία 1969 – 1979, είχαμε μέσο ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων στα 1263,64 mm, τη δεκαετία 1979 – 1989, ήταν 1010,42 mm, ενώ τη δεκαετία 1989 – 1999, είχαμε 1041,54 mm.

Ενδεικτικά ακολουθούν τα έτη 1970 και 1981 από έκδοση του Κώστα Χατζάκη – Βροχομετρικά Χαρακτηριστικά.(Μάρτιος 1993) Από τα σχεδιαγράμματα αυτά, παρατηρείται ότι οι παροχές κατά τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Νοέμβριο, Δεκέμβριο, είναι αυξημένες, τους μήνες δηλαδή που η συχνότητα και η ποσότητα των βροχοπτώσεων αυξάνεται, ενώ παράλληλα παρατηρείται η μείωση των χλωριόντων (Σχήμα 7 – 8).

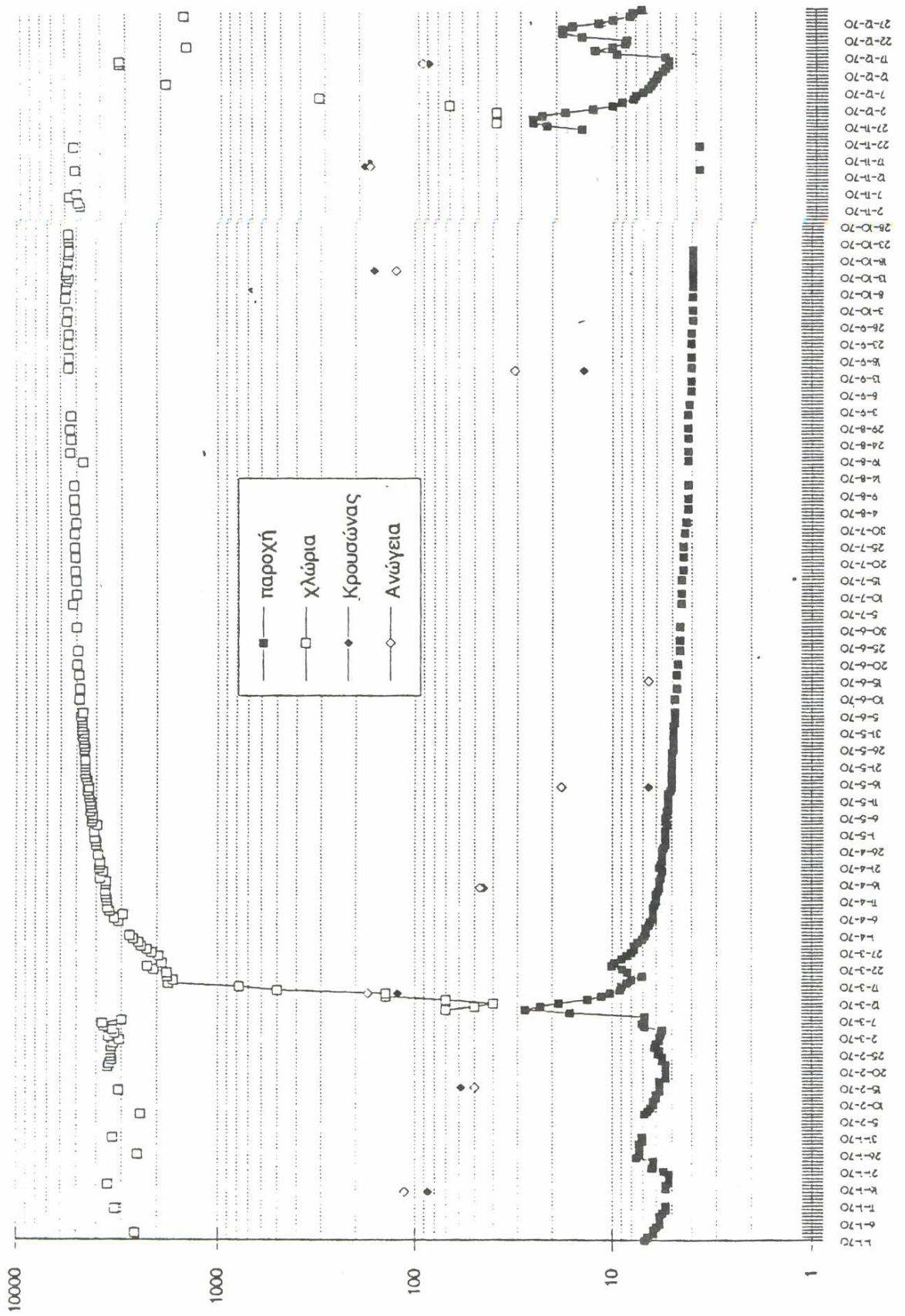
ΣΧΗΜΑ 6. ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 1967 - 2001

ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΕ mm		
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΤΗ	ΚΡΟΥΣΣΩΝΑΣ	ΑΝΩΓΕΙΑ
1967 - 1968	---	---
1968 - 1969	1423,7	1818,8
1969 - 1970	690	748,2
1970 - 1971	1137	1087,2
1971 - 1972	805,4	1089,8
1972 - 1973	1098,8	1222,2
1973 - 1974	762,2	918,4
1974 - 1975	950,3	1069
1975 - 1976	1375,4	1482,7
1976 - 1977	1019,1	1002,2
1977 - 1978	1294,2	1527
1978 - 1979	1030,2	1226,1
1979 - 1980	1145,5	1179,7
1980 - 1981	1192,3	1034,3
1981 - 1982	1146,8	1209,2
1982 - 1983	1023,7	934
1983 - 1984	990,4	970,4
1984 - 1985	1274,8	1098,6
1985 - 1986	794	888,3
1986 - 1987	1345	1332,9
1987 - 1988	1049,8	820,2
1988 - 1989	782	806,3
1989 - 1990	688,3	629
1990 - 1991	860,1	849
1991 - 1992	1115,5	1095
1992 - 1993	666,5	589,1
1993 - 1994	---	---
1994 - 1995	1042,4	1107,3
1995 - 1996	1008,9	870,8
1996 - 1997	920,7	1011,2
1997 - 1998	963	1197,9
1998 - 1999	836	2024,6
1999 - 2000	655,7	1236,6
2000 - 2001	859,9	1179,5

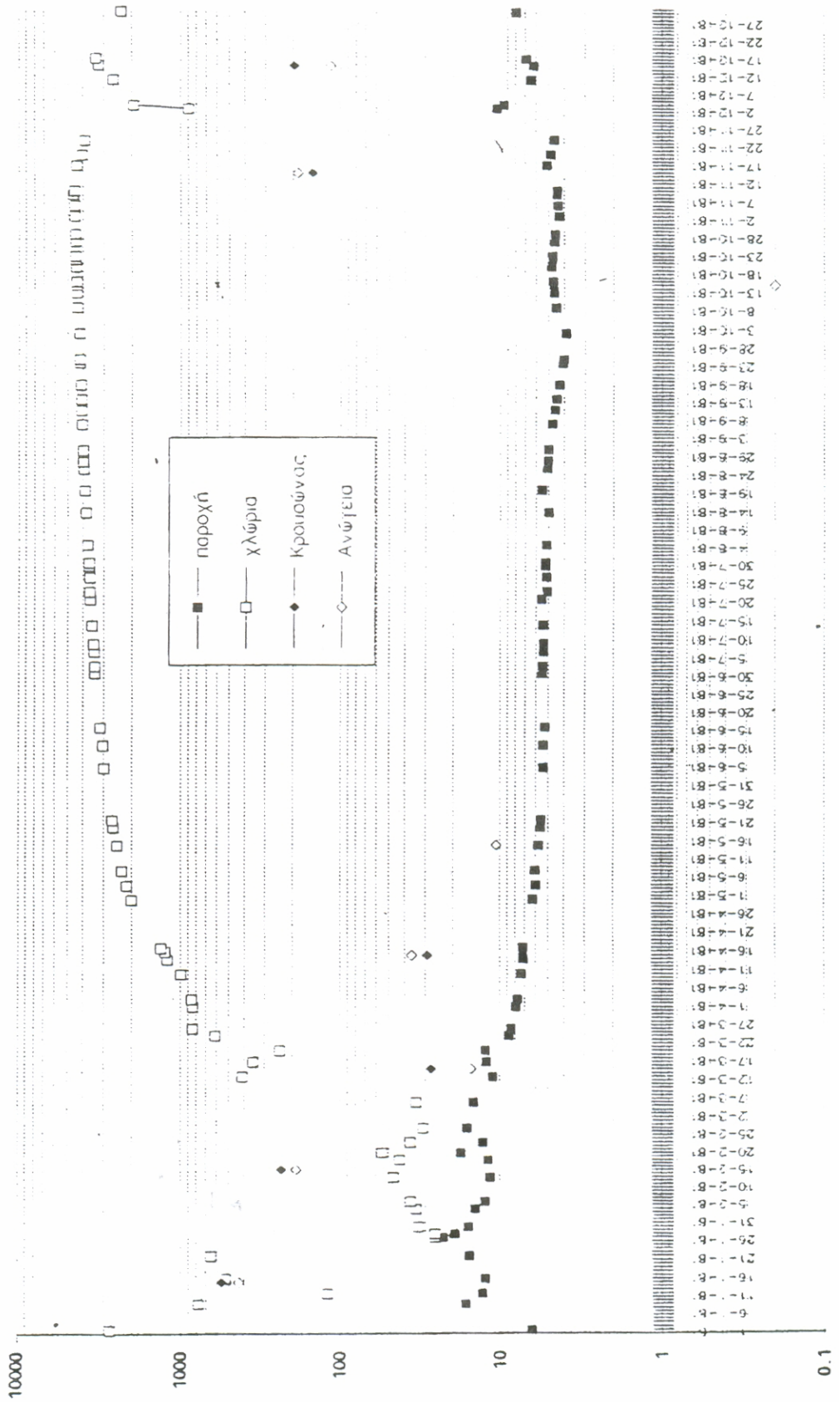
ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΚΡΟΥΣΣΩΝΑ (Σειρά 1) και ΑΝΩΓΕΙΩΝ (Σειρά 2) ΑΝΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ (1967-2001)



Σχήμα 7: Ποιοτικά χαρακτηριστικά - Αλμυρός 1970



Σχήμα 8: Ποιοτικά χαρακτηριστικά - Αλμυρός 1981



5.3.3 ΗΜΕΡΕΣ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Έχει παρατηρηθεί ότι η υφάλμυρη καρστική πηγή Αλμυρού Ηρακλείου Κρήτης λειτουργεί περιοδικά και για μικρά χρονικά διαστήματα ως πηγή “γλυκού νερού”. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κατά τη διάρκεια βροχερών περιόδων και εξαρτάται από τη διαίτα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και τις παροχές της πηγής. Επειδή οι ημέρες γλυκού νερού συνδέονται με την περίοδο εμφάνισης των υψηλότερων παροχών της πηγής, το ενδεχόμενο της εκμετάλλευσης του φαινομένου παρέχει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης σημαντικών όγκων νερού καλής ποιότητας

Ειδικότερα, υπολογίστηκε η διάρκεια του φαινομένου για το μέσο υδρολογικό έτος της περιόδου 1968 – 1993 και προσδιορίστηκε η σχέση που συνδέει τον αριθμό ημερών γλυκού νερού με το ύψος των βροχοπτώσεων σε συνδυασμό με διάφορα επίπεδα συγκέντρωσης χλωριόντων στο νερό της πηγής, από ερευνητές, παρέχοντας έτσι πολλές και σημαντικές πληροφορίες για τον Αλμυρό.

Γλυκό νερό θεωρήθηκε αρχικά το νερό της πηγής του οποίου η συγκέντρωση των χλωριόντων είναι μικρότερη από 300 ppm.

Σαν **περίοδος βροχών** ορίστηκε το χρονικό διάστημα από Νοέμβριο έως Απρίλιο, στο οποίο όπως παρατηρείται παρακάτω, περιλαμβάνει το σύνολο των ημερών γλυκού νερού του εκάστοτε υδρολογικού έτους. Εξαιρέση αποτελεί το υδρολογικό έτος 1986 – 1987, στο οποίο εμφανίζεται γλυκό νερό και κατά τον μήνα Μάιο, που όμως συνδέεται με το “πείραμα” ανύψωσης της στάθμης της λίμνης.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται, οι μετρημένες ημέρες ανά έτος όπου από την πηγή του Αλμυρού, εκρέει το λεγόμενο “γλυκό νερό”, νερό δηλαδή που η συγκέντρωση χλωριόντων δεν ξεπερνάει τα 300 ppm (Σχήμα 3.9).

Να σημειωθεί ότι οι ημέρες “γλυκού νερού” αφορούν μόνο την περίοδο βροχών.

Σχήμα 3.9 : ΜΕΤΡΗΜΕΝΕΣ ΗΜΕΡΕΣ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΤΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ
 ([Cl] < 300 ppm) ΑΝΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ	ΗΜΕΡΕΣ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ
1967 – 1968	8
1968 – 1969	49
1969 – 1970	6
1970 – 1971	38
1971 – 1972	5
1972 – 1973	12
1973 – 1974	1
1974 – 1975	2
1975 – 1976	11
1976 – 1977	1
1977 – 1978	58
1978 – 1979	19
1979 – 1980	27
1980 – 1981	13
1981 – 1982	20
1982 – 1983	4
1983 – 1984	6
1984 – 1985	6
1985 – 1986	2
1986 – 1987	31
1987 – 1988	6
1988 – 1989	2
1989 – 1990	1
1990 – 1991	4
1991 – 1992	3
1992 – 1993	0
1993 – 1994	3

Όσον αφορά το ‘‘πείραμα’’ ανύψωσης της στάθμης της λίμνης, σύμφωνα με το πρακτικό 4 και με την απόφαση με αριθμό 37 του 1987 του Δ.Σ. της Δ.Ε.Υ.Α.Ηρακλείου, όπως ακολουθεί, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί έργο, με την συνεργασία της Υ.Ε.Β.(Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων) που θα ασχολείται με :

1. Παρακολούθηση και έλεγχο σταθμημέτρων
2. Μετρήσεις αγωγιμότητας και χλωριώντων
3. Σύνταξη καμπύλων (χλωρίων, αγωγιμότητας, στάθμης)

κ.τ.λ

όπως και έγινε, και σε συνδυασμό με παλαιότερες έρευνες, οι επιστήμονες – ερευνητές επεξεργάστηκαν δεδομένα με αποτέλεσμα αυτή τη στιγμή να γνωρίζουμε αρκετά για τη διαίτα της πηγής και τους μηχανισμούς που την διέπουν.

Παρατηρήθηκε, ότι η πληρότητα των μετρήσεων ποιότητας ανά υδρολογικό έτος, διαφέρει, και ταξινομήθηκαν τα έτη ανάλογα με την πληρότητα. Έτσι, τα υδρολογικά έτη χαρακτηρίζονται ως :

- "πλήρη", είναι τα υδρολογικά έτη των οποίων οι ελλείψεις είναι $< 5 \%$,
- "ελλιπή", είναι τα υδρολογικά έτη των οποίων οι ελλείψεις είναι από 5 έως 30 %,
- "λίαν ελλιπή", είναι τα υδρολογικά έτη των οποίων οι ελλείψεις είναι $>30 \%$, όπως φαίνεται σχηματικά στον πίνακα του σχήματος 3.10.

Από το σχήμα 3.10 παρατηρούμε ότι 8 υδρολογικά έτη είναι ‘πλήρη’, 6 ‘ελλιπή’ και 13 ‘λίαν ελλιπή’.

Στη συνέχεια στο σχήμα 3.11, απεικονίζεται η μαθηματική σχέση ανάμεσα στις βροχοπτώσεις και στις ημέρες "γλυκού νερού", για τα 8 ‘πλήρη’ υδρολογικά έτη.

Στα σχήματα 3.12 και 3.13, δίνονται αντίστοιχα "ζώνες εμπιστοσύνης" και "ζώνες πρόβλεψης" (Κουνιάς κ.α., 1985, Μπόρα – Σέντα κ.α., 1990) της διακύμανσης των ημερών "γλυκού νερού" σε σχέση με το ύψος των βροχοπτώσεων. Από τα σχήματα αυτά είναι δυνατόν να προβλέψουμε, για διάφορα επίπεδα εμπιστοσύνης (95, 90 και 80 %), το εύρος μέσα στο οποίο θα κυμαίνονται οι εκτιμώμενες (Σχήμα 3.12) και οι πραγματικές (Σχήμα 3.13) ημέρες ""γλυκού νερού" ενός υδρολογικού έτους. Επίπεδο εμπιστοσύνης 80 % θεωρείται ότι είναι πολύ ικανοποιητικό (Gheorghe, 1978).

ύλη.

Λιμνοφ. 37

ΠΡΑΚΤΙΚΟ Δ.Ε.Υ.Α.Η.

Ε.Μ.Α.

"Ανύψωση στάθμης νερού στο Φράγμα Αλιμουρού".-

Ο Δ/ντής της

Επιχείρησης έθεσε υπό-

των μελών ότι με προηγούμενη απόφασή του και συγκεκριμένα με την υπ' αριθμ. 10/ το Δ.Σ. αποφάσισε τη συνεργασία της ΔΕΥΑΗ με την ΥΕΒ για την εκτέλεση του πειρά- εως της ανύψωσης στάθμης νερού στο Φράγμα Αλιμουρού και την πρόσληψη σαν έκτακτο προσωπικό 2 εργατών με σύμβαση εργασίας ιδιωτικού δικαίου διάρκειας 5 μηνών για το υπό αυτό.

Στη συνέχεια ο κ. Δ/ντής έθεσε υπόψη των μελών του Δ.Σ. το υπ' αριθμ. πρωτ. 16/5-3-87 έγγραφο της ΥΕΒ (Τμήμα Γεωλογικό) που έχει ως εξής :

Μετά από τη συνάντηση που είχαμε την 3-3-87 για το θέμα της ανύψωσης της στάθ- ς Αλιμουρού σας γνωρίζομε ότι το προσωπικό θα ασχολείται με τις παρακάτω εργασίες.

Συνεχή παρακολούθηση της στάθμης της λίμνης ,της στάθμης του τριγωνικού υπερχει- λιστή διαρροών και έλεγχος των αρμών του φράγματος.

Παρακολούθηση και έλεγχο σταθμηγράφων.

Μετρήσεις αγωγιμότητας ,χλωριόντων.

Σύνταξη καμπύλων (χλωρίων ,αγωγιμότητας ,στάθμης)

Άνοιγμα ή κλείσιμο των θυρίδων εκκενωτού ώστε να διατηρείται σταθερή η στάθμη του νερού και να αποφευχθεί η καταστροφή του φράγματος.

ΕΡΓΟ

1. Συνεχή παρακολούθηση της στάθμης της λίμνης Αλιμουρού της στάθμης του τριγωνικού υπερχειλιστή διαρροών και έλεγχος των αρμών του φράγματος
2. Παρακολούθηση και έλεγχο σταθμημέτρων.
3. Μετρήσεις αγωγιμότητας ,χλωριόντων
4. Σύνταξη καμπύλων (χλωρίων ,αγωγιμότητας ,στάθμης).
5. Άνοιγμα ή κλείσιμο των θυρίδων εκκενωτού ώστε να διατηρείται σταθερή η στάθμη του νερού και να αποφευχθεί η καταστροφή του φράγματος.
6. Αφαίρεση δοκών για το άνοιγμα του υπερχειλιστή σε περίπτωση πλημμυρικών παροχών
7. Άμεση επικοινωνία με τις αρχές (Πυροσβεστική Υπηρεσία κ.λ.π.) που θα υποδειχ- θούν από ΥΕΒ - ΔΕΥΑΗ καθ' όλες τις ώρες εργασίας και συνεχούς επαγρύπνησης.
8. Μέτρηση παροχών και δειγματοληψία νερού για επί τόπου αναλύσεις και αναλύσεις στο Χημείο της ΔΕΥΑΗ.
9. Τέλος δε οποιοσδήποτε ενέργειες που θα σχετίζονται με το πρόγραμμα του πειράμα- τος της ανύψωσης της στάθμης του Αλιμουρού.

Έγινε ,αποφασίστηκε και υπογράφηκε

Ο Πρόεδρος

Τα Μέλη

Ακολουθούν υπογραφές στο σχετικό βιβλίο πρακτικών

του Δ.Σ.

Ακριβές αντίγρ. ,ατελές για Δημ. Υπηρεσία

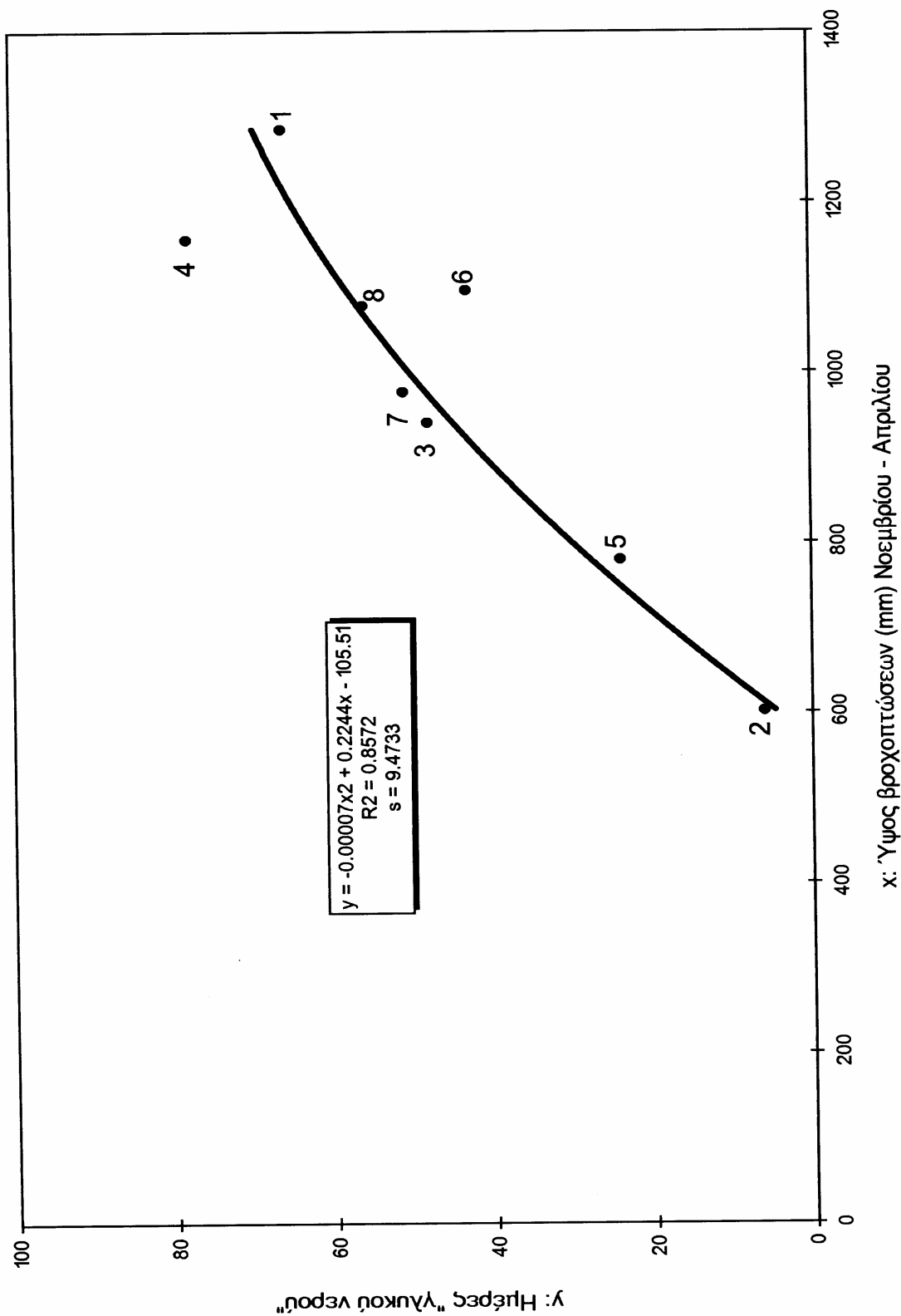
Ηράκλειο 18 - 3 - 87

Η Γραμματέας

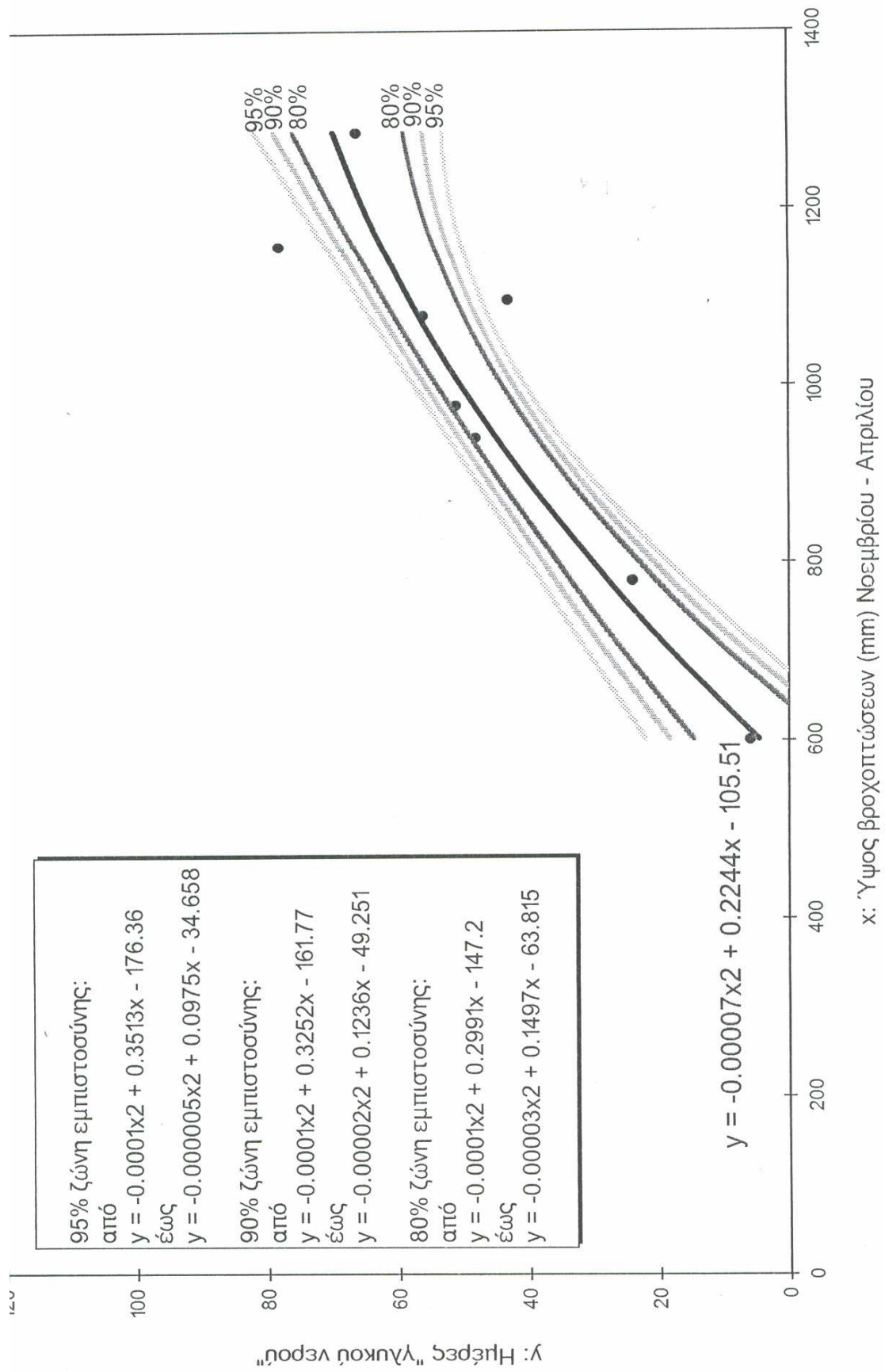
ΣΧΗΜΑ 3.10. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΛΛΕΙΨΕΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΒΡΟΧΩΝ

Υδρολογικά έτη	Ποσοστά ελλείψεων (%)	"Πλήρη" (ελλείψεις < 5%)	"Ελλιπή" (ελλείψεις 5 - 30%)	"Λίαν ελλιπή" (ελλείψεις > 30%)	Παρατηρήσεις
1967-68	34			*	Χωρίς βροχομετρικά δεδομένα
1968-69	0	*			
1969-70	2	*			
1970-71	0	*			
1971-72	16		*		
1972-73	46			*	
1973-74	50			*	
1974-75	61			*	
1975-76	32			*	
1976-77	31			*	
1977-78	0	*			
1978-79	0	*			
1979-80	1	*			
1980-81	3	*			
1981-82	3	*			
1982-83	28		*		
1983-84	16		*		
1984-85	38			*	
1985-86	34			*	
1986-87	40			*	
1987-88	11		*		
1988-89	27		*		
1989-90	23		*		
1990-91	33			*	
1991-92	65			*	
1992-93	59			*	
1993-94	37			*	Χωρίς βροχομετρικά δεδομένα

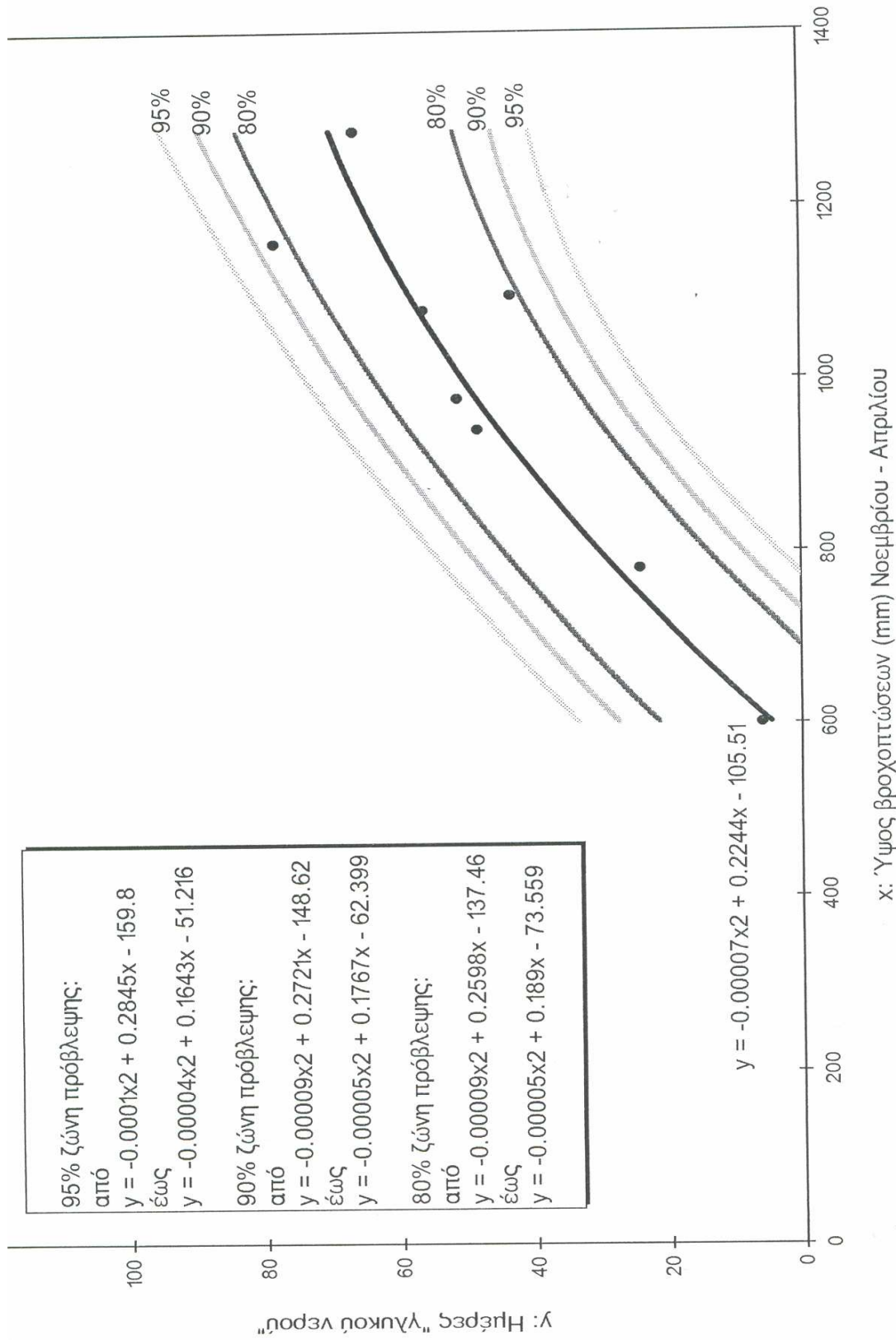
ΣΧΗΜΑ 3.11: "ΠΛΗΡΗ" ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΤΗ. ΣΧΕΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΗΜΕΡΩΝ "ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ" (Cl) <300 ppm



ΣΧΗΜΑ 3.12. ΠΛΗΡΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΤΗ. ΖΩΝΕΣ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΗΜΕΡΩΝ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ



ΣΧΗΜΑ 3.13. ΠΛΗΡΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΤΗ.- ΖΩΝΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΗΜΕΡΩΝ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ



Στο σχήμα 3.14 δίδεται ο μέσος αριθμός (μέσος όρος) διορθωμένων και συμπληρωμένων ημερών "γλυκού νερού" ανά υδρολογικό έτος, για κάθε ομάδα υδρολογικών ετών ("πλήρη", "ελλιπή" και "λίαν ελλιπή").

Σύμφωνα με τον πίνακα αυτό, ο μέσος συνολικός αριθμός ημερών "γλυκού νερού" ανά υδρολογικό έτος είναι 46.50 ημέρες για τα 8 "πλήρη" υδρολογικά έτη, 24.67 ημέρες για τα 6 "ελλιπή" υδρολογικά έτη και 35.55 ημέρες για τα "λίαν ελλιπή" υδρολογικά έτη.

Παρατηρούμε ότι, καθώς μειώνεται η πληρότητα των υδρολογικών ετών μειώνεται και το ποσοστό διόρθωσης, ενώ αυξάνει το ποσοστό συμπλήρωσης (μεγαλύτερη πιθανότητα σφάλματος). Δηλαδή, η ακρίβεια πρόβλεψης του αριθμού ημερών "γλυκού νερού" γίνεται μέγιστη για τα 8 "πλήρη" υδρολογικά έτη, μειώνεται με την ένταξη των "ελλιπών" υδρολογικών ετών και γίνεται ελάχιστη όταν αναφερόμαστε σε επίπεδο 25ετίας (ένταξη και των "λίαν ελλιπών" υδρολογικών ετών).

Στα προηγούμενα θεωρήθηκε "γλυκό νερό" το νερό της πηγής του οποίου η συγκέντρωση χλωριόντων είναι μικρότερη από 300 ppm. Εάν δεν εξειδικεύσουμε τη χρήση του πηγαίου νερού, θα ήταν δυνατόν να θεωρηθούν ημέρες "γλυκού νερού" και χρονικές περίοδοι όπου η συγκέντρωση χλωριόντων βρίσκεται σε υψηλότερα ή χαμηλότερα επίπεδα, ανάλογα με την επιδιωκόμενη χρήση. Αυτονόητο είναι ότι, για το αυτό υδρολογικό έτος, όσο το επίπεδο συγκέντρωσης χλωριόντων είναι υψηλότερο (> 300 ppm), τόσο οι ημέρες "γλυκού νερού" είναι περισσότερες και αντίστροφα.

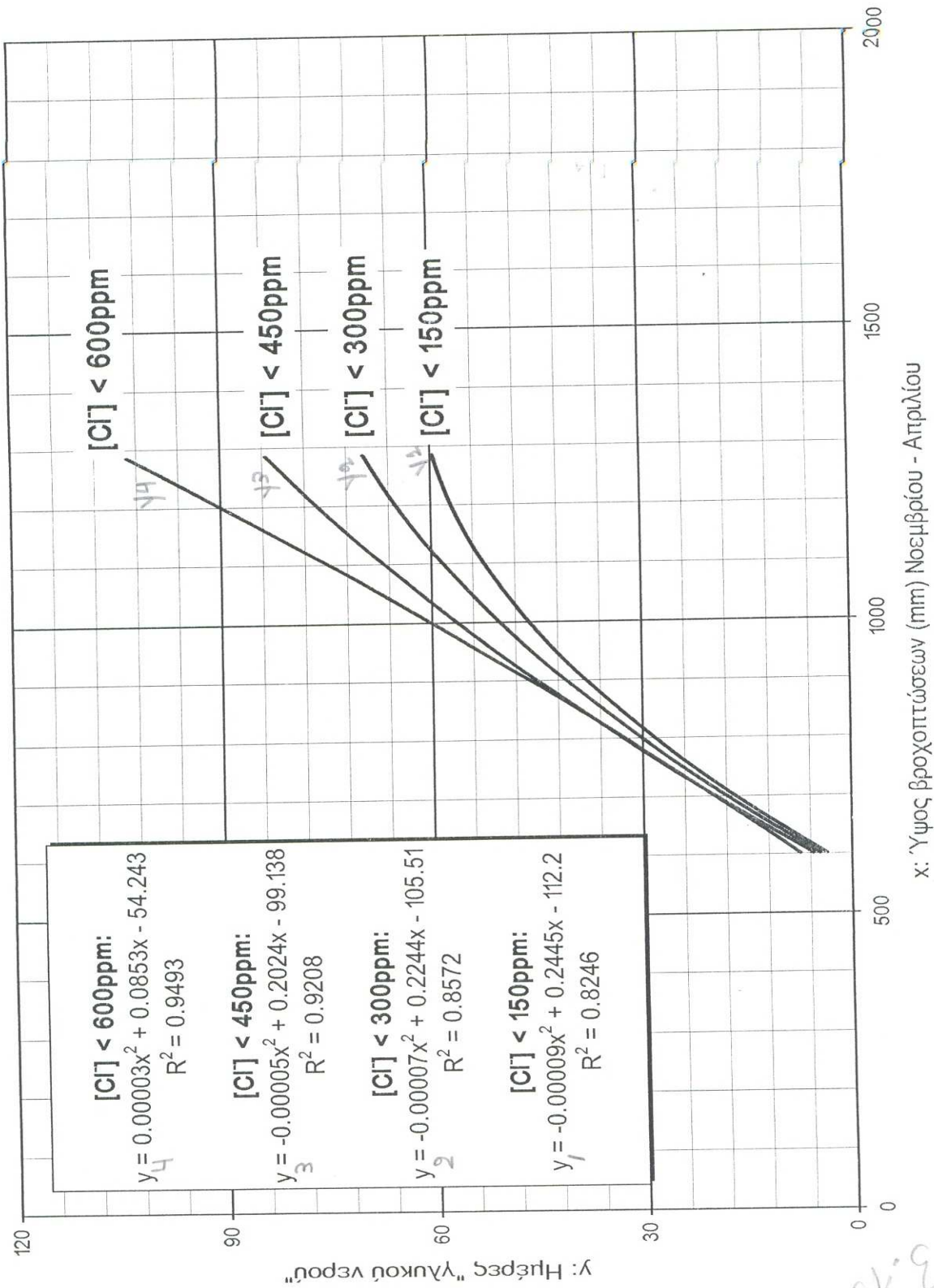
Προκειμένου να καταστεί δυνατή η πρόβλεψη ημερών " γλυκού νερού" σε συνδυασμό με τα εκάστοτε επιθυμητά επίπεδα συγκέντρωσης χλωριόντων, κατασκευάστηκε το νομόγραμμα του Σχήματος 3.15. Το νομόγραμμα περιλαμβάνει επίπεδα συγκέντρωσης χλωριόντων των 150, 300, 450 και 600 ppm.

Στον ένθετο πίνακα του σχήματος παρατηρείται μείωση του συντελεστή συσχετισμού, όπως οδεύουμε προς χαμηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης χλωριόντων, οπότε περιορίζεται και ο αριθμός ημερών "γλυκού νερού", δηλαδή $y_{600} > y_{450} > y_{300} > y_{150}$.

Συμπερασματικά, όλα τα παραπάνω, δίνουν την δυνατότητα πρόβλεψης της χρονικής διάρκειας του φαινομένου (ημέρες "γλυκού νερού") σε συνάρτηση με την επιθυμητή ποιότητα και το αναμενόμενο ύψος βροχής του αντίστοιχου υδρολογικού έτους. Με δεδομένη την περιοδικότητα των βροχοπτώσεων, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα προσδιορισμού του χρόνου εμφάνισης του "γλυκού νερού" στην πηγή.

Πληρότητα	Μέσος όρος ημερών "γλυκού νερού" ανά υδρολογικό έτος					
	Μετρημένες	Διορθώσεις	Διορθωμένες ("Βεβαιές")	Συμπληρώσεις		Σύνολο
				"Πιθανές"	"Δυνατές"	
"Πλήρη" υδρολογικά έτη (8)	28.75	17.75	46.50	-	-	46.50
"Ελλιπή" υδρολογικά έτη (6)	4.00	13.50	17.50	7.17	-	24.67
"Λίαν ελλιπή" υδρολογικά έτη (11)	6.64	15.73	22.36	-	13.18	35.55

ΣΧΗΜΑ 3.15. ΠΛΗΡΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΤΗ – ΣΧΕΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΩΝ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ (ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΕΣ)



3.15

(προγενέστερες έρευνες), καθιστούν το όλο φαινόμενο έγκαιρα προγνώσιμο και ως εκ τούτου τις εκροές "γλυκού νερού" εκμεταλλεύσιμες κατά τον ορθολογικότερο τρόπο.

- ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ

Όπως προαναφέρθηκε, προκειμένου να αξιοποιήσει τα υπόγεια νερά για την κάλυψη υδρευτικών αναγκών, η ΔΕΥΑΗ κατασκεύασε δίκτυα παραγωγικών υδρογεωτρήσεων, κατανομημένα σε πεδία ανάντη της πηγής Αλμυρού. Όμως, από το σύνολο των 63 αρχικών γεωτρήσεων, μόνο οι 16 παράγουν νερό για την ύδρευση του Δήμου Ηρακλείου (5 στη Τύλισο ,2 στο Γωνιανό Φαραγγί, 7 στη Κέρη και 2 στον Άγιο Μύρωνα).

Σημειώνεται ότι δεν γίνεται λόγος για τις υπόλοιπες γεωτρήσεις που εκμεταλλεύεται η ΔΕΥΑΗ στα πεδία Θραψανού ,Μαλλίων, Βασιλειών κ.λ.π. επειδή αυτές βρίσκονται εκτός της επιλεγμένης περιοχής ενδιαφέροντος. Θεωρήθηκε, δηλαδή, ότι είναι δυνατόν να επηρεάσουν την συμπεριφορά του εξεταζόμενου υδροφόρου ορίζοντα και επομένως την λειτουργία της προτεινόμενης υδρομαστευτικής στοάς.

Το ίδιο δεν συμβαίνει με τα πεδία Κρουσώνα – Λουτρακίου (ανενεργό) και Αγίου Μύρωνα , τα οποία βρίσκονται στον "δρόμο" τροφοδοσίας του υδροφορέα από το ορεινό συγκρότημα του Ψηλορείτη και άρα ενδιαφέρουν άμεσα στην εκτίμηση της υπερετήσιας συμπεριφοράς του. Εξετάζονται λοιπόν ενιαία , μαζί με τα πεδία εκμετάλλευσης της Τυλίσου, του Γωνιανού Φαραγγιού και της Κέρης, παρ'ότι βρίσκονται μακριά από την περιοχή ενδιαφέροντος (περιοχή μοντελοποίησης).

Επίσης, στις προαναφερόμενες αντλούμενες γεωτρήσεις θα πρέπει να προστεθούν και άλλες, οι οποίες είτε έγιναν από τη ΔΕΥΑΗ και παραχωρήθηκαν σε άλλο φορέα για εκμετάλλευση(π.χ Τ17), είτε αναπτύχθηκαν από άλλους φορείς και παράγουν γι'αυτούς (π.χ ΥΕΒ-Γ2 για το Δήμο Γαζίου). Στοιχεία για όλες αυτές τις γεωτρήσεις δεν ήταν δυνατόν να βρεθούν, εκτός από κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις, κατά την "απογραφή των σημείων νερού"(1996-97).

- ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗ ΩΣ ΣΥΝΕΠΕΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Ο εξεταζόμενος παράκτιος καρστικός υδροφορέας τέθηκε σε συστηματική εκμετάλλευση αρχίζοντας από το πεδίο Τυλίσου, το 1987. Στη συνέχεια οι απολήψεις αυξήθηκαν με την ένταξη των πεδίων Κέρης (1991), του Γωνιανού Φαραγγιού (1992) και Αγίου Μύρωνα(1998).

Αμέσως μετά την έναρξη της λειτουργίας του πεδίου Τυλίσου, παρουσιάστηκε προοδευτική υποβάθμιση της ποιότητας (αλμύρινη) του τοπικού υδροφορέα . Η σταδιακή εντατικοποίηση της εκμετάλλευσης συνοδεύθηκε από άμεση και σαφή ταπείνωση της στάθμης και υποβάθμιση της ποιότητας των αντλούμενων γεωτρήσεων.

Με την συνέχιση των αντλήσεων το φαινόμενο εξελίχθηκε ταχύτατα με σαφή τάση σταθεροποίησης στα μετέπειτα έτη. Τελικά, η υφαλμύρινη πήρε σοβαρές διαστάσεις την περίοδο των "ξηρών" ετών 1989και 1990. Η διετία αυτή συμπίπτει και με περίοδο μεγίστων απολήψεων από το συγκεκριμένο πεδίο.

Παρατηρήθηκε επίσης ότι η ένταση της ρύπανσης κατανέμεται ετερογενώς από γεώτρηση σε γεώτρηση και διαφάνηκε ότι το πρόβλημα δε θα επιλύονταν μόνο με παρεμβάσεις στους ρυθμούς άντλησης σε μεμονωμένες γεωτρήσεις, διότι η επιδείνωση επεκτείνονταν σε ολόκληρη την έκταση του πεδίου. Δηλαδή, παρεμβάσεις στους ρυθμούς άντλησης σε μεμονωμένες γεωτρήσεις (μείωση ή αύξηση των ρυθμών άντλησης), περισσότερο ή λιγότερο επιδεικτικών σε αλμύρινη, δεν βελτίωσαν την γενική εικόνα της θαλάσσιας διεύδυσης, αφού λόγω λειψυδρίας οι συνολικές απολήψεις έπρεπε να παραμείνουν στο ίδιο επίπεδο ή και να αυξηθούν.

Έτσι, οι μετέπειτα προσπάθειες στράφηκαν στη γεωγραφική επέκταση των δικτύων με κατασκευή νέων γεωτρήσεων και σε άλλες περιοχές (Κέρη, Γωνιανό Φαραγγί, Κρουσώνας , Άγιος Μύρωνα κ.λ.π.), σε συνδυασμό με την επανεξέταση των ρυθμών εκμετάλλευσης (μείωση των ρυθμών εκμετάλλευσης στο αρχικό πεδίο Τυλίσου).

Σήμερα η εκμετάλλευση των πεδίων Τυλίσου , Κέρης και Γωνιανού Φαραγγιού είναι ελεγχόμενη, με ρυθμούς άντλησης (ημερήσιες παροχές) πολύ μικρότερους από τους προτεινόμενους (ενδεικτικούς) από τις δοκιμαστικές αντλήσεις.

Οι παραπάνω προσπάθειες, ευνοημένες και από το γεγονός ότι τα μετέπειτα έτη (1991-1997) ήταν λιγότερα ξηρά, επέφεραν εντυπωσιακή μείωση και σαφή τάση σταθεροποίησης της ρύπανσης. Με την ένταξη και των πεδίων Κρουσώνα- Λουτρακίου και Αγίου Μύρωνα(σε όλη του την έκταση) αναμένεται να δοθούν λύσεις, έστω και παροδικές, στο υδρευτικό πρόβλημα του Δήμου Ηρακλείου.

- ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΙΣΟΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΙΣΟΧΛΩΡΙΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

Προκειμένου να μελετηθεί και να επισημανθεί η υπερετήσια συμπεριφορά του υδροφορέα, να εκτιμηθεί η απόδοση της εκμετάλλευσης του (με γεωτρήσεις) και να βρεθούν τρόποι αντιμετώπισης της υπεράντλησης, σχεδιάστηκαν ισοπιεζομετρικές και ισοχλώριες παραστάσεις (χάρτες)για διάφορες χρονικές περιόδους.

Για την πληρέστερη αντιπροσώπευση της κατανομής των αντλήσεων, τα διατεθειμένα δεδομένα εμπλουτίστηκαν με στοιχεία (όταν υπήρχαν) από γεωτρήσεις που εκτέλεσαν τρίτοι φορείς, πλην της ΔΕΥΑΗ(Δήμος Γαζίου, ΙΓΜΕ, ΠΔΕΒ, κ.λ.π).

Οι χάρτες που τελικά κατασκευάστηκαν βασίζονται σε σημειακές μετρήσεις (από τις γεωτρήσεις)και με δεδομένη την ετερογένεια του σχηματισμού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ενδεικτικά .Επίσης, η περιοχή θεωρήθηκε υδρογεωλογικά ενιαία, καθώς δεν υπήρχαν μετρήσεις στα όρια των υδρολιθολογικών ενοτήτων.

Επιλογή χρονικών "παραθύρων"

Για την εξέταση της συμπεριφοράς (κατανομής στάθμης και ποιότητας)ενός υδροφορέα είναι αναγκαία η μελέτη των οριακών συνθηκών του.Οι συνθήκες αυτές αφορούν την εμφάνιση της υψηλότερης και χαμηλότερης στάθμης ανά γεώτρηση.

Η "αποτύπωση" του υδροφορέα για δεδομένη στιγμή απαιτεί τη διάθεση ταυτόχρονων ή περίπου ταυτόχρονων μετρήσεων σ'όλη την έκταση του. Οι διαδοχικές τέτοιες παρατηρήσεις και αποτυπώσεις είναι δυνατόν να δώσουν την εξέλιξη του υδροφορέα για δεδομένο καθεστώς εκμετάλλευσης.

Προκειμένου λοιπόν να γίνει αυτή η παρακολούθηση αναζητήθηκαν, ανά υδρολογικό έτος, ταυτόχρονες μετρήσεις (στάθμη και ποιότητα) για την περίοδο των "υψηλών" και των "χαμηλών νερών ". Επειδή όμως πραγματικά ταυτόχρονες μετρήσεις προσφέρονται σε ελάχιστα σημεία παρατήρησης(γεωτρήσεις), αναζητήθηκε χρονικό "παράθυρο" μέσα στο οποίο διατίθεται εύλογος αριθμός παρατηρήσεων ανά πεδίο.

Με βάση το παραπάνω σκεπτικό επελέγησαν, ανά υδρολογικό έτος, χρονικές περίοδοι ("παράθυρα") εύρους 10 ημερών, κατά την διάρκεια των οποίων υπήρχαν ανάλογες μετρήσεις.Η επιλογή των "παραθύρων" όσον αφορά τη διάρκεια και τη δεδομένη χρονική στιγμή αναφορά τους, έγινε έτσι ώστε να πληρούνται δύο βασικές προϋποθέσεις.

- να περιέχουν επαρκή αριθμό παρατηρήσεων για περαιτέρω επεξεργασία(σχεδίαση χαρτών ισοκαμπυλών),και
- να εμπίπτουν σε ευρύτερες περιόδους στις οποίες επικρατούν γενικά "χαμηλές" ή " υψηλές" στάθμες, χωρίς απαραίτητα να ταυτίζονται με τις πλέον χαμηλές ή τις πλέον υψηλές, ανά γεώτρηση και υδρολογικό έτος.

Το χρονικό "παράθυρο υψηλής στάθμης" αναζητήθηκε στο δίμηνο Μαρτίου-Απριλίου, με μόνη εξαίρεση το υδρολογικό έτος 1994-95 (Ιανουάριος). Το "παράθυρο χαμηλής στάθμης" αναζητήθηκε στο τρίμηνο Ιουλίου-Σεπτεμβρίου. Σε ορισμένα έτη δεν ήταν δυνατόν, με βάση τις υπάρχουσες μετρήσεις,

να ορισθεί σαφώς το "παράθυρο υψηλής στάθμης" , ενώ σε άλλα έτη ορίστηκε και δεύτερο "παράθυρο χαμηλής στάθμης" κατά το δίμηνο Οκτωβρίου –Νοεμβρίου.

Τέλος , σε επιλεγμένες περιπτώσεις γεωτρήσεων εκτός περιοχών άντλησης που στερούνταν μετρήσεων μέσα στο συγκεκριμένο χρονικό "παράθυρο" , λήφθηκαν υπόψη οι χρονικά πλησιέστερες. Επίσης , σε περιπτώσεις που για την ίδια γεώτρηση υπήρχαν περισσότερες από μία μετρήσεις μέσα στην επιλεγμένη χρονική περίοδο, χρησιμοποιήθηκε ο μέσος αριθμητικός όρος αυτών των μετρήσεων.

Σύνταξη χαρτών

Η επεξεργασία των στοιχείων στάθμης και ποιότητας (συγκεντρώσεις χλωριόντων) ,για κάθε χρονικό "παράθυρο",έγινε με τα προγράμματα Gridzo και RockBaze του γεωτεχνικού πακέτου RockWorks. Οι κατανομές της πιεζομετρίας και της ρύπανσης (ποιότητα) στην περιοχή ενδιαφέροντος προσδιορίστηκε με τη γεωστατιστική μέθοδο Kriging που περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα Gridzo.

Η μέθοδος Kriging χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί ένα δίκτυο τιμών για ένα σύνολο δεδομένων. Η διαδικασία στηρίζεται στην δημιουργία βαριογραμμάτων που παρουσιάζουν τη μεταβολή των δεδομένων με την απόσταση και κατά μήκος καθορισμένων διευθύνσεων.

Μετά από τον καθορισμό διαφόρων παραμέτρων, τα δεδομένα προσαρμόζονται σε κάθε ένα από τα έξι διακεκριμένα πρότυπα βαριογράμματα και επιλέγεται το πρότυπο που προσεγγίζεται καλύτερα(δηλαδή, με τον υψηλότερο συντελεστή συσχετισμού). Στη συνέχεια κατασκευάζεται το δίκτυο τομών χρησιμοποιώντας τους συντελεστές της εξίσωσης που αντιπροσωπεύει το επιλεγμένο βαριόγραμμα, καθώς και ένα δίκτυο σφάλματος , που παρουσιάζει την αβεβαιότητα του δικτύου τιμών.

Με την εφαρμογή της μεθόδου Kriging συντάχθηκαν οριζοντιογραφίες (χάρτες)που παρουσιάζουν τις ισοπιεζομετρικές και ισοχλώριες καμπύλες του υδροφορέα, για τα επιλεγμένα χρονικά "παράθυρα" κάθε υδρολογικού έτους. Στην παρούσα διατριβή δεν είναι δυνατό να παρουσιαστεί το σύνολο των χαρτών αλλά οι αντιπροσωπευτικότεροι από αυτούς.

Για την κατασκευή του δικτύου, στο οποίο πραγματοποιήθηκε η σχεδίαση των καμπυλών, χρησιμοποιήθηκε κυψελίδα 100 x 100 m. Σε όλες τις παραστάσεις τα δεδομένα προσαρμόστηκαν στα βαριογράμματα με ικανοποιητικούς συντελεστές συσχετισμού που ξεπερνούν το 95%.

Θα πρέπει τέλος να τονιστεί ότι για τεχνικούς περιορισμούς (από το πρόγραμμα Gridzo), αλλά και για πρακτικούς λόγους (ευκολία σύγκρισης των χαρτών μεταξύ τους) χρησιμοποιήθηκε η ίδια "βάση" σχεδίασης για όλα τα χρονικά "παράθυρα". Αυτή περιλαμβάνει την ευρύτερη επιφάνεια που καλύπτει όλα τα εξεταζόμενα πεδία, μαζί με όλες τις διαθεσιμότητες γεωτρήσεις (78), ασχέτως χρονολογίας κατασκευής,ή κατάστασης κατά την χρονική περίοδο του "παράθυρου". Καθώς όμως δεν ήταν διαθέσιμος ο ίδιος αριθμός δεδομένων(γεωτρήσεις παρατήρησης) για το κάθε χρονικό παράθυρο, η σχεδίαση των καμπυλών περιορίζεται ανά περίπτωση στην περιοχή που θεωρητικά επηρεάζεται από τις δεδομένες μετρήσεις.

Έτσι, στα πρώτα εξεταζόμενα υδρολογικά έτη αν και δεν έχουν ακόμα κατασκευασθεί οι γεωτρήσεις Κρουσώνα- Λουτρακίου , Άγιου Μύρωνα κ.λ.π., αυτές παρουσιάζονται στους χάρτες ,χωρίς βέβαια να συμμετέχουν στη σχεδίαση των ισοκαμπυλών. Επίσης όπως οι K6,T20,KP10, οι οποίες κάποια στιγμή καταστράφηκαν, εξακολουθούν να παρουσιάζονται στους χάρτες.

Για κάθε χάρτη θα πρέπει να σημειωθούν τα εξής:

- Με κυκλικά στίγματα συμβολίζονται όλες οι γεωτρήσεις για τις οποίες διατίθενται πληροφορίες, έστω και ασυνεχώς.
- Με πλήρεις κύκλους συμβολίζονται οι γεωτρήσεις παρατήρησης, δηλαδή εκείνες για τις οποίες διατίθενται μετρήσεις της αντίστοιχης χρονικής περιόδου("παράθυρο"), για την οποία έχει σχεδιαστεί ο χάρτης.
- Η ισοδιάσταση των ισοπιεζομετρικών καμπυλών είναι ανά 5m.
- Η ισοδιάσταση των ισοχλώριων καμπυλών είναι ανά 500ppm(mg/l).

Η σχεδίαση των ισοκαμπυλών έγινε με την προϋπόθεση ότι η περιοχή ενδιαφέροντος αφορά ενιαία υδρογεωλογική ενότητα. Όμως, η ποικίλη λιθολογική σύσταση("Πλακώδεις ασβεστόλιθοι", ανθρακικά πετρώματα "Τρίπολης", κ.α.) και η έντονη τεκτονική της περιοχής, συνθέτουν μία πολυπλοκότερη εικόνα, όπου οι υδρολιθικές ενότητες συνέχονται μεταξύ τους πλευρικά ή κατακόρυφα.

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη την ετερογένεια του υδροφόρου σχηματισμού, την ανομοιογένεια στην ανάπτυξη των γεωτρήσεων, καθώς και τους διαφορετικούς ρυθμούς εκμετάλλευσης, οι παραστάσεις των καμπυλών (ισοπιεζομετρικές και ισοχλώριες) δεν θα πρέπει να λογίζονται σαν απόλυτες τιμές, αλλά ενδεικτικά, αποδίδοντας γενικές τάσεις πιεζομετρίας και ποιότητας. Επίσης, οι διαδοχικοί χάρτες δεν είναι ισότιμης αξιολογίας και απόλυτα συγκρίσιμοι, μη διαθέτοντας πάντοτε τον ίδιο αριθμό μετρήσεων και τις ίδιες θέσεις παρατηρήσεων (γεωτρήσεων).

Για την ερμηνεία των παραστάσεων, πέρα από το παραπάνω πλαίσιο ανοχών θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι γεωλογικές συνθήκες στο επίπεδο υδροφορίας, οι οποίες δημιουργούν "οριακές συνθήκες" (ασυνέχειες), όσον αφορά τον τρόπο διάδοσης της πιεζομετρίας και της ποιότητας του υπόγειου νερού. Για το λόγο αυτό, στο τοπογραφικό υπόβαθρο τοποθετήθηκαν τα βασικά γεωλογικά ρήγματα της περιοχής, τα οποία (καθ' υπόθεση) οριοθετούν υδρολιθολογικές ενότητες.

Ο χάρτης που αναπαριστά τα βασικά γεωλογικά ρήγματα της περιοχής, σχεδιάστηκε σε τράπεζα ψηφιοποίησης (digitizer) με βάση τα γεωλογικά φύλλα "Ηρακλείου", "Τυμπάκι", "Επάνω Αρχάνες", κλίμακα 1:50.000, έκδοσης ΓΓΜΕ και μεταφέρθηκε στην κλίμακα των κατασκευασμένων παραστάσεων με το πρόγραμμα Digitize του γεωτεχνικού πακέτου RockWorks.

Όλες οι παραπάνω παράμετροι είναι ποιοτικά προσεγγίσιμες, αλλά όχι πάντοτε υπολογίσιμες. Ιδανική κατάσταση για την ερμηνεία των ισοπιεζομετρικών και ισοχλωρίων παραστάσεων θα ήταν να υπήρχαν γεωτρήσεις στα όρια των υδρολιθολογικών ενοτήτων. Χωρίς αυτές η εικόνα του κάθε χάρτη είναι αλλοιωμένη.

Με βάση το παραπάνω σκεπτικό επιχειρήθηκαν κάποιες διορθωτικές παρεμβάσεις στους χάρτες και ιδιαίτερα στις ισοχλώριες καμπύλες, οι οποίες κατά κανόνα κατασκευάστηκαν από λιγότερες μετρήσεις. Οι παρεμβάσεις αυτές έγιναν σε 8 χάρτες (4 με ισοπιεζομετρικές και 4 με ισοχλώριες καμπύλες) και αφορούν συμπλήρωση των δεδομένων κάθε χρονικού "παραθύρου" με αναμενόμενες (διαχρονικά σχεδόν σταθερές) τιμές στάθμης και συγκέντρωσης χλωριόντων σε γεωτρήσεις, κοντά στα όρια των υδρολιθολογικών ενοτήτων.

Στη συνέχεια, επιχειρήθηκε η συγκριτική ερμηνεία της σειράς των διαδοχικών χαρτών της περιόδου 1987-1997, στοχεύοντας να διαφανεί η διαχρονική εξέλιξη της ποιότητας και της πιεζομετρίας του ευρύτερου υδροφορέα που συμβάλλει στην υδροφορία της πηγής Αλμυρού, κάτω από συνθήκες εκμετάλλευσης. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στους 8 διορθωμένους χάρτες που προαναφέρθηκαν, παρά το γεγονός ότι οι παρεμβάσεις που έγιναν είναι προσεγγιστικές και δεν αποδίδουν με ακρίβεια την πραγματική εικόνα των παραστάσεων.

- ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΙΣΟΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

Το υδρολιθολογικό έτος 1987-88 ενεργοποιείται το πεδίο άντλησης Τυλίσου, ενώ μέχρι εκείνη τη στιγμή δεν είναι ακόμη γνωστή καμία αξιολογία εκμετάλλευσης. Η περιοχή του Γωνιανού Φαραγγιού διακρίνεται για τις υψηλές στάθμες της, γεγονός που θα μπορούσε να ερμηνευτεί ως περιοχή τροφοδοσίας ή / και σαν ζώνη μικρότερης περατότητας, καθώς η υδροφορία είναι εγκατεστημένη στους "Πλακάδες ασβεστόλιθους".

Αντίθετα στο πεδίο Τυλίσου και στην κατάντη περιοχή η υδροφορία εντοπίζεται μέσα στα ανθρακικά πετρώματα "Τρίπολης". Το "βύθισμα" γύρω από το πεδίο Τυλίσου αποδίδεται στις ήδη υπό παραγωγή γεωτρήσεις, ενώ το "βύθισμα" στον Αλμυρό σκιαγραφεί το φυσικό σημείο εκφόρτισης του υδροφορέα μέσω της πηγής.

Στα επόμενα υδρολογικά έτη (1988-89 και 1989-90) η εικόνα δεν αλλάζει ουσιαστικά. Το "βύθισμα" της Τυλίσου γίνεται εντονότερο, αποτέλεσμα της εντατικοποίησης της εκμετάλλευσης του πεδίου. Δύο μικρά "υβώματα" στην ίδια περιοχή υποδηλώνουν την ανομοιογένεια του καρστικού υδροφορέα που επιφυλάσσει προνομιακές ή μη ροές.

Στο υδρολογικό έτος 1990-91 εκτός από τη συνεχιζόμενη εκμετάλλευση του πεδίου Τυλίσου έχει αρχίσει και η προοδευτική ενεργοποίηση των γεωτρήσεων του πεδίου Κέρης. Ως εκ τούτου, είναι διαθέσιμα περισσότερα σημεία παρατήρησης (γεωτρήσεις) με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη

αξιοπιστία και πληρέστερη κατ' έκταση εικόνα. Από την παράσταση αυτή δεν παύουν να επαληθεύονται τα δεδομένα των προηγούμενων ετών.

Επισημαίνεται επίσης ότι, το "βύθισμα" Τυλίσου μετατοπίζεται ΝΑ, γεγονός που μαρτυρεί ότι η ΝΑ περιοχή του πεδίου Τυλίσου δέχεται τροφοδοσία από το Γωνιανό Φαράγγι, δηλαδή από τα δυτικά και ΝΔ.

Επίσης το μικρό "ύβωμα" προνομιακής ροής της Τυλίσου που παρατηρήθηκε και στα προηγούμενα υδρολογικά έτη εμφανίζεται σαφώς διευρυμένο και έχει μετακινηθεί σημαντικά προς τα Βόρεια (Νότια ζώνη πεδίου Κερης), υποδηλώνοντας ότι όλο και λιγότερες γεωτρήσεις της Τυλίσου ανθίστανται στον υποβιβασμό της πιεζομετρίας.

Η ίδια εικόνα συνεχίζει, με μικρές παραλλαγές, να εμφανίζεται τόσο στις χαμηλές, όσο και στις υψηλές στάθμες των υδρολογικών ετών που ακολουθούν (1991-92 και 1992-93).

Στο μεταξύ, η ένταξη ικανού αριθμού γεωτρήσεων του πεδίου Κέρης στην εκμετάλλευση έχει δημιουργήσει νέο "βύθισμα" στην περιοχή, εκεί που άλλοτε υπήρχε "πιεζομετρικό ύβωμα".

Στο υδρολογικό έτος 1993-94 οι μετρήσεις που πλέον διατίθενται και από την περιοχή Λουτρακίου-Κρουσώνα, δείχνουν σαφώς ότι η γενική τροφοδοσία προέρχεται από νότιες και δυτικές κατευθύνσεις, για να καταλήξει στην πηγή Αλμυρού. Το μικρό "ύβωμα" που εντοπίζεται μεταξύ των "βυθισμάτων" Κέρης και Τυλίσου μαρτυρεί τοπικά μία μερική τροφοδοσία από δυτικά, δηλαδή από την κατεύθυνση του υψώματος "Τίμιος Σταυρός".

Η παρατηρούμενη τάση ομαλοποίησης του "βυθίσματος" ΝΑ του πεδίου Τυλίσου αποδίδεται: α) στην εποχική μεταβολή, β) στα λιγότερο ξηρά έτη, και γ) στην μείωση του ρυθμού των σημειακών αντλήσεων, παρά την αύξηση των απολήψεων μέσω γεωγραφικής επέκτασης των πεδίων.

Στα υδρολογικά έτη που ακολουθούν (1994-95 και 1995-96) οι υψηλότερες στάθμες εντοπίζονται στο πεδίο Κρουσώνα-Λουτρακίου. Στην Κέρη παρατηρείται "βύθισμα", ενώ στην Τύλισο υπάρχει σαφής ύφεση των ανωμαλιών. Στο γωνιανό Φαράγγι εντοπίζεται σημαντικό "ύβωμα". Όμως στην ίδια περιοχή, παρατηρείται και απότομο "βύθισμα" που οφείλεται στην άντληση των γεωτρήσεων T19 και T22.

Στο υδρολογικό έτος 1996-97 όπου πλέον και για τα τρία πεδία (Κέρη, Τύλισος και Γωνιανό Φαράγγι) έχει παρέλθει σημαντικός χρόνος από την ενεργοποίησή τους, διαφαίνονται σαφείς τάσεις εξομάλυνσης και σταθεροποίησης. Το "βύθισμα" της πιεζομετρικής επιφάνειας δείχνει πλέον να σταθεροποιείται απωθούμενο προς τις περιοχές Κέρης και πηγής Αλμυρού.

- ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΙΣΟΧΛΩΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

Ο σχετικά μικρός αριθμός μετρήσεων που διατίθενται για το υδρολογικό έτος 1988-89, προσφέρει ισοχλώριες καμπύλες βάσει των οποίων το πρόβλημα της ποιοτικής υποβάθμισης εντοπίζεται σχεδόν αποκλειστικά περί τη ζώνη ανάβλυσης της πηγής Αλμυρού.

Έτσι, παρότι οι αντλήσεις στο πεδίο Τυλίσου έχουν σταδιακά αρχίσει από το προηγούμενο υδρολογικό έτος, παρασύροντας τις αρχικές συγκεντρώσεις χλωριόντων (35-45ppm) σε μεγαλύτερα ύψη, η ποιότητα στην περιοχή παραμένει ικανοποιητική. Παρόμοια εικόνα παρατηρείται και στο υδρολογικό έτος 1989-90 με την κάμψη της ποιότητας να επεκτείνεται γεωγραφικά.

Στο υδρολογικό έτος 1990-91, με την επέκταση των παρατηρήσεων και στην περιοχή Γαζίου-Καβροχωρίου, φαίνεται ότι η κάμψη της ποιότητας, λόγω ξηρασίας αλλά και εντατικών αντλήσεων από το πεδίο Τυλίσου, διαδίδεται σε ακόμη μεγαλύτερη γεωγραφική έκταση. Παρατηρείται επίσης τάση αύξηση των χλωριόντων, όχι μόνο στην πηγή του Αλμυρού αλλά και ΝΑ της Τυλίσου.

Στο υδρολογικό έτος 1991-92 δεν παρουσιάζονται αξιοσημείωτες διαφορές από το προηγούμενο, με εξαίρεση την εντονότερη υφαλμύριση ΝΑ του πεδίου Τυλίσου (η ζώνη καλής ποιότητας μετακινείται Βόρεια). Μεγάλη υποβάθμιση της ποιότητας παρατηρείται για πρώτη φορά και στο πεδίο Κερης (αντλείται).

Εμφανέστερη τάση γεωγραφικής επέκτασης της ρύπανσης, παρατηρείται στο υδρολογικό έτος 1992-93, λόγω της εκμετάλλευσης του πεδίου Κέρης. Επίσης, εξακολουθεί να υπάρχει έντονη ποιοτική υποβάθμιση στην περιοχή Αλμυρού και τάση υφαλμύρισης ΝΑ του πεδίου Τυλίσου.

Τα παρακάτω φαινόμενα αποδίδονται σε δύο διαφορετικούς μηχανισμούς:

1) Με δεδομένη την υπεδαφική γεωλογία της περιοχής από προγενέστερες γεωφυσικές και γεωτρητικές έρευνες (FAO, Υπουργείο Γεωργίας), η περιοχή ανάβλυσης της πηγής Αλμυρού συμπίπτει με τη ζώνη συμβολής : α) της "διεπιφάνειας γλυκού- αλμυρού νερού ,β) της ελεύθερης στάθμης του υδροφαρέα, και γ) της επιφάνειας του εδάφους.

Συνεπώς, το νερό της πηγής αποτελεί μίγμα νερού που προέρχεται τόσο από τα υποεπιφανειακά, όσο και από τα βαθύτερα στρώματα του υδροφαρέα.

2) Αντίθετα, η καταγραφόμενη ποιότητα νερού ΝΑ του πεδίου Τυλίσου αντιπροσωπεύει μίγμα νερού που ρέει κοντά στην ελεύθερη στάθμη του υδροφορέα και σε σημαντική απόσταση από το θεωρητικό σημείο συνάντησής της με την " διεπιφάνεια" γλυκού- αλμυρού νερού.

Συνεπώς, η ενδοχώρια αυτή περιοχή αναμένεται να έχει σημαντικά μικρότερη θαλάσσια ρύπανση, σε σχέση με την περιοχή της πηγής του Αλμυρού. Η παρατηρούμενη τάση υφαλμύρινσης μπορεί να αποδοθεί σε δύο λόγους, οι οποίοι λειτουργούν εναλλακτικά ή και αθροιστικά: α) η περιοχή ΝΑ του πεδίου Τυλίσου δεν ταυτίζεται με περιοχή μείζονος τροφοδοσίας, και β) η ίδια περιοχή γειτνιάζει με ζώνη προνομιακής διεϊσδυσης της θάλασσας.

Στα υδρολογικά έτη που ακολουθούν (1993-94 έως και 1995-96) η υφαλμύρινση δείχνει να σταθεροποιείται (παροδικές αυξομειώσεις).

Στο υδρολογικό έτος 1996-97, διακρίνεται γενική ύφεση του ρυθμού υφαλμύρινσης, ενώ φαίνεται ότι η γεωγραφική επέκταση της θαλάσσιας ρύπανσης έχει σταθεροποιηθεί ή και μειωθεί, με εξαίρεση την περιοχή ΝΑ του πεδίου Τυλίσου.

- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ- ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

Στην ερμηνεία των χαρτών που προηγήθηκε θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι εξής παρατηρήσεις:

- Το δίμηνο Απριλίου –Μαΐου 1997 έγιναν θερμομετρήσεις σε όλα τα πεδία, σε μη αντλούμενες γεωτρήσεις. Στις μετρήσεις αυτές δεν διαπιστώθηκαν θερμοκρασιακές ανωμαλίες, επιβεβαιώνοντας την γενική άποψη (για ανάλογα καρστικά συστήματα) ότι οι ανάντη περιοχές τροφοδοσίας είναι ψυχρότερες από τις κατάντη (αποδέκτες).

Έτσι, επικρατούν θερμοκρασίες 15-16°C στον Άγιο Μύρωνα, 16-17,5 °C στον Κρουσώνα και 19-20 °C στην Κέρη και στην Τύλισο. Οι ενδεικτικές αυτές τιμές συμφωνούν έμμεσα με την γενική τάση της υπόγειας απορροής, η οποία γίνεται με διευθύνσεις Ν→Β και Δ→Α. Κατά την ίδια περίοδο, η θερμοκρασία στην πηγή Αλμυρού κυμάνθηκε μεταξύ 15-16 °C. Επειδή δεν υπάρχει άλλη φυσική ανάβλυση (π.χ. πηγή) ανάντη και στο ομόλογο επίπεδο τροφοφορίας, δεν είναι δυνατόν να γίνουν ανάλογες συγκρίσεις.

- Κατά τη συνολική στατιστική ανάλυση των υφιστάμενων γεωτρήσεων (όχι ανά γεώτρηση), με δεδομένα το βάθος ανάπτυξης και την παροχή άντλησης (παραγωγή), δεν διαπιστώθηκαν σαφείς σχέσεις μεταξύ των μεγεθών ποιότητας, βάθους και παροχής άντλησης. Οι χαμηλοί συντελεστές συσχετισμού δεν επιτρέπουν συναγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων. Αντίθετα, φαίνεται έμμεσα να επιβεβαιώνεται η υπόθεση ότι η ποιότητα του νερού σε κάθε γεώτρηση είναι συνάρτηση του ρυθμού άντλησής της και λιγότερο του συνολικά απολήψιμου όγκου νερού από την ίδια γεώτρηση. Δηλαδή, με δεδομένο τον απολήψιμο όγκο, οι δυσμενείς επιπτώσεις στην ποιότητα του αντλούμενου νερού θα είναι μικρότερες εάν μειωθεί ο ρυθμός και παραταθεί, εφόσον είναι πρακτικά δυνατό ο χρόνος άντλησης.

Με βάση και τις παραπάνω παρατηρήσεις, οι σημαντικότερες διαπιστώσεις που συνάγονται από τη μελέτη των ισοκαμπυλών είναι οι εξής:

- Οι υδροδυναμικές συνθήκες που επιβάλλει το καθεστώς εκμετάλλευσης στα πεδία Κέρης, Τυλίσου και Γωνιανού Φαραγγιού, δεν επηρεάζουν φανερά την διακίνηση των υπόγειων νερών που τροφοδοτούν την πηγή Αλμυρού (παροχές- ποιότητα νερού της πηγής).
- Κύριοι ρυθμιστές της διακίνησης των υπόγειων νερών στην ευρύτερη περιοχή των πεδίων εκμετάλλευσης και στην πηγή Αλμυρού εξακολουθούν να είναι η γεωλογική δομή της περιοχής και η γεωγραφική κατανομή των πετρωμάτων και των υδρολιθολογικών ενοτήτων.

- Τα πετρώματα μέσα από τα οποία λαμβάνει χώρα η κύρια υπόγεια ροή είναι τα ανθρακικά της γεωτεκτονικής ζώνης της "Τρίπολης" και οι "Πλακώδεις ασβεστόλιθοι". Πρόκειται δηλαδή για υδροφορία η οποία διαμορφώνεται περί το φυσιογραφικό επίπεδο βάσης και εκφορτίζεται περιφερειακά μέσω πηγών και υπόγειας ή και υποθαλάσσιας απορροής.
- Με τη σταδιακή εντατικοποίηση της εκμετάλλευσης του υδροφορέα παρατηρήθηκε προοδευτική, πλην όμως ταχεία, ταπείνωση της στάθμης των γεωτρήσεων, η οποία συνοδεύτηκε από ανάλογη υποβάθμιση της ποιότητας.

Ειδικότερα:

- Με την έναρξη της εκμετάλλευσης του πεδίου Τυλίσου(1987-88) και με πρόσθετη επιβάρυνση λόγω ξηρασίας των ετών 1989 και 1990, εμφανίστηκε σαφής τοπική κάμψη της πιεζομετρίας. Η μορφή του "βυθίσματος" της πιεζομετρίας υπαγορεύεται από την τοπική τεκτονική και την κατανομή των υδρολιθολογικών ενοτήτων. Εμφανίζεται επίσης σαφής ένδειξη τροφοδοσίας από νοτιοδυτική, δυτική και βορειοδυτική κατεύθυνση. Αναφορικά με την κατανομή των χλωριόντων της ίδιας περιόδου παρατηρείται ανάλογη κάμψη της ποιότητας (προοδευτική πλην όμως σαφής αύξηση της συγκέντρωσης χλωριόντων), ενώ εντοπίζεται και δεύτερη περιοχή με σχετικά υψηλή συγκέντρωση χλωριόντων, ΝΑ του πεδίου Τυλίσου, πέραν εκείνης της πηγής Αλμυρού.
- Η επέκταση της υδρομάστευσης στα πεδία Κέρης και Γωνιανού Φαραγγιού και η μερική αναρίθμηση των ρυθμών άντλησης στο πεδίο Τυλίσου επέφεραν ουσιαστική ύφεση των αρχικά παρατηρηθέντων συμπτωμάτων υπερεκμετάλλευσης στην Τύλισο και στη γύρω περιοχή. Σήμερα, με τη βοήθεια κι των σχετικά βροχερών ετών που ακολούθησαν(περίοδος 1991-97), ο υδροφορέας έχει ανακτήσει πιεζομετρικά και ποιοτικά και οι επιπτώσεις της εκμετάλλευσης έχουν σταθεροποιηθεί. Η ένταξη στην παραγωγή και των πεδίων Κρουσώνα- Λουτρακίου και Αγίου Μύρωνα (πλήρες) αναμένεται να αυξήσει σημαντικά τις απολήψιμες ποσότητες και να σταθεροποιήσει ακόμη ευνοϊκότερα τα πεδία εκμετάλλευσης Κέρης, Τυλίσου και Γωνιανού Φαραγγιού.
- Η αλμύριση που εντοπίζεται ενάκαθεν στην πηγή Αλμυρού και η κάμψη της ποιότητας ΝΑ του πεδίου Τυλίσου δεν εξηγούνται με τον αυτό τρόπο, αποδιδόμενες σε διαφορετικούς μηχανισμούς. Θα πρέπει βέβαια να ληφθεί υπόψη ότι οι θερμομετρήσεις του 1997 (Απρίλιος-Μάιος), επειδή δεν έχουν επεκταθεί συστηματικά, θα πρέπει να ερμηνευτούν με επιφύλαξη. Όμως, από τα πρώτα αυτά στοιχεία δεν φαίνεται να υπάρχουν ανωμαλίες που να υποδεικνύουν σύνθετες ή μικτές υπόγειες ροές.

Για την ασφαλή εκμετάλλευση του υδροφορέα με δίκτυα γεωτρήσεων και προκειμένου να αυξηθούν σημαντικά οι απολήψιμες ποσότητες νερού, θα πρέπει να αναζητηθεί: α) ο βέλτιστος ρυθμός σε συνδιασμό με την πρακτικά εφικτή επιμήκυνση του χρόνου άντλησης ανά γεώτρηση, και β) η μέγιστη δυνατή γεωγραφική επέκταση των δικτύων(πεδία) άντλησης.

Τα εκτεταμένα δίκτυα γεωτρήσεων όμως εξαιτίας του ότι απαιτούν συνεχή συντήρηση αποτελούν μία πολυδάπανη αντιμετώπιση του προβλήματος η οποία στην περίπτωση του συγκεκριμένου υδροφορέα δεν αποτελεί μονομη λύση. Στην επόμενη παράγραφο επιχειρείται μία πρώτη προσέγγιση μίας πιο μόνιμης διεξόδου που είναι η κατασκευή υδρομαστευτικής στοάς.

- Υδρομαστευτική στοά – Εκτίμηση υδρογεωλογικών παραμέτρων

Όπως προαναφέρθηκε , η πρόταση εκμετάλλευσης του υδροφορέα μέσω υδρομαστευτικής στοάς διατυπώθηκε πολύ νωρίς, ήδη από το 1969. Όμως, για πολλά έτη παρέμενε ημιτελής, υπό την έννοια ότι δεν είχαν εκτιμηθεί τα τεχνικά – οικονομικά χαρακτηριστικά του έργου(διαστάσεις, απόδοση, κόστος κ.λ.π.).

Το 1996, στα πλαίσια του ερευνητικού έργου "Αξιοποίηση πηγών Αλμυρού Ποταμού", πραγματοποιήθηκε , υπό μορφή τεχνικής έκθεσης, εμπειρική προσέγγιση των υδρογεωλογικών παραμέτρων του προτεινόμενου έργου. Σκοπός της έκθεσης ήταν να εξετάσει την περίπτωση αξιοποίησης του υδροφόρου ορίζοντα που τροφοδοτεί την πηγή Αλμυρού με υδροναστευτική στοά στην ευρύτερη περιοχή της Κέρης. Έτσι , έγινε εκτίμηση των υδρογεωλογικών παραμέτρων που θα επηρεάσουν τη λειτουργία της στοάς και υπολογισμός του όγκου νερού που θα εισέρχεται στη στοά, υπό συνθήκες άντλησης.

Ως θέσης της υδρομαστευτικής στοάς υποδείχθηκε η περιοχή δυτικά από το Βουλισμένο Αλώνι(λόφος Κέρης). Η στοά θα συναντήσει την υδροφορία περίπου στο επίπεδο της θάλασσας και η προσπέλαση της θα γίνει με κεκλιμένες στοές, είτε από τη λαγκάδα του Αγίου Γεωργίου , είτε από το Φαράγγι της Κέρης.

Οι τιμές συγκέντρωσης χλωριόντων έδειξαν ότι στην συγκεκριμένη περιοχή η ποιότητα του νερού παραμένει εντός επιτρεπτών ορίων, καθ' όλη τη διάρκεια του υδρολογικού έτους.

Όσον αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του έργου, θεωρήθηκε ότι η στοά θα αποτελείται από έναν κύριο κλάδο, ο οποίος θα αναπτύσσεται "παράλληλα " στις πιεζομετρικές καμπύλες του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής και από άλλους μικρότερους, εγκάρσιους στην κύρια στοά. Οι δευτερεύοντες κλάδοι θα μεταφέρουν νερό στην κύρια στοά από περιοχές υψηλότερου υδραυλικού φορτίου.

Οι παροχές που βρέθηκαν, συγκρινόμενες και με ανάλογα έργα ανά τον κόσμο, κρίθηκαν υπεραισιόδοξες και κατέστησαν αναγκαία την αναλυτικότερη προσέγγιση του θέματος. Στα επόμενα δίνεται νέος υπολογισμός της παροχής της υδρομαστευτικής στοάς, με βάση ανάλογη μελέτη, μετά και την συμπλήρωση των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην προαναφερόμενη έκθεση.

Η ανάλυση που ακολουθεί αφορά και τις δύο τελικά προτεινόμενες θέσεις της υδρομαστευτικής στοάς, στην περιοχή της Κέρης(μήκος 1,8km) και στην περιοχή της Τυλίσου (μήκος 1,2 km). Οι δύο αυτές εναλλακτικές λύσεις εφ' εξής θα αναφέρονται ως "υδρομαστευτική στοά Κέρης"(σενάριο Α) και "υδρομαστευτική στοά Τυλίσου"(σενάριο Β).

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της στοάς (βάθος, τελική θέση, μορφή ανάπτυξης) αποτελούν θέμα συμπληρωματικής έρευνας και δεν αφορούν την παρούσα διατριβή. Έτσι, για διευκόλυνση των υπολογισμών έγινε απλούστευση της μορφής της. Η τελική μορφή (εγκάρσια τομή), όπως και οι διαστάσεις του έργου φαίνονται αναλυτικά στο Σχήμα 4.43

Επίσης, θεωρήθηκε ότι η υδρομαστευτική στοά(κύριος κλάδος) θα είναι οριζόντια και "εν πλήρη καταδύσει", δηλαδή σε "κατάσταση ηρεμίας"(χωρίς αντλήσεις ή και πλημμύρες) η επιφάνεια του νερού θα βρίσκεται ακριβώς στην οροφή της. Με βάση λοιπόν αυτή τη θεώρηση, η παροχή της εκτιμήθηκε για δύο περιπτώσεις:

Η πρώτη περίπτωση θεωρεί πτώση στάθμης (στην "κατάσταση ισορροπίας") ίση με 3 m. Έτσι, το επίπεδο άντλησης θα βρίσκεται 2 m πάνω από τον πυθμένα της στοάς. Η δεύτερη περίπτωση

προβλέπει πτώση στάθμης ίση με 5 m και άντληση στον πυθμένα της στοάς. Σε αυτή την περίπτωση πραγματοποιείται μέγιστη απόληψη, καθώς ολόκληρη η στοά βρίσκεται "εν ξηρώ".

Έτσι, θα εξετασθούν τέσσερις περιπτώσεις- σενάρια:

- Σενάριο A1: Υδρομαστευτική στοά Κέρης. Πτώση στάθμης 3m.
- Σενάριο A2: Υδρομαστευτική στοά Κέρης. Πτώση στάθμης 5m.
- Σενάριο B1: Υδρομαστευτική στοά Τυλίσου. Πτώση στάθμης 3m.
- Σενάριο B2: Υδρομαστευτική στοά Τυλίσου. Πτώση στάθμης 5m

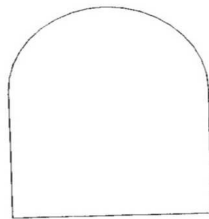
Η υδροπερατότητα των σχηματισμών εκτιμήθηκε από τα δεδομένα των δοκιμαστικών αντλήσεων (πίνακας 4.3) , με την επιλογή των αντιπροσωπευτικότερων γεωτρήσεων, όσον αφορά την οριζόντια απόστασή τους από την θέση της στοάς. Έγινε, δηλαδή, ο υπολογισμός της "τοπικής" υδροπερατότητας, εφόσον ο υδροφορέας αποτελεί ανομοιογενή καρστικό σχηματισμό(ασβεστόλιθοι "Τριπόλεως").

Έτσι, για την υδρομαστευτική στοά Κέρης επιλέχθηκαν ως αντιπροσωπευτικές οι γεωτρήσεις K2, K4, K9 και K10(βλέπε σχήμα 4.2). Οι K3, K5, K6, K6A, K7 και K8 απορρίφθηκαν ως "μακρινές".

Επίσης, δε λήφθηκε υπόψη η γεώτρηση K1, καθώς η υπολογισμένη περατότητα σε αυτήν κρίθηκε υπερβολική για τον συγκεκριμένο σχηματισμό(τάξη μεγέθους 10^{-3} m/sec, ενώ η περατότητα στους ασβεστόλιθους κυμαίνεται από 10^{-4} έως 10^{-8} m/sec). Πιθανόν η αυξημένη αυτή περατότητα να οφείλεται σε τυχαία διάτρηση μεγάλου καρστικού αγωγού.

Για την υδρομαστευτική στοά Τυλίσου, πάλι με τη βοήθεια του σχήματος 4.2, επιλέχθηκαν οι γεωτρήσεις T11, T12, T15, T16, T17, T21 και T23, για τις οποίες διατίθενται στοιχεία δοκιμαστικών αντλήσεων. Οι γεωτρήσεις T13 και KT4 απορρίφθηκαν λόγω απόστασης από την προτεινόμενη θέση κατασκευής του έργου.

Στον πίνακα 4.5. παρουσιάζονται τα δεδομένα των δοκιμαστικών αντλήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της μέσης περατότητας(k_{avg}) για κάθε μία από τις δύο προτεινόμενες θέσεις του έργου. Ο υπολογισμός έγινε με βάση τη σχέση:



Σχήμα 4.43: Εγκάρσια τομή της προτεινόμενης υδρομαστευτικής στοάς.

Πίνακας 4.3 (α): Τιμές T και k από την επεξεργασία δεδομένων των δοκιμαστικών αντλήσεων.

Γεωτρήσεις	Μεταβιβαστικότητα, T (m ² /sec)			Περατότητα, k (m/sec)		
	Μέθοδος επαναφοράς	Μέθοδος Cooper-Jacob	Μέθοδος ισορροπίας	Μέθοδος επαναφοράς	Μέθοδος Cooper-Jacob	Μέθοδος Ισορροπίας
Πεδίο Τυλίσου						
T11	$2,1 \times 10^{-2}$	-	-	$2,5 \times 10^{-4}$	-	-
T12	$6,3 \times 10^{-2}$	-	-	$1,1 \times 10^{-3}$	-	-
T13	$2,8 \times 10^{-1}$	-	-	$2,8 \times 10^{-5}$	-	-
T15	$9,3 \times 10^{-1}$	$8,3 \times 10^{-5}$	-	$1,4 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-4}$	-
T16	$7,5 \times 10^{00}$	-	-	$6,9 \times 10^{-8}$	-	-
T17	$7,1 \times 10^{-1}$	-	-	$6,0 \times 10^{-5}$	-	-
T21	$1,6 \times 10^{-2}$	-	-	$2,3 \times 10^{-4}$	-	-
T23	$1,5 \times 10^{-1}$	-	-	$9,4 \times 10^{-6}$	-	-
KT4	$7,9 \times 10^{-5}$	-	-	$1,2 \times 10^{-6}$	-	-
Πεδίο Γιωνιανού Φαραγγιού						
T04	$2,6 \times 10^{-7}$	-	-	-	-	-
T19	$3,0 \times 10^{-3}$	-	-	$1,9 \times 10^{-1}$	-	-
T22	$6,0 \times 10^{-1}$	$3,1 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-1}$	$4,2 \times 10^{-6}$	$2,2 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-6}$
Πεδίο Κέρης						
K1	$1,0 \times 10^{-1}$	-	-	$2,3 \times 10^{-1}$	-	-
K2	$1,4 \times 10^{-2}$	-	-	$2,5 \times 10^{-1}$	-	-
K3	$6,0 \times 10^{-1}$	$5,3 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-1}$	$8,9 \times 10^{-5}$	$7,8 \times 10^{-3}$	$5,6 \times 10^{-5}$
K4	$1,3 \times 10^{-1}$	-	-	$2,1 \times 10^{-3}$	-	-
K5	-	$1,7 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-1}$	-	$8,2 \times 10^{-1}$	$1,2 \times 10^{-1}$
K6	$6,1 \times 10^{-1}$	-	-	$1,3 \times 10^{-1}$	-	-
K6A	$6,6 \times 10^{-1}$	-	-	$1,4 \times 10^{-1}$	-	-
K7	$1,6 \times 10^{-2}$	-	-	$3,8 \times 10^{-4}$	-	-
K8	$7,3 \times 10^{-1}$	-	-	$1,1 \times 10^{-5}$	-	-
K9	$1,1 \times 10^{-2}$	-	-	$1,1 \times 10^{-1}$	-	-
K10	$3,7 \times 10^{-1}$	-	-	$4,4 \times 10^{-6}$	-	-

Πίνακας 4.5: Εκτίμηση περατότητας στις δύο προτεινόμενες θέσεις της υδρομαστευτικής στοάς.

Γεωτρήσεις	H (m)	T (m ² /sec)	k (m/sec)
Θέση υδρομαστευτικής στοάς Κέρης			
K2	55,00	$1,38 \cdot 10^{-2}$	$2,51 \cdot 10^{-4}$
K4	62,60	$7,15 \cdot 10^{-1}$	$1,14 \cdot 10^{-5}$
K9	97,52	$5,86 \cdot 10^{-1}$	$6,01 \cdot 10^{-5}$
K10	82,95	$3,66 \cdot 10^{-1}$	$4,41 \cdot 10^{-6}$
ΣΥΝΟΛΟ	ΣΗ = 298,07	ΣΤ = $2,08 \cdot 10^{-2}$	$k_{avg} = 6,96 \cdot 10^{-5}$
Θέση υδρομαστευτικής στοάς Τυλίσου			
T11	82,50	$2,08 \cdot 10^{-2}$	$2,52 \cdot 10^{-4}$
T12	57,20	$6,30 \cdot 10^{-2}$	$1,10 \cdot 10^{-1}$
T15	66,12	$5,36 \cdot 10^{-1}$	$8,10 \cdot 10^{-6}$
T16	109,48	$1,14 \cdot 10^{-5}$	$1,04 \cdot 10^{-7}$
T17	116,90	$3,87 \cdot 10^{-1}$	$3,31 \cdot 10^{-5}$
T21	69,75	$1,60 \cdot 10^{-2}$	$2,29 \cdot 10^{-4}$
T23	161,30	$7,74 \cdot 10^{-1}$	$4,80 \cdot 10^{-6}$
ΣΥΝΟΛΟ	ΣΗ = 663,25	ΣΤ = $1,07 \cdot 10^{-1}$	$k_{avg} = 1,61 \cdot 10^{-4}$

- ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΠΗΓΕΣ ΜΠΑΛΙΟΥ

Το Μπαλί είναι ένα παραθαλάσσιο χωριό που βρίσκεται 25 χλμ δυτικά του Ηρακλείου. Μέσα στον ομώνυμο κόλπο εμφανίζονται τον χειμώνα 10 περίπου υποθαλάσσιες πηγές, από τις οποίες οι δύο πλησιέστερες προς την ακτή είναι και οι σημαντικότερες.

Η παροχή των πηγών είναι αρκετά μεγάλη τον χειμώνα, αλλά ελαττώνεται αργότερα και περίπου κατά τον Ιούνιο μηδενίζεται. Αυτό το φαινόμενο σημαίνει ότι τα φορτία του υδροφόρου ορίζοντα το καλοκαίρι είναι τόσο μικρά, ώστε δεν μπορούν να υπερνικήσουν την πίεση που εξασκείται από το νερό της θάλασσας στις πηγές. Εάν όμως τα φορτία του υδροφόρου ορίζοντα είναι τόσο μικρά τον Ιούνιο, είναι λογικό να αναμένει κανείς, ότι θα είναι ακόμη μικρότερα τον Σεπτέμβριο ή Οκτώβριο. Αυτό το τελευταίο φαινόμενο λογικά δημιουργεί και τις προϋποθέσεις για μια αντιστροφή της ροής και είσοδο της θάλασσας μέσα στα ανοίγματα των πηγών. Ο συλλογισμός αυτός μας ώθησε να κάνουμε επί τόπου μία έρευνα των πηγών.

Τον Οκτώβριο 1981 ερευνήθηκαν οι δύο μεγαλύτερες εξοδοί. Η πρώτη έξοδος διαστάσεων 4x1m. δεν παρουσίασε ροή, παρά το γεγονός ότι τον χειμώνα δίνει τις μεγαλύτερες παροχές. Αντίθετα η δεύτερη έξοδος διαστάσεων 2 x 1 m παρουσίαζε εισροή νερού της τάξης του 0,5 m³/sec.

Το μέγεθος της εισροής της θάλασσας είναι συνεπώς της ίδιας τάξης μεγέθους με την ποσότητα του θαλασσινού νερού που εμφανίζεται στην πηγή του Αλμυρού. Η παρατήρηση αυτή σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η εισροή θάλασσας παύει τον χειμώνα, δείχνουν ότι πιθανότατα η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα του Ψηλορείτη γίνεται από το Μπαλί.

- ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

Ερευνητές ανακάλυψαν από νωρίς (1960 και μετά) την αξία του υδροφόρου ορίζοντα που συνίσταται την περιοχή των ωραίων του Ψηλορείτη και κατά προέκταση στην περιοχή του Αλμυρού ποταμού. Παρατηρήθηκε ότι τεράστιοι όγκοι νερού, από διάφορα πεδία εκμετάλλευσης, μπορούν να καλύψουν σε μεγάλο βαθμό, τις ανάγκες για άρδευση και ύδρευση, τόσο του δημοτικού συγκροτήματος του Ηρακλείου, όσο και των γύρω δήμων, Γαζίου, Τυλίσσου, Κρουσσώνα και άλλων. Στα πεδία εκμετάλλευσης των δήμων αυτών, διανοίχτηκαν γεωτρήσεις που έως τώρα βοήθησαν αρκετά στο μείζον πρόβλημα της Κρήτης, την λειψυδρία.

Τα κύρια πεδία εκμετάλλευσης, τα νερά των οποίων συνδέονται (υπόγεια και επιφανειακά) σε μεγαλύτερο βαθμό με τα υγρά αποθέματα του Αλμυρού, είναι αυτά της Κέρης και της Τυλίσσου. Σε αυτά τα πεδία, Στο πεδίο της Κέρης, η Δ.Ε.Υ.Α.Ηρακλείου και ιδιώτες, προέβησαν τη διάνοιξη γεωτρήσεων για ιδιωτική και δημόσια χρήση, με σκοπό την υδροδότηση οικοπέδων, οικισμών και δημοτικών διαμερισμάτων. Στον χάρτη του σχήματος 3.16, διακρίνονται τα πεδία εκμετάλλευσης της Κέρης και της Τυλίσσου, καθώς και οι υδατοπιθανές περιοχές.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της Δ.Ε.Υ.Α.Η., τον Ιανουάριο του 1994, στο πεδίο της Κέρης υπάρχουν 8 αλλά 6 εν ενεργεία γεωτρήσεις με μέσο όρο παροχής 55 m³/h, (K₁,K₃,K₄,K₇:60 m³/h, K₂:50 m³/h, K₉:40 m³/h) και στο πεδίο της Τυλίσσου, 15 γεωτρήσεις, ενώ ο συνολικός όγκος αντλούμενου νερού ανέρχεται στα 4.113.500 m³ και 17.105.700 m³ το χρόνο, στα δύο πεδία αντίστοιχα (Σχήμα 3.17).

Πραγματικότητα είναι όμως, ότι όλες σχεδόν οι γεωτρήσεις εμφανίζουν από την εποχή της ένταξης τους την παραγωγή έντονα πτωτική στάθμη, την οποία ακολουθεί ανάλογη επιδείνωση της ποιότητας του αντλούμενου νερού των γεωτρήσεων. Εξαιρέση αποτελούν μεμονωμένες γεωτρήσεις

κυρίως από το πεδίο της Κέρης (K₂, K₃, K₉), οι οποίες αντλούμενες ή μη δεν εμφανίζουν αισθητή επιδείνωση στην ποιότητα του νερού.

Στην περιοχή ενδιαφέροντος, ανοίχτηκαν τη δεκαετία του '80 δοκιμαστικές γεωτρήσεις, έγιναν αντλήσεις, αλλά αποδείχτηκε ότι το νερό, ιδιαίτερα κοντά στην πηγή, είναι αρκετά υφάλμυρο και θεωρήθηκε ακατάλληλο για ύδρευση αλλά κατάλληλο για την άρδευση ελαιώνων. Σε πιο απομακρυσμένες περιοχές από την πηγή, όπως στην περιοχή Σκαφιδαρά αλλά και κοντά στην έξοδο του φαραγγιού της Κέρης το νερό αποδείχτηκε καταλληλότερο για πόση και γι' αυτό, ανοίχτηκαν μικρές γεωτρήσεις και πηγαδάκια, για άρδευση, κυρίως ιδιόκτητης χρήσης. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της γεώτρησης στο χώρο του Βαρδινογιάννειου σταδίου για το πότισμα κυρίως του χλοοτάπητα (γκαζόν) του γηπέδου.

ΣΧΗΜΑ 3.16: ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΔΙΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΠΙΘΑΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ



Προτάσεις για την βέλτιστη εκμετάλλευση του σύνθετου καρστικού υδροφόρου συστήματος της πηγής Αλμυρού.

Μετά από αυτά που εξετάθηκαν σχετικά με το μηχανισμό λειτουργίας του καρστικού υδροφόρου συστήματος, καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα- προτάσεις για την βέλτιστη εκμετάλλευση του:

α. Οι πιθανότητες συνεχούς υδρομάστευσης γλυκών νερών στην ζώνη πλησίον της πηγής Αλμυρού είναι ελάχιστες αν όχι μηδαμινές. Για εποχιακή αλλά οπωσδήποτε περιορισμένη υδρομάστευση τα απαιτούμενα για το σκοπό αυτό έργα θα είναι δαπανηρώτατα. Ως εκ τούτου η όλη προσπάθεια θα πρέπει να στραφεί ανάντη και μακρά της πηγής.

β. Σε πρώτο στάδιο θα πρέπει να επιδιωχθεί η εκμετάλλευση μέσα από υδρογεωτρήσεις των επικαρστικών υδροφόρων στρωμάτων ανάντη της πηγής που αναφέρονται στην παρούσα μελέτη και έχουν ελάχιστη στάθμη υπόγειου νερού αρκετές δεκάδες μέτρα πάνω από τη θάλασσα. Μερικά από αυτά φαίνεται ότι συγκρατούν νερό όλο το χρόνο.

γ. Σε δεύτερο στάδιο θα πρέπει να επιδιωχθεί η εκμετάλλευση των δυναμικών υδατικών αποθεμάτων της κορεσμένης ζώνης του καρστικού υδροφόρου συστήματος, που δίνει την παροχή "βάσεως" στην πηγή Αλμυρού.

δ. Για την επίτευξη των συγκεκριμένων στόχων της υποπαραγράφου β και γ θα πρέπει να συνταχθεί και να αρχίσει να εκτελείται ένα δυναμικό πρόγραμμα ερευνητικών εργασιών, που να περιλαμβάνει και πειραματικά έργα εκμεταλλεύσεως που να είναι εντάξιμα στο τελικό σχέδιο εκμεταλλεύσεως, όπως έγινε και στη Δυτική Κρήτη.

Το ερευνητικό αυτό πρόγραμμα θα είναι τριών φάσεων. Ενδεικτικά και όχι περιοριστικά αυτό μπορεί να περιλαμβάνει:

Φάση I : Αναφέρεται στη γενική διερεύνηση των γεωλογικών σχηματισμών και υδρογεωλογικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής του καρστικού συστήματος. Περιλαμβάνει την βασική έρευνα, απαραίτητη και για τα δύο στάδια. Πρόκειται περί ερευνών που έχουν κατά καιρούς προταθεί από διάφορους μελετητές.

(1) Επίσπευση έκδοσης από το ΙΓΜΕ των γεωλογικών χαρτών 1:50.000 της Κεντρικής Κρήτης (άσκησης κάθε δυνατής πίεσης).

(2) Τηλεδιερεύνηση της ευρύτερης περιοχής του καρστικού συστήματος, με έμφαση στις υδρογεωλογικές συνθήκες: Καταγραφή της εκπεμπόμενης από το έδαφος θερμικής υπέρυθρης ακτινοβολίας, εκπεμπόμενης ραδιενεργού και ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας (α) μέσω των δορυφόρων Landsat 4 5 (συσκευή MSS στις φασματικές ζώνες από 1 έως 7 κεχωρισμένα). (β) Καταγραφή με αεροπλάνο της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας μήκους κύματος 0,4 έως 0,7 μm και εκπεμπόμενης υπέρυθρης σε μήκος κύματος 8-14 μm. (γ) Καταγραφή της εκπεμπόμενης από το έδαφος ραδιενεργούς ακτινοβολίας ακτινών "γ", (δ) χημικές και ισοτοπικές αναλύσεις σε δείγματα νερού (τρίτιο, ουράνιο κ.λ.π.), (ε) συλλογή υπαρχόντων στοιχείων και στοιχείων που θα ληφθούν στο έδαφος και από τις καταγραφές ανάλυση, επεξεργασία και μελέτη των και σύνταξη του θερμογραφικού χάρτη με τα ρήγματα και τις κύριες γραμμές ροής των υπόγειων υδάτων και του χάρτου με τις καταγραφές της ραδιενεργούς ακτινοβολίας, τις ισοτοπικές και χημικές αναλύσεις νερού κ.λ.π.

(3) Γεωλογική χαρτογράφηση (κυρίως υδρολιθολογική) των περιοχών ειδικού ενδιαφέροντος, σε κλίμακα 1:20.000 επί τοπογραφικού τοπογράφου που θα έχει προέλθει από σμίκρυνση των χαρτών 1:5000 της Γ.Υ.Σ. Προσεκτική ανάλυση των τεκτονικών δομών και στοιχείων από έμπειρους υδρογεωλόγους και τεκτονικούς.

(4) Εφαρμογή ηλεκτρομαγνητικής μεθόδου για εύρεση επαφής γλυκού – αλμυρού νερού .

Φάση II: Αξιολόγηση όλων των υπαρχόντων στοιχείων ,μελετών κ.λ.π. και κατάρτιση ερευνητικού προγράμματος που θα έχει σαν στόχο τα επικαρστικά υδροφόρα στρώματα και θα περιλαμβάνει απαραίτητα και πειραματικές υδρογεωτρήσεις .

Φάση III: Το πρόγραμμα αυτό θα καταρτισθεί μετά την εκτέλεση του προγράμματος φάσεως I και μέρους της φάσεως II και αξιολόγηση όλων των μέχρι τότε υπαρχόντων στοιχείων. Το πρόγραμμα θα έχει σαν στόχο την εκμετάλλευση του καρστικού συστήματος .

ε. Επειδή η έναρξη εκτελέσεως των ερευνητικών προγραμμάτων φάσεως I και II δεν είναι δυνατόν να αρχίσει αμέσως ,θεωρούμε τελείως απαραίτητη την άμεση αξιολόγηση των στοιχείων πιεζομετρίας που υπάρχουν και την συνέχιση λήψεως στοιχείων της διακυμάνσεως της στάθμης νερού στις υπάρχουσες γεωτρήσεις και πιεζόμετρα ανάντη της πηγής Αλμυρού ,τουλάχιστον μία φορά τη βδομάδα και απαραίτητα συχνότερα μετά από έντονες βροχοπτώσεις ή τήξη χιονιών ,με ταυτόχρονη δειγματοληψία για χημικές και πιθανώς ισοτοπικές αναλύσεις (δειγματοληψία κατά βάθη) .Θα προηγηθεί έλεγχος στη λειτουργία των πιεζομέτρων-γεωτρήσεων, ακριβής χωροστάθμηση και τοποθέτηση των σε χάρτη 1:5000.Ενδεχόμενα θα πρέπει να συμπληρωθεί το δίκτυο με την διάνοιξη 2 έως 4 νέων ερευνητικών δειγματοληπτικών γεωτρήσεων που θα μετατραπούν σε πιεζόμετρα.

Τονίζεται ιδιαίτερα ότι ίσως η σπουδαιότερη ερευνητική εργασία για όλες τις φάσεις είναι αυτή που αποβλέπει στη γνώση της διακυμάνσεως της στάθμης και του αντιστοίχου χειρισμού του υπόγειου νερού ,πιθανότατα με πολυεπίπεδα πιεζόμετρα και ταυτόχρονη συστηματική δειγματοληψία. Η λήψη των στοιχείων θα πρέπει να μη σταματήσει αλλά να συνεχίζεται ακόμη και στο στάδιο εκμεταλλεύσεως.

στ. Δε θα πρέπει να διανοιχθεί νέα υδρογεώτρηση εάν προηγουμένως δεν έχουν αξιολογηθεί τα συμπεράσματα από τη διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού και της υδροπερατότητας των πετρωμάτων βάσει των στοιχείων που υπάρχουν σήμερα. Θα προηγηθεί απαραίτητα η διάνοιξη ερευνητικής δειγματοληπτικής γεωτρήσεως ,δοκιμές υδροπερατότητας και είναι δυνατόν , άντληση με air-lift και θα μετατραπεί σε πιεζόμετρο . Εάν η αξιολόγηση των στοιχείων κριθεί ικανοποιητική θα προχωρήσει η διάνοιξη πειραματικής υδρογεωτρήσεως σε απόσταση 5 έως 10 μέτρα από την ερευνητική.

Θα επακολουθήσει φυσικά δοκιμαστική άντληση με ταυτόχρονη λήψη στοιχείων στάθμης στην υδρογεώτρηση ,στο πιεζόμετρο και σε άλλα απομακρυσμένα όπως και δειγματοληψία.

Σε περίπτωση που η επιλογή της θέσεως μίας πειραματικής υδρογεωτρήσεως , η διάνοιξη και η δοκιμαστική άντληση ακολουθήσουν την παραπάνω διαδικασία και παρ' όλα αυτά η παροχή της γεωτρήσεως είναι πολύ μικρή ,τότε είναι εύκολο να διαπιστωθεί αν αυτό οφείλεται σε αστοχία στην εκτέλεση της γεωτρήσεως ή σε απότομη μεταβολή της υδροπερατότητας του γεωλογικού σχηματισμού. Και στις δύο περιπτώσεις αποκτάται εμπειρία για την περαιτέρω πορεία του ερευνητικού προγράμματος.

Μαζί με τις άλλες προτάσεις:

Το άριστης ποιότητας υφάλμυρο νερό του Αλμυρού, θα μετατρέπεται σε πόσιμο νερό απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς, άλατα και χλωριόντα μέχρι και ποσοστού 99% κατά την επιλογή μας, με τη μέθοδο της Αντίστροφης Όσμωσης (Α.Ο), σ' ένα απόλυτα συναγωνιστικό κόστος.

Οι εγκαταστάσεις της Αντίστροφης Όσμωσης θα είναι κάθε φορά του πιο πρόσφορου μεγέθους 5 ή 10 ή 15000 MJ ανά ημέρα και θα εγκαθίστανται με την άνοδο των αναγκών σε νερό με διάθεση των κάθε φορά απαιτούμενων κεφαλαίων.

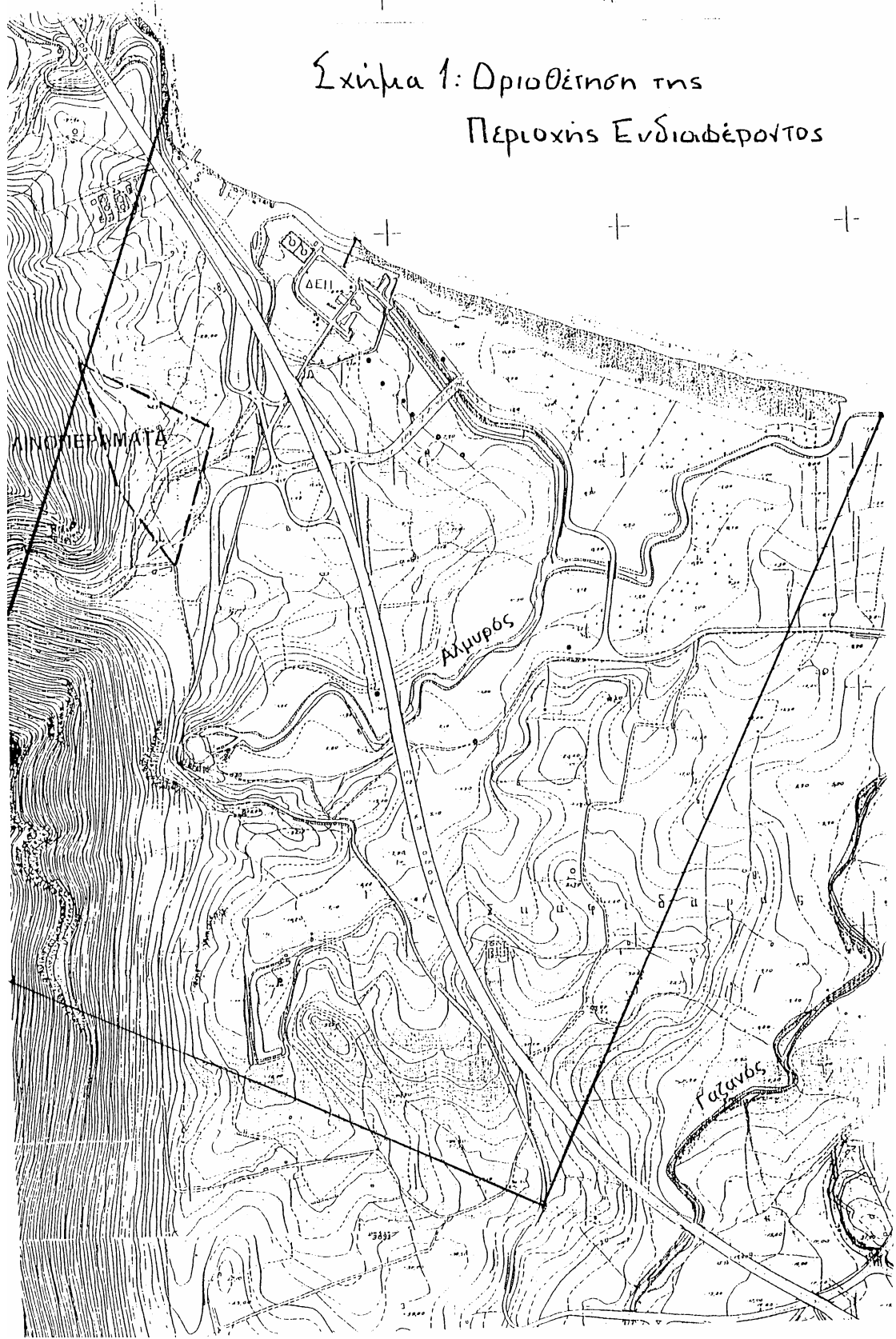
Έτσι η διάθεση των κεφαλαίων θα είναι τμηματική με συνέπεια η επιβάρυνση του νερού από δαπάνες κεφαλαίων να είναι ένα μόνο κλάσμα εκείνων του φράγματος.

Το κόστος του νερού για μια εγκατάσταση παραγωγής 15000 MJ ανά ημέρα στις δεξαμενές τις εγκατάστασης υπολογίζεται σήμερα σε 40 δρχ περίπου, ενώ το νερό του φράγματος με ευνοϊκότερους όρους αποσβέσεων θα στοιχίζει για μία απόληψη 13×10^6 MJ που θα πραγματοποιηθεί 10 χρόνια περίπου μετά την περαίωση του φράγματος πάνω από 150 δρχ το κυβικό.

Έτσι η εκμετάλλευση του νερού του Αλμυρού αποδεικνύεται σήμερα η μοναδική, η αναμφισβήτητη, η πιο πρόσφορη και άμεσης εφαρμογής Λύση των προβλημάτων ύδρευσης και άρδευσης της ευρύτερης περιοχής Ηρακλείου που με μία σταδιακή διπλή εκμετάλλευση του γλυκού και του υφάλμυρου νερού του θα αποδειχθεί ένα πραγματικά θείο δώρο.

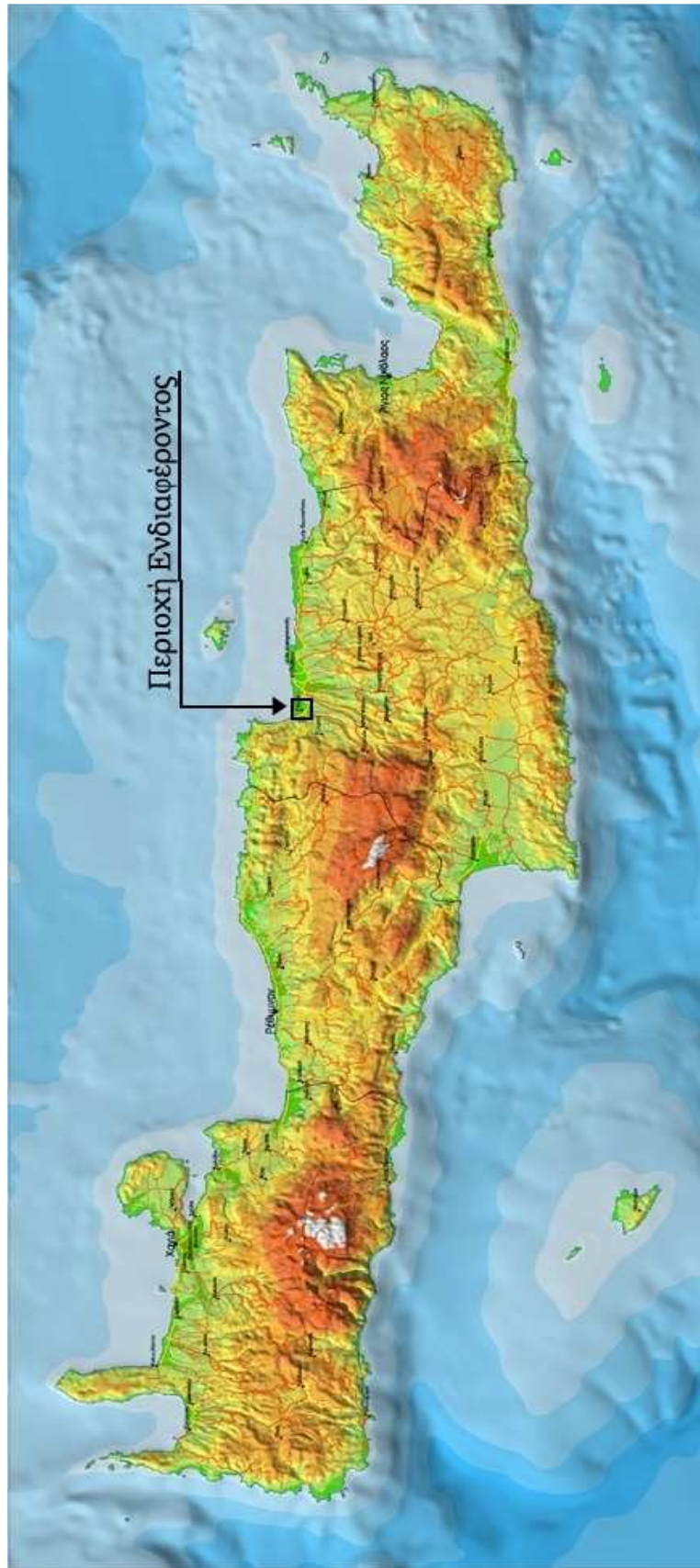
Παράρτημα Υλικό
Φωτογραφίες

Σχίμα 1: Οριοθέτηση της
Περιοχής Ενδιαφέροντος



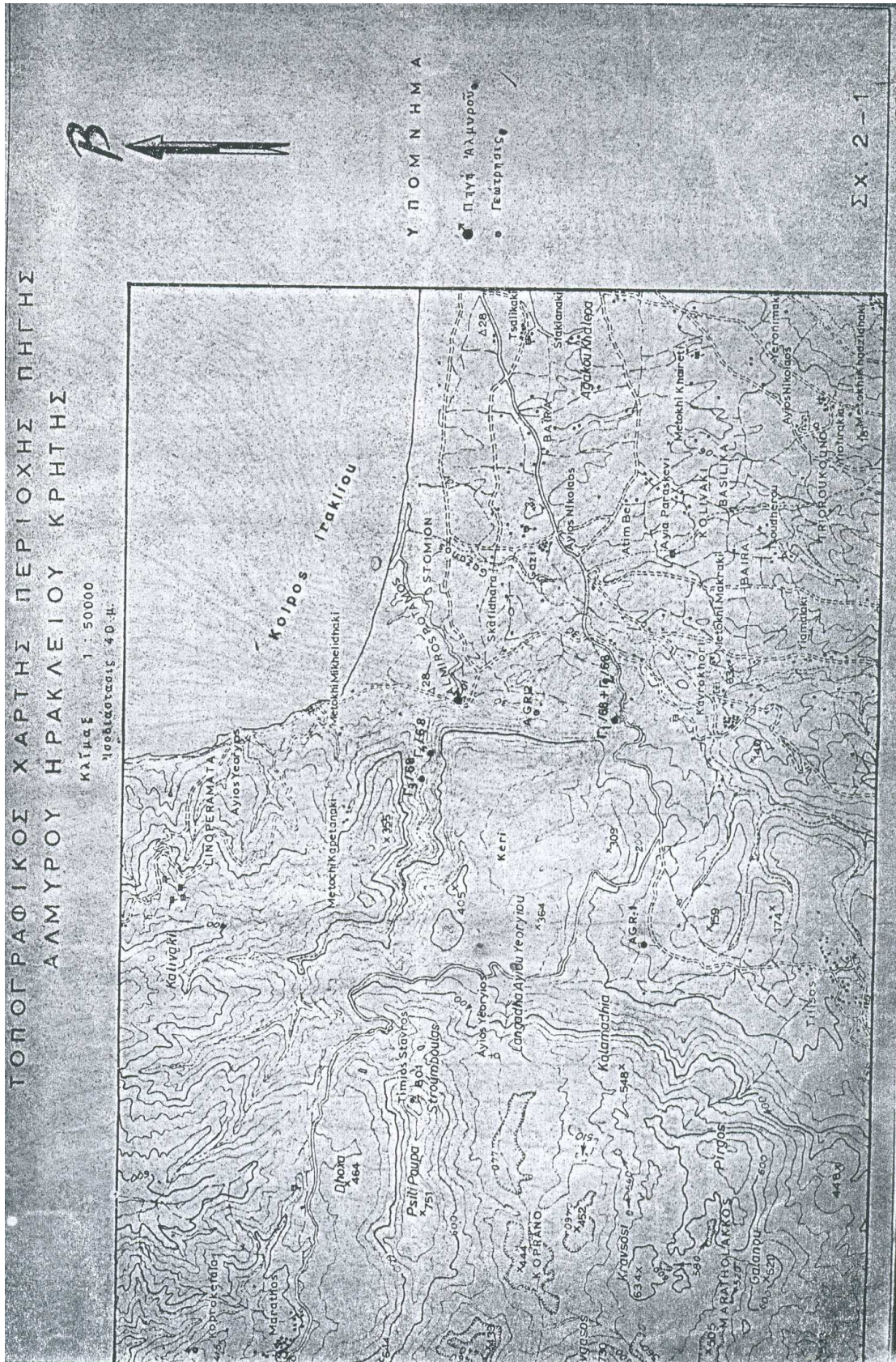
φωτο: απεικόνιση παραποτάμιας ζώνης του Αλιμυρού



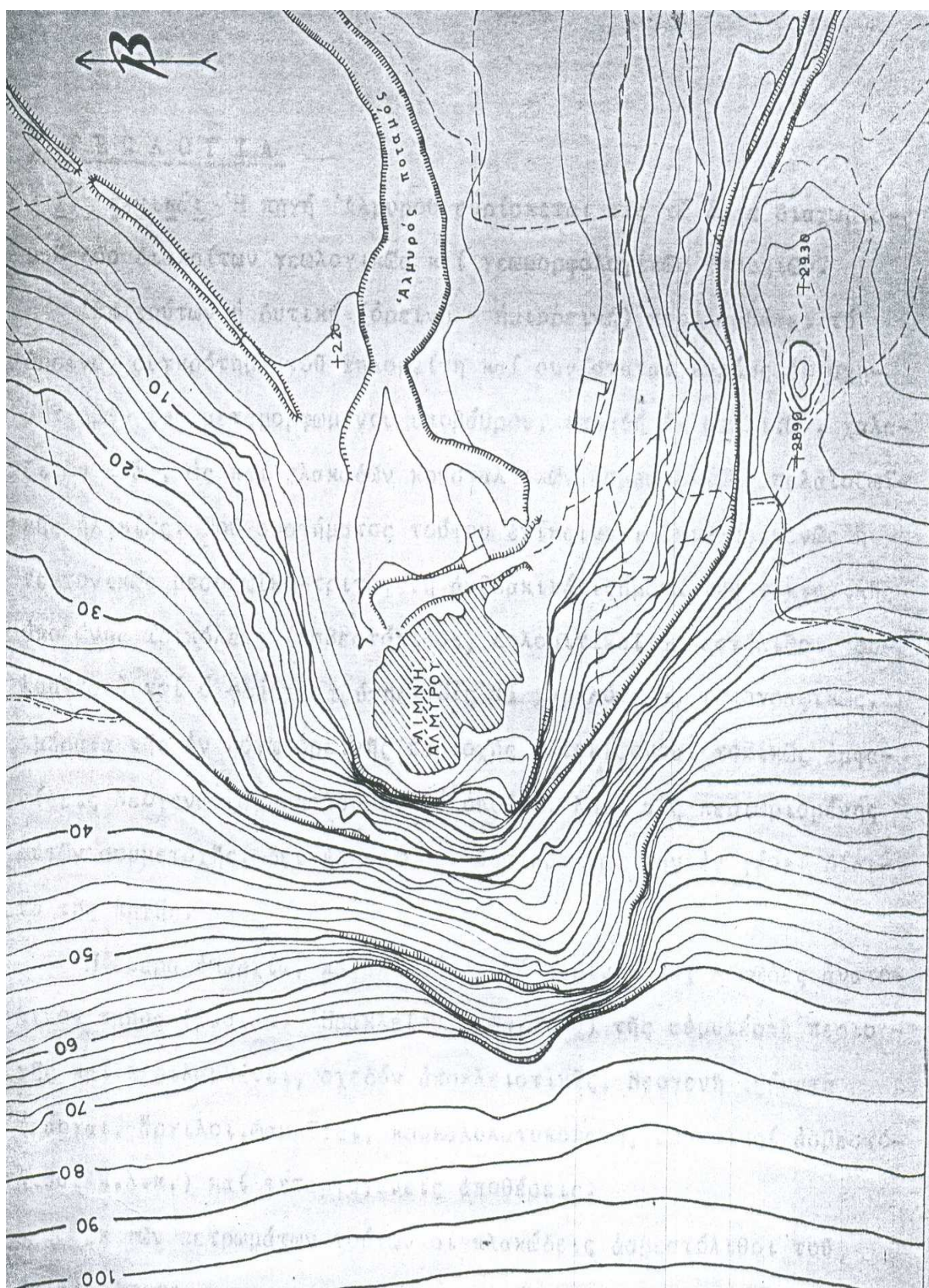


ΣΧΗΜΑ 2.1. Η νήσος Κρήτη και η περιοχή ενδιαφέροντος

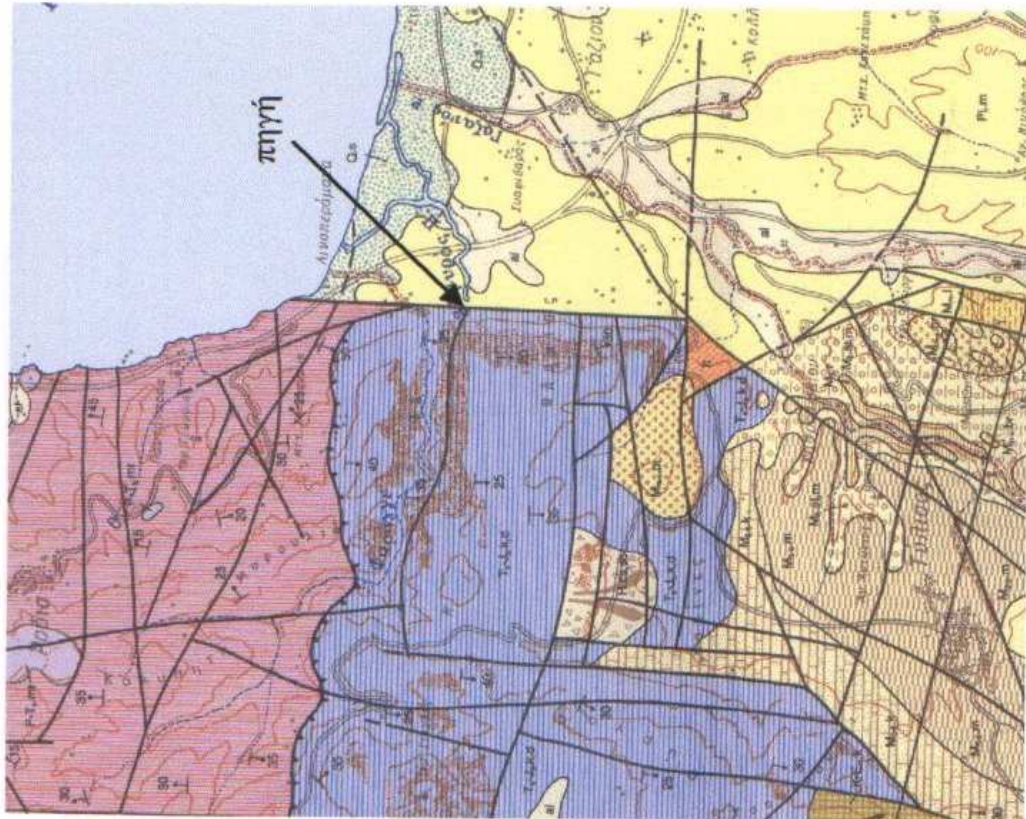
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΗΓΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΤΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ



. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής της πηγής

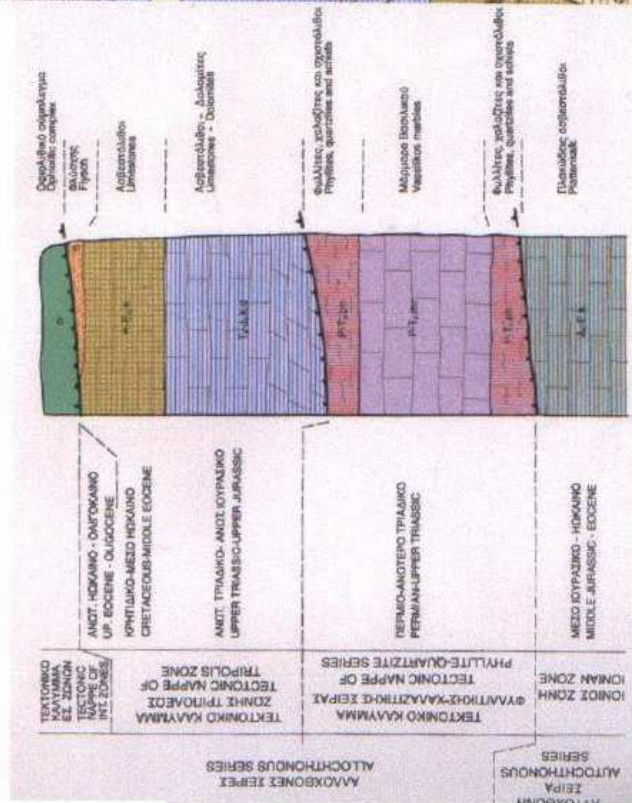


ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

αι ποτάμιες αποθέσεις και αποθέσεις κλειστών
λεκανών

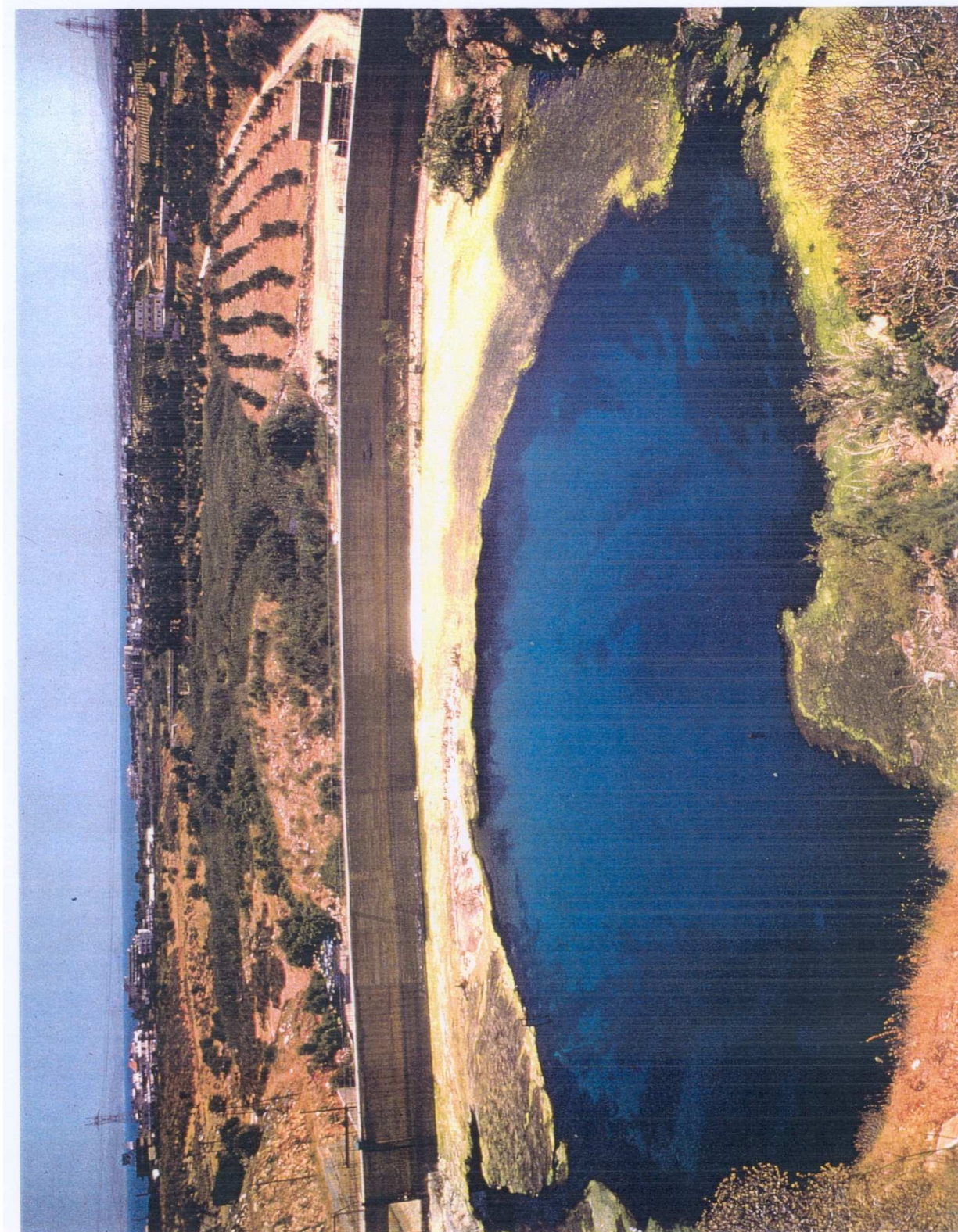
Pli.m λευκές μάρμες (σηηματισμός Φοινικιάς)

ΑΛΛΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

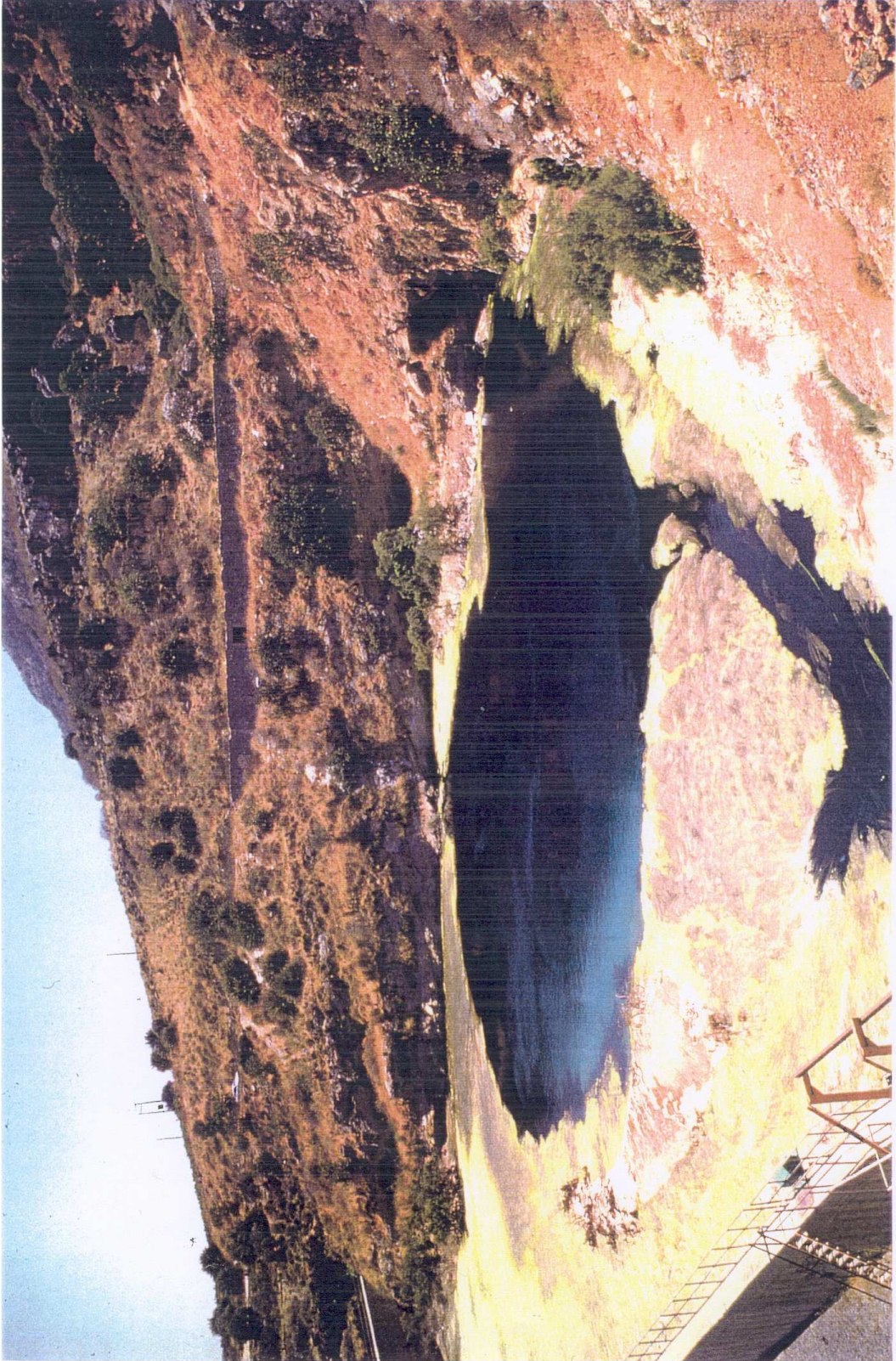




1. Η βορειοδυτική απότομη όχθη της λίμνης. Στο βάθος οι εγκαταστάσεις της Δ.Ε.Η. (καλοκαίρι)



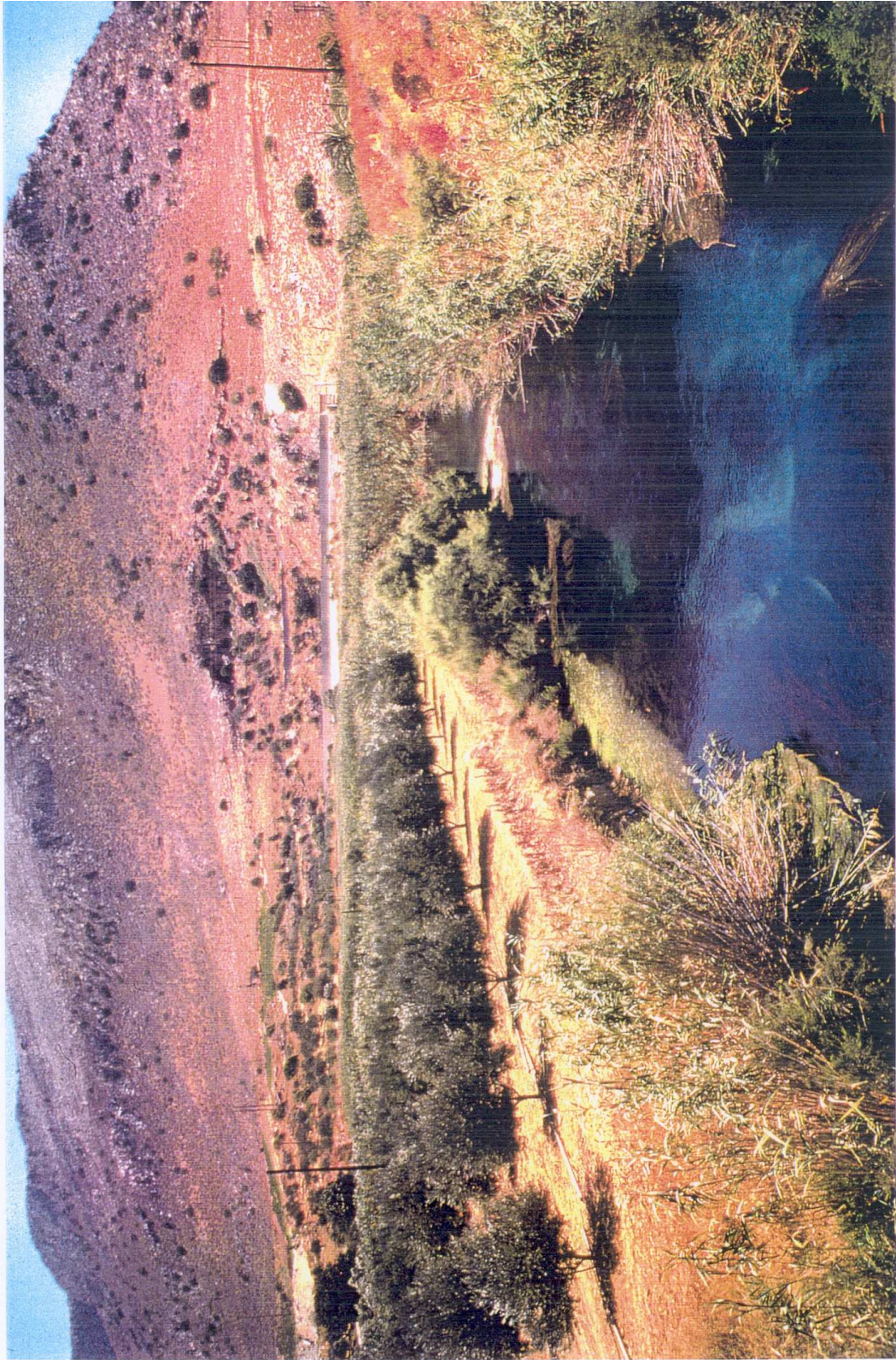
2. Από τη λίμνη προς το φράγμα και την κοιλάδα του Αλιμρού μέχρι τη θάλασσα (καλοκαίρι)



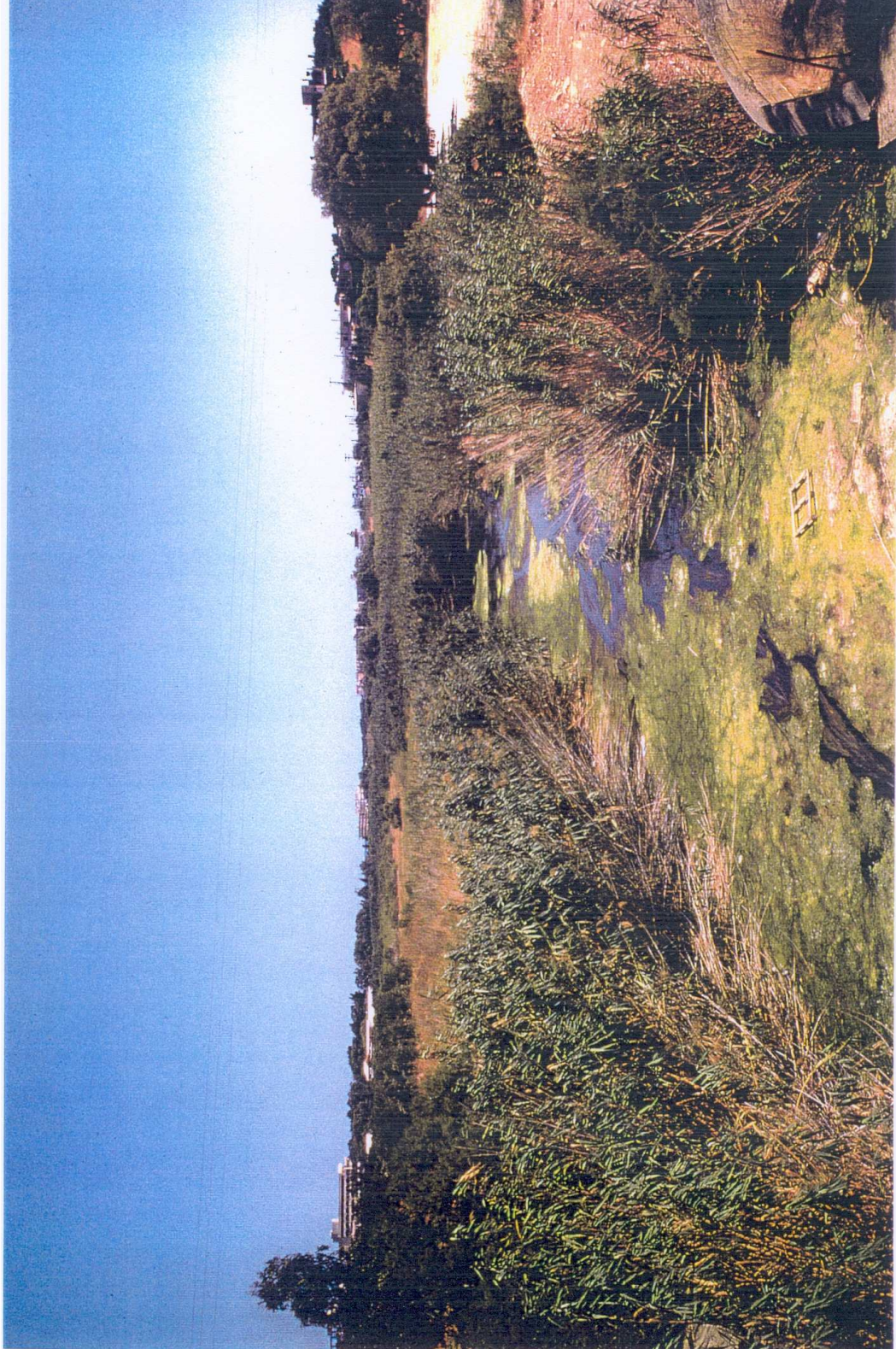
3. Η νοτιοδυτική απότομη όχθη της λίμνης με την πλαγιά του βουνού (καλοκαίρι)



4. Η λίμνη με το χώρο μπροστά στο φράγμα από βορρά προς νότο (καλοκαίρι)



5. Η κοίτη και η κοιλάδα του Αλμυρού από την Εθνική οδό προς το φράγμα (καλοκαίρι)



6. Η κοίτη και η κοιλάδα του Αλμυρού από την Εθνική οδό προς τη θάλασσα (καλοκαίρι)



7. Διαπλάτυνση της κοίτης κοντά στη συμβολή με το κανάλι της Δ.Ε.Η. (καλοκαίρι)



8. Τουριστικές εγκαταστάσεις δίπλα στο γεφυράκι στη συμβολή με το κανάλι της Δ.Ε.Η. (χειμώνας)



9. Από το γεφυράκι στη συμβολή με το κανάλι της Δ.Ε.Η. προς το κανάλι (χειμώνας)



10. Από το κανάλι της Δ.Ε.Η. προς τις εγκαταστάσεις της στα Λινοπεράματα (Χειμώνας)



11. Η κοίτη και ο υδροβιότοπος από τη συμβολή με το κανάλι της Δ.Ε.Η. βορειοανατολικά (χειμώνας)



12. Η κοίτη και ο υδροβιότοπος από τη γέφυρα στον επαρχιακό δρόμο νοτιοδυτικά (χειμώνας)



13. Η κοίτη και ο υδροβιότοπος από τη γέφυρα στον επαρχιακό δρόμο βορειανατολικά (χειμώνας)



14. Ο βιότοπος κοντά στον επαρχιακό δρόμο νοτιοανατολικά της κοίτης (χειμώνας)



15. Εποχιακά τέλματα και σκουπίδια με "φόντο" τα Εξοδοχεία δυτικά της κοίτης (χειμώνας)



16. Εποχιακά τέλματα, σκουπίδια και "αλάνες" δυτικά της κώπης προς τη θάλασσα (χειμώνας)



17. Συστηματική επιχωμάτωση (μπάζωμα) ανατολικά της κοίτης κοντά στις εκβολές (Χειμώνας)

