

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**Υδρογεωλογική Μελέτη του Βόρειου Τμήματος της Νήσου  
Ρόδου – Προσομοίωση Υπόγειας Ροής με χρήση του  
Τρισδιάστατου Μοντέλου Ροής Υπογείων Υδάτων και  
Μεταφοράς Ρύπων “PTC”**

**ΣΤΕΡΓΙΑΔΗ ΜΑΡΙΑ**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

**ΚΑΡΑΤΖΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (επιβλέπων)**

**ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΤΣΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**Χανιά**

**Ιούλιος 2004**

### ***Ευχαριστίες***

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Γεώργιο Καρατζά για την πολύτιμη συνεργασία και το αδιάπτωτο ενδιαφέρον που επέδειξε. Οφείλω επίσης να ευχαριστήσω την μεταδιδακτορική ερευνήτρια Δρ. Μαρία Παπαδοπούλου για την προσφορά βοήθειας όποτε της ζητήθηκε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας, καθώς και την καθηγήτρια Ευπραξία – Αίθρα Μαριά για τη βοήθειά της στα θέματα περιβαλλοντικής νομοθεσίας.

Τέλος, ευχαριστώ τον κ. Φαντίδη, προϊστάμενο του Υπουργείου Εγγείων Βελτιώσεων Ρόδου, για την παροχή του απαραίτητου βιβλιογραφικού υλικού για την πραγματοποίηση της διπλωματικής εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η υδρογεωλογία του βόρειου τριγώνου της νήσου Ρόδου και προσομοιώνεται η υπόγεια ροή στην περιοχή με χρήση του τρισδιάστατου μοντέλου ροής υπογείων και μεταφοράς ρύπων “PTC” (Princeton Transport Code). Αρχικά γίνεται μια σύντομη αναφορά στην αναγκαιότητα αειφόρου διαχείρισης των υδάτινων πόρων και στα βήματα που έχουν γίνει προς αυτή την κατεύθυνση, ενώ στη συνέχεια παρατίθενται μερικά από τα βασικά νομοθετήματα σχετικά με την προστασία και διαχείριση των υδάτων, που διέπουν τόσο το κοινοτικό όσο και το ελληνικό θεσμικό Δίκαιο. Έπειτα, δίνεται μια γενική εικόνα της νήσου Ρόδου, με παράθεση των δημογραφικών, οικονομικών, περιβαλλοντικών, πολιτισμικών και τεχνικών στοιχείων που την χαρακτηρίζουν, καθώς και μια σύντομη αναφορά στη γεωμορφολογία και τις γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Στη συνέχεια, και αφού πρώτα παρατεθούν κάποιες βασικές έννοιες της υπόγειας υδρολογίας, γίνεται παρουσίαση των κλιματολογικών συνθηκών στην περιοχή και των όρων του υδατικού ισοζυγίου (βροχόπτωση, εξατμισοδιαπνοή, απορροή, διήθηση), καθώς και σύντομη αναφορά στα γεωμετρικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά των υδροφορέων. Ακολουθεί αναφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο στηρίζεται η μοντελοποίηση της κίνησης των υπογείων υδάτων με χρήση αριθμητικών μεθόδων, αναφορά στο λογισμικό Argus One GIS και περιγραφή του μοντέλου “PTC”. Μετά τη βαθμονόμηση του μοντέλου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης για την παρούσα και μελλοντική κατάσταση, υπό πραγματικές συνθήκες και με βάση διάφορα σενάρια, όπως ο διπλασιασμός των παροχών άντλησης νερού από τις γεωτρήσεις και η αναστολή λειτουργίας κάποιων παράκτιων γεωτρήσεων. Λόγω του έντονου φαινομένου της υφαλμύρωσης των παράκτιων υδροφορέων και της παρουσίας γεωτρήσεων στην παράκτια ζώνη που υπερ-αντλούν το υπόγειο ύδωρ, προτείνεται η αναστολή της λειτουργίας κάποιων γεωτρήσεων, η οποία αναμένεται να οδηγήσει στην αύξηση του υδραυλικού ύψους και στον περιορισμό της διείσδυσης θαλασσινού νερού. Τέλος, προτείνεται η ανόρυξη νέων γεωτρήσεων να γίνεται στην περιοχή όπου εντοπίστηκαν πηγές.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>9</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.....</b>	<b>12</b>
2.1 Εισαγωγή.....	12
2.2 Στόχοι και δραστηριότητες κοινοτικής πολιτικής .....	13
2.2.1 Agenda 21 .....	13
2.2.2 Κοινοτική πολιτική έρευνας – Προγράμματα Πλαίσια .....	14
2.3 Σχόλια .....	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΥΔΑΤΑ.....</b>	<b>18</b>
3.1 Κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο.....	18
3.2 Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο .....	23
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ.....</b>	<b>30</b>
4.1 Γενικά στοιχεία για το Νομό Δωδεκανήσου.....	30
4.2 Γενικά στοιχεία για το νησί της Ρόδου .....	31
4.2.1 Δημογραφικά στοιχεία.....	31
4.2.2 Οικονομία .....	32
4.2.3 Περιβάλλον .....	35
4.2.4 Πολιτισμός .....	37
4.2.5 Τεχνικές υποδομές .....	38
4.3 Σύντομη περιγραφή βόρειου τριγώνου νήσου Ρόδου.....	40
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....</b>	<b>49</b>
5.1 Γενικά γεωμορφολογικά στοιχεία.....	49
5.2 Υδρογραφικό δίκτυο .....	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....</b>	<b>55</b>
6.1 Γεωλογία – Στρωματογραφία .....	55
6.2 Τεκτονική.....	58



**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ ..... 63**

7.1 Υδρολογικός κύκλος .....	63
7.2 Ταξινόμηση υπογείων υδάτων .....	64
7.3 Υδροφορείς .....	64
7.4 Ομοιογένεια και ισοτροπία .....	67

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ – ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ..... 69**

8.1 Βροχοπτώσεις .....	69
8.1.1 Γενικά.....	69
8.1.2 Ανάλυση βροχομετρικών δεδομένων .....	69
8.2 Κλιματολογικές συνθήκες .....	74
8.2.1 Θερμοκρασία .....	75
8.2.2 Σχετική υγρασία.....	76
8.2.3 Ηλιοφάνεια.....	77
8.2.4 Άνεμοι.....	77
8.3 Εξατμισοδιαπνοή .....	78
8.3.1 Εξάτμιση .....	78
8.3.2 Δυνητική εξατμισοδιαπνοή στην πεδινή περιοχή.....	79
8.3.3 Δυνητική και πραγματική εξατμισοδιαπνοή σε ημιορεινές και ορεινές περιοχές.....	80
8.4 Απορροή.....	82
8.5 Διήθηση.....	85
8.6 Υδατικό ισοζύγιο .....	86
8.7 Γεωμετρικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά υδροφορέων .....	87
8.7.1 Μέσο πάχος υδροφορέα κατά λεκάνη .....	87
8.7.2 Υδραυλικά χαρακτηριστικά.....	88

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ..... 90**

9.1 Εισαγωγή.....	90
9.2 Βασικές εξισώσεις και αριθμητικές μέθοδοι .....	91
9.2.1 Απόψεις και θεμελιώδεις εξισώσεις.....	91
9.2.2 Αριθμητικές μέθοδοι.....	95
9.3 Εννοιολογικό μοντέλο και σχεδιασμός πλέγματος.....	96

9.3.1 Κατασκευή εννοιολογικού μοντέλου.....	96
9.3.2 Σχεδιασμός πλέγματος.....	97
9.3.3 Προσδιορισμός και μεταφορά παραμέτρων στο πλέγμα.....	99
9.4 Οριακές συνθήκες.....	101
9.4.1 Είδη ορίων.....	101
9.4.2 Θέση ορίων.....	102
9.4.3 Προσομοίωση ορίων.....	102
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ARGUS ONE GIS ΚΑΙ</b>	
<b>ΜΟΝΤΕΛΟΥ “PTC”.....</b>	<b>105</b>
10.1 Εισαγωγή.....	105
10.2 Σύντομη αναφορά στο λογισμικό Argus One GIS.....	105
10.3 Κυρίαρχες εξισώσεις.....	106
10.4 Επίλυση του αλγορίθμου του PTC.....	107
10.5 Τρισδιάστατη ροή υπογείων υδάτων.....	107
10.5.1 Κυρίαρχη εξίσωση.....	107
10.5.2 Εφαρμογή της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων.....	108
10.5.3 Εφαρμογή της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών.....	110
10.5.4 Κάθετη παραγωγή.....	111
10.5.5 Η χρονική παράγωγος.....	112
10.6 Οριακές συνθήκες.....	113
10.6.1 Οριακές συνθήκες σταθερού υδραυλικού ύψους.....	113
10.6.2 Οριακές συνθήκες σταθερής ροής.....	113
10.6.3 Οριακές συνθήκες τρίτου είδους.....	114
10.7 Συνθήκες για τον υδροφόρο ορίζοντα.....	115
10.8 Τρισδιάστατη μεταφορά ρύπων.....	118
10.8.1 Κυρίαρχες εξισώσεις.....	118
10.8.2 Οριακές συνθήκες.....	119
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....</b>	<b>121</b>
11.1 Εισαγωγή δεδομένων στο μοντέλο PTC.....	121
11.2 Βαθμονόμηση.....	127

---

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ.....</b>	<b>131</b>
12.1 Μοντελοποίηση υπό πραγματικές συνθήκες άντλησης.....	131
12.2 Σενάρια για την παρούσα κατάσταση.....	142
12.3 Πρόβλεψη μελλοντικής κατάστασης.....	148
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....</b>	<b>156</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>158</b>

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΧΑΡΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΔΕΛΤΙΑ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΦΡΕΑΤΩΝ**

# Κεφάλαιο 1

## *Εισαγωγή*

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υφιστάμενη κατάσταση των υδάτινων συστημάτων, τόσο στην Ελλάδα όσο και σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Κοινότητα, αποκαλύπτει ότι η βιωσιμότητα των υδατικών πόρων σε πολλές περιοχές απειλείται. Έτσι, παρόλο που τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται μια φαινομενική σταθερότητα ή ακόμη και μείωση της πίεσης στους υδάτινους πόρους λόγω της εφαρμογής της αυστηρής ευρωπαϊκής νομοθεσίας, δεν παύουν να υπάρχουν περιοχές όπου η κατάσταση του υδάτινου περιβάλλοντος εξακολουθεί να είναι εξαιρετικά ανησυχητική και η αειφορία τους αβέβαιη.

Πολλές φορές, η ζήτηση νερού από έναν δεδομένο αποδέκτη υπερβαίνει τις διαθέσιμες από αυτόν ποσότητες ή η ενδεχομένως κακή του ποιότητα λόγω ρύπανσης περιορίζει τη δυνατότητα εκμετάλλευσής του. Από την άλλη, η υπεράντληση νερού απειλεί τη βιωσιμότητα ενός μεγάλου αριθμού υδροφορέων ενώ σε πολλές παραλιακές ζώνες εμφανίζεται το φαινόμενο της υφαλμύρωσης των αποθεμάτων νερού των υδροφορέων λόγω της εισροής θαλάσσιου ύδατος.

Μεγάλος αριθμός υγροβιοτόπων, κυρίως στη Νότια αλλά και στη Βόρεια Ευρώπη, χαρακτηρίζονται ως απειλούμενοι λόγω της υπέρμετρης εκμετάλλευσης των υπογείων υδάτων των περιοχών αυτών. Ακόμη, η υπεράντληση νερού οδηγεί σε μείωση της παροχής των υδάτινων ρευμάτων, η οποία με τη σειρά της οδηγεί στην οικολογική υποβάθμιση ορισμένων ποταμών και στην επιδείνωση υφιστάμενων προβλημάτων ποιότητας των υδάτων.

Παρόλο που ο αριθμός των έντονα ρυπασμένων ποταμών έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια, η βελτίωση της ποιότητας εντοπίζεται κυρίως σε μεγάλους ποταμούς ενώ ιδιαίτερα ανησυχητικός παράγοντας για την ποιότητα των υδάτων είναι και η ρύπανση από γεωργικές δραστηριότητες, οι οποίες επιβαρύνουν τα υδάτινα συστήματα με νιτρικά ιόντα προκαλώντας ευτροφισμό πολλών παράλιων ζωνών. Έτσι, νερό που αντλείται από υδροφόρους ορίζοντες που βρίσκονται σε μικρό βάθος ή από ζώνες εντατικής γεωργικής και κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης και το οποίο προορίζεται για άμεση κατανάλωση από τον άνθρωπο, πολλές φορές έχει συγκέντρωση νιτρικών ιόντων ανώτερη του ορίου των 50 mg/L που θεσπίζει η

Οδηγία για το πόσιμο νερό. Η υψηλή αυτή συγκέντρωση συνιστά κίνδυνο για την υγεία των καταναλωτών.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητή η αναγκαιότητα για ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων. Ωστόσο, διάφοροι λόγοι συνηγορούν στη δυσκολία υλοποίησης μιας τέτοιας βιώσιμης διαχείρισης. Μερικοί από τους λόγους αυτούς είναι τα εμπόδια στην υιοθέτηση αποδοτικότερων τεχνολογιών, τα ανεπαρκή θεσμικά πλαίσια, τα περιορισμένα κίνητρα για την μείωση της κατανάλωσης νερού, τα κενά στην ενσωμάτωση του περιβαλλοντικού προβληματισμού στις πολιτικές διαχείρισης και οι ανεπάρκειες και ελλείψεις στην εφαρμογή των περιβαλλοντικών πολιτικών. Σήμερα, οι στρατηγικές περιβαλλοντικής διαχείρισης τονίζουν όλο και περισσότερο το σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν οι υφιστάμενες πολιτικές τιμολόγησης του νερού, οι οποίες δεν έχουν ακόμη καταφέρει να πείσουν τους καταναλωτές για την αναγκαιότητα αειφόρου χρήσης του νερού.

Από το 1990 ξεκίνησαν κάποια βήματα για την ενίσχυση της αειφορίας του περιβάλλοντος με τη χρήση οικονομικών μέσων (όπως φόρων ή τελών). Έτσι, το 1992 με την Διακήρυξη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη στο Ρίο, αναγνωρίστηκαν πλήρως ο ρόλος των οικονομικών μέσων και η οικονομική αξία των φυσικών πόρων. Έκτοτε, η σημασία τους υπογραμμίστηκε επανειλημμένως, όπως με την υπουργική διακήρυξη του δεύτερου Παγκοσμίου Φόρουμ για τα Ύδατα (Χάγη, Μάρτιος 2000).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι οικονομικές αρχές και η χρήση οικονομικών μέσων ενσωματώθηκαν αργά αλλά σταθερά στις περιβαλλοντικές πολιτικές. Θεμελιώδεις αρχές της Κοινοτικής περιβαλλοντικής πολιτικής είναι *οι αρχές της προφύλαξης, της πρόληψης, της επανόρθωσης των καταστροφών του περιβάλλοντος κατά προτεραιότητα στην πηγή και η αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει”*.

Το Πέμπτο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το οποίο ολοκληρώθηκε το 2000, περιελάμβανε ως μία από τις βασικές του προτεραιότητες τη διεύρυνση των μέσων πολιτικής (Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Συμβούλιο, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και την Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή - Πολιτικές τιμολόγησης - Πολιτικές για την ενίσχυση της αειφορίας των υδάτινων πόρων, 2000).

## Κεφάλαιο 2

### *Αειφόρος Διαχείριση Υδατικών Πόρων*

## 2. ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

### 2.1 Εισαγωγή

Τόσο στην Ελλάδα όσο και σε παγκόσμια κλίμακα η ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση νερού, σε συνδυασμό με την περιορισμένη διαθεσιμότητά του και τη ρύπανση πολλών υδάτινων συστημάτων, δημιουργούν οξύτατα κοινωνικά και οικονομικά προβλήματα. Έτσι, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη για σχεδιασμό και διαχείριση δράσεων με σκοπό την προστασία και ανάπτυξη του υδάτινου περιβάλλοντος. Στα πλαίσια αυτά κινείται η οδηγία – πλαίσιο 2000/60/EK, στην οποία γίνεται εκτενέστερη αναφορά παρακάτω. Η οδηγία αυτή αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την εξασφάλιση της αειφορίας των υδατικών πόρων (Τσούτσος, 2002).

Κατά καιρούς έχουν δοθεί διάφοροι ορισμοί στην έννοια της αειφόρου ανάπτυξης, οι οποίοι όμως πάντα χαρακτηρίζονταν από επιστημονική και νομική αοριστία και ασάφεια. Γενικά, ως *βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη* μπορεί να χαρακτηριστεί η συμβατή και φιλική προς το περιβάλλον ανάπτυξη, αυτή που δεν εξαντλεί τους φυσικούς πόρους αλλά τους διαφυλάσσει για την παρούσα και τις μέλλουσες γενεές και ούτε συνεπάγεται μείωση ή υποβάθμιση των οικοσυστημάτων (Μαριά, 2002).

Ωστόσο, ο πιο αποδεκτός ορισμός για την αειφόρο ανάπτυξη δόθηκε από την Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη: “Η ανθρωπότητα έχει τη δυνατότητα να κάνει αειφόρο ανάπτυξη για την ικανοποίηση των αναγκών της σημερινής γενιάς χωρίς να τη στερεί από τις μελλοντικές γενεές. Η προοπτική της αειφόρου ανάπτυξης συνεπάγεται όρια – όχι ακριβή όρια, αλλά περιορισμούς που καθορίζονται με βάση τις τωρινές προδιαγραφές των τεχνολογικών και κοινωνικών οργανισμών που αφορούν τους περιβαλλοντικούς πόρους και την ικανότητα της βιόσφαιρας να επουλώνει τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων ” (WCED, 1987).

Η αειφόρος ανάπτυξη αποτελεί βασική προϋπόθεση για το σχεδιασμό της διαχείρισης της ποιότητας νερού και μεγάλος αριθμός μελετών έχει γίνει με βάση αυτήν (Τσούτσος, 2002).



## 2.2 Στόχοι και δραστηριότητες κοινοτικής πολιτικής

Το νερό αποτελεί αναμφισβήτητα ένα ανεκτίμητο αγαθό, του οποίου η διαθεσιμότητα θεωρείται δεδομένη. Ωστόσο, η υπερ-εξάντληση των υδάτινων αποθεμάτων, η ρύπανση θαλασσών, ποταμών και λιμνών και η μη ορθολογική διαχείριση οδηγούν σε ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των υδάτινων οικοσυστημάτων. Το πρόβλημα της υποβάθμισης των υδάτων δεν έχει τοπικό αλλά διακρατικό χαρακτήρα με αποτέλεσμα να απαιτείται διακρατική συνεργασία και συνεννόηση για την αντιμετώπισή του.

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν θεσπιστεί κατά καιρούς διάφοροι κανονισμοί, οδηγίες και αποφάσεις ενώ τον Ιούλιο του 2000 υιοθετήθηκε η οδηγία – πλαίσιο 2000/60/EK για την ολοκληρωμένη διαχείριση και προστασία των υδάτων. Η εφαρμογή της οδηγίας έχει προγραμματιστεί να ολοκληρωθεί το έτος 2015, ωστόσο η προθεσμία για την εναρμόνιση της νομοθεσίας των κρατών – μελών με αυτήν είναι το 2004 (Τσούτσος, 2002).

### 2.2.1 Agenda 21

Σημαντικό βήμα για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης είναι η Agenda 21, ένα σχέδιο δράσης που χρησιμοποιείται συστηματικά από κυβερνήσεις, τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών και διάφορες ομάδες σε κάθε περιοχή όπου το περιβάλλον θίγεται από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Έτσι, στη διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη στο Ρίο (UNCED, Ιούλιος 1992), περισσότερες από 178 κυβερνήσεις ενστερνίστηκαν την Agenda 21, τη διακήρυξη του Ρίο για το περιβάλλον και την ανάπτυξη και την έκθεση αρχών για τη βιώσιμη διαχείριση των δασών.



**Σχήμα 2.1:** Agenda 21 (UN Department of Economic and Social Affairs – Division for Sustainable Development, 2003)

Το Δεκέμβριο του 1992 συστάθηκε η Επιτροπή Αειφόρου Ανάπτυξης με σκοπό την εξασφάλιση της αποτελεσματικής συνέχειας της διάσκεψης και τον έλεγχο της εφαρμογής των συμφωνιών σε επίπεδο τοπικό, εθνικό, περιφερειακό και διεθνές. Ακόμη, συμφωνήθηκε να πραγματοποιηθεί το 1997 μια πενταετής επιθεώρηση για την πρόοδο της Συνόδου Κορυφής για τη Γη σε ειδική συνεδρίαση της Γενικής Συνέλευσης Ηνωμένων Εθνών.

Η πλήρης εφαρμογή της Agenda 21, το πρόγραμμα για περαιτέρω εφαρμογή της και η δέσμευση στις αρχές του Ρίο επαναβεβαιώθηκαν στην Παγκόσμια Σύνοδο Κορυφής για την Αειφόρο Ανάπτυξη (WSSD) που πραγματοποιήθηκε στο Γιοχάνεσμπουργκ, στο διάστημα από 26 Αυγούστου μέχρι 4 Σεπτεμβρίου 2002 (UN Department of Economic and Social Affairs – Division for Sustainable Development, 2003).

### **2.2.2 Κοινοτική πολιτική έρευνας – Προγράμματα Πλαίσια**

Από το 1984 η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει στραφεί προς την κατεύθυνση της πολιτικής έρευνας και της τεχνολογικής ανάπτυξης, με την πραγματοποίηση πολυετών προγραμμάτων – πλαισίων. Το 6<sup>ο</sup> Πρόγραμμα Πλαίσιο (2002 – 2006) στο οποίο βρισκόμαστε σήμερα είναι, όπως και τα προηγούμενα, ένα χρήσιμο εργαλείο που επηρεάζει σημαντικά τις ερευνητικές δραστηριότητες σε όλα τα κράτη μέλη.

Βασική προϋπόθεση για την υλοποίηση των προγραμμάτων αυτών είναι η καθιέρωση ενός ευρωπαϊκού χώρου έρευνας, ο οποίος θα επιτρέψει στην Ευρωπαϊκή Ένωση να αξιοποιήσει κατάλληλα το ερευνητικό δυναμικό της και να καταστεί ένας από τους βασικούς πόλους ώθησης της έρευνας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Το 5<sup>ο</sup> Πρόγραμμα Πλαίσιο (1998 – 2002) που προηγήθηκε αφορούσε τη θέσπιση πλαισίου χρηματοδότησης για την ενίσχυση του ρόλου της έρευνας στην Ευρώπη και την επίλυση των υφιστάμενων κοινωνικοοικονομικών προβλημάτων. Μια από τις κεντρικές δράσεις του ήταν η παραγωγή γνώσεων και τεχνολογιών για την αειφόρο διαχείριση των υδάτινων πόρων και την αντιμετώπιση καταστάσεων ανάγκης όπως οι πλημμύρες και η ερημοποίηση ορισμένων περιοχών. Συγκεκριμένα η έρευνα επικεντρώθηκε στα ακόλουθα θέματα (5<sup>ο</sup> Πρόγραμμα Πλαίσιο (1998 – 2002), 2002):

- Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτινων πόρων και των υδροβιότοπων με τη ανάπτυξη κατάλληλων τεχνολογιών
- Παρακολούθηση και πρόληψη της ρύπανσης υπογείων και επιφανειακών υδάτων
- Βελτίωση των συστημάτων επιτήρησης, έγκαιρης προειδοποίησης και επικοινωνίας
- Ρύθμιση των υδάτινων αποθεμάτων για περιοχές που αντιμετωπίζουν πρόβλημα λειψυδρίας

Το 6<sup>ο</sup> Πρόγραμμα Πλαίσιο (2002 – 2006), όπως ήδη προαναφέρθηκε, αφορά τη θέσπιση χρηματοδοτικού μέσου που θα καταστήσει δυνατή την υλοποίηση ενός αυθεντικού ευρωπαϊκού χώρου έρευνας που να ευνοεί την επιστημονική αριστεία, την ανταγωνιστικότητα και την καινοτομία μέσω της προώθησης συνεργασίας μεταξύ των διάφορων οικονομικών, κοινωνικών και επιστημονικών τομέων.

Το νέο αυτό πρόγραμμα πλαίσιο καθιερώνει δύο νέα εργαλεία για την υλοποίησή του. Τα δίκτυα αριστείας, που αποβλέπουν στη σταδιακή ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων των εταίρων οι οποίοι δικτυώνονται μέσω των “εικονικών” κέντρων αριστείας και τα ολοκληρωμένα έργα, που είναι μεγάλα έργα που αποσκοπούν στη δημιουργία κρίσιμης μάζας στο πλαίσιο ερευνητικών δραστηριοτήτων με σαφώς

καθορισμένους επιστημονικούς και τεχνολογικούς στόχους (6<sup>ο</sup> Πρόγραμμα Πλαίσιο (2002 – 2006), 2003).

### 2.3 Σχόλια

Η διαχείριση και διατήρηση της ποιότητας των υδάτων αποτελεί κλειδί για τη διαμόρφωση πολιτικών έρευνας και ανάπτυξης στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα, καθώς πολλά προγράμματα δημιουργήθηκαν με σκοπό την αειφορία και προστασία των υδάτινων συστημάτων. Το πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την υποστήριξη και υλοποίηση της οδηγίας – πλαίσιο για τα ύδατα, ενώ το 6<sup>ο</sup> Πρόγραμμα – Πλαίσιο στο οποίο βρισκόμαστε σήμερα ενθαρρύνει την πραγματοποίηση των απαιτούμενων ερευνητικών δραστηριοτήτων προς την κατεύθυνση αυτή (Τσούτσος, 2002).

## Κεφάλαιο 3

### *Νομοθετικό Πλαίσιο για τα Ύδατα*

### 3. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΥΔΑΤΑ

Η σημασία της διατήρησης των υδάτινων πόρων και η αναγκαιότητα για ορθολογική και βιώσιμη διαχείρισή τους αντικατοπτρίζονται μέσα από το νομοθετικό πλαίσιο που έχει θεσπιστεί τόσο σε ελληνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η ελληνική πραγματικότητα χαρακτηρίζεται από ένα κλίμα σχετικής καθυστέρησης όσον αφορά την πρόταση και κατοχύρωση νόμων για την προστασία του περιβάλλοντος γενικότερα. Ωστόσο, η ένταξη της Ελλάδας στην Ευρωπαϊκή Ένωση την υποχρέωσε να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα περιβαλλοντικής διαχείρισης και προστασίας μέσω εναρμονίσεων της εσωτερικής νομοθεσίας με την Κοινοτική.

#### 3.1 Κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο

Το νερό αποτελούσε πάντα στοιχείο έντονου προβληματισμού κατά τη χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα και μία από τις κυριότερες περιβαλλοντικές προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Έτσι, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια έντονη δραστηριοποίηση στον τομέα της διατήρησης και αναβάθμισης των υδάτινων συστημάτων.

Μερικά σημαντικά βήματα που πραγματοποιήθηκαν προς την κατεύθυνση αυτή είναι τα νομοθετήματα που παρατίθενται παρακάτω, ενώ ακρογωνιαίος λίθος της ευρωπαϊκής υδατικής πολιτικής είναι η οδηγία 2000/60/EK για την θέσπιση πλαισίου όσον αφορά την Κοινοτική δράση στον τομέα της πολιτικής υδάτων (η καλούμενη “οδηγία πλαίσιο για τα ύδατα”) (Τσούτσος, 2002).

#### ■ Ψήφισμα του Συμβουλίου της 20<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου 1995 σχετικά με την προστασία των υπογείων υδάτων

Με το ψήφισμα αυτό τονίζεται η σημαντικότητα των υπογείων υδάτων ως πηγή πόσιμου νερού αλλά και ως συνιστώσα του υδρολογικού κύκλου και εκφράζεται η ανησυχία για την ποιοτική και ποσοτική τους υποβάθμιση. Προτείνεται η αναθεώρηση της οδηγίας 80/68/ΕΟΚ (η οποία ήδη καταργήθηκε με την οδηγία 2000/60/EK) και υποστηρίζεται η κατάρτιση προγράμματος δράσης (όπως αυτό αποφασίστηκε από το ψήφισμα της 25<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου 1992) για τη βιώσιμη ανάπτυξη στον τομέα της διαχείρισης των υπογείων υδάτων, μέσω πρόληψης και

μείωσης της ρύπανσης και αποκατάστασης των ρυπασμένων υπογείων υδάτων. Τέλος, καλείται η Επιτροπή να δημιουργήσει, σε συνεργασία με τα κράτη – μέλη, πρόγραμμα για την προστασία των υπογείων υδάτων (Ψήφισμα του Συμβουλίου της 20<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου 1995 σχετικά με την προστασία των υπογείων υδάτων).

**■ Ανακοίνωση της Επιτροπής της 21<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου 1996 σχετικά με την κοινοτική πολιτική στον τομέα των υδάτων**

Η ανακοίνωση αυτή αναφέρεται στη διαμόρφωση ενιαίας πολιτικής στο θέμα της διατήρησης των υδάτινων πόρων. Στόχοι της πολιτικής αυτής είναι η εξασφάλιση νερού (πόσιμου ή μη), ο περιορισμός των φυσικών καταστροφών καθώς και η προστασία και διαφύλαξη του υδάτινου περιβάλλοντος. Στην ανακοίνωση αυτή αναφέρεται ότι η υποβάθμιση των υδατικών πόρων μπορεί να οφείλεται σε ρύπανση από σημειακές και μη σημειακές πηγές, σε οξίνιση, σε ευτροφισμό αλλά και σε τυχαίους παράγοντες.

Η πολιτική διαχείρισης των υδάτινων πόρων θα διέπεται από όλες τις νομικές αρχές του Κοινοτικού Δικαίου Περιβάλλοντος, οι οποίες είναι:

- Η Αρχή της πρόληψης
- Η Αρχή της προφύλαξης
- Η Αρχή της επανόρθωσης των περιβαλλοντικών προσβολών κατά προτεραιότητα στην πηγή
- Η Αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει”
- Η Αρχή της ενσωμάτωσης

Άλλα βασικά στοιχεία της πολιτικής αυτής είναι το υψηλό επίπεδο προστασίας, η διεθνής συνεργασία, η χρήση των διαθέσιμων επιστημονικών και τεχνικών δεδομένων, η ποικιλία των περιβαλλοντικών συνθηκών στις διάφορες περιοχές της Κοινότητας, η σχέση κόστους – ωφέλειας και η οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη της Κοινότητας.

Προκειμένου να επιτευχθούν οι παραπάνω επιδιώξεις, η Επιτροπή διατύπωσε τη σκέψη δημιουργίας μιας οδηγίας – πλαισίου σχετικής με τη διαχείριση των υδάτινων συστημάτων. Η οδηγία αυτή προτάθηκε τέσσερα χρόνια αργότερα και είναι η γνωστή οδηγία 2000/60/EK “για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στο πεδίο της πολιτικής υδάτων” (Κοινοτική πολιτική στον τομέα των νερών).

**■ Οδηγία 98/83/EK του Συμβουλίου της 3<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης**

Στόχος της παρούσας οδηγίας είναι η καθιέρωση ορίων ποιότητας για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης με σκοπό την προστασία της ανθρώπινης υγείας από μολυσμένο νερό. Εξαιρέση από την οδηγία αυτή αποτελούν το φυσικό μεταλλικό νερό και το ιαματικό νερό.

Τα κράτη – μέλη πρέπει να μπορούν να δώσουν εγγύηση ότι το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση είναι καθαρό και υγιεινό. Συγκεκριμένα για το πόσιμο νερό πρέπει να μεριμνούν ώστε να μην περιέχει ουσίες (όπως μικροοργανισμούς ή παράσιτα) σε συγκεντρώσεις επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία και να τηρεί τα όρια των μικροβιολογικών, χημικών και ραδιενεργών παραμέτρων.

Προκειμένου να εξασφαλιστούν τα παραπάνω, τα κράτη – μέλη υποχρεούνται να ελέγχουν συχνά την ποιότητα των υδάτων ανθρώπινης κατανάλωσης σύμφωνα με μεθόδους που αναφέρονται στην οδηγία ή άλλες μεθόδους εξίσου αξιόπιστες, επιλέγοντας κατάλληλες θέσεις δειγματοληψίας και θεσπίζοντας προγράμματα ελέγχου. Σε περίπτωση που κάποια νερά δεν τηρούν τα θεσπισμένα (από την οδηγία ή το κράτος – μέλος) όρια, απαιτείται η λήψη δράσης για την αποκατάστασή τους και απαγορεύεται ή περιορίζεται η διάθεσή τους, με ταυτόχρονη ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με τα λαμβανόμενα μέτρα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις τα κράτη – μέλη μπορούν να θεσπίσουν παρέκκλιση σε κάποια όρια μέχρι μια μέγιστη τιμή, υπό τις προϋποθέσεις ότι η παρέκκλιση αυτή δεν είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία, ούτε υπάρχει άλλος εύλογος τρόπος για τη διάθεση πόσιμου νερού σε μια συγκεκριμένη περιοχή και εφόσον δεν ξεπερνάται διάστημα τριών έως εννέα ετών.

Το κράτος – μέλος υποχρεούται στην εκχώρησή του να αιτιολογεί την παρέκκλιση, εκτός εάν κρίνει ότι δεν είναι σοβαρή, όπως επίσης υποχρεούται να ενημερώνει τον ντόπιο πληθυσμό και την Επιτροπή, μέσα σε διάστημα δύο μηνών, στην περίπτωση που η παρέκκλιση αφορά τη διάθεση περισσότερων των 1000 m<sup>3</sup> νερού ημερησίως ή τον εφοδιασμό περισσότερων των 5.000 ατόμων.

Σημειώνεται ότι για τα νερά που πωλούνται σε φιάλες ή δοχεία δε μπορεί να υπάρξει παρέκκλιση, ενώ τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε νέες εγκαταστάσεις παρασκευής



και διάθεσης πόσιμου νερού δεν επιτρέπεται να περιέχονται στο πόσιμο νερό πέρα από ένα ελάχιστο ποσοστό.

Κάθε τρία χρόνια τα κράτη – μέλη καλούνται να συντάξουν έκθεση σχετική με την ποιότητα του πόσιμου νερού ενώ η Επιτροπή εκπονεί έκθεση σχετική με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης στην Κοινότητα.

Τα κράτη – μέλη έχουν προθεσμία πέντε ετών (και σε εξαιρετικές περιπτώσεις οκτώ ετών) για να συμμορφωθούν με την οδηγία, ενώ η Επιτροπή σε συνεργασία με εκπροσώπους από τα κράτη – μέλη κάθε πέντε χρόνια τουλάχιστον επανεξετάζει τις καθορισμένες από την οδηγία παραμέτρους.

Τέλος, με την παρούσα οδηγία καταργείται η οδηγία 80/778/ΕΟΚ (Ποιότητα του πόσιμου νερού: νέες διατάξεις).

**■ Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων**

Στόχος της παρούσας οδηγίας είναι η θέσπιση κοινοτικού πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, υπογείων, μεταβατικών και παράκτιων υδάτων με σκοπό την ενίσχυση της προστασίας και τη βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος, την αειφόρο χρήση των υδάτων, την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης και τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων από τις πλημμύρες και την ξηρασία.

Σύμφωνα με την οδηγία αυτή, τα κράτη – μέλη καλούνται να ορίσουν τις λεκάνες απορροής ποταμών που βρίσκονται στην επικράτειά τους και οι οποίες θα υπάγονται σε επιμέρους περιοχές λεκάνης απορροής ποταμού, ενώ λεκάνες απορροής που εκτείνονται σε περισσότερα από ένα κράτη – μέλη θα ενσωματώνονται σε διεθνείς περιοχές λεκανών απορροής. Για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ορίζεται αρμόδια αρχή.

Το αργότερο τέσσερα χρόνια μετά την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας τα κράτη μέλη καλούνται να λάβουν δράσεις, που περιλαμβάνουν την ανάλυση των χαρακτηριστικών κάθε περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού, την εκπόνηση μελέτης για τις ανθρωπογενείς επιπτώσεις επί των υδάτων, οικονομική ανάλυση της χρήσης τους και τήρηση μητρώου περιοχών που απαιτούν ειδική προστασία. Υδατικά

συστήματα, που παρέχουν περισσότερο από 10 m<sup>3</sup> νερό ημερησίως ή εξυπηρετούν περισσότερα από 50 άτομα, πρέπει επίσης να προσδιορίζονται.

Εννέα χρόνια μετά την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας εκπονείται σχέδιο διαχείρισης και πρόγραμμα μέτρων σε κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, τα οποία αποσκοπούν

- στην επίτευξη καλής οικολογικής και χημικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων μέσω πρόληψης της επιδείνωσης, βελτίωσης και αποκατάστασης αυτών και στη μείωση του αντίκτυπου από την απόρριψη και εκπομπή επικίνδυνων ουσιών
- στην προστασία, βελτίωση και αποκατάσταση των υπογείων υδάτων μέσω πρόληψης της ρύπανσης και επιδείνωσής τους και στην επίτευξη ισορροπίας μεταξύ άντλησης νερού και ανανέωσής του
- στη διατήρηση των προστατευόμενων περιοχών

Οι παραπάνω στόχοι πρέπει να πραγματοποιηθούν μέσα σε 15 χρόνια από την έναρξη ισχύος της οδηγίας ενώ στην εκπλήρωσή τους μπορεί να συμμετάσχει ενεργά οποιοσδήποτε ενδιαφερόμενος.

Τα κράτη – μέλη πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την αρχή της ανάκτησης του κόστους των υπηρεσιών ύδατος, συμπεριλαμβανομένου του κόστους για το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους, ενώ μέχρι το 2010 πρέπει να εξασφαλίσουν ότι οι πολιτικές τιμολόγησης του ύδατος παρέχουν κατάλληλα κίνητρα στους χρήστες για να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τους υδάτινους πόρους.

Τέλος, η Επιτροπή παραθέτει έναν κατάλογο ρύπων προτεραιότητας οι οποίοι θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνοι για το υδάτινο περιβάλλον και ορίζει επιτρεπόμενα όρια για τη συγκέντρωσή τους καθώς και μέτρα ελέγχου.

Εντός δύο ετών από την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας η Επιτροπή υποβάλλει πρόταση με ειδικά μέτρα για την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων, ενώ εντός δώδεκα ετών και στη συνέχεια ανά εξαετία η Επιτροπή δημοσιεύει έκθεση σχετικά με την υλοποίηση της παρούσας οδηγίας.

Η οδηγία αυτή έχει έναρξη ισχύος την ημερομηνία 22/12/2000 και τροποποιήθηκε από την απόφαση 2455/2001/EK.

Επτά έτη μετά την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας καταργούνται οι οδηγίες 75/440/ΕΟΚ και 79/869/ΕΟΚ καθώς και η απόφαση 77/795/ΕΟΚ, ενώ δεκατρία έτη μετά την έναρξη ισχύος της οδηγίας καταργούνται οι οδηγίες 78/659/ΕΟΚ, 79/923/ΕΟΚ, 80/68/ΕΟΚ και 76/464/ΕΟΚ, εκτός από το άρθρο 6 το οποίο καταργείται από την ημερομηνία έναρξης ισχύος της παρούσας οδηγίας (Οδηγία Πλαίσιο στο Πεδίο της Πολιτικής των Υδάτων, 2002).

### 3.2 Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο

Στην Ελλάδα η θεμελιώδης νομοθετική διάταξη για τη θέσπιση πολιτικής και τη λήψη δράσης όσον αφορά τη διαχείριση και προστασία των υδάτινων πόρων είναι ο πρόσφατος Νόμος 3199/2003 σχετικά με την “προστασία και διαχείριση των υδάτων”, με τον οποίο επιτυγχάνεται η εναρμόνιση του εθνικού δικαίου με την οδηγία 2000/60/EK.

Παρακάτω, εκτός από το συγκεκριμένο νόμο, παρατίθενται εν συντομία η Κοινή Υπουργική Απόφαση Α5/288 του 1986 σχετικά με την ποιότητα του πόσιμου νερού και ο Νόμος 1739/87 σχετικά με τη διαχείριση των υδάτινων πόρων και άλλες διατάξεις, ο οποίος μέχρι το Δεκέμβριο του 2003, που ψηφίστηκε ο Νόμος 3199/03, αποτελούσε το βασικό ελληνικό νομοθέτημα που συντόνιζε τη διαχείριση των υδάτινων πόρων.

#### ■ ***ΚΥΑ Α5/288/86 σχετικά με την ποιότητα του πόσιμου νερού (συμμόρφωση προς την οδηγία 80/778 του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων)***

Η παρούσα απόφαση έχει ως σκοπό την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία 80/778 του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Σύμφωνα με αυτήν, πόσιμο νερό καλείται το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, ανεξάρτητα από την προέλευσή του και το αν έχει υποστεί επεξεργασία ή όχι. Το νερό κρίνεται κατάλληλο προς πόση εφόσον οι 65 ποιοτικές παράμετροι που αναφέρονται στο παράρτημα Ι της εν λόγω απόφασης τηρούν τα όρια ανώτατης

παραδεκτής συγκέντρωσης και προσεγγίζουν κάποιο ενδεικτικό επίπεδο, όπως αυτά προκύπτουν από πίνακες του παραρτήματος.

Οι προαναφερόμενες παράμετροι διακρίνονται σε έξι κατηγορίες: τέσσερις οργανοληπτικές, δεκαπέντε φυσικοχημικές, εικοσιτέσσερις που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες, δεκατρείς που αφορούν τοξικές ουσίες, έξι μικροβιολογικές και τρεις παράμετροι για την ελάχιστη απαιτούμενη συγκέντρωση στο πόσιμο νερό.

Αρμόδιες αρχές για την υλοποίηση της απόφασης τίθενται οι Υγειονομικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, οι οποίες αναλαμβάνουν τον έλεγχο της τήρησης της οδηγίας από τους υπεύθυνους, την πραγματοποίηση υγειονομικών αναγνωρίσεων των δικτύων ύδρευσης και την ενημέρωση της Κεντρικής Υπηρεσίας του Υπουργείου Υγείας (Διεύθυνση Υγιεινής Περιβάλλοντος) (Νομοθεσία Περιβάλλοντος).

#### **■ Νόμος 1739/87 σχετικά με τη διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις**

Ο Νόμος αυτός αφορά τη θεσμοθέτηση οργάνων και διαδικασιών μέσω των οποίων θα καθίσταται δυνατή η διαχείριση των υδάτινων πόρων, τόσο σε εθνικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο. Διαχείριση των υδάτινων πόρων καλείται το σύνολο των έργων και δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την κάλυψη των αναγκών σε νερό και έχει ως σκοπό την αντιμετώπιση της έλλειψης νερού, τον εφοδιασμό με νερό υψηλής ποιότητας, τον προσανατολισμό της ζήτησης νερού σε χρήσεις τέτοιες που να προβλέπονται από τα αναπτυξιακά προγράμματα της χώρας και την ανάπτυξη ερευνητικής δραστηριότητας στον τομέα της προστασίας και αξιοποίησης των υδάτων.

Οι βασικές ρυθμίσεις που υιοθετούνται με το Νόμο αυτό είναι οι ακόλουθες:

- Όσον αφορά τη διοικητική δομή της άσκησης της διαχείρισης, η χώρα διαιρείται σε δεκατέσσερα υδατικά διαμερίσματα, το Υπουργείο Ανάπτυξης τίθεται αρμόδιο για τους φυσικούς πόρους και συνίστανται η Διυπουργική Επιτροπή Υδάτων (ΔΕΥΔ) και δεκατέσσερις περιφερειακές επιτροπές υδάτων (ΠΕΥΔ) για τη λήψη αποφάσεων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο αντίστοιχα.

- Όσον αφορά τον προγραμματισμό ανάπτυξης των υδατικών πόρων, τα προγράμματα κατηγοριοποιούνται ως μακροχρόνια εθνικά, μεσοχρόνια εθνικά, μεσοχρόνια κατά υδατικό διαμέρισμα και ειδικών σκοπών.
- Όσον αφορά τις ρυθμίσεις που προσανατολίζουν τη ζήτηση νερού, αυτό κατοχυρώνεται ως μέσο για την εξυπηρέτηση των κοινωνικών αναγκών, παρέχεται η δυνατότητα τιμολόγησής του και η εκάστοτε χρήση του καθορίζει το κόστος του.
- Όσον αφορά την προστασία των υδάτων, λαμβάνονται διάφορα μέτρα όπως η επιβολή περιορισμών στη χρήση του νερού, η δέσμευση ποσότητας νερού με σκοπό την προστασία κάθε υδατικού διαμερίσματος, ο καθορισμός ελάχιστης στάθμης νερού στις λίμνες και ελάχιστης παροχής στους ποταμούς και ο έλεγχος οποιασδήποτε δραστηριότητας που μπορεί να επηρεάσει τους υδάτινους πόρους.

Σύμφωνα με το άρθρο 18 του Νόμου 2503/97 τροποποιήθηκαν οι διατάξεις του άρθρου 9 και προστέθηκε νέο άρθρο 9α (Νομοθεσία Περιβάλλοντος).

**■ *Νόμος 3199/03 σχετικά με την προστασία και διαχείριση των υδάτων (εναρμόνιση με την οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 2000)***

Σύμφωνα με τα άρθρα 1 και 2 του παρόντος Νόμου, αυτός ψηφίστηκε με σκοπό την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία 2000/60/EK και αφορά την προστασία και διαχείριση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων. Στο άρθρο 2 παρατίθενται διάφοροι ορισμοί, μεταξύ των οποίων κρίνεται χρήσιμο να αναφερθούν οι παρακάτω:

Ως *υπόγεια ύδατα* νοείται το σύνολο των υδάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, στη ζώνη κορεσμού και σε άμεση επαφή με το έδαφος ή το υπέδαφος.

Ως *υδροφόρος ορίζοντας* νοείται το υπόγειο στρώμα ή στρώματα βράχων ή άλλες γεωλογικές στοιβάδες που είναι επαρκώς πορώδεις και διαπερατές, ώστε να επιτρέπουν είτε σημαντική ροή υπογείων υδάτων είτε την άντληση σημαντικών ποσοτήτων υπογείων υδάτων.

*Σύστημα υπογείων υδάτων* καλείται ένας συγκεκριμένος όγκος υπογείων υδάτων εντός ενός ή περισσότερων υδροφόρων οριζόντων.

*Λεκάνη απορροής ποταμού* λέγεται η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω σειράς ρευμάτων, ποταμών και, πιθανώς, λιμνών και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα.

*Υπολεκάνη* λέγεται η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω σειράς ρευμάτων, ποταμών και, πιθανώς, λιμνών σε συγκεκριμένο σημείο υδάτινου ρεύματος (συνήθως λίμνης ή συμβολής ποταμών).

Στα άρθρα 3 έως 6 αναφέρονται οι φορείς και τα όργανα που συνίστανται με σκοπό την υλοποίηση του Νόμου. Αυτά είναι:

- *Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων*, η οποία καθίσταται υπεύθυνη για την κατάστρωση πολιτικής σχετικά με την προστασία και διαχείριση των υδάτων, για τον έλεγχο της και για την έγκριση, σε συμφωνία με τον Υπουργό Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων, εθνικών προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας. Ακόμη, υποχρεούται να συντάσσει ετήσια έκθεση σχετικά με την κατάσταση των υδάτινων συστημάτων, την οποία υποβάλλει στη Βουλή και στο Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων.
- *Το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων*, στο οποίο προεδρεύει ο Υπουργός Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.
- *Η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων*, η οποία συνιστάται στο Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και είναι υπεύθυνη για:
  - την κατάρτιση και παρακολούθηση των εθνικών προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας
  - την κατάρτιση της ετήσιας έκθεσης που αναφέρθηκε παραπάνω
  - το συντονισμό των κρατικών φορέων και υπηρεσιών σε θέματα προστασίας και διαχείρισης των υδάτων
  - την εισήγηση κανόνων κοστολόγησης και τιμολόγησης των υδάτων
  - την εισήγηση νομοθετικών και διοικητικών μέτρων για την προστασία και διαχείριση των υδάτων
  - την ανάπτυξη εθνικού δικτύου παρακολούθησης της ποσότητας και ποιότητας των υδάτων

- τη διαχείριση βάσης υδρολογικών και μετεωρολογικών δεδομένων σε εθνικό επίπεδο
- την παρακολούθηση της λειτουργίας των Διευθύνσεων Ύδατος των Περιφερειών
- τη σύνταξη έκθεσης σχετικής με τα χαρακτηριστικά κάθε λεκάνης απορροής ποταμού, τη διαπίστωση των ανθρωπογενών επιπτώσεων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα αυτής και την οικονομική ανάλυση των χρήσεων ύδατος μέχρι τις 22.12.2004
- την κατάρτιση του Εθνικού Μητρώου προστατευόμενων περιοχών μέχρι τις 22.12.2004
- την αναβάθμιση και αποκατάσταση των υδάτινων συστημάτων μέχρι το 2015
- Η *Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας*, η οποία είναι υπεύθυνη για την προστασία και διαχείριση κάθε λεκάνης απορροής ποταμού που βρίσκεται στα διοικητικά της όρια, όπως καθορίζεται με απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων. Έχει διάφορα καθήκοντα, όπως τη λήψη μέτρων για την προστασία των υδάτων, την κατάρτιση μακροχρόνιων και μεσοχρόνιων προγραμμάτων για την προστασία και διαχείριση των λεκανών απορροής ποταμού, την εφαρμογή των Σχεδίων Διαχείρισης και Προγραμμάτων Μέτρων, τη μέριμνα για συμμετοχή του κοινού, την κατάρτιση μητρώου προστατευόμενων περιοχών, την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών, την έκδοση αδειών χρήσεως νερού και εκτέλεσης έργων αξιοποίησής του, κτλ.
- Το *Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων*, που συνιστάται σε κάθε Περιφέρεια και αποτελεί μέσο διαλόγου και διαβούλευσης για θέματα προστασίας και διαχείρισης των υδάτων.

Σύμφωνα με το άρθρο 7, η Διεύθυνση Υδάτων κάθε Περιφέρειας εκπονεί το Σχέδιο Διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών που υπόκεινται στην αρμοδιότητά της και το οποίο ισχύει για έξι χρόνια, ενώ το πρώτο Σχέδιο Διαχείρισης πρέπει να εγκριθεί μέχρι τις 22.12.2009.

Το άρθρο 8 αναφέρεται στην κατάρτιση προγραμμάτων μέτρων και παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων, ενώ στο άρθρο 9 αναφέρεται η υποχρέωση κάθε Περιφέρειας να καταρτίσει πρόγραμμα ειδικών μέτρων κατά της ρύπανσης των υδάτων.

Στα άρθρα 10 και 11 παρουσιάζονται κάποιοι γενικοί κανόνες χρήσης των υδάτων (όπως η βιώσιμη χρήση τους και η εξασφάλιση ισορροπίας μεταξύ άντλησης και ανατροφοδότησης των υπογείων υδάτων), καθώς και η απαιτούμενη διαδικασία για την έκδοση άδειας χρήσης νερού και εκτέλεσης έργων αξιοποίησής του. Το άρθρο 12 αναφέρεται στην ανάκτηση κόστους για υπηρεσίες ύδατος ενώ τα άρθρα 13 και 14 περιγράφουν τις διοικητικές και ποινικές κυρώσεις που επιβάλλονται σε οποιονδήποτε ρυπαίνει ή υποβαθμίζει τα ύδατα.

Ο Νόμος αυτός ισχύει από τις 9.12.2003 (Τράπεζα Νομικών Πληροφοριών Δικηγορικού Συλλόγου Αθηνών).



# Κεφάλαιο 4

## *Γενικά Στοιχεία για το Νησί της Ρόδου*

## 4. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ

### 4.1 Γενικά στοιχεία για το Νομό Δωδεκανήσου

Ο Νομός Δωδεκανήσου βρίσκεται στο νοτιοανατολικό άκρο του Αιγαίου και περιλαμβάνει είκοσι δύο κατοικημένα νησιά και δεκάδες ακατοίκητα. Έχει συνολική έκταση 2579 τετραγωνικά χιλιόμετρα ενώ διοικητικά διαιρείται σε 4 επαρχίες (Ρόδου, Κω, Καλύμνου και Καρπάθου) που περιλαμβάνουν 25 δήμους και 2 κοινότητες, όπου υπάγονται συνολικά 175 οικισμοί.

Η μεγάλη διασπορά του Νομού σε πολλά νησιά αλλά και η γεωγραφική του θέση έχουν σαν αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η επικοινωνία τόσο με την υπόλοιπη Ελλάδα όσο και μεταξύ των νησιών του Νομού, πράγμα που καθιστά αναγκαία την ανάπτυξη ευρείας και οργανωμένης ακτοπολικής και αεροπορικής σύνδεσης.

Λόγω της ποικίλης γεωμορφολογίας των νησιών που απαρτίζουν το Νομό Δωδεκανήσου, το επίπεδο ανάπτυξης σε καθένα από αυτά διαφέρει με αποτέλεσμα να υπάρχουν περιοχές που έχουν επιτύχει σχετικά υψηλό βαθμό οικονομικής ανάπτυξης (όπως το νησί της Ρόδου) και περιοχές που ο βαθμός ανάπτυξης είναι ακόμα χαμηλός. Σημειώνεται ότι η οικονομία και η ανάπτυξη της περιοχής στηρίζονται κατά κύριο λόγο στον τουρισμό (Αναπτυξιακή Δωδεκανήσου).



**Σχήμα 4.1:** Νομός Δωδεκανήσου (Αναπτυξιακή Δωδεκανήσου)

## 4.2 Γενικά στοιχεία για το νησί της Ρόδου

Η Ρόδος είναι η πρωτεύουσα του Νομού Δωδεκανήσου. Η έκτασή της είναι περίπου 1.400 km<sup>2</sup> ενώ σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2001 έχει πληθυσμό περίπου 117.000 κατοίκων. Τα παραπάνω στοιχεία την καθιστούν το μεγαλύτερο σε πληθυσμό και έκταση νησί του Νομού (Αναπτυξιακή Δωδεκανήσου).

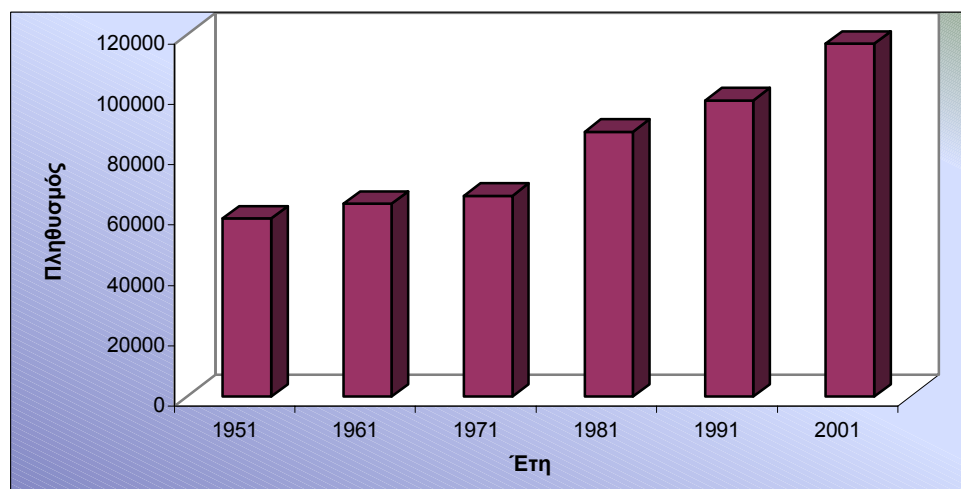
### 4.2.1 Δημογραφικά στοιχεία

Σύμφωνα με στοιχεία της Αναπτυξιακής Δωδεκανήσου, η εξέλιξη του πληθυσμού στο νησί ανά δεκαετία για τα έτη 1951-2001 παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα και γράφημα.

**Πίνακας 4.1:** Εξέλιξη πληθυσμού νήσου Ρόδου (1951-2001)

Έτη	Πληθυσμός
1951	59087
1961	63954
1971	66609
1981	87833
1991	98181
2001	117007

**Γράφημα 4.1:** Εξέλιξη πληθυσμού νήσου Ρόδου (1951-2001)



Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο πληθυσμός του νησιού τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζει ανοδική πορεία.

Η αύξηση του πληθυσμού στην επαρχία της Ρόδου τα τελευταία χρόνια είναι μεγαλύτερη από το ποσοστό αύξησης του πληθυσμού στις άλλες επαρχίες του νομού για την ίδια περίοδο, με αποτέλεσμα το έτος 2001 το νησί να συγκεντρώνει το 61,5% περίπου του συνολικού πληθυσμού του νομού.

Σύμφωνα με το σχέδιο Καποδίστρια, οι δήμοι που περιλαμβάνονται στο νησί και ο αντίστοιχος πληθυσμός τους (με φθίνουσα σειρά) είναι οι παρακάτω.

**Πίνακας 4.2:** Δήμοι Ρόδου και πληθυσμοί

Δήμοι	Πληθυσμός
Ρόδου	54802
Πεταλούδων	11858
Ιαλυσού	10275
Καλλιθέας	9979
Αρχαγγέλου	7758
Αφάντου	6557
Καμείρου	5315
Νότιας Ρόδου	4315
Λινδίων	3719
Αταβύρου	3214

Η συγκεκριμένη μελέτη θα ασχοληθεί με το βόρειο τμήμα του νησιού που περιλαμβάνει τους Δήμους Ρόδου, Ιαλυσού, Πεταλούδων, Καλλιθέας και τμήμα του Δήμου Αφάντου.

#### **4.2.2 Οικονομία**

Η οικονομία της Νήσου Ρόδου, όπως προκύπτει από δεδομένα της Αναπτυξιακής Δωδεκανήσου, περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

### *Πρωτογενής τομέας*

Ο πρωτογενής τομέας στο νησί της Ρόδου είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τη γεωμορφολογία και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

Η Ρόδος αλλά και γενικότερα ο Νομός Δωδεκανήσου είναι μια έντονα τουριστικά ανεπτυγμένη περιοχή, πράγμα που οδήγησε στη συρρίκνωση του πρωτογενή τομέα όσον αφορά τόσο την παραγωγικότητα όσο και τον αριθμό των απασχολούμενων ατόμων σε αυτόν. Ωστόσο, η μεγάλη τουριστική κίνηση που παρατηρείται τους θερινούς μήνες έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας ισχυρής οικονομικά τοπικής αγοράς για την κατανάλωση αγροτικών προϊόντων.

Ο αγροτικός πληθυσμός αποτελεί ένα πολύ μικρό μέρος του ενεργού πληθυσμού, με σαφή φθίνουσα πορεία κατά την τελευταία δεκαετία. Ακόμη, το μικρό ποσοστό της αρδευόμενης έκτασης σε σχέση με τη συνολική καλλιεργούμενη έχει σαν αποτέλεσμα η γεωργική παραγωγή να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις βροχοπτώσεις. Τα παραπάνω προβλήματα γίνονται ακόμη εντονότερα λόγω της προχωρημένης ηλικίας και της ελλειπούς επαγγελματικής κατάρτισης του αγροτικού πληθυσμού. Ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι και το γεγονός ότι μεγάλο ποσοστό των απασχολούμενων στον τουριστικό τομέα ασκεί ως δεύτερο επάγγελμα την γεωργία.

Σημειώνεται ότι ο πρωτογενής τομέας στην περιοχή αφορά κυρίως τη γεωργία και πολύ λιγότερο την κτηνοτροφία και την αλιεία.

### *Δευτερογενής τομέας*

Το υψηλό κόστος μεταφοράς πρώτων υλών και τελικών προϊόντων, η έλλειψη ειδικευμένου προσωπικού και το μικρό μέγεθος της τοπικής αγοράς έχουν σαν αποτέλεσμα ο δευτερογενής τομέας στο νησί να μην παρουσιάζει ιδιαίτερη ανάπτυξη.

Ο δευτερογενής τομέας στην περιοχή αφορά κυρίως βιοτεχνίες για την επεξεργασία αγροτικών προϊόντων, ενδυμάτων, χυμών – αναψυκτικών – ποτών, κεραμικών, αγγειοπλαστικής, επίπλων και χρυσοχοΐας, προϊόντα τα οποία διοχετεύονται στην τοπική τουριστική αγορά. Αξιόλογο μέρος του τομέα αυτού καταλαμβάνουν και οι κατασκευές.

### Τουρισμός

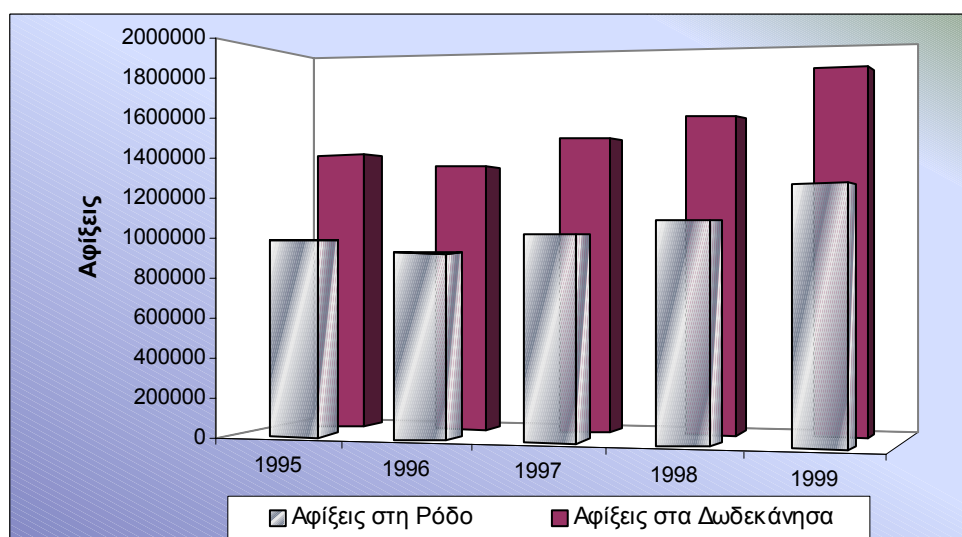
Ο Νομός Δωδεκανήσου αποτελεί τον πρώτο διεθνή τουριστικό προορισμό της Ελλάδας, όχι μόνο από άποψη φιλοξενίας επισκεπτών αλλά και από άποψη τουριστικής πυκνότητας, με τη Ρόδο να συγκεντρώνει το 68% της συνολικής κίνησης.

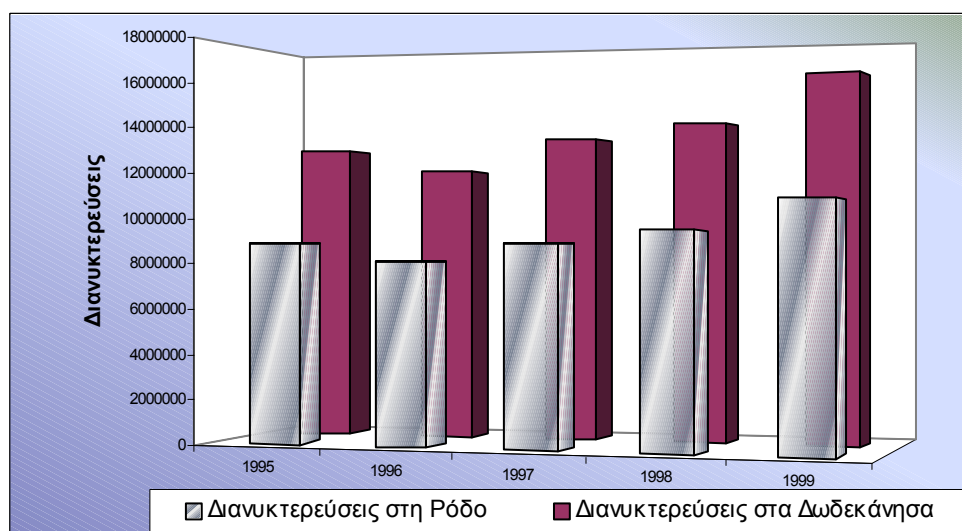
Αυτό γίνεται εμφανές από τον παρακάτω πίνακα και γραφήματα όπου παρατίθενται οι συνολικές αφίξεις – διανυκτερεύσεις στο νησί της Ρόδου αλλά και σε ολόκληρο το Νομό Δωδεκανήσου για τα έτη 1995 – 1999.

**Πίνακας 4.3:** Αφίξεις – διανυκτερεύσεις σε Ρόδο και Δωδεκάνησα (1995 – 1999)

	Αφίξεις		Διανυκτερεύσεις	
	<i>Ρόδος</i>	<i>Δωδεκάνησα</i>	<i>Ρόδος</i>	<i>Δωδεκάνησα</i>
<b>1995</b>	985234	1442020	8893160	13191627
<b>1996</b>	925529	1374652	8130974	12235655
<b>1997</b>	1018439	1519599	8932907	13655681
<b>1998</b>	1084862	1620854	9470071	14292879
<b>1999</b>	1260860	1855244	10816711	16435188

**Γράφημα 4.2:** Αφίξεις σε Ρόδο και Δωδεκάνησα (1995 – 1999)



**Γράφημα 4.3:** Διανυκτερεύσεις σε Ρόδο και Δωδεκάνησα (1995 – 1999)

Από τα παραπάνω γραφήματα προκύπτει ότι οι αφίξεις και διανυκτερεύσεις στο νησί της Ρόδου αλλά και σε ολόκληρο το Νομό Δωδεκανήσου για την περίοδο μεταξύ 1995 και 1999 παρουσιάζουν αύξουσα πορεία.

Επίσης παρατηρείται ότι τόσο οι αφίξεις όσο και οι διανυκτερεύσεις στο νησί της Ρόδου καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος των αφίξεων και διανυκτερεύσεων στο Νομό Δωδεκανήσου, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

#### 4.2.3 Περιβάλλον

Το φυσικό περιβάλλον της Ρόδου περιλαμβάνει οικοσυστήματα με σχετικά αραιή και χαμηλή βλάστηση ενώ στην πανίδα περιλαμβάνονται αρκετά ενδιαφέροντα είδη του αέρα, της ξηράς και της θάλασσας, όπως το ψάρι του γλυκού νερού γκιζάνι που αποτελεί προστατευόμενο και απειλούμενο είδος, θηλαστικά όπως το δελφίνι και η χελώνα caretta – caretta αλλά και είδη ορνιθοπανίδας (μαυροπετρίτης, αιγαιογλάρος, χαλκόκοτα).

Στο νησί επίσης υπάρχουν περιοχές εντεταγμένες στο πρόγραμμα *Natura 2000* (Ακραμύτης, Αρμενιστής, Ατάβυρος, κοιλάδα Πεταλούδων) αλλά και τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους (φυσικό δάσος κυπαρισσιού στην Έμπωνα, δάση κωνοφόρων στον Προφήτη Ηλία) (Αναπτυξιακή Δωδεκανήσου).

Η περιοχή του *Ακραμύτη – Αρμενιστή – Αταβύρου* βρίσκεται σε μέσο υψόμετρο 300 μέτρων και καταλαμβάνει έκταση 176.000 στρεμμάτων. Εντοπίζεται στο νοτιοδυτικό

μέρος του νησιού και περιλαμβάνει την ορεινή έκταση του Αταβύρου, του Ακραμύτη, την έκταση γύρω από τον ποταμό Σιανίτη και την παράκτια έκταση από τον Παπαγιώργη έως το ακρωτήριο Αρμενιστή και νότια έως τον κόλπο της Απολακκιάς.

Η περιοχή περιλαμβάνει δύο σημαντικά χερσαία οικοσυστήματα, το δάσος με κωνοφόρα *Pinus brutia* και το δάσος με *Cupressus sempervirens*. Το πευκοδάσος με *Pinus brutia* είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς καταλαμβάνει αρκετά μεγάλη έκταση σε σχέση με τη συνολική έκταση κατανομής αυτού του πεύκου ενώ το δάσος του κυπαρισσιού, που περιλαμβάνει κυρίως αιωνόβια δέντρα, έχει ιδιαίτερη επιστημονική αξία.

Η περιοχή περιλαμβάνει επίσης εκτάσεις που καλύπτονται από πρωτοπόρο βλάστηση με *Sedum spp*, μακκία, φρύγανα καθώς επίσης και εκτάσεις με *Quercus coccifera*.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκαλούν και τα θαλάσσια οικοσυστήματα της περιοχής, τα οποία περιλαμβάνουν λιβάδια με *Posidonia* και μικρότερες περιοχές με υφάλους, ενώ αξιοσημείωτα είναι επίσης η τεχνητή λίμνη και τα χερσαία σπήλαια. Η μικρή τεχνητή λίμνη τυγχάνει μεγάλης σημασίας καθώς αποτελεί το τελευταίο ασφαλές καταφύγιο για το ενδημικό ψάρι της Ρόδου, *Ladigesocypris ghigii*.

Η περιοχή Προφήτη Ηλία – Επτά πηγών – Πεταλούδων βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του νησιού, σε μέσο υψόμετρο 500 μέτρων και καταλαμβάνει έκταση 69.000 στρεμμάτων.

Το δάσος του Προφήτη Ηλία καταλαμβάνει αρκετά μεγάλη έκταση καλυμμένη με βλάστηση και εμφανίζει μεγάλη ποικιλία ως προς τη χλωρίδα.. Οι κλιτύες του όρους Προφήτη Ηλία (μέσο υψόμετρο 600 μέτρων) καλύπτονται από πευκοδάση με *Pinus brutia*, από κυπαρίσσια (*Cupressus sempervirens*) και από μακκία με *Pistacia lentiscus*, *Juniperus macrocarpa*, *Quercus coccifera* και *Cistus sp*.

Η περιοχή των Επτά Πηγών (μέσο υψόμετρο 200 μέτρων) βρίσκεται στην κοίτη του ποταμού Λουτάρη, ο οποίος φιλοξενεί το ενδημικό είδος ιχθύος *Ladigesocypris ghigii*. Στην περιοχή περιλαμβάνονται όρη, λόφοι, πεδιάδες και αλλουβιακή ζώνη που καλύπτονται από δάση, μακκία και υγροβιοτόπους, ενώ εδώ επίσης ζει και αναπαράγεται ένας μικρός πληθυσμός του λεπιδόπτερου *Callimorpha quadripunctata*.



Η βλάστηση στην κοιλάδα με τις Πεταλούδες (μέσο υψόμετρο 300 μέτρων) αφορά κυρίως το *Liquidambar orientalis*, ένα φυλλοβόλο δέντρο με περιορισμένη εξάπλωση ενώ η πανίδα περιλαμβάνει πολλά σημαντικά είδη σπονδυλωτών και ασπόνδυλων. Ωστόσο, το πιο ενδιαφέρον χαρακτηριστικό της κοιλάδας είναι ο μεγάλος πληθυσμός του λεπιδόπτερου *Callimorpha quadripunctata*, το οποίο κατά την περίοδο από τέλη Μαΐου έως τέλη Ιουνίου έρχεται από άλλες περιοχές στην κοιλάδα με σκοπό την αναπαραγωγή και παραμένει εκεί μέχρι τον Οκτώβριο. Εντούτοις, δημιουργείται κίνδυνος αδυναμίας αναπαραγωγής αλλά και θανάτωσης των πεταλούδων τόσο από την ανεξέλεγκτη βόσκηση κατσικιών όσο και από τους επισκέπτες της κοιλάδας, οι οποίοι προκειμένου να προκαλέσουν το πέταγμα των πεταλούδων τις τρομάζουν με χειροκροτήματα και φωνές με αποτέλεσμα αυτές να χάνουν σημαντικά αποθέματα ενέργειας. Έρευνα που έχει γίνει από το Πανεπιστήμιο Πατρών συνιστά για την προστασία των πεταλούδων ένα σύστημα παρακολούθησης με κάμερες.

Στην περιοχή του Αγίου Παύλου εμφανίζονται χελώνες caretta – caretta, ενώ φάλαινες έχουν παρατηρηθεί στο στενό Καρπάθου – Ρόδου.

Η περιοχή έχει ιδιαίτερη οικολογική αξία λόγω της αξιόλογης βλάστησης και της παρουσίας μεγάλου αριθμού ενδημικών και προστατευόμενων φυτικών και ζωικών ειδών. Μεγάλος αριθμός φυτικών ειδών είναι ενδημικά της Ελλάδας ενώ το νησί της Ρόδου είναι το μοναδικό μέρος στην Ευρώπη όπου εμφανίζεται το είδος *Liquidambar orientalis*, ενδημικό της Ανατολικής Μεσογείου.

Το φυσικό δάσος κυπαρισσιού βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του νησιού, στη θέση Κατάρτι κοντά στο χωριό Έμπωνα. Περιλαμβάνει δασική συστάδα μεσογειακού κυπαρισσιού που έχει ιδιαίτερη επιστημονική αξία ως βιογενετικό καταφύγιο. Το δάσος καλύπτεται κυρίως από αιωνόβια δένδρα ενώ μια μικρή έκτασή του περιλαμβάνει τραχεία πεύκη, που και αυτή έχει μεγάλη αισθητική αξία (Μεσόγειος SOS, Διατηρητέα Μνημεία της Φύσης).

#### 4.2.4 Πολιτισμός

Τα πολιτισμικά στοιχεία στο νησί παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και ποικιλομορφία λόγω της συνεχούς κατοίκησης του από τους προϊστορικούς χρόνους

μέχρι σήμερα. Εδώ συναντώνται εκκλησίες και μοναστήρια, δείγματα μεσαιωνικής αρχιτεκτονικής καθώς και στοιχεία από το χώρο της Ανατολικής Μεσογείου και του δυτικού πολιτισμού.

Τα σημαντικότερα μνημεία του νησιού καθώς και η υφιστάμενη πολιτιστική υποδομή περιλαμβάνουν το Παλάτι του Μεγάλου Μαγίστρου, τις Ακροπόλεις Ιαλυσού και Λίνδου, την αρχαία Κάμειρο, το Ναό Ερεθιμίου Απόλλωνος, το συγκρότημα ιαματικών πηγών Καλλιθέας, λαογραφικά, πολιτιστικά και πνευματικά κέντρα, θέατρα, κινηματογράφους και βιβλιοθήκες.

Οι πολιτισμικοί πόροι που διαθέτει η Ρόδος προβάλλονται σε ικανοποιητικό βαθμό, ωστόσο απαιτείται η μέγιστη δυνατή μέριμνα για τη διατήρηση και αύξηση της προβολής τους ώστε να μεγιστοποιηθεί η προσέλκυση τουριστών που αποτελούν τη βάση της οικονομίας της περιοχής (Αναπτυξιακή Δωδεκανήσου, Υπουργείο Πολιτισμού, 2001).

#### 4.2.5 Τεχνικές υποδομές

Το νησί περιλαμβάνει λιμάνι εθνικής σημασίας και διεθνές αεροδρόμιο, τα οποία βρίσκονται σε ικανοποιητική κατάσταση.

##### *Υδρευση – Αποχέτευση*

Η ύδρευση στο νησί εξασφαλίζεται κυρίως με χρήση γεωτρήσεων, ενώ για την άρδευση χρησιμοποιείται συχνά νερό φυσικών πηγών. Γενικά δεν υφίσταται πρόβλημα λειψυδρίας και μάλιστα η Ρόδος εφοδιάζει άλλα άνυδρα νησιά του Νομού με περίπου 600.000 m<sup>3</sup> νερό το χρόνο.

Σημειώνεται ότι στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής παρατηρούνται σημαντικές απώλειες, ενώ η υπερεκμετάλλευση των υπογείων υδροφορέων οδηγεί σε υποβάθμιση της ποιότητας των υπογείων υδάτων και καθιστά επιτακτική την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων. Στα πλαίσια αυτά το έτος 2000 πραγματοποιήθηκε υδρογεωλογική μελέτη και σύνταξη μαθηματικού μοντέλου από το Υπουργείο Γεωργίας.

Όσον αφορά την αποχέτευση, το νησί χαρακτηρίζεται από την ανεπάρκεια συστήματος συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων, με αποτέλεσμα να είναι συχνά

φαινόμενα η υπερχειλίση βόθρων, οι παράνομες συνδέσεις δικτύων ακαθάρτων με το δίκτυο ομβρίων και η διάθεση ατελώς επεξεργασμένων λυμάτων στο έδαφος ή τη θάλασσα.

Τέλος, στο νησί λειτουργούν Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης – Αποχέτευσης στους Δήμους Ρόδου, Ιαλυσού και Πεταλούδων (Αναπτυξιακή Δωδεκανήσου).

### *Απορρίμματα*

Όσον αφορά τη διαχείριση των απορριμμάτων στην περιοχή, αυτή βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο με αποτέλεσμα τα απορρίμματα να διατίθενται ανεξέλεγκτα σε περιβαλλοντικά ακατάλληλους – στην πλειοψηφία τους – χώρους.

Τα απορρίμματα του βόρειου τριγώνου (Δήμοι Ρόδου, Ιαλυσού, Πεταλούδων, Καλλιθέας και Αφάντου) οδηγούνται σε χώρο υγειονομικής ταφής στην περιοχή Κοκκινόμυλος μεταξύ Καλυθιών και Κοσκινού, ενώ προς το παρόν οι παραπάνω Δήμοι, εκτός από το Δήμο Αφάντου, διαθέτουν τα απορρίμματά τους σε ημιελεγχόμενο χώρο διάθεσης στο Τσαίρι (Αναπτυξιακή Δωδεκανήσου).

### *Εθνικό – Επαρχιακό οδικό δίκτυο*

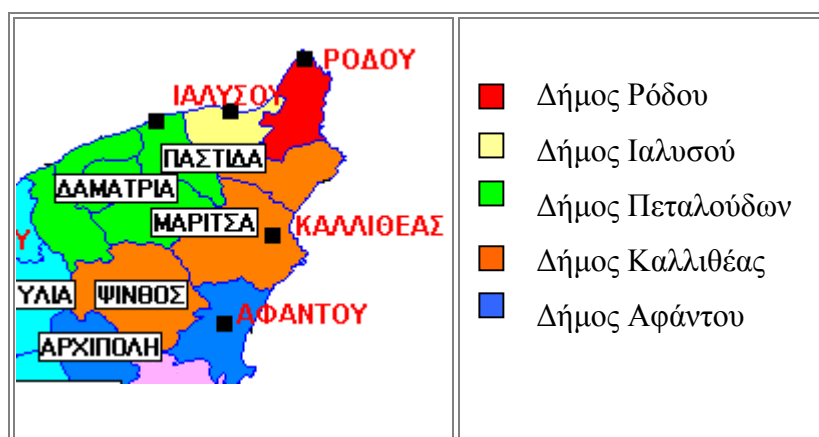
Το οδικό δίκτυο (εθνικό και επαρχιακό) σε κάθε Δήμο της Ρόδου, όπως καταγράφηκε το έτος 1999, έχει ως εξής (Τ.Ε.Δ.Κ. Δωδεκανήσου, 1999):

**Πίνακας 4.4:** Εθνικό και επαρχιακό οδικό δίκτυο ανά Δήμο νήσου Ρόδου (1999)

Δήμοι	Μήκος Εθνικών Οδών (km)	Μήκος Επαρχιακών Οδών (km)
Ρόδου	8,5	13,5
Πεταλούδων	6,7	44,3
Ιαλυσού	0	23,5
Καλλιθέας	14,5	46,5
Αρχαγγέλου	38,5	0
Αφάντου	14	17
Καμείρου	0	74
Νότιας Ρόδου	0	140
Λινδίων	6,5	54
Αταβύρου	0	64

### 4.3 Σύντομη περιγραφή βόρειου τριγώνου νήσου Ρόδου

Το βόρειο τρίγωνο του νησιού το οποίο είναι αντικείμενο μελέτης αυτής της διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει, όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω, τους Δήμους Ρόδου, Ιαλυσού, Πεταλούδων, Καλλιθέας και τμήμα του Δήμου Αφάντου.



Σχήμα 4.2: Δήμοι περιοχής μελέτης (Αναπτυξιακή Δωδεκανήσου)

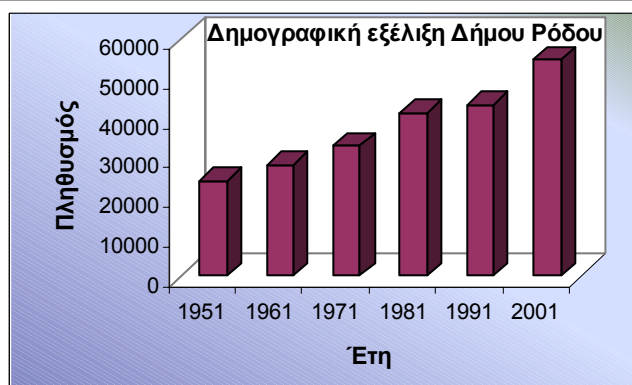
Παρακάτω δίνεται μια συνοπτική περιγραφή των πέντε αυτών Δήμων (Αναπτυξιακή Δωδεκανήσου, 1998).

#### Δήμος Ρόδου

Η πόλη της Ρόδου ιδρύθηκε το 408 π.Χ. στο βορειότερο άκρο του νησιού και μέσα στα 2400 χρόνια ζωής της αποτελούσε πάντα τόπο συνάντησης λαών και πολιτισμών. Από εδώ καταγόταν ο Κλεόβουλος ο Λίνδιος, ένας από τους επτά σοφούς της αρχαίας Ελλάδας και στο κυριότερο από τα πέντε λιμάνια της είχε κατασκευαστεί το άγαλμα του Κολοσσού, ενός από τα επτά θαύματα του κόσμου.



Σήμερα εξακολουθεί να αποτελεί τόπο προορισμού πολυάριθμων τουριστών ενώ το μεσαιωνικό τμήμα της έχει ανακηρυχθεί από την UNESCO μνημείο παγκόσμιας κληρονομιάς.



**Γράφημα 4.4:** Δημογραφική εξέλιξη Δήμου Ρόδου

Από απογραφές των ετών 1951 – 2001 που πραγματοποιήθηκαν ανά δεκαετία προκύπτει ότι ο πληθυσμός του Δήμου σε αυτό το χρονικό διάστημα σχεδόν διπλασιάστηκε, ενώ μόνο το 1991 ο πληθυσμός βρέθηκε μικρότερος από ότι στην προηγούμενη απογραφή του 1981.

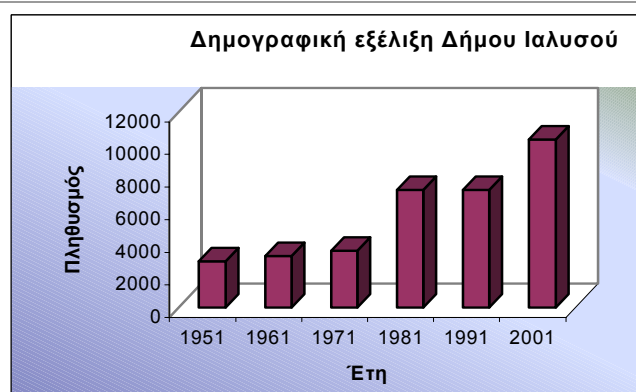
Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται ως πεδινό, ενώ η μορφολογία της έχει ως έχει ως εξής:

**Πίνακας 4.5:** Μορφολογία Δήμου Ρόδου

	Έκταση (στρέμματα)
<b>Καλλιέργειες και Αγροάπαιψη</b>	5400
<b>Κοινοτικά βοσκοτόπια</b>	1700
<b>Ιδιωτικά βοσκοτόπια</b>	0
<b>Δάση</b>	5000
<b>Υδατα</b>	300
<b>Οικισμοί</b>	6500
<b>Άλλες</b>	600
<b>Σύνολο εκτάσεων</b>	19500

### Δήμος Ιαλυσού

Η Ιαλυσός απέχει περίπου 8 km από τη Ρόδο και έχει πάρει την ονομασία της από την αρχαία ακρόπολη της Ιαλυσού που βρίσκεται στο ύψωμα της Φιλέρημου. Στην περιοχή σώζεται ακόμα το ιπποτικό μοναστήρι ενώ ο ίδιος ο Δήμος αποτελεί έναν από τους κύριους τουριστικούς προορισμούς του νησιού, συντελώντας έτσι στην ανάπτυξή του.



**Γράφημα 4.5:** Δημογραφική εξέλιξη Δήμου Ιαλυσού

Από απογραφές των ετών 1951 – 2001 που πραγματοποιήθηκαν ανά δεκαετία προκύπτει ότι ο πληθυσμός του Δήμου συνολικά αυξήθηκε, και μάλιστα μέσα σε πενήντα χρόνια ο πληθυσμός σχεδόν πενταπλασιάστηκε, πράγμα που υποδηλώνει την έντονη ανάπτυξη της περιοχής.

Το ανάγλυφο στην περιοχή θεωρείται πεδινό ενώ η μορφολογία έχει ως εξής.

**Πίνακας 4.6:** Μορφολογία Δήμου Ιαλυσού

	Έκταση (στρέμματα)
<b>Καλλιέργειες και Αγρανάπαυση</b>	9500
<b>Κοινοτικά βοσκοτόπια</b>	300
<b>Ιδιωτικά βοσκοτόπια</b>	1800
<b>Δάση</b>	1400
<b>Υδατα</b>	400
<b>Οικισμοί</b>	3300
<b>Άλλες</b>	100
<b>Σύνολο εκτάσεων</b>	16800

### Δήμος Καλλιθέας

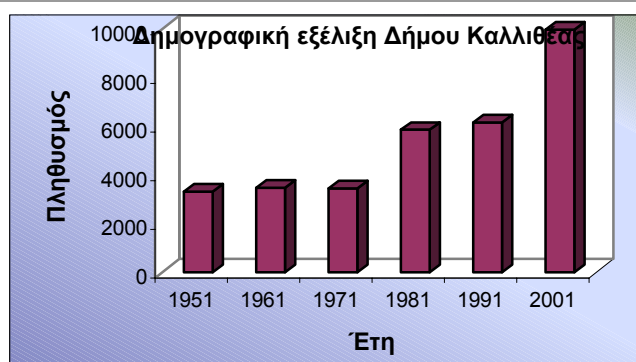
Ο Δήμος Καλλιθέας περιελάμβανε τις κοινότητες Κοσκινού, Καλυθιών και Ψίνθου οι οποίες με το Σχέδιο Καποδίστρια καταργήθηκαν και έδρα του Δήμου ορίστηκε ο οικισμός Φαληράκι. Οι κοινότητες αυτές απέχουν 10, 15 και 25 km αντίστοιχα από τη Ρόδο.



Ο πρώην οικισμός Κοσκινού έχει ανακηρυχθεί παραδοσιακός οικισμός και σε αυτόν βρίσκονται οι περίφημες ιαματικές πηγές της Καλλιθέας (φωτογραφία). Η περιοχή επίσης διατηρεί δείγματα παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, Λαογραφικό Μουσείο και ξενοδοχειακές μονάδες μεγάλης δυναμικότητας (2000-5000 κλίνες).

Ο πρώην οικισμός των Καλυθιών εικάζεται ότι πήρε το όνομά του από το φυτό κόλυθος ή κολυτέα που ευδοκμεί στην περιοχή. Σε αυτόν υπάρχουν πλήθος εξυπηρετήσεων όπως κέντρο υγείας, ταχυδρομείο, σχολεία (δημοτικό – γυμνάσιο) και ελαιοτριβείο. Στον οικισμό αυτό υπάγεται και το κοσμοπολίτικο Φαληράκι, μία από τις πιο ανεπτυγμένες τουριστικά περιοχές του νησιού.

Τέλος, ο πρώην οικισμός της Ψίνθου είναι επίσης ανακηρυγμένος ως παραδοσιακός οικισμός. Χαρακτηρίζεται από το φυσικό του τοπίο και την ύπαρξη πολλών φυσικών πηγών και υδροτόπων. Οι κάτοικοι έχουν ως ασχολία τον πρωτογενή τομέα (ελαιοκομία, μελισσοτροφία) και τον τουρισμό.



Γράφημα 4.6: Δημογραφική εξέλιξη Δήμου Καλλιθέας

Από απογραφές των ετών 1951 – 2001 που πραγματοποιήθηκαν ανά δεκαετία προκύπτει ότι ο πληθυσμός του Δήμου στο διάστημα 1951-1971 ήταν ουσιαστικά σταθερός, ενώ τα τελευταία τριάντα χρόνια τριπλασιάστηκε με γρήγορους ρυθμούς.

Το ανάγλυφο της περιοχής είναι πεδινό και η μορφολογία της παρατίθεται παρακάτω.

Πίνακας 4.7: Μορφολογία Δήμου Καλλιθέας

	Έκταση (στρέμματα)
<b>Καλλιέργειες και Αγροανάπαυση</b>	29200
<b>Κοινοτικά βοσκοτόπια</b>	12700
<b>Ιδιωτικά βοσκοτόπια</b>	15000
<b>Δάση</b>	42300
<b>Υδατα</b>	2400
<b>Οικισμοί</b>	2300
<b>Άλλες</b>	5900
<b>Σύνολο εκτάσεων</b>	109800

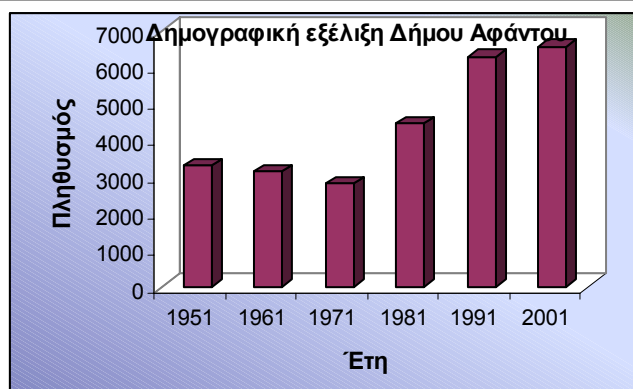


### Δήμος Αφάντου

Ο Δήμος Αφάντου απέχει περίπου 21 km από τη Ρόδο και χαρακτηρίζεται από την παρουσία λόφων αλλά και οπωροφόρων δέντρων και ελαιόδεντρων. Στην περιοχή λειτουργεί ταπητουργείο και λαογραφική έκθεση. Η περιοχή αυτή είναι επίσης γνωστή για τις πεντακάθαρες αμμώδεις παραλίες της.



Παλαιότερα περιελάμβανε το δήμο Αφάντου και την κοινότητα Αρχίπολης, τα οποία καταργήθηκαν και έδρα του δήμου ορίστηκε ο οικισμός Αφάντου.



**Γράφημα 4.7:** Δημογραφική εξέλιξη Δήμου Αφάντου

Από απογραφές των ετών 1951 – 2001 που πραγματοποιήθηκαν ανά δεκαετία προκύπτει ότι ο πληθυσμός του Δήμου σε αυτό το χρονικό διάστημα σχεδόν διπλασιάστηκε, ενώ μόνο το διάστημα 1951 – 1971 ο πληθυσμός παρουσίασε φθίνουσα πορεία.

Το ανάγλυφο της περιοχής σε ορισμένες περιοχές είναι πεδινό και σε ορισμένες ημιορεινό, ενώ η μορφολογία της έχει ως εξής:

**Πίνακας 4.8:** Μορφολογία Δήμου Αφάντου

	Έκταση (στρέμματα)
<b>Καλλιέργειες και Αγρανάπαυση</b>	15800
<b>Κοινοτικά βοσκοτόπια</b>	10400
<b>Ιδιωτικά βοσκοτόπια</b>	500
<b>Δάση</b>	15800
<b>Υδατα</b>	800
<b>Οικισμοί</b>	1900
<b>Άλλες</b>	900
<b>Σύνολο εκτάσεων</b>	46100

*Δήμος Πεταλούδων*

Ο Δήμος Πεταλούδων αποτελούταν από τα Δημοτικά Διαμερίσματα Κρεμαστής, Παραδεισίου, Μαριτσών, Παστίδας, Θεολόγου και Δαματριάς. Με την κατάργηση των κοινοτήτων αυτών έδρα του Δήμου ορίστηκε ο οικισμός της Κρεμαστής. Ο Δήμος έχει συνολική έκταση 893 km<sup>2</sup>, μήκος ακτών 12 km και πληθυσμό 11.858 κατοίκων.



Στο Δήμο αυτό βρίσκεται και η περίφημη κοιλάδα των πεταλούδων όπου κάθε καλοκαίρι συγκεντρώνονται πεταλούδες του είδους *Panaxia quadripunctaria*. Οι πεταλούδες αυτές ανήκουν στις νυχτοπεταλούδες ή πεταρούδια καθώς την ημέρα κοιμούνται ενώ τη νύχτα πετούν για την ανεύρεση συντρόφου και την αναπαραγωγή. Έτσι επιτυγχάνουν την εξοικονόμηση της απαραίτητης ενέργειας για την επιβίωσή τους. Ωστόσο, ο εξαναγκασμός τους σε πέταγμα λόγω του θορύβου που προκαλούν οι επισκέπτες, τις οδηγεί στην κατανάλωση της αποθηκευμένης –σε μορφή λίπους– ενέργειας και στο θάνατο πριν φτάσουν στην ωτοκία (Φύση: Οι πεταλούδες της Πάρου, 2003).

Ο πληθυσμός των πεταλούδων υφίσταται συνεχή μείωση και παρόλο που η κοιλάδα περιλαμβάνεται στο Δίκτυο Natura 2000 δεν υπάρχει κάποιο καθεστώς προστασίας τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο (Φύση: Μέτρα προστασίας, 2003).



Στο αναπτυξιακό πρόγραμμα του Δήμου περιλαμβάνονται η ανόρυξη νέων γεωτρήσεων, η αντικατάσταση εσωτερικών δικτύων ορισμένων περιοχών και η δημιουργία – αποπεράτωση δικτύων ακαθάρτων.

# Κεφάλαιο 5

## Γεωμορφολογία

## 5. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

### 5.1 Γενικά γεωμορφολογικά στοιχεία

Το νησί της Ρόδου αποτελεί το ανατολικότερο άκρο του νησιωτικού τόξου της Κρήτης και θεωρείται ένα από τα υψηλά σημεία της υποθαλάσσιας τάφρου που ξεκινά από την Πελοπόννησο και καταλήγει στην Ανατολία (Σχήμα 5.2). Έχει σχήμα ρομβοειδές ενώ ο μεγάλος άξονας, που έχει μήκος 77 km, βρίσκεται σε διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ. Το κλίμα είναι μεσογειακό, με υγρό χειμώνα και ξηρό καλοκαίρι. Σπάνια εμφανίζονται χιονοπτώσεις και καταιγίδες, ενώ ο άνεμος φυσά σχεδόν συνεχώς και με μεγάλες ταχύτητες.

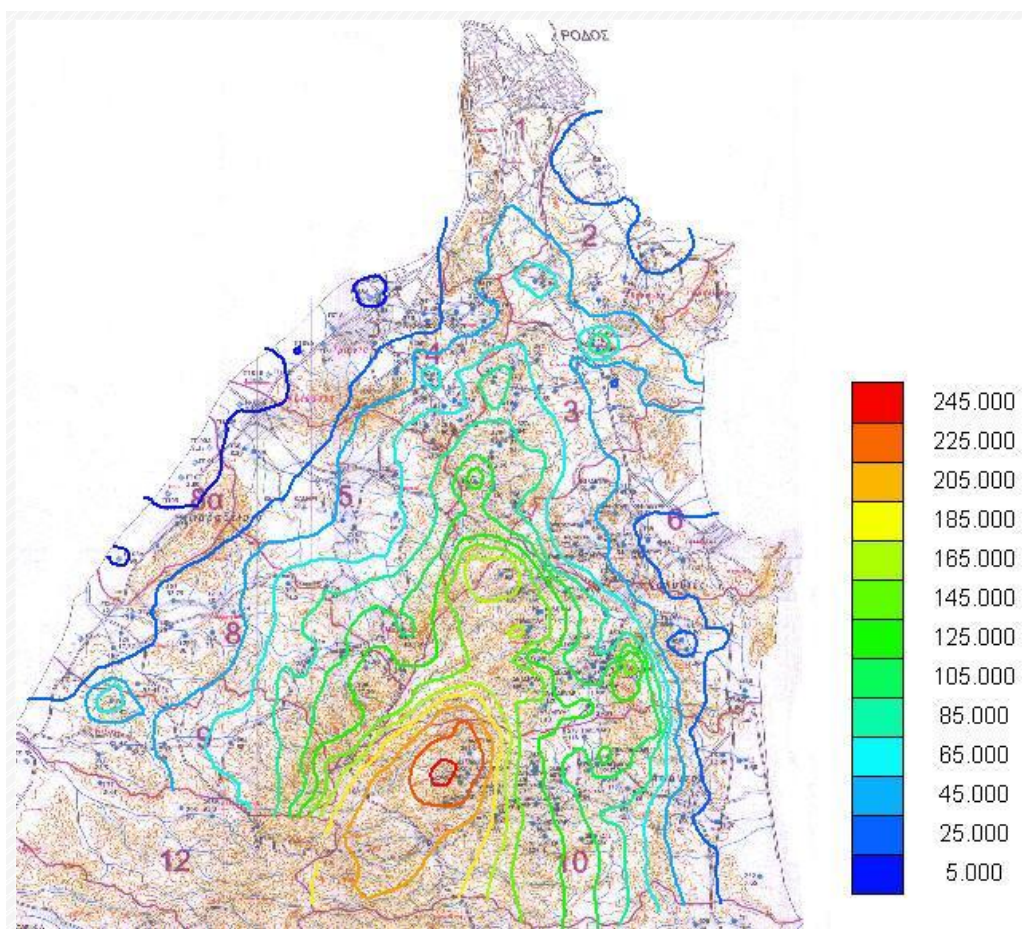
Το τοπογραφικό ανάγλυφο είναι ανώμαλο και οι κύριες φυσιογραφικές μονάδες που παρατηρούνται είναι οι ασβεστολιθικοί όγκοι, οι λοφώδεις περιοχές των τριτογενών κλαστικών σχηματισμών, τα ανωπλειοκαινικά υψίπεδα, οι θαλάσσιες και ποτάμιες αναβαθμίδες και τα παράκτια επίπεδα. Οι ασβεστολιθικοί όγκοι σχηματίζουν τις υψηλότερες περιοχές του νησιού όπως το όρος Ατάβυρος, που σε υψόμετρο 1215 m αποτελεί την υψηλότερη περιοχή.

Μια μικρή κυρτή περιοχή, όπου εμφανίζεται φλύσσης, χωρίζει τον όγκο του Αταβύρου από τον όγκο του Ακραμύτη – Αρμενιστή, ο οποίος βρίσκεται σε μικρότερο υψόμετρο (825 m) αλλά χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερες κλίσεις ανάγλυφου.

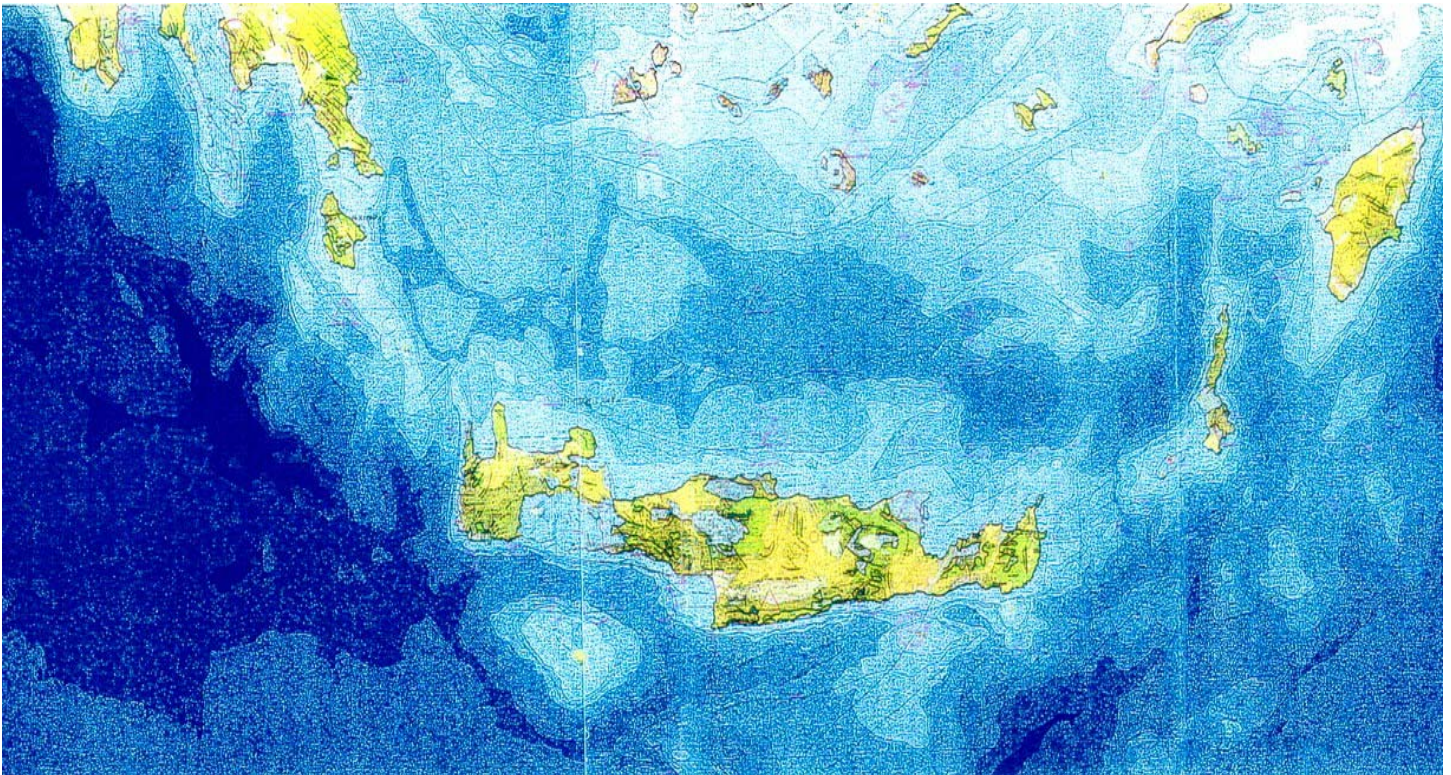
Γενικά το νησί της Ρόδου χαρακτηρίζεται από τοπογραφικές εξάρσεις, οι οποίες οφείλονται σε δομές τεκτονικών κεράτων και τεκτονικών τάφρων. Οι ασβεστολιθικοί όγκοι, λόγω της υψηλής διαπερατότητάς τους και του μεγάλου υψομέτρου, δεν παρουσιάζουν υδρογραφικό δίκτυο και στην πλειοψηφία τους χαρακτηρίζονται από φτωχή βλάστηση. Κατά μήκος της ανατολικής ακτής του νησιού κυριαρχούν τα οροπέδια, ενώ στις ανατολικές και βορειοδυτικές ακτές εντοπίζονται θαλάσσιες αναβαθμίδες. Ακόμη, σε διάφορους σχηματισμούς παρατηρούνται και ίχνη θαλάσσιας διάβρωσης (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999).

Το μοντέλο “PTC”, που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για την προσομοίωση της υπόγειας ροής, παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας χάρτη ισοϋψών με την εισαγωγή των απόλυτων υψομέτρων όλων των γεωτρήσεων και φρεάτων που βρίσκονται στην υπό μελέτη περιοχή (Σχήμα 5.1). Από τον χάρτη αυτό παρατηρείται ότι οι υψηλότερες περιοχές βρίσκονται στο νότιο – κεντρικό τμήμα της περιοχής, ενώ καθώς κινούμαστε προς τις παραλιακές ζώνες το υψόμετρο σταδιακά μειώνεται.

**Σχήμα 5.1:** Χάρτης ισοϋψών των απόλυτων υψομέτρων (m) της περιοχής μελέτης







**Σχήμα 5.2:** Το νησί της Ρόδου είναι το ανατολικότερο άκρο του νησιωτικού τόξου της Κρήτης (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική διεύθυνση εγχειοβελτιωτικών έργων και γεωργικών διαρθρώσεων, δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, τμήμα Υδρογεωλογίας, γεωτρήσεων και μαθηματικών ομοιωμάτων, 1999)

## 5.2 Υδρογραφικό δίκτυο

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ενός κύριου υδροκρίτη, ο οποίος την χωρίζει σε βορειοδυτικό και νοτιοανατολικό τμήμα. Ο υδροκρίτης αυτός είναι μεταβλητής διεύθυνσης και ακολουθεί τις τοπογραφικές εξάρσεις που οφείλονται στην τεκτονική τοποθέτηση παλαιότερων γεωλογικών σχηματισμών πάνω σε νεότερους (εφίπλευση). Το σχήμα των λεκανών παρέχει στοιχεία σχετικά με το στάδιο μορφολογικής εξέλιξης του νησιού. Συγκεκριμένα, η εκβάθυσή τους είναι μεγαλύτερη από την διαπλάτυνσή τους, πράγμα που χαρακτηρίζει το στάδιο νεότητας των λεκανών.

Ακόμη, οι λεκάνες της περιοχής χαρακτηρίζονται από την ακανόνιστη διακλάδωση των παραποτάμων προς διάφορες κατευθύνσεις και μάλιστα με διαφορετικές γωνίες. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το υδρογραφικό δίκτυο των λεκανών της περιοχής είναι δενδριτικού τύπου, το οποίο δημιουργείται σε περιοχές με σχετικά ομοιογενή γεωλογία (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999).

Σημειώνεται ότι στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε η χάραξη και αρίθμηση των λεκανών της νήσου Ρόδου, όπως αυτή προέκυψε από την προαναφερόμενη βιβλιογραφία.





**Σχήμα 5.3:** Υδρογεωλογικές λεκάνες Βόρειας και Κεντρικής Ρόδου και λεκάνες περιοχής μελέτης (1 έως 10) (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999)

## Κεφάλαιο 6

### Γεωλογικές Συνθήκες

## 6. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

### 6.1 Γεωλογία – Στρωματογραφία

Στο νησί της Ρόδου εντοπίζονται τρεις μεγάλες τεκτονικές ενότητες, κάθε μία από τις οποίες χαρακτηρίζεται από σαφώς καθορισμένη στρωματογραφική διαδοχή (Σχήμα 6.1). Οι τρεις αυτές τεκτονικές ενότητες και οι σχηματισμοί που περιλαμβάνουν παρουσιάζονται παρακάτω (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999).

1. *Κατώτερη ενότητα – αυτόχθονη*, η οποία αποτελείται από δύο σχηματισμούς που, από τον παλαιότερο προς τον νεότερο, είναι:

■ *Η Ομάδα Αταβύρου*, που περιλαμβάνει

- Τον πυριτικό ασβεστόλιθο Ατεμάρη, πάχους 170 μέτρων
- Τον ασβεστόλιθο Ακραμύτη, πάχους 480 μέτρων και 800 μέτρων στον Ατάβυρο
- Τον μαργαϊκό ασβεστόλιθο Κακόσκαλας, πάχους 80 – 120 μέτρων

■ *Ο φλύσχης Καταβιάς*, που περιλαμβάνει

- Το μέλος Σιάνα
- Το μέλος Λάερμα
- Το μέλος Σταφύλια
- Το μέλος Κάλαθος
- Το μέλος Καράκια
- Το μέλος Μεγάλο Κάλαβρο

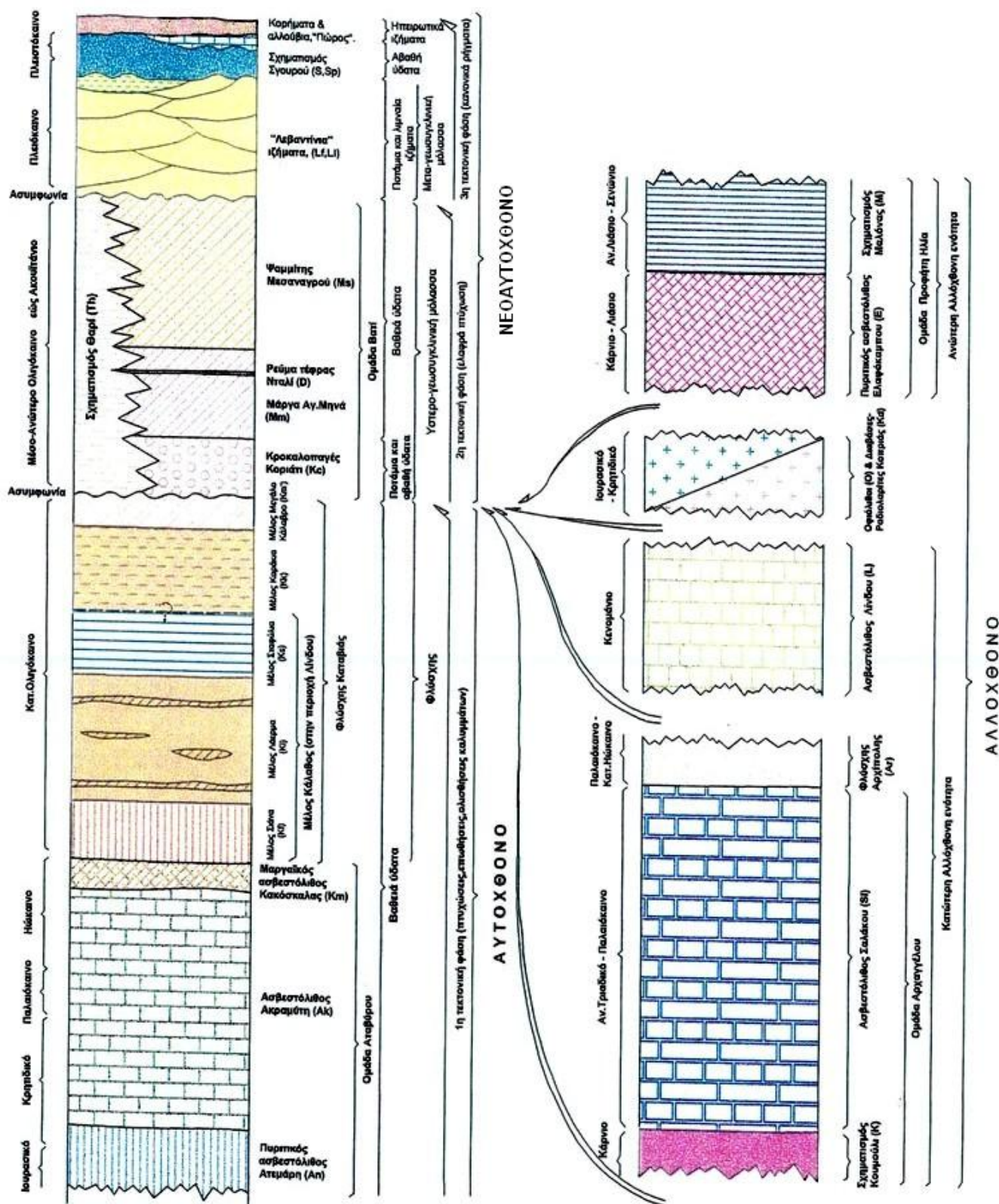
2. *Ενδιάμεση ενότητα – αλλόχθονη*, που περιλαμβάνει, από την παλαιότερη προς τη νεότερη, τις εξής υποενότητες:

- Την κατώτερη αλλόχθονη σειρά – Ομάδα Αρχαγγέλου, που περιλαμβάνει
  - Το σχηματισμό Κουμούλι, με πάχος τυπικής τομής 55 μέτρα
  - Τον ασβεστόλιθο Σαλάκου, με πάχος τυπικής τομής 700 μέτρα
- Την ενδιάμεση αλλόχθονη σειρά – Φλύσχης Αρχίπολης, με πάχος τυπικής τομής 100 μέτρα
- Τον ασβεστόλιθο της Λίνδου, πάχους 450 μέτρων και αβέβαιης τεκτονικής τοποθέτησης
- Την ανώτερη αλλόχθονη σειρά – Ομάδα Προφήτη Ηλία, που περιλαμβάνει
  - Τον πυριτικό ασβεστόλιθο Ελαφόκαμπου, πάχους 250 μέτρων
  - Τον σχηματισμό Μαλόνας, πάχους 200 μέτρων

3. *Ανώτερη ενότητα – νεοαυτόχθονη*, που βρίσκεται σε ασυμφωνία με την προηγούμενη αλλόχθονη ενότητα. Η εν λόγω ενότητα αναφέρεται και ως “Ομάδα Βατί” και περιλαμβάνει πέντε ιζηματογενείς σχηματισμούς, οι οποίοι, από τον παλαιότερο προς το νεότερο, είναι:

- *Ομάδα Βατί*
  - Σχηματισμός Θαρί, πάχους 500 – 600 μέτρων
  - Κροκαλοπαγές Κοριάτι, πάχους 160 μέτρων
  - Μάργα Αγίου Μηνά, πάχους 315 μέτρων
  - Ρεύμα τέφρας (σποδού) Νταλί, πάχους 5 μέτρων
  - Ψαμμίτης Μεσαναγρού, πάχους 460 μέτρων
- “Λεβαντίνια” Ιζήματα
- Σχηματισμός Σγουρού, μέγιστου πάχους 180 μέτρων
- Πώρος





**Σχήμα 6.1:** Στρωματογραφική διαδοχή γεωλογικών σχηματισμών Νήσου Ρόδου (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική διεύθυνση εγχειοβελτιωτικών έργων και γεωργικών διαρθρώσεων, δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, τμήμα Υδρογεωλογίας, γεωτρήσεων και μαθηματικών ομοιωμάτων, 1999)

*Υδρογεωλογική Μελέτη του Βόρειου Τμήματος της Νήσου Ρόδου – Προσομοίωση Υπόγειας Ροής με χρήση του Τρισδιάστατου Μοντέλου Ροής Υπογείων Υδάτων και Μεταφοράς Ρύπων “PTC”*

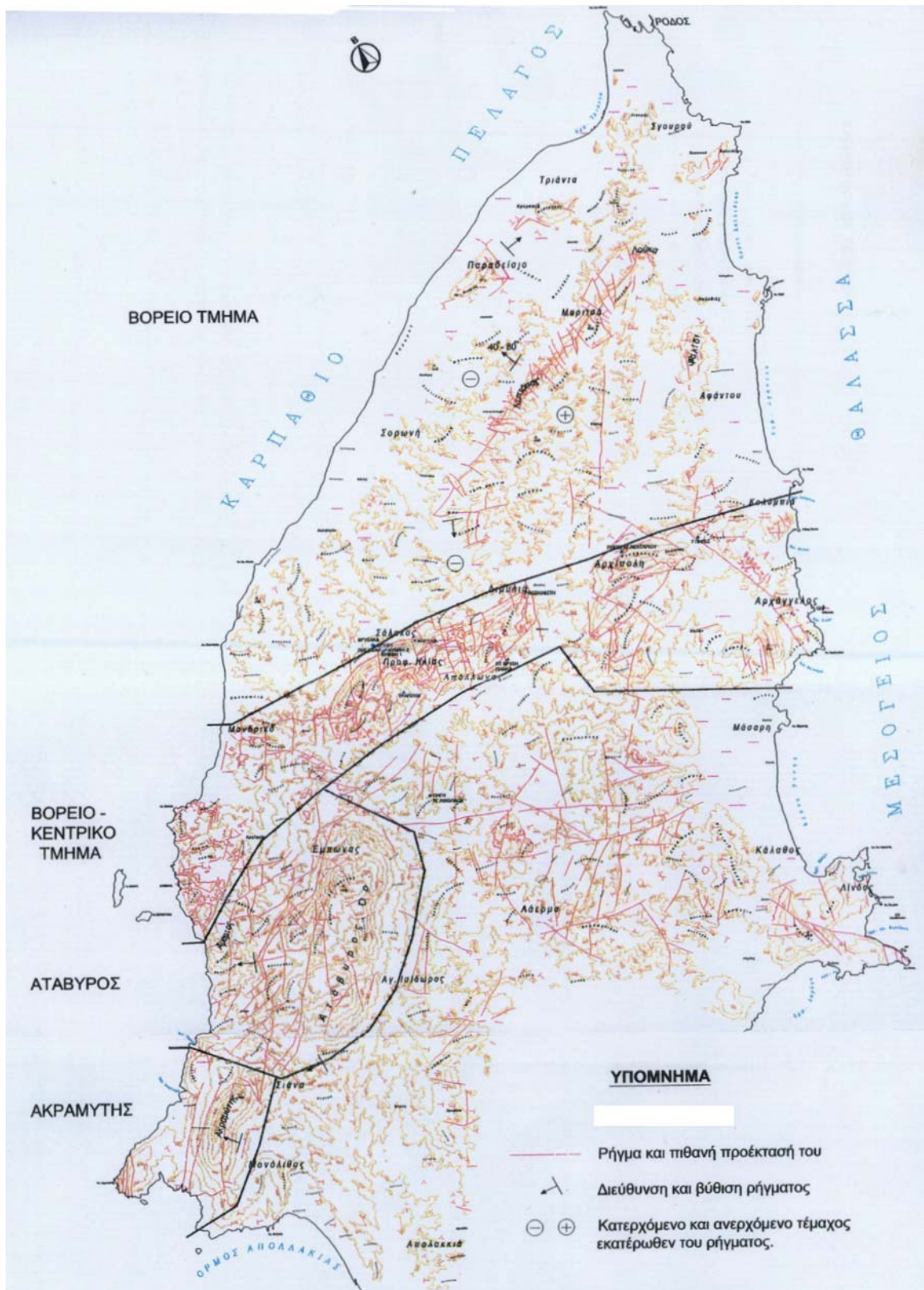
## 6.2 Τεκτονική

Στο νησί της Ρόδου εντοπίζονται τρία βασικά συστήματα γεωλογικών δομών, τα οποία σχετίζονται με διακεκριμένες τεκτονικές φάσεις (Σχήμα 6.2). Τα συστήματα αυτά είναι:

- Ένα σύστημα πτυχώσεων, πτυχωσιγενών ρηγμάτων, καλυμμάτων και εφιππεύσεων, που συναντώνται στις προγενέστερες δομές της ομάδας Βατί.
- Ένα σύστημα ελαφρών πτυχώσεων, το οποίο εντοπίζεται στην ομάδα Βατί και στους υποκείμενους σχηματισμούς (προ – λεβαντίνιες δομές).
- Ένα σύστημα κανονικών ρηγμάτων που – εκτός από τις πρόσφατες θαλάσσιες και ποτάμιες αποθέσεις – συναντάται σε ολόκληρη τη στρωματογραφική ακολουθία του νησιού. Τα ρήγματα αυτά, σχηματίζοντας ένα πυκνό δίκτυο, συνιστούν το εντονότερο δομικό και μορφολογικό χαρακτηριστικό του νησιού και αποτελούν αιτία της μερικής καταστροφής των προηγούμενων δομών.

Οι παραπάνω τεκτονικές ενότητες περιγράφονται πιο αναλυτικά στη συνέχεια (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999).





**Σχήμα 6.2:** Κύριες τεκτονικές ενότητες Νήσου Ρόδου – Βόρειο και Βορειο-κεντρικό τμήμα (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999)

Υδρογεωλογική Μελέτη του Βόρειου Τμήματος της Νήσου Ρόδου – Προσομοίωση Υπόγειας Ροής με χρήση του Τρισδιάστατου Μοντέλου Ροής Υπογείων Υδάτων και Μεταφοράς Ρύπων “PTC”

### ▪ Βόρειο τμήμα

Το βόρειο τμήμα του νησιού της Ρόδου οριοθετείται από την πόλη της Ρόδου έως τα χωριά Κολύμπια, Αρχίπολη, Σάλακος και Μανδρικό. Στην περιοχή αυτή εντοπίζονται Λεβαντίνια ιζήματα και ο σχηματισμός Σγουρού, ενώ κατά μήκος των σειρών Λούκα – Κουμούλι και Λεπτόπα, στο λόφο Ψαλίδι και στο ακρωτήριο Λαδικό παρατηρούνται προγενέστεροι σχηματισμοί. Το τμήμα αυτό χαρακτηρίζεται από τη συχνή εμφάνιση πυκνών κανονικών ρηγμάτων.

Ένα χαρακτηριστικό κανονικό ρήγμα εμφανίζεται στις βόρειες κλιτύες της σειράς Λούκα – Κουμούλι, με διεύθυνση ABA – ΔNΔ και κλίση  $40^{\circ}$  –  $80^{\circ}$  προς BBΔ. Το κατερχόμενο τέμαχος εντοπίζεται στο βόρειο τμήμα του ρήγματος.

Άλλο αξιοσημείωτο κανονικό ρήγμα εμφανίζεται βόρεια του χωριού Διφυλιά, με διεύθυνση ANA – ΔBΔ και βύθιση προς NNΔ. Το κατερχόμενο τέμαχος είναι το νότιο τμήμα του ρήγματος, που δομείται από Λεβαντίνια ιζήματα, ενώ το ανερχόμενο τέμαχος είναι το βόρειο τμήμα, που καλύπτεται από ιζήματα του σχηματισμού Θαρί.

Τέλος, στα ανατολικά πρηνή του λόφου Παραδείσιο εμφανίζονται δύο μικρά κανονικά ρήγματα, με διεύθυνση B – N και βύθιση προς τα ανατολικά. Τα ρήγματα αυτά τέμνουν όχι μόνο τα Λεβαντίνια ιζήματα αλλά και τις αργίλους και άμμους του σχηματισμού Σγουρού.

Από στοιχεία γεωλογικών τομών της χρησιμοποιηθείσας ως βιβλιογραφία μελέτης προκύπτει ότι οι υδατοπερατοί σχηματισμοί (ψαμμίτες, ασβεστόλιθοι και κροκαλοπαγή) βρίσκονται πάνω από το σχηματισμού του φλύσχη και φθάνουν σε μεγάλα βάθη κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

### ▪ Βόρειο – Κεντρικό τμήμα

Το τμήμα αυτό χαρακτηρίζεται από την παρουσία μεσοζωικών ασβεστόλιθων που υπέρκεινται του φλύσχη της Κατταβιάς (Μέλος Λάερμα) και είναι τοποθετημένοι σε μια διεύθυνση από την Κρητηνία μέχρι την Αρχάγγελο. Το κάτω όριο των μεσοζωικών ασβεστόλιθων με τον φλύσχη είναι ευδιάκριτο σε ορισμένα σημεία, ωστόσο γενικά καλύπτεται από νεοαιόχθονα ιζήματα ή πλευρικά κορήματα. Στην περίπτωση αυτή, η παρουσία του ορίου εξακριβώνεται από την ευθυγράμμιση των πηγών, όπως αυτών στον πόδα των βορείων πρηνών του Προφήτη Ηλία.



Σημειώνεται ότι μεταξύ αυτών των μεσοζωικών ασβεστόλιθων και των ασβεστόλιθων του Αταβύρου παρεμβάλλεται ο προαναφερόμενος φλύσχης Κατταβιάς, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται και να μην υφίσταται υδραυλική επικοινωνία μεταξύ τους.

#### ▪ Ατάβυρος

Ο Ατάβυρος είναι ο υψηλότερος όγκος του νησιού (1215 μέτρα) και αποτελείται από τον ασβεστόλιθο του Ακραμύτη και τον μαργαϊκό ασβεστόλιθο της Κακόσκαλας. Έχει διεύθυνση BBA – NNΔ, ενώ το γεγονός ότι αποτελεί το ανατολικότερο άκρο ενός ευρύ αντικλίνου διεύθυνσης BBA – NNΔ και βύθισης αξονικού επιπέδου προς BBΔ, πιστεύεται ότι συντελεί στις αλλαγές βύθισης των στρωμάτων.

Στην νοτιοανατολική πλευρά ο Ατάβυρος οριοθετείται από ένα ρήγμα διεύθυνσης BA – NΔ με βύθιση προς NA, ενώ στη βορειοδυτική πλευρά εντοπίζεται ο Άμαρτος, ένα κράσπεδο όπου εμφανίζεται ο φλύσχης της Κατταβιάς και που χωρίζει τον Ατάβυρο από την περιοχή της Κρητηνιάς. Σε αυτή την περιοχή εμφανίζονται ορισμένα κανονικά ρήγματα, με διεύθυνση BA – NΔ και A – Δ.

#### ▪ Περιοχή Ακραμύτη – Αρμενιστή

Στη συγκεκριμένη περιοχή, οι ασβεστόλιθοι της ομάδας του Αταβύρου είναι τεκτονικά τοποθετημένοι πάνω στον φλύσχη της Κατταβιάς με επώθηση μικρής γωνίας, σε διεύθυνση BA – NΔ και μικρή κλίση προς ΒΔ. Μεταξύ Μονόλιθου και Σιαννών το μέτωπο της επώθησης καλύπτεται με κορήματα και Πώρο και διακόπτεται από νεότερα κανονικά ρήγματα. Ακόμη, σε όλη την περιοχή εμφανίζεται ένα σύστημα κανονικών ρηγμάτων με διεύθυνση BA – NΔ και βύθιση προς ΒΔ.

# Κεφάλαιο 7

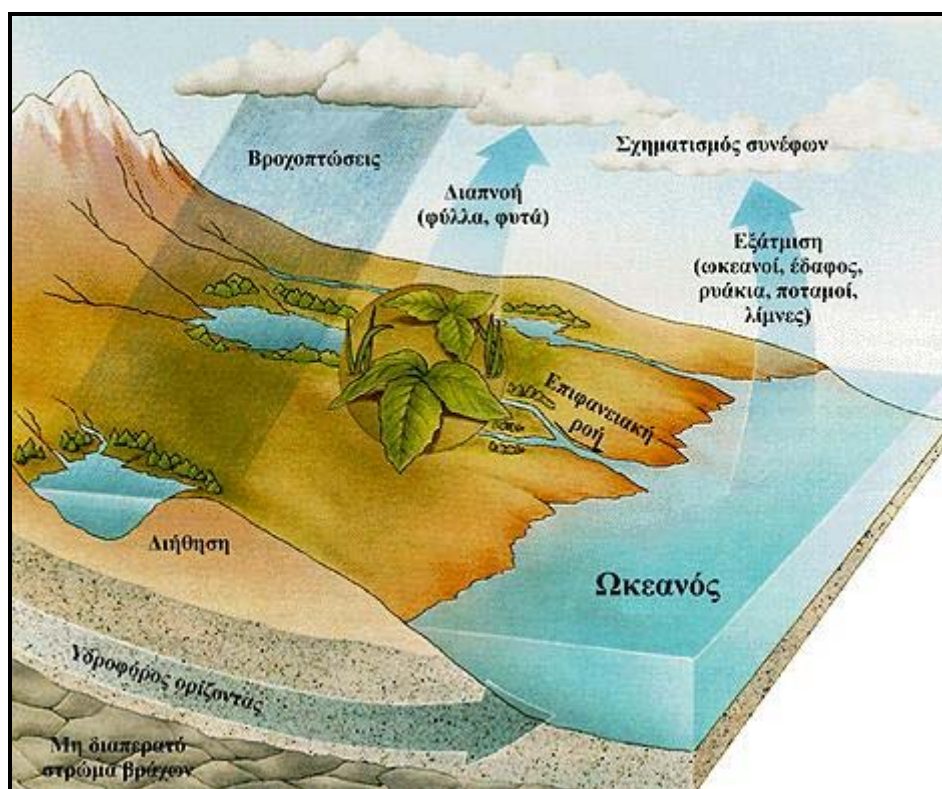
## *Βασικές Έννοιες Υπόγειας*

## *Υδρολογίας*

## 7. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ

### 7.1 Υδρολογικός κύκλος

Με τον όρο *υπόγεια ύδατα* νοούνται οι υδάτινες ποσότητες που υπάρχουν μέσα στο υπέδαφος και στους διάφορους υπόγειους γεωλογικούς σχηματισμούς. Για τη μελέτη τους είναι απαραίτητη η άμεση συσχέτισή τους με τον κύκλο του νερού ή υδρολογικό κύκλο.



**Σχήμα 7.1:** Υδρολογικός κύκλος (Τεχνικό Μουσείο Θεσσαλονίκης, 2001)

Το υδρολογικό ισοζύγιο δίνεται από τη σχέση

$$P - R - G - E - T = \Delta S$$

όπου P: βροχόπτωση

R: επιφανειακή απορροή

G: υπόγεια ροή

E: εξάτμιση

T: διαπνοή

ΔS: μεταβολή ρυθμού αποθήκευσης νερού

Τα υπόγεια ύδατα αποτελούν μόλις το 4% του όγκου των υδάτινων αποθεμάτων του πλανήτη, πράγμα που καθιστά αντιληπτή την αναγκαιότητα για ορθολογική ποσοτική και ποιοτική τους διαχείριση (Καρατζάς, 2003).

## 7.2 Ταξινόμηση υπογείων υδάτων

Τα υπόγεια νερά κατανέμονται σε δύο ζώνες (Καρατζάς, 2003):

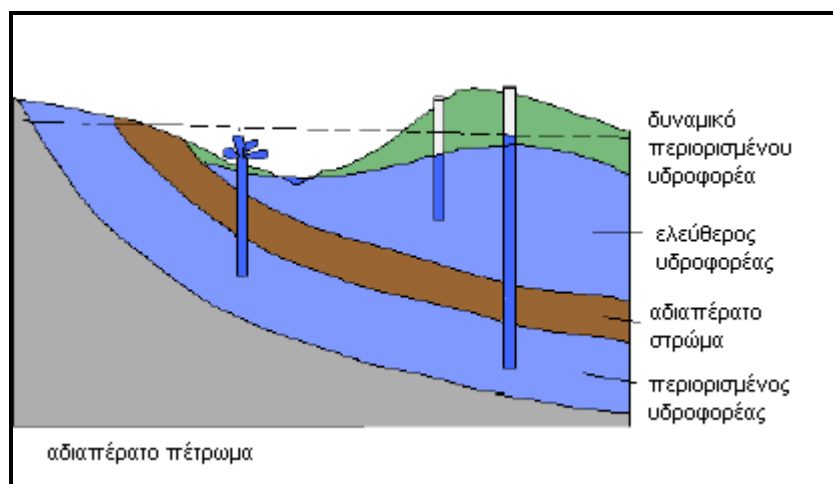
- Την κορεσμένη ζώνη, όπου οι εδαφικοί πόροι καταλαμβάνονται από αέρα και νερό. Περιλαμβάνει και δύο υποζώνες, τη ζώνη εδαφικού ύδατος και ζώνη τριχοειδών φαινομένων.
- Την ακόρεστη ζώνη, όπου όλοι οι πόροι είναι πλήρεις με νερό και κάτω από υδροστατική πίεση. Έχει ως άνω επιφάνεια τον υδροφόρο ορίζοντα όπου η υδροστατική πίεση είναι ίση με την ατμοσφαιρική.

## 7.3 Υδροφορείς

Σύμφωνα με τον Καρατζά (2003), *υδροφορέας* καλείται ο υπεδάφιος σχηματισμός που περιέχει σημαντικές ποσότητες διαπερατών υλικών κορεσμένων με ύδωρ, που μπορούν να προμηθεύουν με νερό γειτονικά φρέατα και πηγές.

Οι περισσότεροι υδροφορείς εκτείνονται σε μεγάλη έκταση και έτσι μπορούν να θεωρηθούν ως υπόγειες δεξαμενές.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες υδροφορέων. Οι *ελεύθεροι υδροφορείς*, που ανώτερη επιφάνειά τους είναι ο υδροφόρος ορίζοντας και οι *περιορισμένοι ή αρτεσιανοί υδροφορείς*, που περιέχουν νερό υπό πίεση και στην άνω και κάτω επιφάνειά τους περιορίζονται από αδιαπέρατα στρώματα.



**Σχήμα 7.2:** Περιορισμένος και ελεύθερος υδροφορέας (Navy Environmental Health Center – Environmental Programs, 2003)

Οι υδροφορείς χαρακτηρίζονται από την ικανότητά τους να συγκρατούν και να μετακινούν το νερό. Οι βασικές παράμετροι που τους χαρακτηρίζουν είναι:

#### ■ Πορώδες

Πορώδες λέγεται το ποσοστό του πετρώματος ή του εδάφους που δεν καταλαμβάνεται από στερεά υλικά, δηλαδή

$$\text{Πορώδες} = \frac{\text{Όγκος πόρων}}{\text{Συνολικός όγκος δείγματος}}$$

#### ■ Υδραυλική αγωγιμότητα

Σύμφωνα με το νόμο του Darcy, ο ρυθμός ροής διαμέσου πορώδους μέσου είναι ανάλογος των απωλειών φορτίου, ανάλογος ενός συντελεστή που χαρακτηρίζει το πορώδες υλικό (υδραυλική αγωγιμότητα) και αντιστρόφως ανάλογος του μήκους πορείας της ροής.

$$\frac{Q}{A} = -K \cdot \frac{\Delta h}{L} \quad \text{ή} \quad q = -K \cdot \frac{\Delta h}{L}$$

όπου Q η παροχή [ $\text{L}^3\text{T}^{-1}$ ]

A η επιφάνεια διαμέσου της οποίας πραγματοποιείται η ροή [ $\text{L}^2$ ]

K η υδραυλική αγωγιμότητα [ $\text{LT}^{-1}$ ]

$\Delta h$  η απώλεια φορτίου [L]

L το μήκος στήλης [L]

q η ταχύτητα Darcy ή ειδική παροχή [ $LT^{-1}$ ]

Το αρνητικό πρόσημο φανερώνει ότι η ροή γίνεται προς την κατεύθυνση όπου το υδραυλικό ύψος μειώνεται.

Ο λόγος  $\Delta h/L$  ή  $dh/dl$  λέγεται υδραυλική κλίση.

Η πραγματική ταχύτητα ή ταχύτητα διήθησης δίνεται από τη σχέση

$$q_p = \frac{Q}{nA} = \frac{q}{n} = -\frac{K}{n} \frac{dh}{dl}$$

όπου  $q_p$  η ταχύτητα διήθησης [ $LT^{-1}$ ]

n το πορώδες (αδιάστατο)

dh η απώλεια φορτίου [L]

dl το μήκος της στήλης [L]

#### ■ Μεταβιβασιμότητα

Η μεταβιβασιμότητα ορίζεται ως ο ρυθμός με τον οποίο νερό δεδομένου κινητικού ιξώδους κινείται διαμέσου υδροφορέα μοναδιαίου πλάτους με μοναδιαία υδραυλική κλίση.

$$T = Kb$$

όπου T: συντελεστής μεταβιβασιμότητας [ $L^2T^{-1}$ ]

K: υδραυλική αγωγιμότητα [ $LT^{-1}$ ]

b: κορεσμένο πάχος υδροφορέα [L]

Σε έναν περιορισμένο υδροφορέα η μεταβιβασιμότητα είναι σταθερή εφόσον ο υδροφορέας είναι ομογενής και ομοιόμορφου πάχους. Ωστόσο η μεταβιβασιμότητα ενός ελεύθερου υδροφορέα μεταβάλλεται χωρικά καθώς το κορεσμένο πάχος του εξαρτάται από το υψόμετρο του υδροφόρου ορίζοντα.

#### ■ Συντελεστής αποθηκευτικότητας

Σε περιορισμένο υδροφορέα η ικανότητα αποθήκευσης ύδατος οφείλεται στη συμπιεστότητα του ύδατος και του υλικού. Αντιθέτως, σε ελεύθερο υδροφορέα η ικανότητα αποθήκευσης ύδατος οφείλεται κατά κύριο λόγο στην πλήρωση ή εκκένωση των πόρων και πολύ λιγότερο στη συμπιεστότητα του ύδατος και του υλικού.

### 7.4 Ομοιογένεια και ισοτροπία

Όσον αφορά την ομοιογένεια και ισοτροπία ενός υδροφορέα, προκύπτουν οι παρακάτω ορισμοί (Καρατζάς, 2003):

*Ομοιογενής* λέγεται ο υδροφορέας, του οποίου οι υδραυλικές ιδιότητες είναι ίδιες σε κάθε σημείο του.

*Ετερογενής* λέγεται ο υδροφορέας, του οποίου οι υδραυλικές ιδιότητες μεταβάλλονται στο χώρο.

*Ισότροπος* λέγεται ο υδροφορέας, του οποίου οι υδραυλικές ιδιότητες σε οποιοδήποτε ορισμένο σημείο του είναι ίδιες προς όλες τις κατευθύνσεις.

*Ανισότροπος* λέγεται ο υδροφορέας, του οποίου οι υδραυλικές ιδιότητες σε οποιοδήποτε ορισμένο σημείο του διαφέρουν σε κάθε κατεύθυνση.

## Κεφάλαιο 8

### Υδρολογία – Υδρογεωλογία



## 8. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ – ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

### 8.1 Βροχοπτώσεις

#### 8.1.1 Γενικά

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τις λεκάνες 1 έως 10, όπως αυτές φαίνονται στο σχήμα 5.3 του κεφαλαίου 5. Οι βροχοπτώσεις στην περιοχή αυτή εμφανίζουν απλή διακύμανση και μεγιστοποιούνται τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο. Γενικά, από τον Ιανουάριο μέχρι το καλοκαίρι παρατηρείται σταδιακή μείωση των βροχοπτώσεων, οι οποίες ουσιαστικά μηδενίζονται τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Οι γεωγραφικοί, γεωμορφολογικοί και δυναμικοί παράγοντες που επικρατούν στην περιοχή έχουν σαν αποτέλεσμα οι βροχοπτώσεις να αυξάνουν με το υψόμετρο. Ο σημαντικότερος δυναμικός παράγοντας που προκαλεί το γεγονός αυτό είναι οι υφέσεις λόγω των κύριων ανέμων που πνέουν στο νησί, οι οποίοι είναι Δυτικοί, Βορειοδυτικοί, Νοτιοανατολικοί και Νότιοι (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999).

#### 8.1.2 Ανάλυση βροχομετρικών δεδομένων

Από το Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999), λαμβάνονται τα παρακάτω βροχομετρικά στοιχεία που προέκυψαν με συμπλήρωση των ελλειπουσών τιμών για τη χρονική περίοδο 1977 – 1995.

Στους πίνακες 8.1 με 8.4 στην τελευταία γραμμή παρατίθεται η μέση ετήσια βροχόπτωση που προκύπτει από καταγραφές κάθε σταθμού για το διάστημα 1977 – 1995.

**Πίνακας 8.1:** Ετήσιες τιμές βροχόπτωσης σταθμών Ρόδου και Βάρης

	<b>Σταθμός YEB Ρόδου</b>	<b>Σταθμός EMY Ρόδου</b>	<b>Σταθμός Βάρη (ΕΘΙΑΓΕ)</b>
<b>Υδρολογικό Έτος</b>	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)
1977-78	892,72	773,90	801,00
1978-79	846,38	804,20	751,50
1979-80	968,39	906,30	902,00
1980-81	816,88	547,90	635,00
1981-82	820,95	723,10	731,90
1982-83	614,20	549,80	545,40
1983-84	947,69	790,50	801,00
1984-85	925,92	736,10	794,50
1985-86	772,60	592,10	620,20
1986-87	557,65	419,20	468,50
1987-88	804,20	591,80	641,10
1988-89	624,42	542,30	524,50
1989-90	727,10	711,90	761,10
1990-91	763,70	634,70	618,00
1991-92	640,00	724,20	746,30
1992-93	542,00	395,10	386,50
1993-94	800,50	883,20	909,90
1994-95	891,50	765,50	783,80
<i>Μέσος όρος</i>	<i>775,4</i>	<i>671,8</i>	<i>690,1</i>

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές βροχόπτωσης που προέκυψαν από μετρήσεις σταθμών εντός της περιοχής μελέτης.

Στους επόμενους πίνακες οι τιμές βροχόπτωσης που παρατίθενται προέκυψαν από μετρήσεις σταθμών εκτός της περιοχής μελέτης.

**Πίνακας 8.2:** Ετήσιες τιμές βροχόπτωσης σταθμών Απόλλωνα, Έμπωνας και Αρχαγγέλου

	<b>Σταθμός ΥΕΒ Απόλλωνα</b>	<b>Σταθμός ΥΕΒ Έμπωνας</b>	<b>Σταθμός ΥΕΒ Αρχαγγέλου</b>
<b>Υδρολογικό Έτος</b>	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)
1977-78	1506,10	1746,50	750,32
1978-79	1320,00	956,50	746,45
1979-80	1003,63	1494,16	870,85
1980-81	816,81	1180,41	612,36
1981-82	865,51	1733,97	671,49
1982-83	688,40	938,66	538,61
1983-84	1055,11	1030,51	895,98
1984-85	778,61	1070,63	715,08
1985-86	452,00	686,00	612,30
1986-87	448,30	864,00	494,01
1987-88	740,00	1522,00	512,74
1988-89	574,00	698,00	386,43
1989-90	881,70	510,40	717,00
1990-91	850,20	820,90	685,70
1991-92	586,10	735,20	669,00
1992-93	456,50	400,60	352,00
1993-94	753,90	893,80	732,80
1994-95	749,00	951,80	937,50
<i>Μέσος όρος</i>	<i>807</i>	<i>1013</i>	<i>661,1</i>

**Πίνακας 8.3:** Ετήσιες τιμές βροχόπτωσης σταθμών Λαέρμων, Σιαννών και Καλάθου

	<b>Σταθμός YEB Λαέρμων</b>	<b>Σταθμός YEB Σιαννών</b>	<b>Σταθμός YEB Καλάθου</b>
<b>Υδρολογικό Έτος</b>	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)
1977-78	652,50	595,92	893,48
1978-79	770,50	779,10	813,67
1979-80	887,83	781,08	927,32
1980-81	562,04	690,93	700,85
1981-82	664,65	830,13	679,34
1982-83	537,65	523,43	647,03
1983-84	845,39	511,65	861,29
1984-85	797,92	772,15	688,02
1985-86	535,00	457,00	768,75
1986-87	425,50	468,00	453,66
1987-88	694,00	612,00	876,28
1988-89	624,00	446,00	698,10
1989-90	693,70	377,00	354,00
1990-91	780,10	567,00	522,30
1991-92	607,20	561,00	684,00
1992-93	315,20	341,00	502,00
1993-94	662,00	524,00	855,40
1994-95	898,00	661,00	1483,90
<i>Μέσος όρος</i>	<i>664,1</i>	<i>583,2</i>	<i>745</i>

**Πίνακας 8.4:** Ετήσιες τιμές βροχόπτωσης σταθμών Απολακκιάς και Κατταβιάς

	<b>Σταθμός ΥΕΒ Απολακκιάς</b>	<b>Σταθμός ΥΕΒ Κατταβιάς</b>
<b>Υδρολογικό Έτος</b>	<b>Ετήσια Βροχόπτωση (mm)</b>	<b>Ετήσια Βροχόπτωση (mm)</b>
1977-78	545,75	569,00
1978-79	703,50	704,00
1979-80	758,00	672,50
1980-81	646,00	619,50
1981-82	783,00	673,00
1982-83	446,00	379,00
1983-84	602,00	580,00
1984-85	780,00	769,50
1985-86	517,00	474,00
1986-87	313,00	377,50
1987-88	561,00	568,50
1988-89	409,00	307,50
1989-90	334,00	269,00
1990-91	461,00	514,00
1991-92	519,50	497,50
1992-93	225,00	257,50
1993-94	494,00	515,00
1994-95	664,00	616,50
<i>Μέσος όρος</i>	<i>542,3</i>	<i>520,2</i>

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τα μέσα ετήσια ύψη βροχής καθώς και με τα υψόμετρα των σταθμών (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999).

**Πίνακας 8.5:** Υψόμετρο σταθμών και μέσο ετήσιο ύψος βροχής

<b>Σταθμός</b>	<b>Υψόμετρο σταθμού (m)</b>	<b>Μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm)</b>
<i>ΥΕΒ Ρόδου</i>	4	775,4
<i>Κάλαθος</i>	5	745
<i>ΕΜΥ</i>	12	671,8
<i>Βάρη</i>	28	690,1
<i>Απόλλωνας</i>	314	807
<i>Έμπωνα</i>	447	1013
<i>Αρχάγγελος</i>	185	661

Οι μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης όπως προκύπτουν από τη χρησιμοποιούμενη βιβλιογραφία φαίνονται στον πίνακα 8.6, ενώ στον πίνακα 8.7 δίνονται η επιφάνεια και το μέσο υψόμετρο κάθε λεκάνης της περιοχής μελέτης, το ετήσιο ύψος βροχής στο μέσο υψόμετρο και η ετήσια βροχόπτωση σε κάθε λεκάνη.

**Πίνακας 8.6:** Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης (mm)

Σταθμός	Μήνες											
	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
ΥΕΒ Ρόδου	56,78	138,5	110,5	168,1	122	122,8	33,57	19,11	1	0,167	2,667	0,161
Κάλαθος	87,87	104,8	136,3	145,2	160	70,85	35,99	3,555	0,333	0,167	0	0,111
ΕΜΥ	58,25	118,3	136,3	128	103,7	78,53	23,72	20,13	1,98	0,1	0,3	2,478
Βάρη	61,28	107,1	138,2	146,2	107,6	83,92	25,48	18,96	1,389	0	0	0
Απόλλωνας	69,68	115,7	151,6	169,4	133	107,2	30,48	20,13	6,038	0,243	0	3,511
Έμπωνα	75,9	126,2	179,2	186,6	209,9	155,2	46,02	22,41	4,33	0	0	7,375
Αρχάγγελος	72,21	107,1	125,1	158,6	98,37	65,99	27,4	4,408	0,068	0,999	0	1,223

**Πίνακας 8.7:** Επιφάνεια, μέσο υψόμετρο, ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στο μέσο υψόμετρο και ετήσια βροχόπτωση σε κάθε λεκάνη

Λεκάνη	Επιφάνεια (km <sup>2</sup> )	Μέσο υψόμετρο (m)	Ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στο μέσο υψόμετρο (m)	Ετήσια βροχόπτωση (m <sup>3</sup> )
Λ1	12,612	59,431	0,723	9118476
Λ2	14,198	61,646	0,724	10279352
Λ3	20,398	88,574	0,738	15053724
Λ4	17,407	61,395	0,724	12602668
Λ5	23,797	76,703	0,732	17419404
Λ6	15,092	61,099	0,724	10926608
Λ7	26,823	151,88	0,771	20680533
Λ8	22,138	97,193	0,743	16448534
Λ8α	6,209	74,641	0,731	4538779
Λ9	16,225	109,18	0,749	12152525
Λ10	46,000	183,95	0,788	36248000

## 8.2 Κλιματολογικές συνθήκες

Παρακάτω παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, την ηλιοφάνεια και τους ανέμους στην περιοχή μελέτης, όπως αυτά προέκυψαν από το Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και

Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999).

### 8.2.1 Θερμοκρασία

Η μελέτη των συνθηκών θερμοκρασίας του βόρειου τμήματος της νήσου Ρόδου πραγματοποιείται με χρήση στοιχείων από το θερμομετρικό σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, που βρίσκεται εντός της περιοχής μελέτης.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες για τη χρονική περίοδο 1955 – 1995, καθώς επίσης και η μέση ετήσια θερμοκρασία κάθε υδρολογικού έτους. Ακόμη, αναφέρονται οι μέσοι όροι, οι μέσες μέγιστες και οι μέσες ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες.

Από τα δεδομένα του πίνακα 8.8 προκύπτει ότι ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος με μέση θερμοκρασία 11,79 °C και ακολουθούν ο Φεβρουάριος με 11,86 °C και ο Μάρτιος με 13,7 °C.

Θερμότερος μήνας είναι ο Αύγουστος με μέση θερμοκρασία 27,06°C και ακολουθούν ο Ιούλιος με 26,96 °C και ο Ιούνιος με 24,68 °C.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 19°C.

**Πίνακας 8.8:** Μέση ετήσια και μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας (°C)

Υδρολογικό Έτος	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	Μέση ετήσια
1955-56	21,7	17,1	13,5	11,8	11,8	11,9	16,5	20	24,6	28	27,7	25,4	19,2
1956-57	19,3	15,8	11	10,9	12,3	13,4	16,4	19,2	25,9	26,6	28,3	24,6	18,6
1957-58	21,6	16,8	12,5	11,6	13	13,9	15,9	21,4	24,9	27,1	28,4	24	19,3
1958-59	20,7	17,1	14,2	11,8	9,6	13,2	16,5	20,6	23,7	26,7	27,6	23,7	18,8
1959-60	18,9	15,9	13,8	11,6	12,7	13,5	16,2	21,5	24,3	26,7	28,3	24,6	19,0
1960-61	22,5	18,3	15,4	11,5	10,9	13,6	17,6	20,8	24,9	27,3	27,4	24,6	19,6
1961-62	19,9	16,4	13,8	12,6	10,9	14,8	16,4	21,3	24,9	27,4	27,5	25,2	19,3
1962-63	20,5	18,4	13,9	12,7	13,6	12,5	16,7	19,6	24,5	27,7	28,6	26,1	19,6
1963-64	20,9	16,8	13,9	9,3	10,8	14,1	16,3	16,3	25	26,1	27,1	23,5	18,3
1964-65	21,4	16,6	13,8	11,2	11,1	13,5	15,5	19,2	25,3	27,7	25,9	24,5	18,8
1965-66	19	15,8	13,4	12	13,3	13,5	17,2	20,4	24,8	27	28,2	24,6	19,1
1966-67	22,4	18,6	12,8	10,8	10,2	12,5	15,8	20,3	24,6	27,2	28,6	25	19,1
1967-68	20,2	16	13,6	10,4	12,1	12,4	18	23,4	25,2	27,8	26,4	24	19,1
1968-69	19,4	15,3	13,2	10,6	12,5	13,6	14,7	21,5	25,4	26,1	26,1	25,2	18,6

Πίνακας 8.8 (Συνέχεια)

1969-70	20,1	16,2	13,9	12,6	12,6	14,5	17,5	19,6	25,3	27,1	28	24,1	19,3
1970-71	19,3	15,4	11,7	13,8	11,3	13,1	16	21,6	25,4	25,9	27,7	23,9	18,8
1971-72	18,9	15,9	11,4	10,5	11,3	13,3	17,2	20,4	25,6	26,5	27,5	24,5	18,6
1972-73	18,7	14,9	11,7	10,8	12,1	12,3	15,2	21,4	24,8	27,6	26,5	24,4	18,4
1973-74	20,5	14,4	13,3	9,6	12	13,9	15,7	19,7	24,7	27,9	26,6	24,8	18,6
1974-75	21,4	15,6	11,1	10,6	10,7	14,1	17,2	20,4	24	27,1	26,1	25,3	18,6
1975-76	20,3	15,5	11,5	10,6	9,8	12,8	15,5	20,2	23,7	25,5	24,7	22,9	17,8
1976-77	20,1	15,8	12,7	11,1	13,3	13,3	16,6	21,2	25,3	27,4	27,3	24	19,0
1977-78	19,9	18	12,8	12,7	13,8	14,4	16,7	21,2	24,8	27,1	25,7	23,3	19,2
1978-79	20,6	16,1	14,2	12,5	13,5	15,1	17	20,3	25,3	26,6	26,2	24,7	19,3
1979-80	21,2	16,7	14	11,5	11,8	13,4	15,7	19,3	24,1	26,2	27	24,1	18,8
1980-81	21,7	18,3	14	11,5	12,1	15,2	17,5	19	25,1	25,4	26,8	23,4	19,2
1981-82	22,5	15,4	15,3	13,2	10,8	13,1	16,5	19,7	24,3	25,8	26,3	25,3	19,0
1982-83	21,8	16,6	13,4	10,8	10,5	13,3	17,2	21,1	23,5	26,7	26,5	24	18,8
1983-84	20	17	14,4	13	13,4	13,8	16,1	21,3	24,1	26,9	26,2	24,9	19,3
1984-85	22,2	16,5	13,6	13,4	10,4	13,7	17,4	21,7	24,8	26,6	27,4	25,1	19,4
1985-86	20	18,3	14,7	13,3	13,4	14,9	18,9	21	24,7	26,6	26,8	25,3	19,8
1986-87	21	15,7	13,5	13,5	13,5	10,8	15,9	18,8	24,3	27,2	26,7	25,2	18,8
1987-88	21,1	16,3	13,8	13,4	12,2	13	16,6	21	25	28,7	27,6	25,2	19,5
1988-89	20,5	14,9	13,4	11,1	12,4	15,1	18,7	20,7	23,3	26,4	26,9	25,3	19,1
1989-90	19,9	16,7	13,8	11,8	12,9	14,8	17,5	20,6	24,1	26,9	26,3	25	19,2
1990-91	22,1	18	14,9	11,83	8	12,62	11,2	17,19	24,22	26,99	27,04	25,17	18,3
1991-92	21,69	12,99	9,5	11,88	11,01	17,21	11,3	18,36	23,89	26,11	26,68	24,9	18,0
1992-93	24,09	19,29	13,98	12,93	11,36	15,71	18,83	20,42	24,96	28,68	27,48	25,51	20,3
1993-94	24,05	16,75	14,13	12,84	11,37	13,77	17,91	21,33	24,37	26,91	27,3	25,73	19,7
1994-95	23,58	16,45	10,64	12	13,9	14,3	18,6	20,2	25,5	28,2	26,8	24,9	19,6
<b>Μέσος όρος</b>	20,89	16,46	13,25	11,79	11,86	13,7	16,5	20,33	24,68	26,96	27,06	24,65	19,0
<b>Μέγιστη</b>	24,09	19,29	15,4	13,8	13,9	17,21	18,9	23,4	25,9	28,7	28,6	26,1	20,3
<b>Ελάχιστη</b>	18,7	12,99	9,5	9,3	8	10,8	11,2	16,3	23,3	25,4	24,7	22,9	17,8

### 8.2.2 Σχετική υγρασία

Από δεδομένα του σταθμού της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Ρόδου για το χρονικό διάστημα από το 1955 έως το 1995, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας με τη μέση ετήσια και τις μέσες μηνιαίες τιμές υγρασίας.

Πίνακας 8.9: Μέση ετήσια και μέσες μηνιαίες τιμές σχετικής υγρασίας

Μέση μηνιαία τιμή σχετικής υγρασίας (%)												Μέση ετήσια υγρασία (%)
ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	
67,4	71,2	71,6	70,3	69,1	68,9	66,5	64,1	57,5	57,2	59,7	61,3	65,4



Από τον πίνακα αυτό παρατηρείται ότι ο πιο υγρός μήνας είναι ο Δεκέμβριος με σχετική υγρασία 71,6% και ακολουθούν ο Νοέμβριος με 71,2% και ο Ιανουάριος με 70,3%.

Ο λιγότερο υγρός μήνας είναι ο Ιούλιος (σχετική υγρασία 57,2%) και ακολουθούν ο Ιούνιος (57,5%) και ο Αύγουστος (59,7%).

Η μέση ετήσια τιμή σχετικής υγρασίας είναι 65,4%.

### 8.2.3 Ηλιοφάνεια

Τα στοιχεία σχετικά με την ηλιοφάνεια στην περιοχή μελέτης προέρχονται και πάλι από το σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Ρόδου και αφορούν το χρονικό διάστημα από το 1964 έως το 1995. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας μέσων μηνιαίων τιμών ηλιοφάνειας (ώρες / ημέρα) και μέσης ετήσιας (ώρες).

**Πίνακας 8.10:** Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια και μέση ετήσια ηλιοφάνεια

Μέση μηνιαία τιμή ηλιοφάνειας (ώρες / ημέρα)												Μέση ετήσια ηλιοφάνεια (ώρες)
ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	
7,93	6,04	4,57	4,52	5,43	6,62	8,14	9,93	11,75	12,15	11,5	10,1	3006,4

Από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτει ότι η μεγαλύτερη ηλιοφάνεια σημειώνεται το μήνα Ιούλιο με 12,15 ώρες / ημέρα και ακολουθούν ο Ιούνιος με 11,75 ώρες / ημέρα και ο Αύγουστος με 11,5 ώρες / ημέρα.

Η ελάχιστη ηλιοφάνεια παρατηρείται το μήνα Δεκέμβριο με 4,57 ώρες / ημέρα, ενώ η μέση ετήσια ηλιοφάνεια είναι 3006,4 ώρες.

### 8.2.4 Άνεμοι

Η μελέτη του ανέμου πραγματοποιείται βάσει των στοιχείων του μετεωρολογικού σταθμού της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Ρόδου που αφορούν την περίοδο 1955-1997. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας με τις ετήσιες συχνότητες έντασης και πνοής του ανέμου στις διάφορες διευθύνσεις.

**Πίνακας 8.11:** Ετήσια συχνότητα έντασης και πνοής ανέμου (%)

	Διεύθυνση ανέμου									
Ένταση ανέμου (beaufort)	B	BA	A	NA	N	NΔ	Δ	ΒΔ	Νηνεμία	SUM
0									17,607	17,607
1	0,175	0,066	0,219	0,427	0,307	0,34	0,679	0,23		2,443
2	0,822	0,449	1,205	2,224	1,402	2,399	4,744	1,764		15,009
3	1,107	0,482	1,238	2,268	1,238	3,44	11,14	4,405		25,321
4	1,205	0,175	0,526	1,402	0,778	2,903	14,09	5,884		26,963
5	0,438	0,044	0,142	0,548	0,34	0,69	4,733	2,158		9,093
6	0,153	0,011	0,055	0,362	0,197	0,11	1,118	0,679		2,685
7	0,033	0,011	0,022	0,241	0,099	0,011	0,088	0,099		0,604
8	0,011	0	0,011	0,121	0,033	0,011	0,022	0,011		0,22
9	0	0	0,011	0,011	0,011	0	0	0		0,033
10	0	0	0	0,011	0,011	0	0	0		0,022
SUM	3,944	1,238	3,429	7,615	4,416	9,904	36,62	15,23	17,607	100

Παρατηρείται ότι τη μεγαλύτερη συχνότητα πνοής εμφανίζουν οι δυτικοί άνεμοι (με ποσοστό εμφάνισης 36,62%) και ακολουθούν οι βορειοδυτικοί (15,23%) και οι νοτιοδυτικοί άνεμοι (9,90%).

Ακόμη παρατηρείται ότι με μεγαλύτερη συχνότητα εμφανίζονται άνεμοι εντάσεως 3 – 4 Beaufort (με ποσοστό εμφάνισης 25,32% και 26,96% αντίστοιχα).

### 8.3 Εξατμισοδιαπνοή

#### 8.3.1 Εξάτμιση

Στο βόρειο τρίγωνο της Ρόδου δεν υπάρχει σταθμός που να διαθέτει εξατμισογράφο. Για αυτό το λόγο στην χρησιμοποιηθείσα βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται τα στοιχεία του εξατμισογράφου του σταθμού Λαέρμων, ενώ οι ελλείπουσες ενδιάμεσες τιμές έχουν συμπληρωθεί χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του σταθμού Απολακκιάς.

Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας που παρουσιάζει τα μέσα μηνιαία ύψη εξάτμισης για τη χρονική περίοδο 1977 – 1995 (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999).

**Πίνακας 8.12:** Μέσο ετήσιο και μέσα μηνιαία ύψη εξάτμισης νερού

Μέση μηνιαίο ύψος εξάτμισης νερού (mm)												Μέση ετήσια εξάτμιση (mm)
ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	
116	61,05	52,8	53,03	45,6	71,63	91,23	120	239,5	285,8	242	187	1566,57

### 8.3.2 Δυνητική εξατμισοδιαπνοή στην πεδινή περιοχή

Δυνητική εξατμισοδιαπνοή (PET) καλείται η μέγιστη ποσότητα νερού (σε mm στήλης νερού) που μπορεί να εξατμιστεί, μέσα σε χρονικό διάστημα ημέρας, μήνα ή έτους, από εδαφική επιφάνεια πλήρως και ομοιόμορφα καλυμμένης με χλωρίδα, κάτω από συνθήκες απεριόριστης διαθεσιμότητας νερού και με κανονική πνοή ανέμου.

Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία.

Καθώς στην περιοχή μελέτης δεν υπάρχουν λυσίμετρα, μετρήσεις των οποίων θα επέτρεπαν τον προσδιορισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, χρησιμοποιήθηκε η αναλυτική μέθοδος του *Turc*, σύμφωνα με την οποία ισχύει

$$PET = k_1 \cdot \left( \frac{T}{T + 15} \right) \cdot (H_{sh} + 50) \cdot k_2$$

όπου

T η μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)

$k_1 = 0,4$

$k_2 = 1$  όταν σχετική υγρασία αέρα  $h > 50\%$

$k_2 = 1 + (50 - h/70)$  όταν  $h < 50\%$

$H_{sh}$  η ολική ηλιακή ακτινοβολία (cal/cm<sup>2</sup>/ημέρα)

Έτσι, για την περίοδο 1977 – 1995 και για την πεδινή περιοχή όλων των λεκανών με υψόμετρο κάτω των 100 m, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

**Πίνακας 8.13:** Μέση μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή πεδινών περιοχών

	Μέση μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή (mm)												Μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή (mm)
	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	
Χειμώνας		56,8	41,42	41,58	52,35	74,23	98,19						364,57
Καλοκαίρι	90,15							131,8	162,9	171,6	159,2	127,2	842,85
Συνολικά	90,15	56,8	41,42	41,58	52,35	74,23	98,19	131,8	162,9	171,6	159,2	127,2	1207,42

Συγκρίνοντας τις τιμές του παραπάνω πίνακα με αυτές που προκύπτουν από τον εξατμισογράφο του σταθμού Λαέρμων, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας με τους λόγους δυνητικής εξάτμισης / εξάτμιση από εξατμισογράφο.

**Πίνακας 8.14:** Λόγοι δυνητική εξάτμισης προς εξάτμιση εξατμισογράφου

ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	Μέσος ετήσιος
0,77	0,93	0,78	0,78	1,14	1,03	1,076	1,09	0,68	0,60	0,65	0,67	0,77

Οι παραπάνω λόγοι είναι αποδεκτοί, εκτός από αυτούς των μηνών Φεβρουαρίου, Μαρτίου, Απριλίου και Μαΐου (μεγαλύτεροι της μονάδας) (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999).

### 8.3.3 Δυνητική και πραγματική εξατμισοδιαπνοή σε ημιορεινές και ορεινές περιοχές

Σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999), σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές η δυνητική και πραγματική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζονται με την αναλυτική μέθοδο *Thorntthwaite*. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ισχύει

$$PET = 1,6 \left( \frac{10T}{I} \right)^a$$

όπου

PET η δυνητική εξατμισοδιαπνοή (cm)

T η μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)

I ο ετήσιος θερμικός δείκτης που είναι το άθροισμα 12 μηνιαίων τιμών i, όπου i είναι συνάρτηση των κανονικών μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας

$$I = (T/5)^{1,514}$$

$$a = (6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3) - (7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2) + (1,79 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49)$$

Στο τέλος χρησιμοποιείται ένας συντελεστής διόρθωσης που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και το μήνα του έτους.

Σημειώνεται ότι για περιοχές πάνω από την ισοϋψή των 100 m, στο ισοζύγιο λαμβάνεται η πραγματική τιμή εξάτμισης όπως προκύπτει από τη μέθοδο Thornthwaite. Για περιοχές κάτω από την ισοϋψή των 100 m, η εξάτμιση χωρίζεται σε δύο τιμές:

- 1) Της χειμερινής περιόδου (από Νοέμβριο μέχρι Απρίλιο), για την οποία η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ισούται με το 70% της αντίστοιχης δυνητικής, όπως υπολογίστηκε με τη μέθοδο του Turc (δηλαδή 0,7·364,57 mm).
- 2) Της θερινής περιόδου, για την οποία η εξάτμιση έχει δύο τιμές:
  - Για καλλιεργούμενες και αρδευόμενες εκτάσεις, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ισούται με το 80% της αντίστοιχης δυνητικής της θερινής περιόδου (0,8·842,85 mm).
  - Για μη αρδευόμενες εκτάσεις, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ισούται με το 40% της αντίστοιχης δυνητικής της θερινής περιόδου.

**Πίνακας 8.15:** Πραγματική εξατμισοδιαπνοή σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές

Λεκάνη	Μέση μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm)												Συνολική ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm)
	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	
Λ1	60,7	42,43	33,34	29,43	31,64	44	62,52	86,13	1,38	0	0	1,01	392,6
Λ2	60,72	42,36	33,29	29,59	31,59	43,9	62,46	86,18	1,408	0	0	1,04	392,5
Λ3	61,1	41,59	32,76	28,98	30,88	43,3	62,31	85,85	2,44	0	0	1,375	390,6
Λ5	61,06	41,92	32,99	29,26	31,17	43,5	62,37	85,08	1,538	0	0	1,23	390,1
Λ7	62,05	39,72	31,37	27,57	29,14	41,8	65,83	83,84	2,15	0	0	2,139	385,6
Λ8	61,32	41,33	32,52	28,76	30,64	43,1	62,18	85,65	1,835	0	0	1,48	388,8
Λ8α	60,91	41,98	33	29,26	31,24	43,6	62,4	86,25	1,679	0	0	1,2	391,5
Λ9	61,41	40,93	32,27	28,52	30,27	42,8	62,11	85,29	3,58	0	0	1,62	388,8
Λ10	62,56	38,83	30,71	26,84	28,31	41,1	61,53	83,49	7,081	0	0	2,513	382,9

Οι λεκάνες 1, 2, 4 και 6 έχουν ίδιες τιμές δυνητικής και πραγματικής εξατμισοδιαπνοής.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται η συνολική επιφάνεια και η καλλιεργούμενη και αρδευόμενη έκταση κάθε λεκάνης.

**Πίνακας 8.16:** Επιφάνεια και καλλιεργούμενη και αρδευόμενη έκταση λεκανών

Λεκάνη	Επιφάνεια (km <sup>2</sup> )	Καλλιεργούμενη και αρδευόμενη έκταση (km <sup>2</sup> )
Λ1	12,612	
Λ2	14,198	7,2
Λ3	20,398	
Λ4	17,407	
Λ5	23,797	8,26
Λ6	15,092	9,67
Λ7	26,823	7,32
Λ8	22,138	3,91
Λ8α	6,209	
Λ9	16,225	2,77
Λ10	46,000	5,16
Σύνολο	220,899	44,29

#### 8.4 Απορροή

Ο προσδιορισμός της απορροής είναι μια αρκετά δύσκολη διαδικασία, ιδιαίτερα όταν υπάρχει έλλειψη τακτικών και μακροχρόνιων μετρήσεων, όπως συμβαίνει στην χρησιμοποιηθείσα βιβλιογραφία.

Γενικά το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής είναι μικρό και περιλαμβάνει μικρούς και μεγάλους χείμαρρους. Αυτοί κατά τη χειμερινή περίοδο εμφανίζουν εποχιακή απορροή, φτάνοντας σε πλημμυρικές παροχές κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων, ενώ κατά τους θερινούς μήνες η παροχή τους μειώνεται.

Οι λεκάνες στις οποίες παρατηρείται μεγαλύτερη απορροή είναι αυτές που εμφανίζουν μικρής διαπερατότητας γεωλογικούς σχηματισμούς, μεγάλες κλίσεις πρηνών και μεγάλα σχετικά υψόμετρα. Αντιθέτως, η απορροή είναι μικρότερη σε πεδινές περιοχές με υδατοπερατούς σχηματισμούς.

Ο υπολογισμός της απορροής στην χρησιμοποιηθείσα βιβλιογραφία γίνεται με έμμεσο τρόπο, με τη χρήση συντελεστών απορροής για κάθε γεωλογικό σχηματισμό, βάσει της ελληνικής βιβλιογραφίας και της εμπειρίας των μελετητών.

Ο συντελεστής απορροής λεκάνης προκύπτει από τη σχέση

$$R_{ολ} = \sum \left( \frac{V_i R_i}{V} \right)$$

όπου

$R_i$  ο συντελεστής απορροής του γεωλογικού σχηματισμού

$V_i$  ο όγκος βροχόπτωσης στον γεωλογικό σχηματισμό

$V$  ο όγκος βροχόπτωσης στη λεκάνη

Με βάση τον συντελεστή απορροής, οι γεωλογικοί σχηματισμοί στην περιοχή μελέτης διακρίνονται στις παρακάτω ενότητες:

**☛ Ασβεστόλιθοι υψηλής διαπερατότητας (υδρογεωλογική ενότητα E2)**

Περιλαμβάνει τους ασβεστόλιθους Ελαφόκαμπου, Κουμούλι και Σαλάκου. Ο συντελεστής απορροής λαμβάνεται ίσος με  $R = 6\%$ .

**☛ Πορώδεις και άλλοι σχηματισμοί μεγάλης διαπερατότητας (υδρογεωλογική ενότητα E1)**

Σε αυτήν την ενότητα περιλαμβάνονται οι αλλουβιακοί σχηματισμοί, οι σχηματισμοί Σγουρού, τα Λεβαντίνια ιζήματα, πλευρικά κορήματα και ο πόρος. Ο συντελεστής απορροής ισούται με  $R = 8\%$ .

**☛ Ασβεστόλιθοι υψηλής έως μέτριας διαπερατότητας (υδρογεωλογική ενότητα E3)**

Περιλαμβάνονται οι σχηματισμοί του όρους Αταβύρου, οι ασβεστόλιθοι του Ακραμύτη και οι ασβεστόλιθοι Μαλόνας. Ο συντελεστής απορροής λαμβάνεται ίσος με  $R = 12\%$ .

**☛ Πορώδεις και άλλοι σχηματισμοί μικρής διαπερατότητας (υδρογεωλογική ενότητα E4)**

Αυτή η ενότητα περιλαμβάνει τις λιμναίες αποθέσεις μάργας και αμμοχάλικου, το μέλος Σταφύλια, τον ψαμμίτη Μεσαναγρού, το μέλος του φλύσχη Μεγάλο Κάλαβρο και τον πυριτικό ασβεστόλιθο Ατεμάρη. Ο συντελεστής απορροής λαμβάνεται ίσος με  $R = 25\%$ .

**☛ Πορώδεις και άλλοι σχηματισμοί μη διαπερατοί (υδρογεωλογική ενότητα E5)**

Εδώ περιλαμβάνονται οι οφιόλιθοι, ο φλύσχος Αρχίπολης, τα μέλη Σιάννα, Λάερμα και Κάλαθος του φλύσχη Κατταβιάς, ο σχηματισμός Θαρί και οι Διαβάσες – Ραδιολαρίτες Κοπριάς. Ο συντελεστής απορροής λαμβάνεται ίσος με  $R = 40\%$ .

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται ο όγκος βροχής που αντιστοιχεί στους γεωλογικούς σχηματισμούς κάθε λεκάνης, ο συνολικός όγκος βροχής που αντιστοιχεί σε κάθε λεκάνη, καθώς και ο συντελεστής απορροής κάθε λεκάνης (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999).

**Πίνακας 8.17:** Συνολικός όγκος βροχής και συντελεστής απορροής ανά λεκάνη

	Λεκάνη 1	Λεκάνη 2	Λεκάνη 3	Λεκάνη 4	Λεκάνη 5
Υδρογεωλογική ενότητα	Όγκος βροχής (m <sup>3</sup> )	Όγκος βροχής (m <sup>3</sup> )	Όγκος βροχής (m <sup>3</sup> )	Όγκος βροχής (m <sup>3</sup> )	Όγκος βροχής (m <sup>3</sup> )
E1	9120000	9900000	13890000	12600000	16870000
E2		354000	1170000		280000
E3					
E4					220000
E5					
<b>Συνολικός όγκος</b>	9120000	10254000	15060000	12600000	17370000
<b>R<sub>λεκάνης</sub></b>	8	7,93	7,84	8	8,18

**Πίνακας 8.17 (Συνέχεια)**

	Λεκάνη 6	Λεκάνη 7	Λεκάνη 8	Λεκάνη 9	Λεκάνη 10
Υδρογεωλογική ενότητα	Όγκος βροχής (m <sup>3</sup> )	Όγκος βροχής (m <sup>3</sup> )	Όγκος βροχής (m <sup>3</sup> )	Όγκος βροχής (m <sup>3</sup> )	Όγκος βροχής (m <sup>3</sup> )
E1	10890000	17240000	14002000	9697000	35270000
E2		3350000	380000	270000	980000
E3				43000	
E4			1960000	2140000	
E5	34000	69600	80000		
<b>Συνολικός όγκος</b>	10924000	20659600	16420000	12150000	36250000
<b>R<sub>λεκάνης</sub></b>	8,1	7,77	10,13	10,97	7,95



## 8.5 Διήθηση

Ως διήθηση ή κατεΐσδυση αναφέρεται ο όγκος νερού των βροχοπτώσεων που εισέρχεται στο έδαφος, εμπλουτίζοντας έτσι τα αποθέματα υπογείου ύδατος μιας υδρολογικής λεκάνης. Μερικοί παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται είναι η διαπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών, ο όγκος των βροχοπτώσεων, η κλίση του ανάγλυφου, η βλάστηση και άλλοι.

Σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999), για τον υπολογισμό της διήθησης λήφθηκαν υπόψη θεωρητικοί συντελεστές διήθησης που προκύπτουν από γενική βιβλιογραφία (πίνακας 8.18), καθώς και από βιβλιογραφία σχετική με την υπό μελέτη περιοχή (Υδροέρρευνα Α.Ε., 1977) (πίνακας 8.19).

**Πίνακας 8.18:** Συντελεστές διήθησης από γενική βιβλιογραφία

Σχηματισμοί	Συντελεστής διήθησης (%)
Ασβεστόλιθοι υψηλής περατότητας	45
Ασβεστόλιθοι υψηλής - μέτριας περατότητας	40
Πορώδεις και άλλοι σχηματισμοί μεγάλης περατότητας	40
Πορώδεις και άλλοι σχηματισμοί μικρής περατότητας	8
Πορώδεις και άλλοι σχηματισμοί μη περατοί	2

**Πίνακας 8.19:** Συντελεστές διήθησης σύμφωνα με την Υδροέρρευνα Α.Ε. (1977)

Σχηματισμοί	Συντελεστής διήθησης (%)
Ασβεστόλιθοι υψηλής περατότητας (Σάλακα)	45
Ασβεστόλιθοι Ελαφόκαμπου	40
Πορώδεις περατοί σχηματισμοί (Λεβαντίνιοι)	37,5 (Μέσος όρος)
Σχηματισμοί Σγουρού	50
Ολοκαινικοί - Πλειοκαινικοί σχηματισμοί	50
Μη υδροπερατοί σχηματισμοί	1

Έτσι τελικά δίνονται οι παρακάτω συντελεστές διήθησης για τις διάφορες λεκάνες.

**Πίνακας 8.20:** Συντελεστές διήθησης σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999)

	Συντελεστής διήθησης (%)
Λεκάνη 1	12,97
Λεκάνες 2&3	8
Λεκάνες 4&5	5,3
Λεκάνες 6&7&10	29,32
Λεκάνη 8	9,6
Λεκάνη 9	11,26

## 8.6 Υδατικό ισοζύγιο

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν παραπάνω και σύμφωνα πάντα με το Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999), προκύπτει το υδατικό ισοζύγιο για κάθε λεκάνη της περιοχής μελέτης με βάση τη σχέση:

$$P = E + R + I$$

όπου P η βροχόπτωση

E η πραγματική εξατμισοδιαπνοή

R η επιφανειακή απορροή

I η διήθηση

Σημειώνεται ότι λόγω έλλειψης στοιχείων, στη χρησιμοποιηθείσα βιβλιογραφία δεν υπολογίζονται η υπόγεια ροή νερού από και προς τις λεκάνες, ούτε η υπόγεια εκφόρτιση των ασβεστολιθικών σχηματισμών στη θάλασσα.

Για τη σύνταξη του υδατικού ισοζυγίου έγιναν οι παρακάτω θεωρήσεις:

- Η επιφανειακή εισροή στις λεκάνες είναι μηδενική.
- Η εδαφική υγρασία δε μεταβάλλεται, αφού η αρχή και το τέλος του υδρολογικού έτους είναι στο τέλος του καλοκαιριού που η συγκρατούμενη εδαφική υγρασία ισούται με μηδέν.

Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

**Πίνακας 8.21:** Υδατικό ισοζύγιο λεκανών περιοχής μελέτης

	<b>ΕΙΣΡΟΗ</b>	<b>ΕΚΡΟΗ</b>		
	Όγκος βροχής (m <sup>3</sup> )	Εξάτμιση (m <sup>3</sup> )	Επιφανειακή Απορροή (m <sup>3</sup> )	Διήθηση (m <sup>3</sup> )
Λεκάνη 1	9120000	7210000	730000	1180000
Λεκάνες 2&3	25340000	21320000	1980000	2040000
Λεκάνες 4&5	30020000	25990000	2450000	1580000
Λεκάνες 6&7&10	67860000	50190000	5370000	12300000
Λεκάνη 8	16430000	13190000	1660000	1580000
Λεκάνη 9	12150000	9450000	1330000	1370000

## 8.7 Γεωμετρικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά υδροφορέων

### 8.7.1 Μέσο πάχος υδροφορέα κατά λεκάνη

Από το Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999), λαμβάνονται τα παρακάτω στοιχεία σχετικά με το μέσο πάχος των υδροφόρων στρωμάτων των λεκανών 3 έως 10, όπως προέκυψαν από υπολογισμούς με βάση τα στοιχεία 150 γεωτρήσεων.

**Πίνακας 8.22:** Μέσο πάχος υδροφορέων

	<b>Μέσο πάχος (m)</b>
Λεκάνη 3	67
Λεκάνη 4	40
Λεκάνη 5	28,5
Λεκάνη 6	71,5
Λεκάνη 7	53,5
Λεκάνη 8	26,5
Λεκάνη 9	34
Λεκάνη 10	123

### 8.7.2 Υδραυλικά χαρακτηριστικά

Για τον προσδιορισμό των υδραυλικών χαρακτηριστικών των υδροφορέων της περιοχής μελέτης, το Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999) χρησιμοποίησε στοιχεία δοκιμαστικών αντλήσεων που πραγματοποιήθηκαν από την ΥΕΒ Ρόδου (συγκεκριμένα από τον κ. Φαντίδη).

Οι δοκιμαστικές αντλήσεις πραγματοποιήθηκαν από τις γεωτρήσεις 293 (λεκάνη 9), 387 (λεκάνη 9), Δ7 ΔΕΥΑΡ (λεκάνη 10) και 200Α (λεκάνη 13). Από αυτές, οι τρεις πρώτες βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης.

Με χρήση της μεθόδου Jacob συντάχθηκαν ημιλογαριθμικά διαγράμματα και υπολογίστηκαν η πτώση στάθμης για έναν πλήρη λογαριθμικό κύκλο (c), ο συντελεστής μεταβιβασιμότητας T και η υδραυλική αγωγιμότητα k, με βάση τις σχέσεις

$$T = 0,183 \cdot \frac{Q}{c} \quad \text{και} \quad k = \frac{T}{d}, \quad \text{όπου } d \text{ το πάχος του υδροφορέα}$$

Έτσι προέκυψε ο παρακάτω πίνακας.

**Πίνακας 8.23:** Αποτελέσματα δοκιμαστικών αντλήσεων

Γεωτρήσεις	Q (m <sup>3</sup> /h)	c (m)	T (m <sup>2</sup> /h)	d (m)	k (m/h)
293	80	7,3	2,01	35	0,057
387	45	5,6	1,47	34	0,043
Δ7 ΔΕΥΑΡ	83	5,3	2,86	133,5	0,021
200Α	60	6,3	1,74	39,6	0,044

Ως μέση τιμή υδραυλικής αγωγιμότητας στην υπό μελέτη περιοχή λαμβάνεται η τιμή  $k = 0,04 \text{ m/h} = 0,96 \text{ m/d}$ .

## Κεφάλαιο 9

# *Μοντελοποίηση Κίνησης Υπογείων Υδάτων*

## 9. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

### 9.1 Εισαγωγή

Δεν είναι λίγες οι φορές που μηχανικοί και υδρογεωλόγοι καλούνται να προβλέψουν τη συμπεριφορά συστημάτων ροής υπογείων υδάτων. Παρόλο που η γνώση και η εμπειρία τους είναι αναντικατάστατες, αυτές και μόνο δεν αρκούν για τη σύνθεση όλων των επιμέρους συνιστωσών που σχετίζονται με την ανάλυση πολύπλοκων συστημάτων ροής υπογείων υδάτων. Το βέλτιστο εργαλείο στα χέρια αυτών των επιστημόνων είναι ένα μοντέλο ροής υπογείων υδάτων.

*Μοντέλο* καλείται οποιοδήποτε εργαλείο που περιγράφει προσεγγιστικά μια κατάσταση στο πεδίο. Ένα μοντέλο μπορεί να είναι είτε *φυσικό*, οπότε προσομοιώνει την υπόγεια ροή άμεσα (π.χ. εργαστηριακές στήλες άμμου), είτε *μαθηματικό*, οπότε προσομοιώνει την υπόγεια ροή έμμεσα. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται μια βασική εξίσωση που θεωρείται αντιπροσωπευτική των φυσικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στο σύστημα, καθώς και επιμέρους εξισώσεις που αποτελούν τις οριακές συνθήκες και, σε περίπτωση μη σταθερών χρονικά συνθηκών, τις αρχικές συνθήκες.

Τα μαθηματικά μοντέλα μπορούν να επιλυθούν με μεθόδους *αναλυτικές* ή *αριθμητικές*. Η αριθμητική μέθοδος προτιμάται σε περιπτώσεις περίπλοκων προβλημάτων και γενικά, όσο λιγότερες είναι οι απλουστευτικές παραδοχές που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του μοντέλου, τόσο πιο περίπλοκο είναι αυτό.

Η μοντελοποίηση βρίσκει διάφορες εφαρμογές, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι η πρόβλεψη, η ερμηνεία (μελέτη δυναμικής του συστήματος και οργάνωση δεδομένων πεδίου) αλλά και γενικές εφαρμογές (Mary P. Anderson, William W. Woessner, 1992).

## 9.2 Βασικές εξισώσεις και αριθμητικές μέθοδοι

### 9.2.1 Απόψεις και θεμελιώδεις εξισώσεις

Σύμφωνα με τους Mary P. Anderson και William W. Woessner (1992), τα συστήματα υπόγειας ροής προσεγγίζονται από δύο σκοπιές, από άποψη υδροφορέα και από άποψη συστήματος ροής.

Η *άποψη του υδροφορέα* βασίζεται στην έννοια του περιορισμένου και ελεύθερου υδροφορέα και αποτελεί τη βάση πολλών αναλυτικών μεθόδων, όπως των μεθόδων Theim, Theis και Jacob. Η παραδοχή που γίνεται είναι ότι η υπόγεια ροή διαμέσου των υδροφορέων είναι οριζόντια και διαμέσου των αδιαπέρατων στρωμάτων κάθετη.

Η άποψη του υδροφορέα προσομοιώνει τη ροή σε περιορισμένους και ελεύθερους υδροφορείς ως δισδιάστατη και σε περιορισμένους υδροφορείς με διαρροή ως τρισδιάστατη. Τα υδραυλικά ύψη στα αδιαπέρατα στρώματα δεν τυγχάνουν ενδιαφέροντος και γι' αυτό δεν υπολογίζονται κατά την προσομοίωση, ενώ οι ισοδυναμικές γραμμές χαράζονται μόνο για τον περιορισμένο υδροφορέα.

Η γενική μορφή της βασικής μαθηματικής εξίσωσης είναι

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( T_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( T_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) = S \frac{\partial h}{\partial t} - R + L \quad (9.1)$$

όπου

$$L = -K'_z \frac{h_{\pi\eta\eta\zeta} - h}{b'}$$

Η εξίσωση (9.1) αφορά περιορισμένο υδροφορέα και οι όροι που βρίσκονται στο αριστερό μέλος αφορούν την οριζόντια ροή διαμέσου αυτού. Τα σύμβολα στις παραπάνω εξισώσεις εξηγούνται ως εξής:

$h$  το υδραυλικό ύψος

$T_x, T_y$  οι συνιστώσες του συντελεστή μεταβιβασιμότητας στους άξονες  $x$  και  $y$

$S$  ο συντελεστής αποθηκευτικότητας

$R$  ένας όρος πηγής/δεξαμενής ο οποίος είναι θετικός σε περίπτωση εμπλουτισμού

$L$  η διαρροή διαμέσου του αδιαπέρατου στρώματος

$K'_z$  η υδραυλική αγωγιμότητα του αδιαπέρατου στρώματος

$b'$  το πάχος του αδιαπέρατου στρώματος

$h_{\text{πηγής}}$  το υψόμετρο της πηγής

Η εφαρμογή της εξίσωσης (9.1) σε ελεύθερο υδροφορέα ακολουθεί τις παραδοχές Dupuit, σύμφωνα με τις οποίες οι γραμμές ροής είναι οριζόντιες, οι ισοδυναμικές γραμμές κάθετες και η οριζόντια υδραυλική κλίση είναι ίδια με την κλίση της ελεύθερης επιφάνειας.

Η *άποψη του συστήματος ροής* υπολογίζει τα υδραυλικά ύψη στους περιορισμένους και ελεύθερους υδροφορείς και στα αδιαπέρατα στρώματα, για τα οποία και χαράζονται οι ισοδυναμικές γραμμές ενώ η ροή μπορεί να θεωρηθεί δισδιάστατη ή τρισδιάστατη.

Η βασική εξίσωση είναι

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \frac{\partial h}{\partial t} - R^* \quad (9.2)$$

όπου:

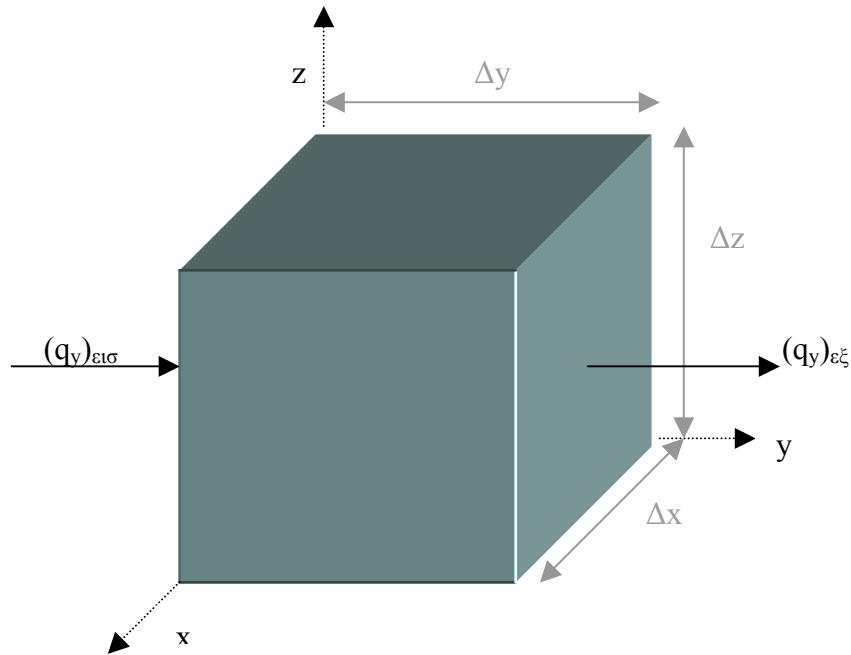
$K_x, K_y, K_z$  οι συνιστώσες της υδραυλικής αγωγιμότητας

$S_s$  η ειδική αποθηκευτικότητα

$R^*$  ένας γενικός όρος πηγής/δεξαμενής ο οποίος είναι θετικός σε περίπτωση εμπλουτισμού

Η εξίσωση (9.2) προκύπτει από το συνδυασμό ισοζυγίου μάζας νερού και το νόμο του Darcy. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένας κύβος πορώδους υλικού ο οποίος είναι αρκετά μεγάλος ώστε να θεωρείται αντιπροσωπευτικός του πορώδους μέσου, αλλά και αρκετά μικρός ώστε η μεταβολή του υδραυλικού ύψους μέσα σε αυτόν να είναι σχετικά μικρή. Αυτός ο κύβος είναι γνωστός ως *αντιπροσωπευτικός στοιχειώδης όγκος* (Σχήμα 9.1).





**Σχήμα 9.1:** Αντιπροσωπευτικός στοιχειώδης όγκος

Ο όγκος του κύβου ισούται με  $V = \Delta x \Delta y \Delta z$ , ενώ ο ρυθμός ροής διαμέσου του όγκου εκφράζεται με το διάνυσμα  $q$  για το οποίο ισχύει

$$q = q_x i_x + q_y i_y + q_z i_z \quad (9.3)$$

όπου  $i_x, i_y, i_z$  τα μοναδιαία διανύσματα κατά μήκος των αξόνων  $x, y, z$  αντίστοιχα.

Σύμφωνα με την Αρχή Διατήρησης της Μάζας ισχύει:

$$\text{Εκροή} - \text{Εισροή} = \text{Μεταβολή Αποθηκευτικότητας} \quad (9.4)$$

Θεωρώντας ότι πραγματοποιείται ροή κατά μήκος του άξονα  $y$ , η επιφάνεια διαμέσου της οποίας λαμβάνει χώρα η ροή είναι η  $(\Delta x \Delta z)$ , η εισροή ισούται με  $(q_y)_{\text{εισ}}$  και η εκροή με  $(q_y)_{\text{εξ}}$ . Έτσι, η διαφορά του ογκομετρικού ρυθμού εκροής μείον τον ογκομετρικό ρυθμό εισροής κατά μήκος του άξονα  $y$  ισούται με

$$[(q_y)_{\text{εξ}} - (q_y)_{\text{εισ}}] \Delta x \Delta z \quad (9.5)$$

ή

$$\frac{(q_y)_{\varepsilon\xi} - (q_y)_{\varepsilon\sigma}}{\Delta y} (\Delta x \Delta y \Delta z) \quad (9.6)$$

Δηλαδή η μεταβολή του ρυθμού ροής διαμέσου του αντιπροσωπευτικού στοιχειώδη όγκου κατά μήκος του άξονα  $y$  ισούται με

$$\frac{\partial q_y}{\partial y} (\Delta x \Delta y \Delta z) \quad (9.7)$$

Με παρόμοιο τρόπο μπορούν να γραφούν οι μεταβολές του ρυθμού ροής κατά μήκος των αξόνων  $x$  και  $z$ . Η ολική αλλαγή του ρυθμού ροής διαμέσου του όγκου ισούται με τη μεταβολή της αποθηκευτικότητας και εκφράζεται ως

$$\left( \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) \Delta x \Delta y \Delta z = \text{Μεταβολή Αποθηκευτικότητας} \quad (9.8)$$

Η μεταβολή της αποθηκευτικότητας εκφράζεται με την ειδική αποθηκευτικότητα ( $S_s$ ), η οποία ορίζεται ως ο όγκος του νερού που απελευθερώνεται (δεν είναι πλέον αποθηκευμένος) ανά μοναδιαία μεταβολή υδραυλικού ύψους και ανά μοναδιαίο όγκο υδροφορέα.

$$S_s = - \frac{\Delta V}{\Delta h \Delta x \Delta y \Delta z} \quad (9.9)$$

Ο Νόμος του Darcy χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τη σχέση μεταξύ των  $q$  και  $h$ . Στις τρεις διαστάσεις γράφεται με τη μορφή

$$q_x = -K_x \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$q_y = -K_y \frac{\partial h}{\partial y}$$

$$q_z = -K_z \frac{\partial h}{\partial z}$$

Στις εξισώσεις (9.1) και (9.2) θεωρήθηκε ότι οι συνιστώσες της υδραυλικής αγωγιμότητας (άρα και της μεταβιβασιμότητας) είναι παράλληλες με τους άξονες  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Εάν ωστόσο, λόγω της γεωλογίας της περιοχής, αυτό δε συμβαίνει, τότε το διάνυσμα των υδραυλικών αγωγιμοτήτων γράφεται με την παρακάτω μορφή:

$$\overline{K} = \begin{bmatrix} K_{xx} & K_{xy} & K_{xz} \\ K_{yx} & K_{yy} & K_{yz} \\ K_{zx} & K_{zy} & K_{zz} \end{bmatrix}$$

### 9.2.2 Αριθμητικές μέθοδοι

Στην μοντελοποίηση της κίνησης των υπογείων υδάτων χρησιμοποιούνται οι εξής αριθμητικές μέθοδοι:

- Τα πεπερασμένα στοιχεία
- Οι πεπερασμένες διαφορές
- Οι ολοκληρωμένες πεπερασμένες διαφορές
- Η μέθοδος της οριακής ολοκληρωμένης εξίσωσης
- Τα αναλυτικά στοιχεία

Από αυτές, οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες είναι οι δύο πρώτες. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από το χρήστη. Η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών είναι ευκολότερη στην κατανόηση και τον προγραμματισμό και απαιτεί λιγότερα δεδομένα. Από την άλλη, η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων είναι καλύτερη για την προσέγγιση ακανόνιστων σχηματικά ορίων, καθώς είναι ευκολότερη η προσαρμογή των θέσεων των ορίων και του μεγέθους κάθε στοιχείου ξεχωριστά. Ακόμη, τα πεπερασμένα στοιχεία είναι καλύτερα στο χειρισμό εσωτερικών ορίων και μπορούν να προσομοιώσουν σημειακές πηγές, δεξαμενές, επιφάνειες διαρροής και κινούμενους υδροφόρους ορίζοντες καλύτερα από τις πεπερασμένες διαφορές.

Παρόλο που έχει αποδειχθεί ότι η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών αποτελεί ειδική περίπτωση της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων, μεταξύ τους υπάρχει μια σημαντική διαφορά. Η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών υπολογίζει την τιμή του υδραυλικού ύψους σε κάθε κόμβο, η οποία τιμή αποτελεί επίσης το μέσο υδραυλικό ύψος του κελιού που περιτριγυρίζει τον κόμβο. Δε γίνεται καμία υπόθεση

σχετικά με τη μορφή της διακύμανσης του υδραυλικού ύψους από τον ένα κόμβο στον επόμενο. Αντίθετα, η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων καθορίζει με ακρίβεια τη διακύμανση του υδραυλικού ύψους εντός ενός στοιχείου με χρήση παρεμβολής. Τα υδραυλικά ύψη υπολογίζονται στους κόμβους για ευκολία, αλλά καθορίζονται παντού με χρήση βασικών συναρτήσεων (Mary P. Anderson, William W. Woessner, 1992).

### 9.3 Εννοιολογικό μοντέλο και σχεδιασμός πλέγματος

#### 9.3.1 Κατασκευή εννοιολογικού μοντέλου

Το εννοιολογικό μοντέλο αποτελεί γραφική αναπαράσταση του υπό μελέτη συστήματος υπόγειας ροής. Παρουσιάζεται συνήθως με τη μορφή διατομής ή διαγράμματος με κουτιά και είναι αυτό που καθορίζει τις διαστάσεις του αριθμητικού μοντέλου και το σχεδιασμό του πλέγματος. Η κατασκευή του πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται τόσο η ευκολία στην ανάλυση, όσο και η απαιτούμενη πολυπλοκότητα για τη σωστή αναπαράσταση της συμπεριφοράς του συστήματος και για ακριβείς προβλέψεις του αριθμητικού μοντέλου.

Τα βήματα που ακολουθούνται για την κατασκευή του εννοιολογικού μοντέλου είναι τα εξής:

1. *Καθορισμός των υδροστρωματογραφικών μονάδων*

Οι υδροστρωματογραφικές μονάδες του μοντέλου προκύπτουν συνδυάζοντας στοιχεία σχετικά με τη γεωλογία και υδρογεωλογία. Περιλαμβάνουν γεωλογικές μονάδες με παρόμοιες υδρογεωλογικές ιδιότητες και είναι περισσότερο χρήσιμες για την προσομοίωση γεωλογικών συστημάτων σε τοπική κλίμακα.

2. *Κατάστρωση υδατικού ισοζυγίου*

Το υδατικό ισοζύγιο περιλαμβάνει τις πηγές νερού, τα σημεία εξόδου καθώς και την αναμενόμενη διεύθυνση ροής του νερού και δείχνει το μέγεθος των εισροών και εκροών και τις αλλαγές στην αποθηκευτικότητα του συστήματος. Κατά τη βαθμονόμηση, το ισοζύγιο που προκύπτει από τα δεδομένα πεδίου συγκρίνεται με αυτό που προκύπτει από το μοντέλο.

### 3. Καθορισμός συστήματος ροής

Ο καθορισμός της κίνησης των υπογείων υδάτων εντός του συστήματος γίνεται με τη χρήση υδρολογικών αλλά και γεωχημικών στοιχείων, όπως οι συγκεντρώσεις κάποιων κατιόντων (π.χ.  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ) και ανιόντων (π.χ.  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ), η θερμοκρασία και το PH.

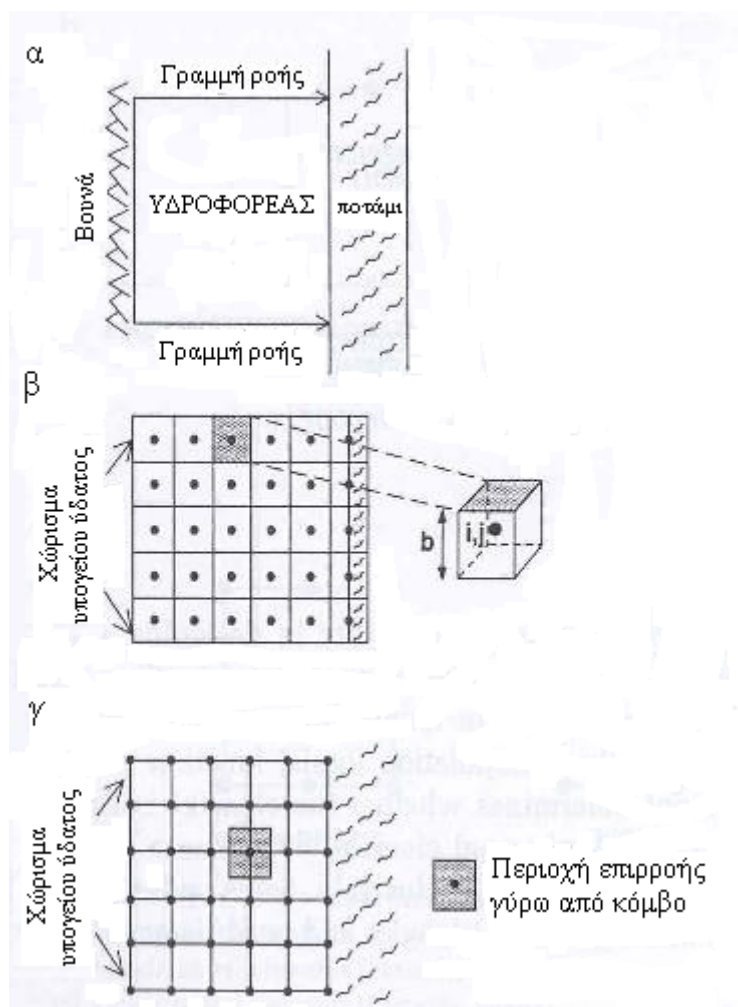
Τα διάφορα μοντέλα υπογείων υδάτων που υπάρχουν λαμβάνουν υπόψη σταθερές ή μεταβλητές συνθήκες, περιορισμένους ή ελεύθερους υδροφορείς και μία, δύο ή τρεις διαστάσεις (Mary P. Anderson, William W. Woessner, 1992).

#### 9.3.2 Σχεδιασμός πλέγματος

Το πλέγμα των κόμβων, μαζί με τα πεπερασμένα στοιχεία ή τα κελιά πεπερασμένων διαφορών, αποτελεί το πλαίσιο εργασίας του αριθμητικού μοντέλου. Το εννοιολογικό μοντέλο καθορίζει πόσα επίπεδα απαιτούνται. Το πλέγμα πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένο με τις κύριες συνιστώσες του διανύσματος της υδραυλικής αγωγιμότητας στους άξονες x, y και z (δηλαδή με τα  $K_x$ ,  $K_y$ ,  $K_z$ ). Εάν αυτό δεν είναι δυνατό και το φαινόμενο της ανισοτροπίας είναι έντονο, τότε στη βασική μαθηματική εξίσωση θα πρέπει να προστεθούν και οι εκτός διαγωνίου όροι του διανύσματος της υδραυλικής αγωγιμότητας. Επίσης, σε μοντέλο πεπερασμένων διαφορών το πλέγμα θα πρέπει να προσανατολίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε όσο το δυνατόν περισσότεροι κόμβοι να πέφτουν εντός των ορίων της περιοχής μελέτης.

Η απόσταση που επιλέγεται μεταξύ των κόμβων είναι επίσης σημαντική και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η αναμενόμενη καμπυλότητα του υδροφόρου ορίζοντα ή της δυναμομετρικής επιφάνειας, η μεταβολή των υδραυλικών υψών, η μεταβλητότητα των χαρακτηριστικών του υδροφορέα, η έκταση της προς μοντελοποίηση περιοχής και οι αλλαγές σε άντληση, εμπλουτισμό και επαναφόρτιση/εκκένωση ποταμών.

Τα πλέγματα πεπερασμένων διαφορών εμφανίζονται σε δύο τύπους: τα στοιχειο-κεντρικά (block-centered) και τα δικτυο-κεντρικά (mesh-centered). Στα στοιχειο-κεντρικά πλέγματα οι οριακές συνθήκες ροής λαμβάνονται στα άκρα των τετραγώνων ενώ στα δικτυο-κεντρικά οι οριακές συνθήκες εφαρμόζονται σε κόμβο (Σχήμα 9.2).



**Σχήμα 9.2:** Δισδιάστατα πλέγματα πεπερασμένων διαφορών και πεπερασμένων στοιχείων (Mary P. Anderson, William W. Woessner, 1992)

(α) Περιοχή προβλήματος. Οι οριακές συνθήκες μηδενικής ροής λαμβάνονται στη ζώνη των βουνών και κατά μήκος των γραμμών ροής. Το ποτάμι διαπερνά πλήρως τον υδροφόρα και μπορεί να αναπαρασταθεί με οριακή συνθήκη σταθερού υδραυλικού ύψους.

(β) Στοιχειο-κεντρικό πλέγμα πεπερασμένων διαφορών. Οι οριακές συνθήκες μηδενικής ροής λαμβάνονται στις πλευρές των τετραγώνων. Η οριακή συνθήκη σταθερού υδραυλικού ύψους λόγω του ποταμού λαμβάνεται πάνω στους κόμβους.

(γ) Δικτυο-κεντρικό πλέγμα πεπερασμένων διαφορών. Οι οριακές συνθήκες μηδενικής ροής και σταθερού υδραυλικού ύψους τοποθετούνται ακριβώς πάνω στους κόμβους.

Σε κάθε κόμβο αντιστοιχεί ένας δείκτης  $(i, j, k)$  που δηλώνει τη γραμμή, τη στήλη και το επίπεδο στο οποίο αυτός βρίσκεται. Οι αποστάσεις μεταξύ των κόμβων στις τρεις κατευθύνσεις  $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$  συνήθως μεταβάλλονται προσφέροντας μεγαλύτερη

ευχέρεια, εισάγεται όμως έτσι μεγαλύτερο λάθος στη λύση. Για τον περιορισμό του και για την εξάπλωση του πλέγματος επιβάλλεται η απόσταση μεταξύ των κόμβων να μην αυξάνεται περισσότερο από 1,5 φορές την προηγούμενη απόσταση.

Τα πλέγματα πεπερασμένων στοιχείων προσφέρουν μεγαλύτερη ευχέρεια στον σχεδιασμό του πλέγματος. Το είδος της παρεμβολικής συνάρτησης που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τα υδραυλικά ύψη μέσα στο στοιχείο καθορίζει εάν αυτό θα είναι γραμμικό, τετραγωνικό ή κυβικό (Σχήμα 9.3).



**Σχήμα 9.3:** Δισδιάστατα τριγωνικά πεπερασμένα στοιχεία (Mary P. Anderson, William W. Woessner, 1992)

Τα εισαγόμενα δεδομένα που απαιτούνται είναι περισσότερα από ότι σε πλέγμα πεπερασμένων διαφορών και περιλαμβάνουν την αρίθμηση των κόμβων και των στοιχείων, τις συντεταγμένες ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) κάθε κόμβου και τους κόμβους που σχετίζονται με κάθε στοιχείο. Κάθε στοιχείο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά και στη συνέχεια οι εξισώσεις όλων των στοιχείων συνδυάζονται σε μία γενική εξίσωση. Για την ελαχιστοποίηση των αριθμητικών λαθών απαιτείται ο λόγος της μέγιστης προς την ελάχιστη διάσταση κάθε στοιχείου να είναι κοντά στη μονάδα ή γενικά να μην ξεπερνάει το πέντε (Mary P. Anderson, William W. Woessner, 1992).

### 9.3.3 Προσδιορισμός και μεταφορά παραμέτρων στο πλέγμα

Τα δεδομένα που χρειάζονται για το μοντέλο ροής υπογείων υδάτων είναι τόσο φυσικά, αφορούν δηλαδή τη γεωμετρία του συστήματος (π.χ. πάχος και έκταση των υδροστρωματογραφικών μονάδων), όσο και υδρογεωλογικά (π.χ. υδραυλικά ύψη, πυκνότητα ροής, χαρακτηριστικά υδροφορέα). Η εύρεση των στοιχείων αυτών είναι

σχετικά δύσκολη και απαιτεί σε πολλές περιπτώσεις επί τόπου εργασία στο πεδίο, όταν τα στοιχεία από ήδη υπάρχουσες αναφορές κρίνονται ανεπαρκή.

Στην προσομοίωση ανισοτροπικών μέσων απαιτούνται πληροφορίες για τις τρεις κύριες συνιστώσες του διανύσματος της υδραυλικής αγωγιμότητας  $K_x$ ,  $K_y$ ,  $K_z$ . Η οριζόντια ανισοτροπία μπορεί να παρασταθεί με την αναλογία μεταξύ των  $K_x$  και  $K_y$  ενώ η κάθετη με την αναλογία μεταξύ των  $K_x$  και  $K_z$ .

Ισοτροπικές υδρογεωλογικές μονάδες που εντοπίζονται στο χώρο μελέτης σε πολύ μικρή κλίμακα είναι δύσκολο να μοντελοποιηθούν. Όταν το πάχος του στρώματος του μοντέλου ( $B_{i,j}$ ) είναι πολύ μεγαλύτερο από το πάχος του ισοτροπικού στρώματος ( $b_{i,j}$ ), μπορεί να υπολογιστεί η υδρολογικά ισοδύναμη οριζόντια και κάθετη υδραυλική αγωγιμότητα του στρώματος του μοντέλου από τις σχέσεις

$$(K_x)_{i,j} = \sum_{k=1}^m \frac{K_{i,j,k} b_{i,j,k}}{B_{i,j}} \quad (9.10)$$

$$(K_z)_{i,j} = \frac{B_{i,j}}{\sum_{k=1}^m b_{i,j,k} / K_{i,j,k}} \quad (9.11)$$

$$B_{i,j} = \sum_{k=1}^m b_{i,j,k}$$

Ο Hearne (1985) συνέστησε την παρακάτω εξίσωση που αποδίδεται στον Theis και διορθώνει την επίδραση της στρωματοποίησης κεκλιμένων στρωματογραφικών μονάδων, οι οποίες στο μοντέλο προσομοιώνονται ως οριζόντια στρώματα.

$$\frac{K_x}{K_y} = \frac{R}{1 - (1 - R) \cos^2 A} \quad (9.12)$$

όπου  $K_x$ : η οριζόντια υδραυλική αγωγιμότητα στην x κατεύθυνση

$K_y$ : η οριζόντια υδραυλική αγωγιμότητα στην y κατεύθυνση

R: ο λόγος της υδραυλικής αγωγιμότητας στην x κατεύθυνση προς την υδραυλική αγωγιμότητα στην y κατεύθυνση

A: η γωνία της κλίσης



Η μεταφορά των δεδομένων πεδίου στο πλέγμα απαιτεί τη συμβατότητά τους με την κλίμακα του μοντέλου και την εκχώρηση των χαρακτηριστικών των υδροφορέων σε κάθε υδροστρωματογραφική μονάδα του εννοιολογικού μοντέλου. Αναγκαία κρίνεται και η παρεμβολή των μετρούμενων δεδομένων ούτως ώστε να μπορεί να προσδιοριστεί η χωρική μεταβλητότητα σε όλο το πεδίο ορισμού του προβλήματος.

Σε μοντέλο πεπερασμένων διαφορών υπολογίζεται η τιμή του υδραυλικού ύψους σε κάθε κόμβο, η οποία αποτελεί επίσης το μέσο υδραυλικό ύψος του κελιού πεπερασμένων διαφορών. Σε στοιχειο-κεντρικό πλέγμα, οι ιδιότητες του υδροφορέα και οι τάσεις αποδίδονται στο τετράγωνο που περιβάλλει τον κόμβο. Σε μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων οι ιδιότητες του υδροφορέα αποδίδονται είτε στον κόμβο είτε στο στοιχείο (Mary P. Anderson, William W. Woessner, 1992).

## 9.4 Οριακές συνθήκες

### 9.4.1 Είδη ορίων

Οι οριακές συνθήκες είναι μαθηματικές εξισώσεις που καθορίζουν την εξαρτημένη μεταβλητή (υδραυλικό ύψος) ή την παράγωγο αυτής (ροή) στα όρια της υπό μελέτη περιοχής. Τα φυσικά όρια ενός συστήματος υπόγειας ροής οφείλονται στην παρουσία αδιαπέρατου πετρώματος ή μιας μεγάλης μάζας επιφανειακού νερού. Άλλα όρια, που προκύπτουν ως αποτέλεσμα υδρογεωλογικών συνθηκών, είναι νοητά και αποτελούν τα υδραυλικά ή υδρογεωλογικά όρια. Αυτά αναπαριστώνται με τρεις τύπους μαθηματικών συνθηκών (Mary P. Anderson, William W. Woessner, 1992):

- ✓ Τις οριακές συνθήκες  $1^{ov}$  είδους, δηλαδή τις συνθήκες σταθερού υδραυλικού ύψους (συνθήκες Dirichlet), για τις οποίες το υδραυλικό ύψος είναι δεδομένο.
- ✓ Τις οριακές συνθήκες  $2^{ov}$  είδους, δηλαδή τις συνθήκες σταθερής ροής (συνθήκες Neumann), για τις οποίες η ροή είναι δεδομένη.
- ✓ Τις οριακές συνθήκες  $3^{ov}$  είδους, δηλαδή τις συνθήκες ροής εξαρτώμενης από το υδραυλικό ύψος (Cauchy ή μικτές οριακές συνθήκες), για τις οποίες η ροή διαμέσου του ορίου υπολογίζεται με βάση ένα δεδομένο υδραυλικό ύψος.

### 9.4.2 Θέση ορίων

Γενικά συνίσταται η χρήση φυσικών ορίων όπου αυτό είναι δυνατό επειδή είναι σταθερά στοιχεία του συστήματος ροής. Τέτοια φυσικά όρια είναι, όπως ήδη αναφέρθηκε, τα αδιαπέρατα πετρώματα καθώς και στρώματα με υδραυλική αγωγιμότητα μικρότερη κατά δύο τάξεις μεγέθους από αυτήν των στρωμάτων όπου η ροή είναι οριζόντια αλλά και όρια με μικρή υδραυλική κλίση.

Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατό ή βολικό να χρησιμοποιηθούν φυσικά όρια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τοπικά διαχωρίσματα υπογείου ύδατος, τα οποία συνήθως εντοπίζονται κοντά σε τοπογραφικά υψώματα και μπορούν να σχηματίσουν κάτω από αυτά μερικώς διαπερατές μάζες επιφανειακού νερού.

Εάν τίποτα από τα παραπάνω δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί, τότε επιλέγονται άλλα όρια τα οποία είναι υδραυλικά και προκύπτουν από πληροφορίες σχετικές με τη διαμόρφωση του συστήματος ροής.

Οι υδραυλικές οριακές συνθήκες μπορούν να καθοριστούν μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως τηλεσκοπική βελτίωση δικτύου (Telescopic Mesh Refinement). Πλέγμα με μεγάλη απόσταση μεταξύ των κόμβων προσαρμόζεται στα τοπικά όρια της περιοχής και μέσω της προσομοίωσης σε τοπική κλίμακα καθορίζονται οι οριακές συνθήκες για μοντέλα που καλύπτουν διαδοχικά όλο και μικρότερες γεωγραφικές περιοχές.

Στα συστήματα ροής συνήθως χρησιμοποιείται συνδυασμός των οριακών συνθηκών (Mary P. Anderson, William W. Woessner, 1992).

### 9.4.3 Προσομοίωση ορίων

Σε πλέγματα πεπερασμένων στοιχείων και δικτυο-κεντρικά πλέγματα πεπερασμένων διαφορών, οι κόμβοι ταυτίζονται με τις θέσεις των ορίων. Σε στοιχειο-κεντρικά πλέγματα πεπερασμένων διαφορών, οι οριακές συνθήκες σταθερού υδραυλικού ύψους λαμβάνονται στους κόμβους, ενώ οι οριακές συνθήκες ροής λαμβάνονται στις πλευρές των τετραγώνων.

Στην περίπτωση των *οριακών συνθηκών  $I^{ov}$  είδους*, η προσομοίωση γίνεται θέτοντας το υδραυλικό ύψος στους κόμβους των ορίων ίσο με μία γνωστή τιμή. Εάν το όριο είναι ποτάμι το υδραυλικό ύψος κατά μήκος του ορίου μεταβάλλεται χωρικά, ενώ

στην περίπτωση λίμνης ή πηγής το όριο χαρακτηρίζεται από σταθερό υδραυλικό ύψος. Σημειώνεται ότι ένα όριο σταθερού υδραυλικού ύψους αναπαριστά μια ανεξάντλητη πηγή νερού.

Οι *οριακές συνθήκες 2<sup>ο</sup> είδους* περιγράφουν την ροή σε μάζες επιφανειακού νερού, τη ροή νερού από πηγές, την υπόγεια ροή και τη διαρροή από και προς υπόγεια πετρώματα, η οποία θεωρείται σταθερή και δεδομένη. Γενικά προτιμώνται οι οριακές συνθήκες σταθερού υδραυλικού ύψους από αυτές σταθερής ροής καθώς μπορούν να βοηθήσουν τη διαδικασία της βαθμονόμησης και επειδή η μέτρηση του υδραυλικού ύψους είναι ευκολότερη από τη μέτρηση της ροής.

Στις *οριακές συνθήκες 3<sup>ο</sup> είδους*, η ροή διαμέσου του ορίου εξαρτάται από τη διαφορά μεταξύ του υδραυλικού ύψους που τίθεται από τον χρήστη στη μία άκρη του ορίου και του υδραυλικού ύψους που υπολογίζεται από το μοντέλο στην άλλη πλευρά. Η διαρροή από και προς ένα ποτάμι, λίμνη ή πηγή μπορεί να προσομοιωθεί με τη χρήση των οριακών συνθηκών 3<sup>ο</sup> είδους. Ο ρυθμός διαρροής υπολογίζεται από τη σχέση

$$L = Q_L / A = K_z' / b' (h_{πηγής} - h) \quad (9.13)$$

όπου  $Q_L$  η ογκομετρική παροχή,  $A$  η επιφάνεια του κελιού διαμέσου της οποίας λαμβάνει χώρα η διαρροή,  $h_{πηγής}$  το υδραυλικό ύψος στην πηγή,  $h$  το υδραυλικό ύψος στον ακριβώς από κάτω ή γειτονικό με την πηγή υδροφορέα και  $K_z'$  και  $b'$  η κάθετη υδραυλική αγωγιμότητα και το πάχος αντίστοιχα του στρώματος διαμέσου του οποίου γίνεται η διαρροή (Mary P. Anderson, William W. Woessner, 1992).

# Κεφάλαιο 10

## *Περιγραφή Λογισμικού Argus One*

### *GIS και Μοντέλου “PTC”*

## 10. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ARGUS ONE GIS ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΥ “PTC”

### 10.1 Εισαγωγή

Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι μια σύντομη αναφορά στο λογισμικό Argus One GIS, καθώς και μια εκτενής περιγραφή του θεωρητικού υποβάθρου του *Princeton Transport Code* (PTC). Στο υποκεφάλαιο 10.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά κάποια στοιχεία για το Argus One, ενώ στα επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από το μοντέλο PTC για την επίλυση των μερικών διαφορικών εξισώσεων που περιγράφουν τη ροή των υπογείων υδάτων και τη μεταφορά ρύπων.

### 10.2 Σύντομη αναφορά στο λογισμικό Argus One GIS

Το Argus One είναι ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographical Information System, GIS) ανεξάρτητο από μοντέλα, που χρησιμοποιείται για μοντελοποίηση με χρήση αριθμητικών μεθόδων. Υποστηρίζει τα περισσότερα μοντέλα υπογείων υδάτων που κυκλοφορούν στην αγορά και χρησιμοποιείται κατά κόρον από επαγγελματίες υδρογεωλόγους για την ανάπτυξη μοντέλων προσομοίωσης διάφορων υδροφορέων. Η μεγάλη ποικιλία μοντέλων υπογείων υδάτων που υποστηρίζει το Argus One έχει σαν αποτέλεσμα να αποτελεί το ιδανικό περιβάλλον μοντελοποίησης της ροής υπογείων υδάτων, βασισμένο σε GIS.

Το Argus One GIS υποστηρίζει τα εξής μοντέλα:

- Το *MODFLOW*, ένα αρθρωτό τρισδιάστατο μοντέλο υπογείων υδάτων, που χρησιμοποιεί πεπερασμένες διαφορές και μπορεί να προσομοιώσει τη μεταφορά διαλυμένων ουσιών και να εκτιμήσει παραμέτρους.
- Το *PTC* (Princeton Transport Code), ένα προηγμένο τρισδιάστατο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων και πεπερασμένων διαφορών, που προσομοιώνει την υπόγεια ροή και μεταφορά.
- Το *NAPL*, ένα μοντέλο προσομοίωσης της ρύπανσης του εδάφους και των υδροφορέων από οργανικά υγρά, γνωστά ως υγρά μη υδατώδους φάσης (Non Aqueous Phase Liquids, NAPLs).

- Το *SUTRA*, μοντέλο το οποίο προσομοιώνει κορεσμένη και ακόρεστη ροή, ροή υγρού σταθερής ή μεταβλητής πυκνότητας και μεταφορά διαλυμένων ουσιών ή ενέργειας.
- Το *HST3D*, ένα πρόγραμμα μοντελοποίησης πεπερασμένων διαφορών για την προσομοίωση ρευστών, διαλυμάτων μίας ουσίας και μεταφοράς θερμότητας στις τρεις διαστάσεις και υπό συνθήκες κορεσμού. Ακόμη, επιτρέπει την προσομοίωση της προσρόφησης και της αποσύνθεσης.

Αλλα τέτοια μοντέλα είναι το FEMWATER, το CFEST, το Acunsaf2d και το FEM3DmeshE – Pie.

### 10.3 Κυρίαρχες εξισώσεις

Ο κώδικας PTC χρησιμοποιεί το παρακάτω σύστημα μερικών διαφορικών εξισώσεων για την αναπαράσταση της υπόγειας ροής, η οποία περιγράφεται από:

☞ Το υδραυλικό ύψος  $h$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - S \frac{\partial h}{\partial t} + Q = 0 \quad (10.1)$$

☞ Τις συνιστώσες της ταχύτητας ροής του υπογείου ύδατος

$$V_x = -K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x}, \quad V_y = -K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y}, \quad V_z = -K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \quad (10.2)$$

☞ Τη μεταφορά ρύπων που περιγράφεται από τη συγκέντρωση,  $c$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x} \left[ D_{xx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{xy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{xz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ D_{yx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{yy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{yz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] \\ & + \frac{\partial}{\partial z} \left[ D_{zx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{zy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{zz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] - \left[ V_x \frac{\partial c}{\partial x} + V_y \frac{\partial c}{\partial y} + V_z \frac{\partial c}{\partial z} \right] \\ & + Q(c^w - c) - \theta [1 + E(c)] \left( \frac{\partial c}{\partial t} \right) = 0 \end{aligned} \quad (10.3)$$

όπου:

$h$  το υδραυλικό ύψος [L]

$K_{xx}$ ,  $K_{yy}$ ,  $K_{zz}$  οι συνιστώσες υδραυλικής αγωγιμότητας στους άξονες  $x$ ,  $y$  και  $z$  αντίστοιχα [ $LT^{-1}$ ]

$S$  η ειδική αποθηκευτικότητα [ $L^{-1}$ ]

Οι υπόλοιπες παράμετροι ορίζονται σε επόμενη παράγραφο.

Οι εξισώσεις αυτές προκύπτουν από την αρχή διατήρησης της μάζας και το νόμο του Darcy (Babu et al., 1997).

#### 10.4 Επίλυση του αλγορίθμου του PTC

Η επίλυση του συστήματος εξισώσεων (10.1) έως (10.3) για περίπλοκα φυσικά συστήματα απαιτεί την εφαρμογή αριθμητικών μεθόδων. Καθώς ο υπολογιστικός φόρτος για την επίλυση των τρισδιάστατων αυτών εξισώσεων είναι μεγάλος, ο PTC χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο ο οποίος μειώνει σημαντικά τον υπολογιστικό φόρτο.

Ο αλγόριθμος αυτός χωρίζει την περιοχή σε παράλληλα οριζόντια στρώματα, μέσα σε καθένα από τα οποία χρησιμοποιείται διακριτοποίηση πεπερασμένων στοιχείων. Τα στρώματα συνδέονται κάθετα με διακριτοποίηση πεπερασμένων διαφορών. Κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης δεδομένης χρονικής περιόδου, οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα επιλύονται όλες οι οριζόντιες διακριτοποιήσεις πεπερασμένων στοιχείων ανεξάρτητα η μία από την άλλη. Στο δεύτερο βήμα επιλύονται οι κάθετες εξισώσεις που συνδέουν τα στρώματα (Babu et al., 1997).

#### 10.5 Τρισδιάστατη ροή υπογείων υδάτων

##### 10.5.1 Κυρίαρχη εξίσωση

Ο PTC καθορίζει τα χαρακτηριστικά ροής ενός συστήματος ροής υπογείων υδάτων λύνοντας την ακόλουθη μερική διαφορική εξίσωση ως προς το υδραυλικό ύψος.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - S \frac{\partial h}{\partial t} + \sum_{i=1}^r Q_i \delta(x - x_i) \delta(y - y_i) \delta(z - z_i) = 0 \quad (10.4)$$

όπου

$Q_i$  ένας γενικός όρος πηγής/δεξαμενής στη θέση  $i$  [ $L^3T^{-1}$ ] (θετικός σε περίπτωση εμπλουτισμού)

$\delta(\ )$  η συνάρτηση δέλτα του Dirac

$r$  ο αριθμός των σημείων πηγών / δεξαμενών

Για ευκολία ο τελευταίος όρος της εξίσωσης (10.4) συμβολίζεται ως  $Q$ .

Ο PTC λύνει αριθμητικά την εξίσωση (10.4) χρησιμοποιώντας τις μεθόδους των πεπερασμένων στοιχείων και πεπερασμένων διαφορών (Babu et al., 1997).

### 10.5.2 Εφαρμογή της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων

Σύμφωνα με τους Babu et al. (1997), ο PTC προσεγγίζει τους όρους της εξίσωσης (10.4) που περιέχουν παραγώγους ως προς  $x$  και  $y$  με χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, υποτίθεται ότι υπάρχει ένα άθροισμα άπειρων συναρτήσεων το οποίο αναπαριστά ακριβώς τη λύση της μερικής διαφορικής εξίσωσης που περιγράφει την υπόγεια ροή. Μια πεπερασμένη προσεγγιστική μορφή της σειράς αυτής είναι

$$h(x, y, z, t) \sim \hat{h}(x, y, z, t) = \sum_{i=1}^N h_i(z, t) w_i(x, y) \quad (10.5)$$

όπου:

$h$  το υδραυλικό ύψος [L]

$\hat{h}$  η σειρά που προσεγγίζει το  $h$  [L]

$h_i$  ένας απροσδιόριστος συντελεστής [L]

$w_i$  μια βασική (ή παρεμβολική) συνάρτηση (αδιάστατη)

$N$  ο αριθμός των κόμβων στο δίκτυο των πεπερασμένων στοιχείων



Η προσεγγιστική σειρά (10.5) παρέχει μία ακριβή αναπαράσταση όσο το  $N$  προσεγγίζει το άπειρο (το  $\hat{h}$  προσεγγίζει το  $h$ ). Επιλέγοντας προσεκτικά τις βασικές συναρτήσεις  $w_i$ , ο απροσδιόριστος συντελεστής  $h_i$  γίνεται η τιμή του υδραυλικού ύψους στους κόμβους με συντεταγμένες  $(x, y, z)$ . Με χρήση συνεχών βασικών συναρτήσεων τμηματικά (όπως π.χ. γραμμικών βασικών συναρτήσεων που χρησιμοποιεί ο PTC) αυξάνεται η υπολογιστική απόδοση της μεθόδου.

Στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων παρατηρείται ότι παρόλο που ο διαφορικός τελεστής  $L$  (π.χ. η εξίσωση (10.4)) που περιέχει το  $h$  ισούται με μηδέν, όταν ο  $L$  περιέχει την προσεγγιστική συνάρτηση παρουσιάζεται σφάλμα. Μαθηματικά, η εξίσωση (10.4) ξαναγράφεται ως

$$L(h) = 0$$

όταν

$$L(\hat{h}) = R$$

όπου  $R$  το υπολειμματικό σφάλμα.

Για την επίλυση της εξίσωσης (10.5) με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων επιχειρείται η ελαχιστοποίηση του σφάλματος  $R$ . Αυτό επιτυγχάνεται θεωρώντας αρχικά μια ολοκληρωμένη ομάδα συναρτήσεων  $w_j$ . Υποχρεώνοντας το σφάλμα  $R$  να είναι ορθογωνικό σε όλες τις πιθανές τιμές του  $w_j$ , ουσιαστικά το  $R$  υποχρεώνεται να τείνει στο μηδέν και λαμβάνεται η λύση της εξίσωσης (10.5). Δηλαδή έχουμε

$$L(\hat{h}) = L(h) \quad \text{όταν } R = 0.$$

Με περαιτέρω διαδικασίες προκύπτει η εξίσωση

$$\begin{aligned} & \iint_{\Omega} \left[ K_{xx} \left( \sum_{j=1}^N h_j \frac{\partial w_j}{\partial x} \right) \frac{\partial w_i}{\partial x} + K_{yy} \left( \sum_{j=1}^N h_j \frac{\partial w_j}{\partial y} \right) \frac{\partial w_i}{\partial y} \right. \\ & \quad \left. - \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial}{\partial z} \sum_{j=1}^N h_j w_j \right) w_i + S \frac{\partial}{\partial t} \left( \sum_{j=1}^N h_j w_j \right) w_i - Q w_i \right] dx dy \\ & \quad - \int_{\sigma} \left[ K_{xx} \frac{\partial \hat{h}}{\partial x} l_x + K_{yy} \frac{\partial \hat{h}}{\partial y} l_y \right] w_i d\sigma = 0 \end{aligned} \quad (10.6)$$

όπου:

$$i = 1, 2, \dots, N$$

$\Omega$  η περιοχή ολοκλήρωσης που καλύπτει ολόκληρη την οριζόντια τομή της περιοχής ροής

$L_x, L_y$  τα συνημίτονα κατεύθυνσης των γωνιών που σχηματίζονται μεταξύ του κανονικού και του διατμητικού ορίου  $\sigma$  στους άξονες  $x$  και  $y$  αντίστοιχα

### 10.5.3 Εφαρμογή της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών

Με χρήση διανυσμάτων η εξίσωση (10.6) γράφεται ως εξής (Babu et al., 1997):

$$Ah + B \frac{\partial h}{\partial t} - v + f = 0 \quad (10.7)$$

όπου  $A$  και  $B$  είναι διανύσματα ( $N \times N$ ) και  $h, \partial h / \partial t, v$  και  $f$  είναι διανύσματα στήλες μήκους  $N$ . Τα στοιχεία  $A, B, v$  και  $f$  είναι

$$A_{ij} = \iint_{\Omega} \left[ K_{xx} \frac{\partial w_i}{\partial x} \frac{\partial w_j}{\partial x} + K_{yy} \frac{\partial w_i}{\partial y} \frac{\partial w_j}{\partial y} \right] dx dy \quad (10.8\alpha)$$

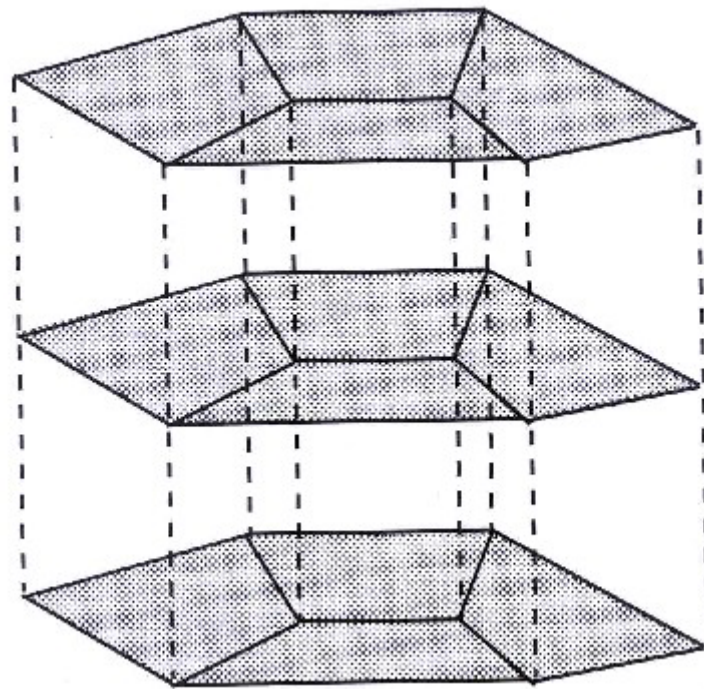
$$B_{ij} = \iint_{\Omega} S w_i w_j dx dy \quad (10.8\beta)$$

$$f_i = - \iint_{\Omega} Q w_i dx dy - \int_{\sigma} \left[ K_{xx} \frac{\partial \hat{h}}{\partial x} l_x + K_{yy} \frac{\partial \hat{h}}{\partial y} l_y \right] w_i d\sigma \quad (10.8\gamma)$$

$$v_i = \sum_{j=1}^N \left[ \iint_{\Omega} \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h_j}{\partial z} \right) w_i w_j dx dy \right] \quad (10.8\delta)$$

### 10.5.4 Κάθετη παραγωγή

Βασικό χαρακτηριστικό του παρόντος κώδικα είναι η χρήση ενός σχήματος κεντρικών διαφορικών εξισώσεων για τις χωρικές παραγώγους της εξίσωσης (10.8δ) στην  $z$  κατεύθυνση. Η κάθετη διακριτοποίηση επιτυγχάνεται με την επανάληψη των οριζόντιων δικτύων πεπερασμένων στοιχείων σε στρώματα, με τους κόμβους να βρίσκονται ο ένας πάνω στον άλλο (Σχήμα 10.1).



**Σχήμα 10.1:** Σχηματικό διάγραμμα οριζόντιων δικτύων πεπερασμένων στοιχείων στοιβαγμένων το ένα πάνω στο άλλο, δημιουργώντας την τρισδιάστατη διακριτοποίηση (Babu et al., 1997)

Αυτό σημαίνει ότι στην κάθετη διεύθυνση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μονοδιάστατη εξίσωση πεπερασμένων διαφορών για την προσέγγιση της εξίσωσης (10.8δ). Χρησιμοποιώντας τον κάθετο δείκτη  $k$ , όπου  $k = 1$  για το κάτω στρώμα, αυτή η προσέγγιση γραμμένη σε μορφή διανυσμάτων δίνει

$$v \cong C_k^+ (h_{k+1} - h_k) - C_k^- (h_k - h_{k-1}) \quad (10.9)$$

όπου ο αρμονικός μέσος των ιδιοτήτων των παρακείμενων στρωμάτων χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των στοιχείων του  $C_k^+$ , κάθετου όρου μεταξύ των στρωμάτων  $k$  και  $k+1$ , και  $C_k^-$ , κάθετου όρου μεταξύ των στρωμάτων  $k$  και  $k-1$

$$C_{ij;k}^{\pm} = \iint_{\Omega} \frac{2}{\Delta z_k [\Delta z_{k\pm 1}/(K_{zz})_k + \Delta z_k/(K_{zz})_{k\pm 1}]} w_i w_j dx dy \quad (10.10)$$

όπου  $(\Delta z_k)$  είναι το πάχος του  $k^{\text{ου}}$  στρώματος στο σημείο της προσέγγισης. Ο αρμονικός μέσος δίνει τα πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα στις ετερογενείς καταστάσεις που συναντώνται συνήθως.

Με αντικατάσταση της εξίσωσης (10.9) στην (10.7) προκύπτει η παρακάτω εξίσωση για ένα τυπικό  $k^{\text{o}}$  στρώμα:

$$A_k h_k + B_k \frac{\partial h_k}{\partial t} - [C_k^+(h_{k+1} - h_k) - C_k^-(h_k - h_{k-1})] + f_k = 0 \quad (10.11)$$

όπου το  $h_k$  αντιπροσωπεύει το διάνυσμα  $h$  των υδραυλικών υψών στο  $k^{\text{o}}$  στρώμα,  $k = 1, 2, \dots, M$  και όπου  $M$  ο αριθμός των στρωμάτων στη διεύθυνση  $z$  (Babu et al., 1997).

### 10.5.5 Η χρονική παράγωγος

Η χρήση οπίσθιας διαφοράς προσέγγισης για την παράγωγο του χρόνου παρέχει την πιο ακριβή λύση για τα προβλήματα ροής υπογείων υδάτων, για ένα δεδομένο κόστος. Για την προσέγγιση της χρονικής παραγώγου χρησιμοποιείται διόρθωση 1<sup>ης</sup> τάξης και οι χωρικές παράγωγοι γράφονται με βάση τη νέα χρονική στιγμή. Έτσι, η εξίσωση (10.11) για κάθε στρώμα γράφεται ως (Babu et al., 1997):

$$A_k h_k^{(t+\Delta t)} + \frac{(B_D)_k}{\Delta t} [h_k^{(t+\Delta t)} - h_k^t] - [C_k^+(h_{k+1} - h_k) - C_k^-(h_k - h_{k-1})]^{(t+\Delta t)} + f_k^t = 0 \quad (10.12)$$

## 10.6 Οριακές συνθήκες

Ο κώδικας PTC χρησιμοποιεί τρία είδη οριακών συνθηκών στην εξίσωση ροής: τις συνθήκες Dirichlet (σταθερού υδραυλικού ύψους), Neumann (σταθερής ροής) και το τρίτο είδος (για διαρροή). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάξει τις οριακές συνθήκες κατά την προσομοίωση. Η προκαθορισμένη οριακή συνθήκη που χρησιμοποιείται σε όλα τα όρια είναι η συνθήκη μηδενικής ροής, πράγμα που υποδηλώνει την ύπαρξη περιορισμένου υδροφορέα με αδιαπέραστες πλευρές και πυθμένα. Επιλέγοντας διαφορετικές οριακές συνθήκες εντός της περιοχής, ο χρήστης μπορεί να αναπαραστήσει άλλες υδρολογικές συνθήκες (Babu et al., 1997).

### 10.6.1 Οριακές συνθήκες σταθερού υδραυλικού ύψους

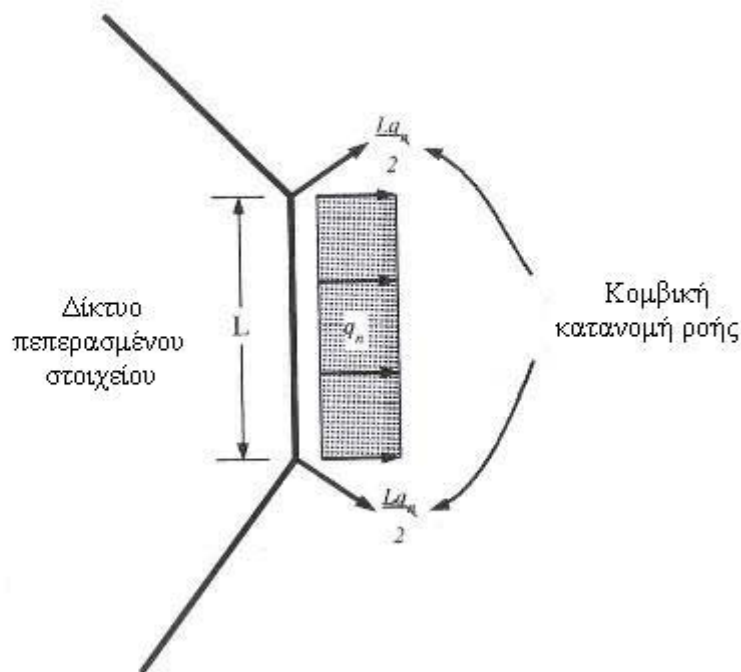
Οι οριακές συνθήκες σταθερού υδραυλικού ύψους καθορίζονται προσδιορίζοντας τους κόμβους και τις τιμές του υδραυλικού ύψους που έχει οριστεί σε αυτούς. Αυτομάτως ο κώδικας ταξινομεί τις γραμμές και τις στήλες στο μητρώο συντελεστών που σχετίζεται με αυτούς τους κόμβους. Έτσι, αφού οι κόμβοι σταθερού υδραυλικού ύψους απαλείφονται από το μητρώο των εξισώσεων, απομένουν  $(N \times M - N_c)$  εξισώσεις με  $(N \times M - N_c)$  αγνώστους, όπου  $N_c$  ο συνολικός αριθμός των κόμβων όπου εφαρμόζονται οι οριακές συνθήκες σταθερού υδραυλικού ύψους μέσα στην περιοχή ροής (Babu et al., 1997).

### 10.6.2 Οριακές συνθήκες σταθερής ροής

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων αποτελεί ένα απλό μέσο για τον καθορισμό των οριακών συνθηκών ροής. Ο τελευταίος όρος της εξίσωσης (10.6) μπορεί να γραφτεί

$$-\int_{\sigma} \left[ K_{xx} \frac{\partial \hat{h}}{\partial x} l_x + K_{yy} \frac{\partial \hat{h}}{\partial y} l_y \right] w_i d\sigma = \int_{\sigma} q_n w_i d\sigma \quad (10.13)$$

όπου  $q_n$  είναι η κανονική ροή διαμέσου μιας μοναδιαίας επιφάνειας (μήκος  $\times$  ύψος) του κάθετου ορίου  $\sigma$ . Όταν η ροή  $q_n$  είναι σταθερή κατά μήκος της επιφάνειας ενός στοιχείου μήκους  $L$ , η ολοκλήρωση της εξίσωσης (10.13) δίνει την κομβική κατανομή που παρουσιάζεται στο σχήμα 10.2.



**Σχήμα 10.2:** Κομβική κατανομή της ροής διαμέσου ενός στοιχείου μήκους  $L$  (Babu et al., 1997)

Έτσι ο χρήστης, προκειμένου να αναπαραστήσει τη ροή διαμέσου του ορίου, χρειάζεται απλά να καθορίσει την ογκομετρική ροή στον κόμβο (Babu et al., 1997).

### 10.6.3 Οριακές συνθήκες τρίτου είδους

Οι οριακές συνθήκες διαρροής προκύπτουν αντικαθιστώντας στην εξίσωση (10.8γ) την τιμή

$$Q = k_L (h_{j,L}^t - h_{j,k}^t) \quad (10.14)$$

όπου

$h'_{j,k}$  το άγνωστο υδραυλικό ύψος στον κόμβο  $j$  του στρώματος  $k$ , τη χρονική στιγμή  $t$

$h'_{j,L}$  το αντίστοιχο υδραυλικό ύψος στο σημείο αναφοράς της διαρροής

$k_L$  η αγωγιμότητα της διαρροής (υδραυλική αγωγιμότητα προς απόσταση)

Ο όρος της αγωγιμότητας ολοκληρώνεται επιφανειακά και έτσι αναπαριστά την κάθετη διαρροή. Ωστόσο, με κατάλληλο προσδιορισμό της καθοριζόμενης από το χρήστη σταθεράς  $k_L$ , μπορεί να προσδιοριστεί η διαρροή προς οποιαδήποτε κατεύθυνση (Babu et al., 1997).

### 10.7 Συνθήκες για τον υδροφόρο ορίζοντα

Σύμφωνα με τους Babu et al. (1997), η επιβολή οριακών συνθηκών για τον υδροφόρο ορίζοντα ή για ελεύθερο υδροφορέα απαιτεί την εφαρμογή δύο οριακών συνθηκών για το επίπεδο του νερού στο πάνω στρώμα. Στο σχήμα (10.3) που ακολουθεί παρουσιάζεται ένας κινούμενος υδροφόρος ορίζοντας που υπόκειται σε διήθηση μεγέθους  $R(x, y, t)$ . Το σταθερό υψόμετρο του ανώτερου ορίου της περιοχής ροής δίνεται από τη σχέση  $z = z_{M+1}(x, y, t)$ , ενώ το υψόμετρο του υδροφόρου ορίζοντα δίνεται από τη σχέση  $z = z_{WT}(x, y, t)$ .

Η πρώτη οριακή συνθήκη ορίζει ότι η στάθμη του νερού στο πάνω στρώμα ( $h_M$ ) καθορίζει το πάχος του υδροφορέα του πάνω στρώματος ( $z_{WT} - z_M$ ). Οπότε, σε κάθε κόμβο πρέπει

$$(z_{WT})_i = (h_M)_i \quad (10.15)$$

Υποθέτουμε ότι ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται πάντα εντός του πάνω στρώματος ( $k = M$ ). Έτσι, όταν το πρόγραμμα υπολογίζει τα υδραυλικά ύψη στο πάνω στρώμα, ελέγχει εάν οι τιμές του  $h_M$  στους κόμβους βρίσκονται μεταξύ των υψομέτρων

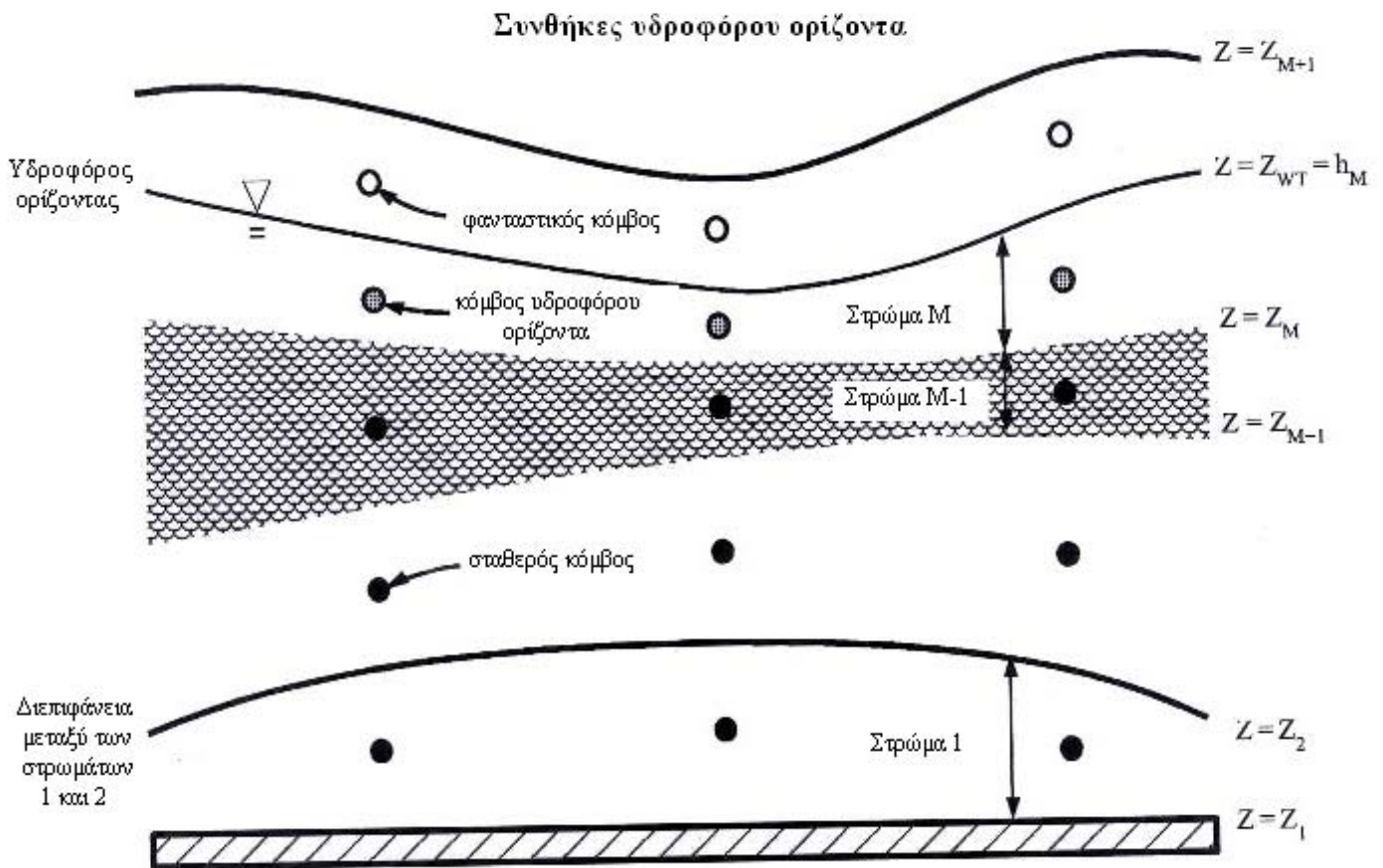
$$z_M \leq h_M \leq z_{M+1} \quad (10.16)$$

Ο PTC εμφανίζει μήνυμα αν η συνθήκη (10.16) παραβιάζεται και έπειτα η εκτέλεση τερματίζεται. Η εξίσωση (10.16) πρέπει επίσης να ικανοποιεί τις αρχικές συνθήκες για το υδραυλικό ύψος. Καθώς το  $z_{WT}$  καθορίζει το πάχος του πάνω στρώματος, το οποίο εμφανίζεται στα μητρώα συντελεστών, η εξίσωση (10.15) εισάγει μη γραμμικότητα στη λύση των εξισώσεων του συστήματος ροής. Αυτή η μη γραμμικότητα διευθετείται μέσω επαναλήψεων στο δεύτερο βήμα του διαχωριστικού αλγόριθμου.

Η δεύτερη οριακή συνθήκη για τον υδροφόρο ορίζοντα περιγράφει τη μεταβλητή απόκριση του υδροφόρου ορίζοντα στη διήθηση. Θέτοντας  $S_y$  την ειδική απόδοση κοντά στον υδροφόρο ορίζοντα, έχουμε

$$S_y \frac{\partial h}{\partial t} + K_z \frac{\partial h}{\partial z} = R \quad (10.17)$$





**Σχήμα 10.3:** Υδροφόρος ορίζοντας και συνθήκες κατακρήμνισης στο πάνω όριο. Οι επιφάνειες που σημαίνονται με  $Z = Z_1$ ,  $Z = Z_2$ , κτλ. είναι σταθερά όρια στο χώρο και καθορίζουν στρώματα (Babu et al., 1997)

## 10.8 Τρισδιάστατη μεταφορά ρύπων

### 10.8.1 Κυρίαρχες εξισώσεις

Όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, η εξίσωση μεταφοράς είναι η

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial}{\partial x} \left[ D_{xx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{xy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{xz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ D_{yx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{yy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{yz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] \\
 & + \frac{\partial}{\partial z} \left[ D_{zx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{zy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{zz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] - \left[ V_x \frac{\partial c}{\partial x} + V_y \frac{\partial c}{\partial y} + V_z \frac{\partial c}{\partial z} \right] \\
 & + Q(c^w - c) - \theta[1 + E(c)] \left( \frac{\partial c}{\partial t} \right) = 0
 \end{aligned} \quad (10.18)$$

Οι όροι διασποράς που εμφανίζονται στην παραπάνω εξίσωση δίνονται από τις σχέσεις:

$$\begin{aligned}
 D_{xx} &= (a_L V_x^2 + a_T V_y^2 + a_V V_z^2) / V + D_M \\
 D_{yy} &= (a_T V_x^2 + a_L V_y^2 + a_V V_z^2) / V + D_M \\
 D_{zz} &= (a_V V_x^2 + a_V V_y^2 + a_L V_z^2) / V + D_M \\
 D_{yx} &= D_{xy} = (a_L - a_T) V_x V_y / V \\
 D_{yz} &= D_{zy} = (a_L - a_V) V_y V_z / V \\
 D_{zx} &= D_{xz} = (a_L - a_V) V_z V_x / V
 \end{aligned} \quad (10.19)$$

όπου

$D_M$  ο συντελεστής μοριακής διάχυσης, που είναι γενικά μικρός [ $L^2 T^{-1}$ ]

$a_L$  ο συντελεστής διαμήκους διασποράς [ $L$ ]

$a_T$  ο συντελεστής της οριζόντιας εγκάρσιας διασποράς [ $L$ ]

$a_V$  ο συντελεστής της κάθετης εγκάρσιας διασποράς [ $L$ ]

$V$  το μέτρο της ταχύτητας [ $L T^{-1}$ ] ( $V \equiv \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$ )

$c$  η χημική συγκέντρωση στο σημείο  $(x, y, z)$ , τη χρονική στιγμή  $t$  [ $ML^{-3}$ ]

$\theta$  το πορώδες του υδροφορέα (αδιάστατο)

$E(c)$  η συνάρτηση που αντιπροσωπεύει τις ιδιότητες της χημικής προσρόφησης

$Q$  η ισχύς (πηγής/ δεξαμενής) της άντλησης [ $T^{-1}$ ] ( $Q \equiv Q_i \delta(x - x_i) \delta(y - y_i) \delta(z - z_i)$ )

$Q_i$  ο ρυθμός ογκομετρικής έγχυσης / εκκένωσης [ $L^{-3}T^{-1}$ ] στο σημείο  $(x_i, y_i, z_i)$

$c^w$  η συγκέντρωση του αντλούμενου ρευστού στο σημείο  $(x_i, y_i, z_i)$

$\delta(\cdot)$  η συνάρτηση δέλτα του Dirac

Σε όλες τις περιπτώσεις άντλησης ρευστού με χρήση αντλίας ( $Q_i \leq 0$ ) υποθέτουμε ότι η συγκέντρωση του αντλούμενου (ρευστού) νερού  $c^w$  στην αντλία ισούται με τη συγκέντρωση του περιβάλλοντος νερού  $c$ . Δηλαδή, όποτε χρησιμοποιείται αντλία εκκένωσης, ο όρος  $Q(c^w - c)$  της εξίσωσης (10.18) θα ισούται με μηδέν. Έτσι, ο κώδικας διατηρεί τον όρο της εξίσωσης (10.18) που περιέχει το  $Q$  μόνο όταν η αντλία εμπλουτίζει τον υδροφορέα ( $Q_i \geq 0$ ) με διάλυμα, του οποίου η συγκέντρωση συμβολίζεται με  $c^w$  (Babu et al., 1997).

### 10.8.2 Οριακές συνθήκες

Ο κώδικας PTC χρησιμοποιεί δύο είδη οριακών συνθηκών για την εξίσωση μεταφοράς: σταθερής κομβικής συγκέντρωσης και σταθερής μεταγωγικής ροής. Οι οριακές συνθήκες που εφαρμόζονται είναι μηδενικής ροής διασποράς στα κάθετα πλαϊνά όρια και μηδενικής ροής ρύπανσης στο ανώτερο και κατώτερο όριο.

Οι οριακές συνθήκες σταθερής κομβικής συγκέντρωσης καθορίζονται από το χρήστη. Η σταθερή μεταγωγική ροή καθορίζεται δηλώνοντας μια συγκέντρωση σχετική με την ογκομετρική ροή ρευστού στο πρόγραμμα εισόδου. Ομοίως, η έμμεση σταθερή μεταγωγική ροή εισάγεται μέσω της συγκέντρωσης που σχετίζεται με το διαρρέον ρευστό, στο τρίτο είδος οριακών συνθηκών ροής (Babu et al., 1997).

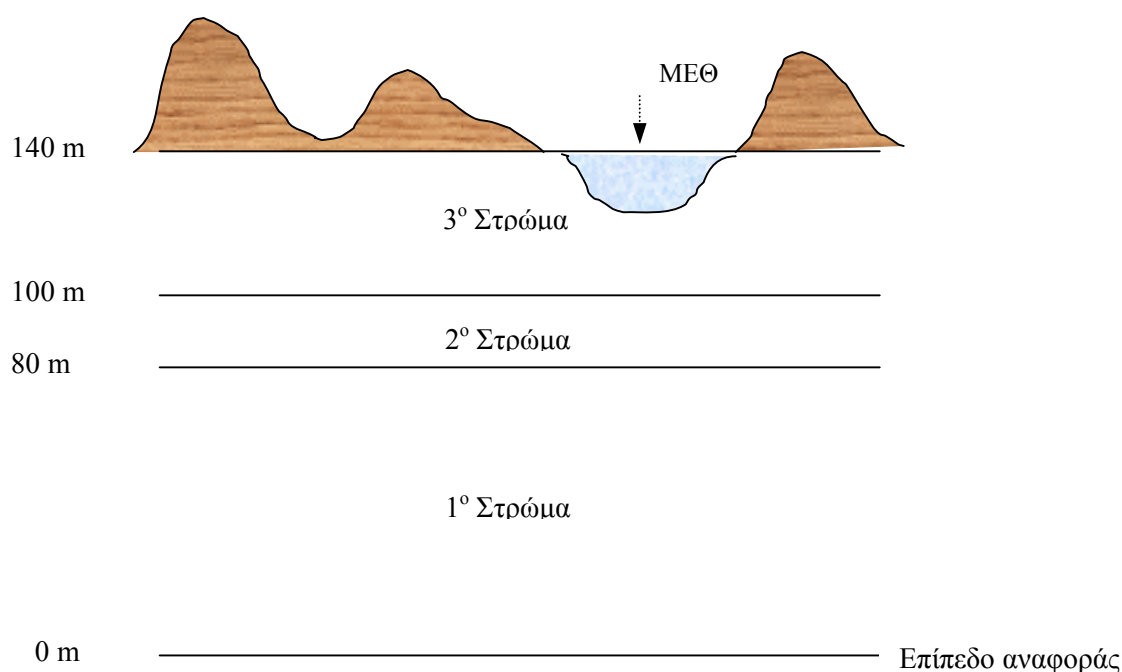
# Κεφάλαιο 11

## *Προετοιμασία Μοντέλου*

## 11. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

### 11.1 Εισαγωγή δεδομένων στο μοντέλο PTC

Από τα πρώτα στοιχεία που καθορίζονται στο μοντέλο είναι το είδος των πεπερασμένων στοιχείων από τα οποία αποτελείται το δίκτυο (στην περίπτωσή μας τριγωνικά) και η ύπαρξη υδροφόρου ορίζοντα, καθώς έχουμε ελεύθερο υδροφορέα. Η προσομοίωση γίνεται για δύο χρονικές περιόδους (χειμώνα – καλοκαίρι), ενώ η υπό μελέτη περιοχή διαχωρίζεται σε τρία στρώματα, ξεκινώντας την αρίθμηση από κάτω (τον πυθμένα) προς τα πάνω, ούτως ώστε να υφίσταται κάποιος διαχωρισμός ανάμεσα στα ρηχά και βαθιά πηγάδια (Σχήμα 11.1)



\*ΜΕΘ: Μέσο Επίπεδο Θάλασσας (MSL)

**Σχήμα 11.1:** Στρωματοποίηση περιοχής μελέτης

Αφού εισαχθεί ο χάρτης της περιοχής στο μοντέλο, σχεδιάζεται το περίγραμμα της περιοχής μελέτης και καθορίζεται η πυκνότητα των τριγώνων του δικτύου. Προκειμένου το μοντέλο να δώσει αποτελέσματα, ο αριθμός των τριγώνων δεν

πρέπει να ξεπερνά το 2000, αριθμός ο οποίος καθορίζεται από το λογισμικό του Argus One για τη συγκεκριμένη έκδοση. Έπειτα καθορίζεται η κλίμακα.

Ως μονάδα μήκους καθορίζεται το μέτρο και ως μονάδα χρόνου η ημέρα.

Για κάθε στρώμα πραγματοποιείται η παρακάτω διαδικασία:

- ✓ Εισάγεται το πάχος του στρώματος, το οποίο για τα στρώματα 1 και 2 είναι σταθερό, ενώ για το στρώμα 3 και προκειμένου να αναπαρασταθεί το ανάγλυφο της περιοχής, δίνεται από τη σχέση:  
(Απόσταση από τον πυθμένα) + (Απόλυτο υψόμετρο στο σημείο της γεώτρησης)  
όπου η απόσταση από τον πυθμένα είναι πάντα σταθερή και ίση με 140 μέτρα (η απόσταση των 140 μέτρων εκτιμήθηκε με βάση πληροφορίες για το βάθος των γεωτρήσεων). Στη συνέχεια για το στρώμα 3 εφαρμόζεται παρεμβολή, ούτως ώστε να προκύψουν τα υψόμετρα σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης.
- ✓ Εισάγονται πάνω στο χάρτη οι γεωτρήσεις που αντιστοιχούν σε κάθε στρώμα, ανάλογα με το βάθος της σωλήνωσης και οι οποίες θεωρούνται 2<sup>ου</sup> είδους οριακή συνθήκη (σταθερή παροχή άντλησης). Στο σχήμα 11.2 παρουσιάζονται οι γεωτρήσεις της περιοχής για τις οποίες υπήρχαν βιβλιογραφικά στοιχεία όσον αφορά τη στάθμη του νερού. Από αυτές, οκτώ βρίσκονται στο στρώμα 1, έξι στο στρώμα 2 και εννέα στο στρώμα 3.
- ✓ Σε κάθε γεώτρηση τίθεται ως αρχικό υδραυλικό ύψος το ύψος του νερού, σύμφωνα με δεδομένα πεδίου που ελήφθησαν το Μάιο 1997 από το Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999).
- ✓ Η παράκτια γραμμή που αντιστοιχεί στην υπό μελέτη περιοχή θεωρείται οριακή συνθήκη 1<sup>ου</sup> είδους, με σταθερό υδραυλικό ύψος ίσο με 140 μέτρα. Δηλαδή στο επίπεδο της θάλασσας ο υδροφορέας έχει βάθος 140 μέτρα (Σχήμα 11.3).
- ✓ Στο υπόλοιπο τμήμα της περιμέτρου της υπό μελέτη περιοχής και σε κάθε στρώμα εφαρμόζονται οριακές συνθήκες 3<sup>ου</sup> είδους (διαρροής) (Σχήμα 11.4).

- ✓ Για κάθε στρώμα ορίζεται η υδραυλική αγωγιμότητα στις τρεις διευθύνσεις. Η υδραυλική αγωγιμότητα έχει την ίδια τιμή στην x και y διεύθυνση και διαφοροποιείται στην z διεύθυνση (κάθετη στο επίπεδο του χαρτιού), όπου ισούται με το 10% των αντίστοιχων αγωγιμοτήτων της x και y διεύθυνσης.
- ✓ Η διήθηση εισάγεται στο μοντέλο με διαφορετικές τιμές για τη θερινή και χειμερινή περίοδο, οι οποίες καθορίζονται με βάση τα στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας, Γενική διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999). Έτσι, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

**Πίνακας 11.1:** Μέση βροχόπτωση για καλοκαίρι και χειμώνα (mm)

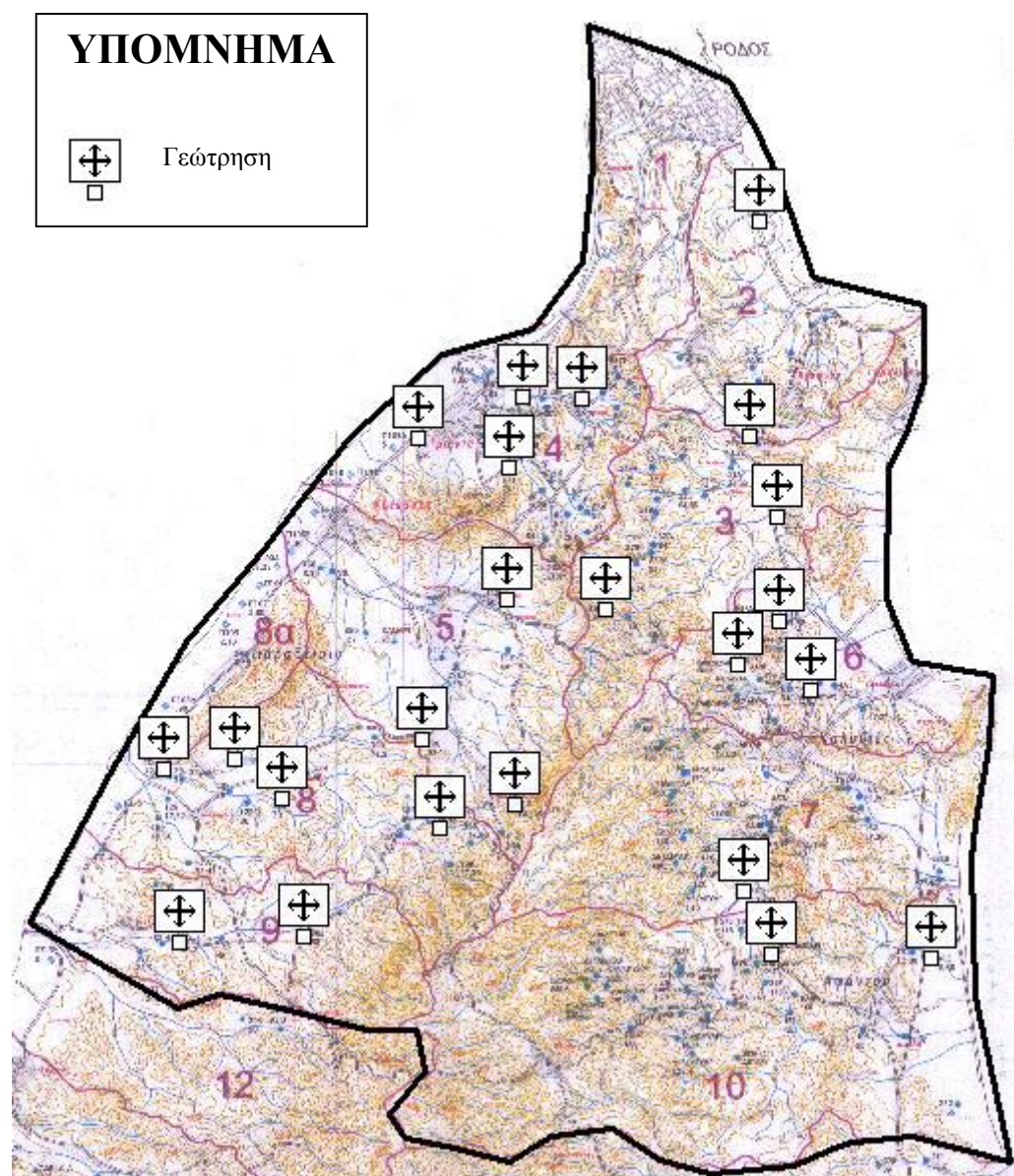
	Βροχόπτωση (mm/εξάμηνο)		Βροχόπτωση (m/day)	
Σταθμός	Καλοκαίρι	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Χειμώνας
YEB Ρόδου	79,885	695,47	0,00044	0,0039
ΕΜΥ	83,238	588,55	0,00046	0,0033
Βάρη	81,629	608,5	0,00045	0,0034
Μέσος όρος	81,584	630,84	0,00045	0,0035

Θεωρώντας ως μέσο συντελεστή διήθησης για όλη την περιοχή το μέσο όρο των συντελεστών διήθησης των επιμέρους λεκανών, έχουμε

$$\text{Μέσος συντελεστής διήθησης} = [(12,97 + 8 + 5,3 + 29,32 + 9,6 + 11,26)/6] \cdot 100 \Rightarrow \Rightarrow \text{Μέσος συντελεστής διήθησης} \approx 12,5\%$$

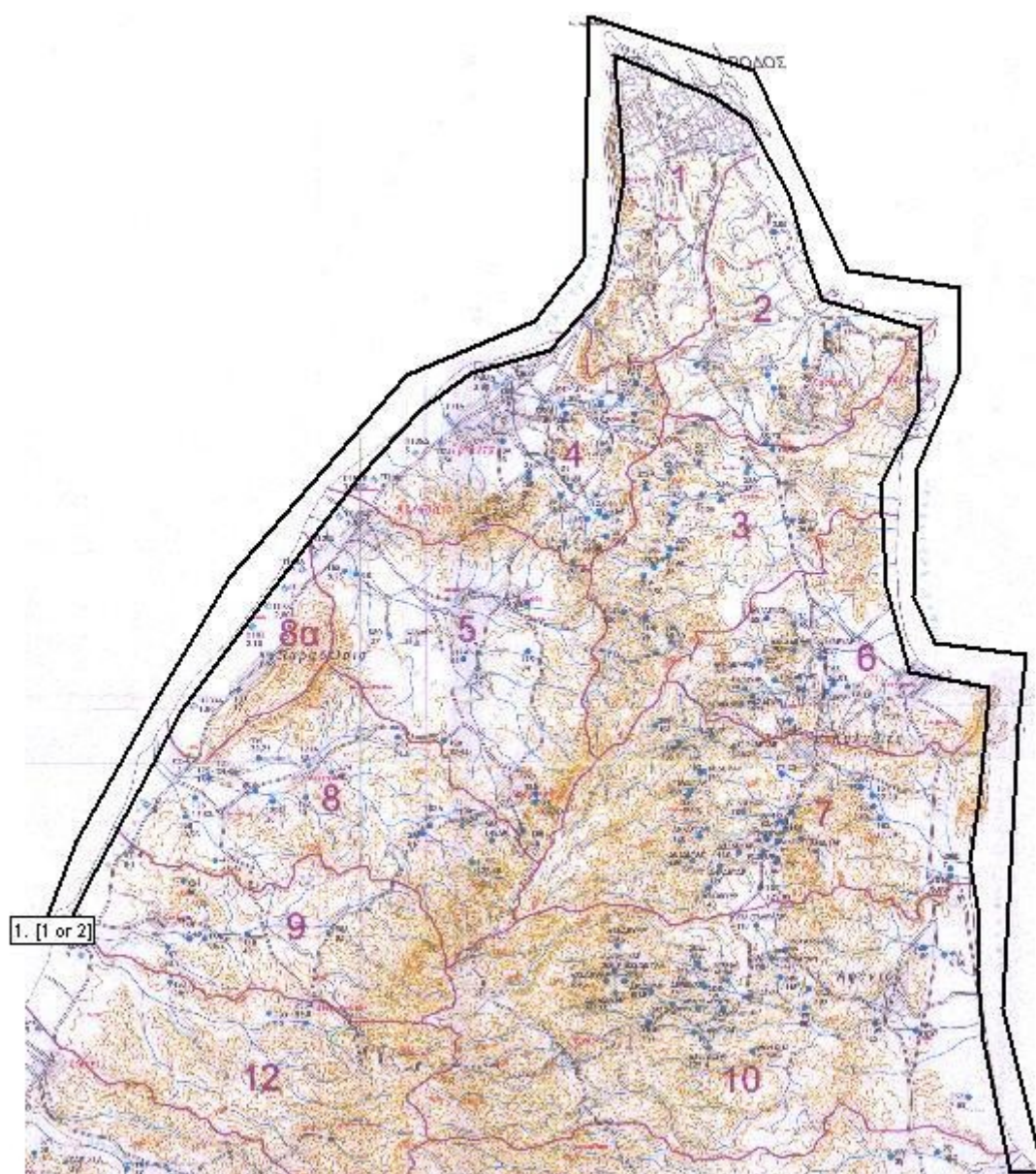
Οπότε η διήθηση για το καλοκαίρι ισούται με  $0,125 \cdot 0,00045 = 5,625 \cdot 10^{-5}$  m/day ενώ για το χειμώνα ισούται με  $0,125 \cdot 0,0035 = 4,375 \cdot 10^{-4}$  m/day.

- ✓ Τέλος, για την αποθηκευτικότητα, τη διασπορά και το πορώδες χρησιμοποιούνται οι προκαθορισμένες τιμές που δίνει το μοντέλο.

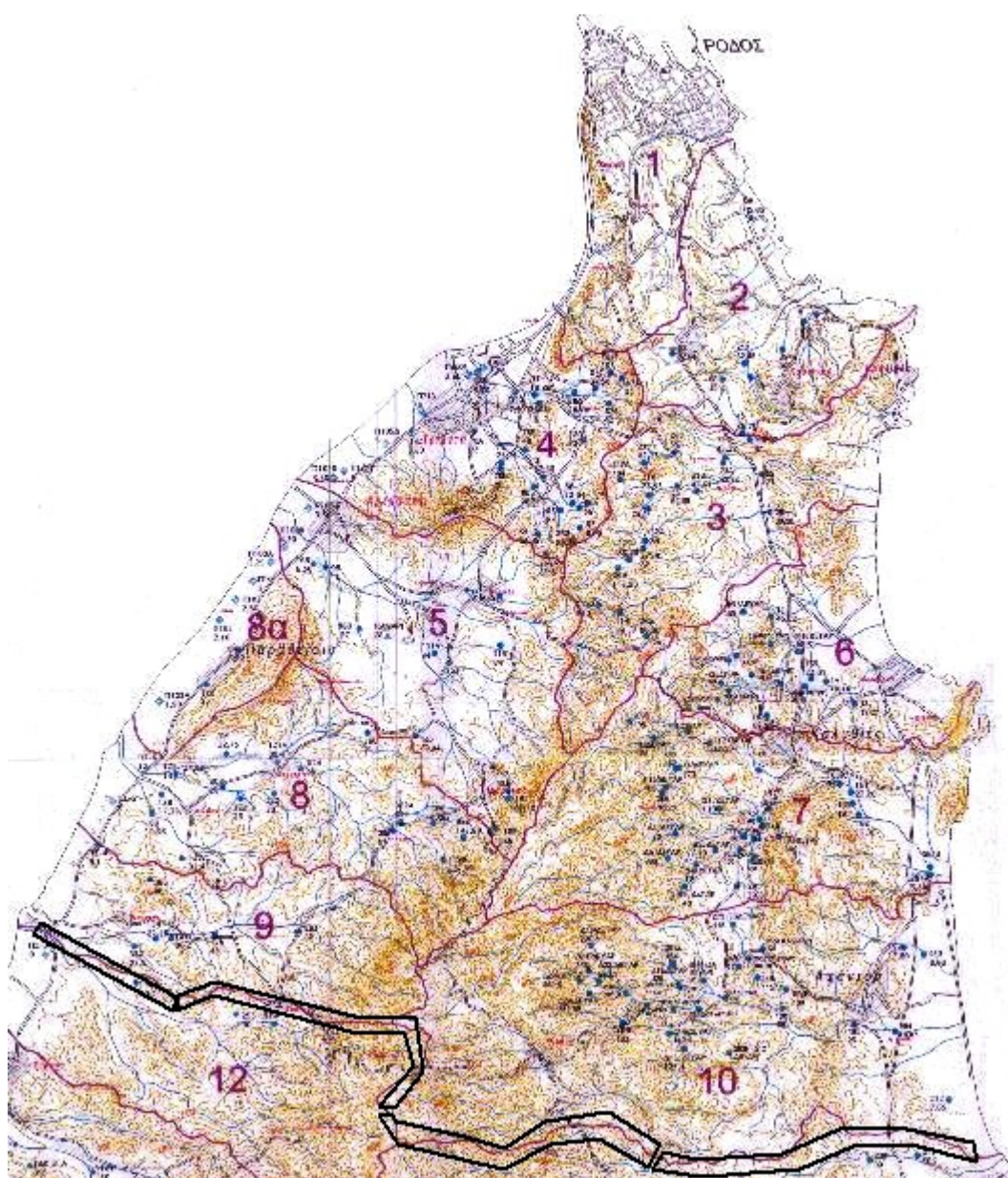


**Σχήμα 11.2:** Περίγραμμα και γεωτρήσεις περιοχής μελέτης





Σχήμα 11.3: Οριακή συνθήκη 1<sup>ου</sup> είδους



Σχήμα 11.4: Οριακές συνθήκες 3<sup>ου</sup> είδους

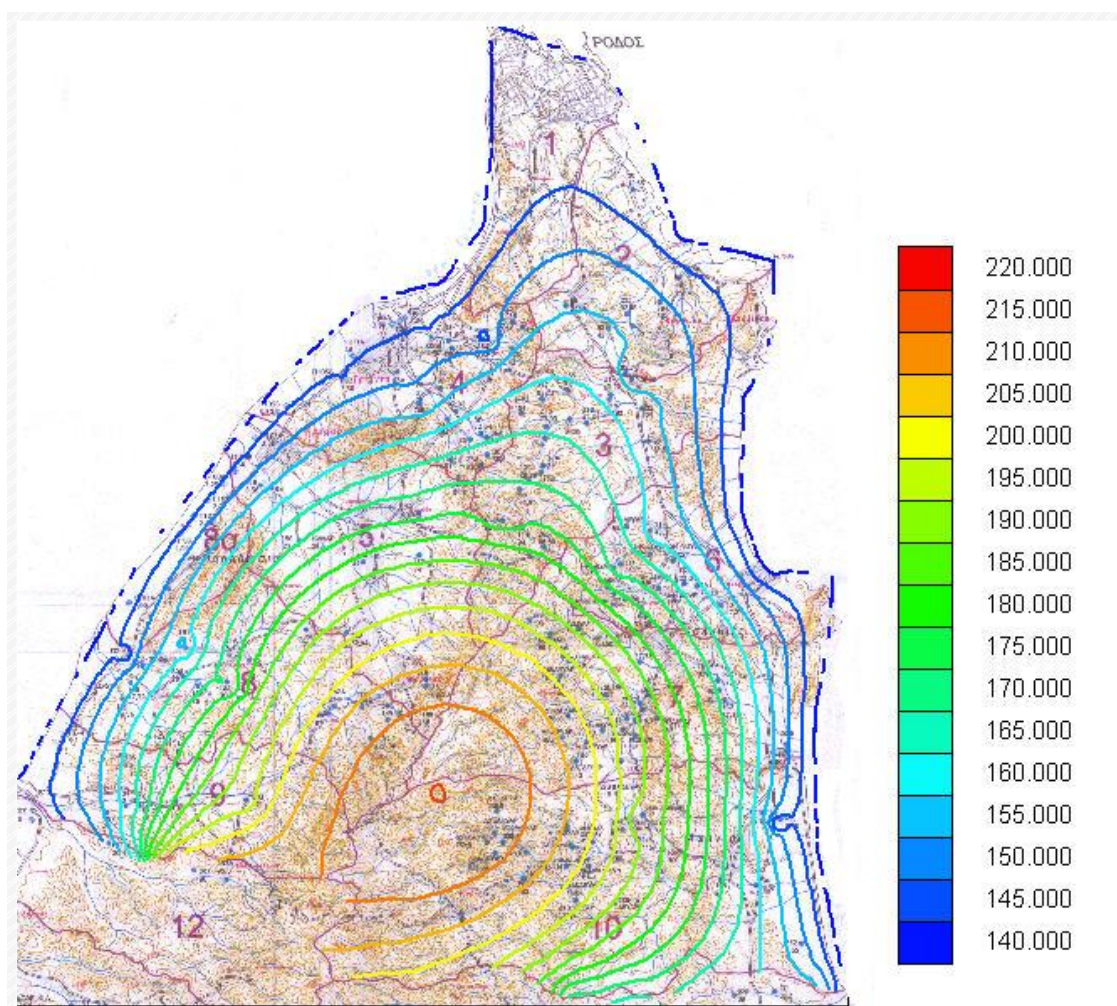
## 11.2 Βαθμονόμηση

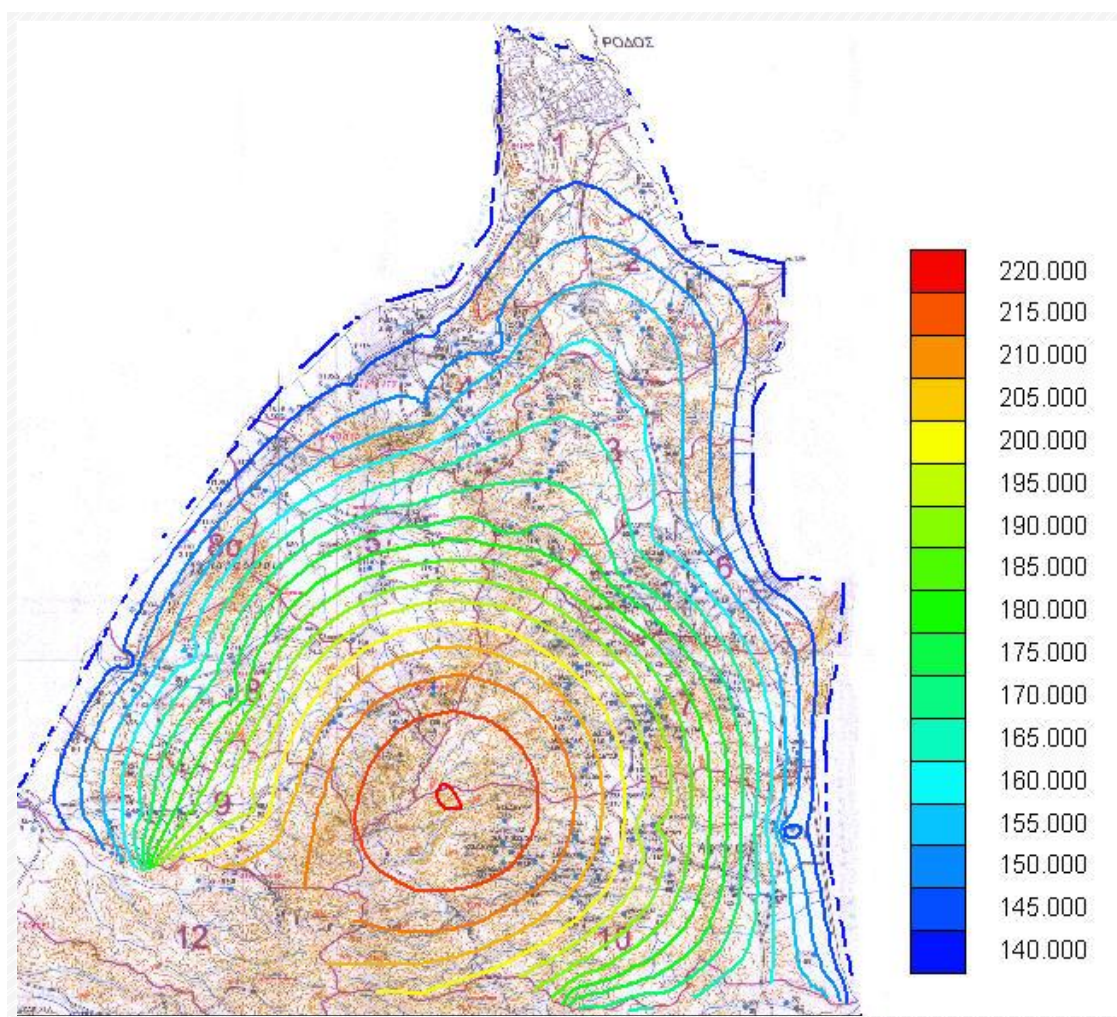
Η βαθμονόμηση του μοντέλου πραγματοποιείται συγκρίνοντας τις τιμές του υδραυλικού ύψους το Μάιο του 1998 (τιμές πεδίου), οι οποίες δίνονται από το Υπουργείο Γεωργίας, Γενική διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999), με τα αποτελέσματα του μοντέλου για τη χρονική περίοδο Μάιος 1997 – Μάιος 1998. Τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης φαίνονται στα γραφήματα που ακολουθούν, από τα οποία συμπεραίνεται ότι υπάρχει αρκετά καλή προσέγγιση των αποτελεσμάτων της μοντελοποίησης με τις πραγματικές συνθήκες.

Η βέλτιστη δυνατή προσέγγιση των τιμών του μοντέλου με τις τιμές του πεδίου επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας τους λόγους K/L που σχετίζονται με τις οριακές συνθήκες 3<sup>ου</sup> είδους και υπόκεινται σε μεγάλη αβεβαιότητα.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης παρατηρήθηκε ότι τα πραγματικά υδραυλικά ύψη κοντά στις γεωτρήσεις ήταν πολύ μικρότερα από αυτά που προέκυπταν από την προσομοίωση του μοντέλου. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι παροχές άντλησης των γεωτρήσεων ήταν πολύ μεγαλύτερες από αυτές που δίνονταν στην χρησιμοποιηθείσα βιβλιογραφία, οπότε ήταν αναγκαία η αύξησή τους για την επίτευξη της καλύτερης δυνατής προσομοίωσης.



**Γράφημα 11.1:** Υδραυλικά ύψη (m) το Μάιο 1998 (τιμές πεδίου)

**Γράφημα 11.2:** Υδραυλικά ύψη (m) το Μάιο 1998 (τιμές μοντέλου)

## Κεφάλαιο 12

### *Αποτελέσματα Μοντελοποίησης*

## 12. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

### 12.1 Μοντελοποίηση υπό πραγματικές συνθήκες άντλησης

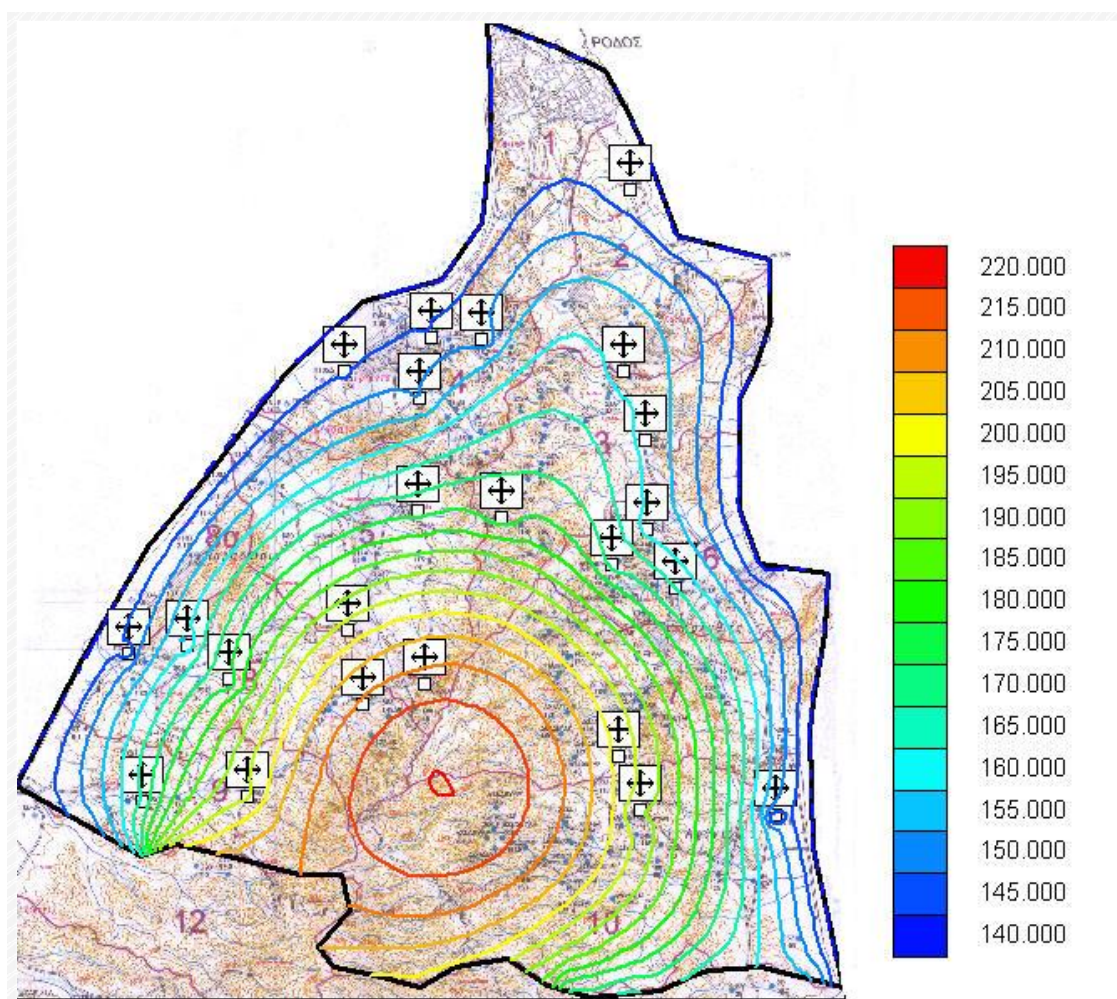
Με βάση τα δεδομένα πεδίου που ελήφθησαν το Μάιο του 1997, το “PTC” χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του συστήματος υπό τις πραγματικές συνθήκες άντλησης για τρία διαφορετικά σενάρια, με χρονική διάρκεια ενός (1) έτους, τριών (3) ετών και επτά (7) ετών αντίστοιχα. Αναλυτικότερα έχουμε:

#### ☒ Σενάριο 1<sup>ο</sup>: Μάιος 1997 – Μάιος 1998

Στο παρόν σενάριο θεωρήθηκαν δύο (2) διαφορετικές περιόδους τάσεων του συστήματος, δηλαδή η θερινή περίοδος Μάιος 1997 – Νοέμβριος 1997 και η χειμερινή περίοδος Νοέμβριος 1997 – Μάιος 1998. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα υδραυλικά ύψη κατά την έναρξη της χειμερινής και θερινής περιόδου δίνονται στα γραφήματα 12.1 και 12.2 αντίστοιχα, ενώ για τις ταχύτητες κατά την έναρξη της θερινής περιόδου στο γράφημα 12.3.

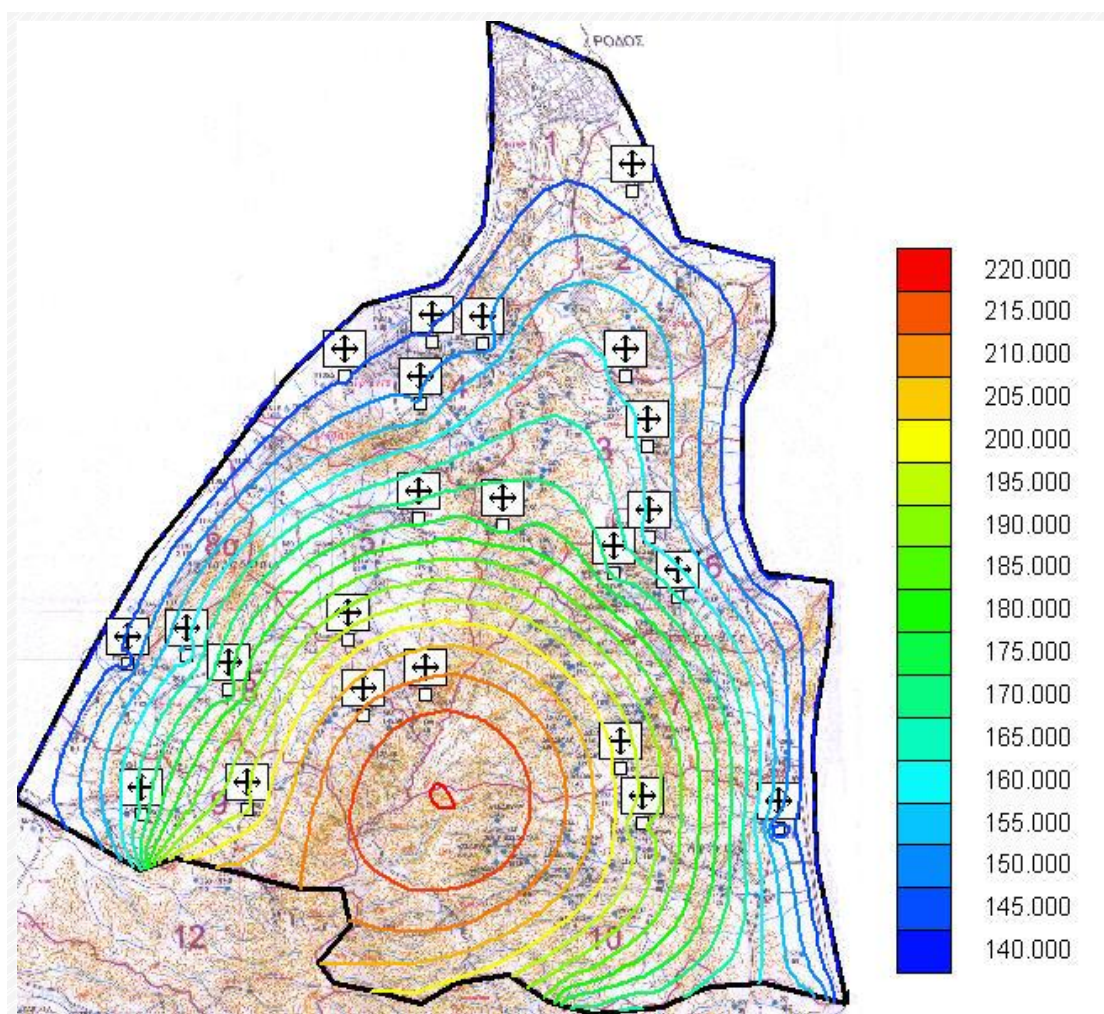


Γράφημα 12.1: Υδραυλικά ύψη (m) το Νοέμβριο 1997

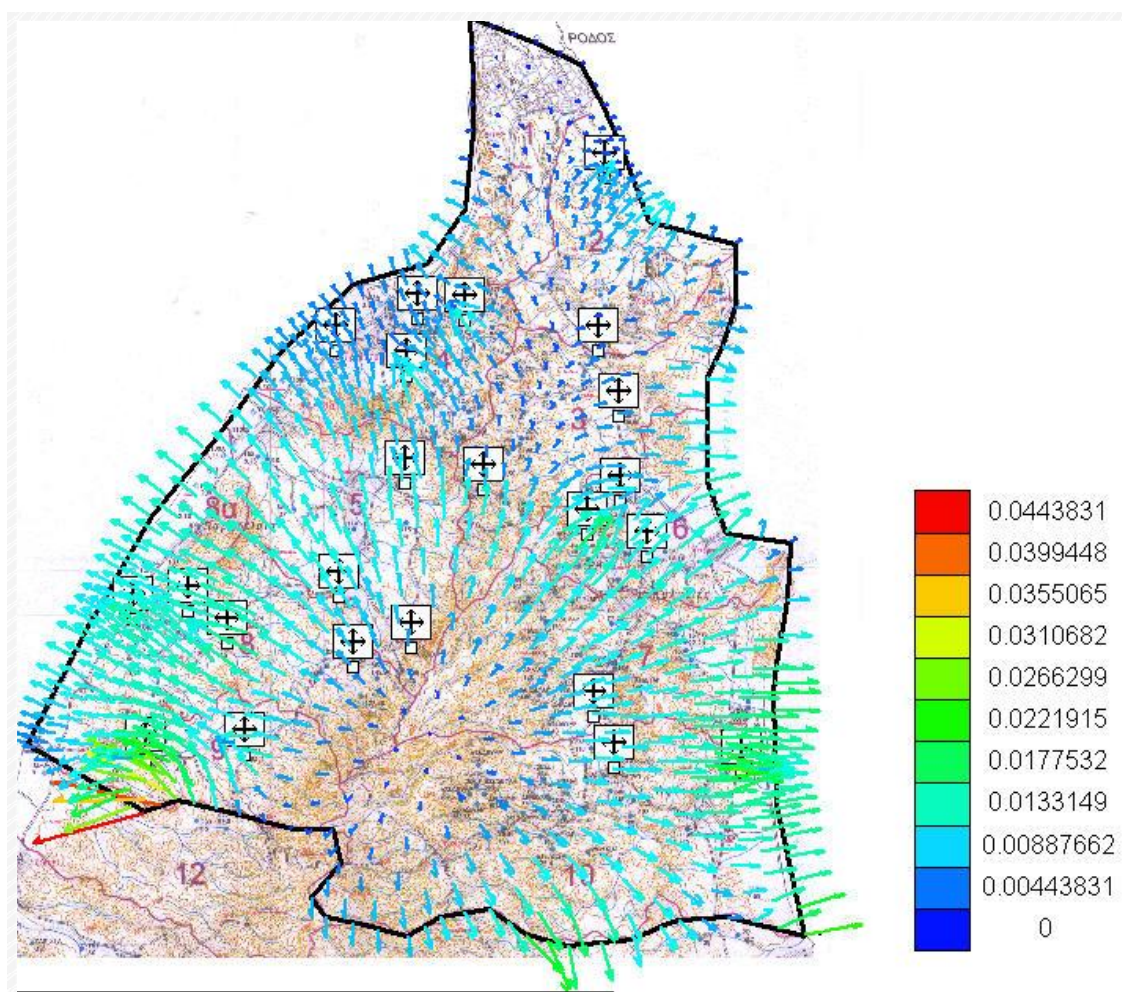




Γράφημα 12.2: Υδραυλικά ύψη (m) το Μάιο 1998



Γράφημα 12.3: Ταχύτητες ροής (m/day) το Μάιο 1998



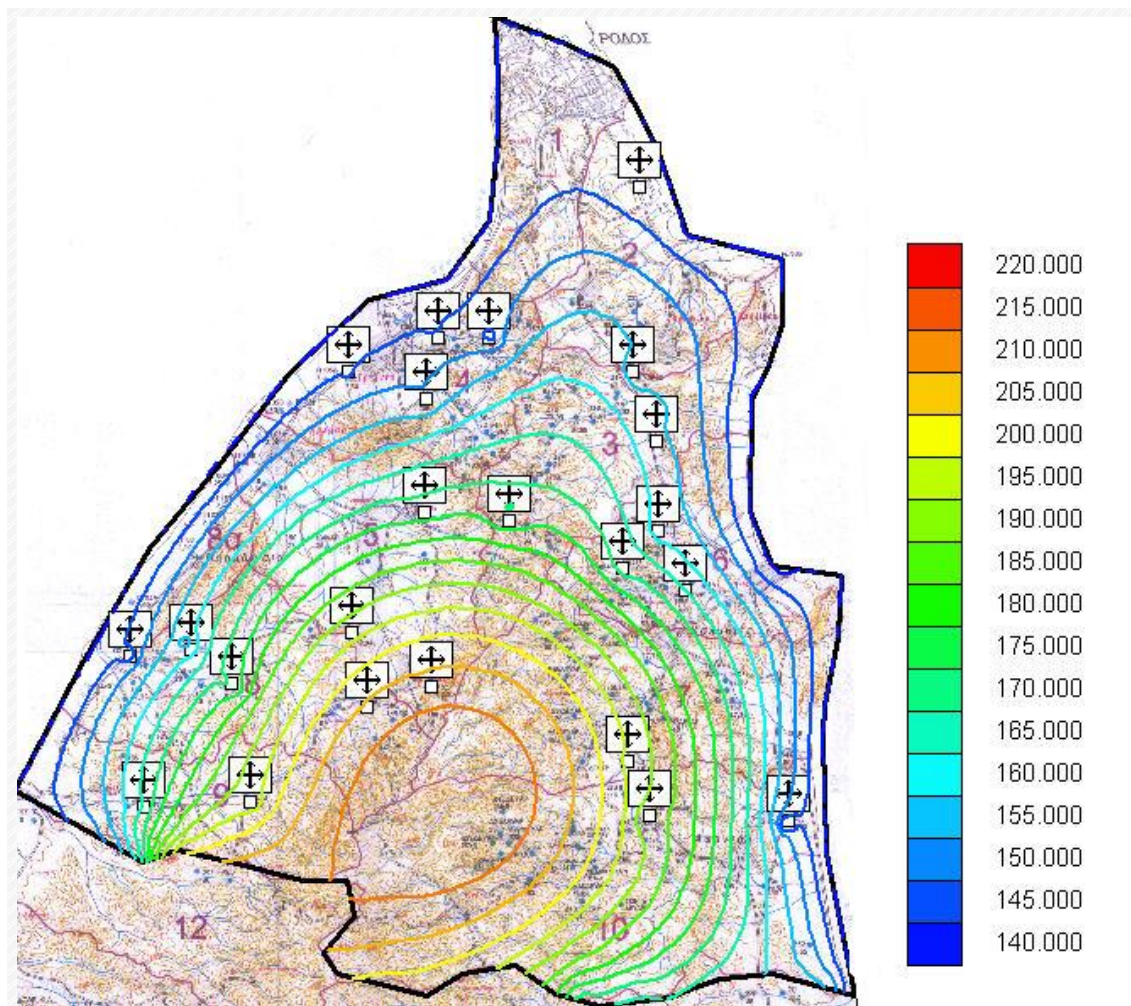


**☑ Σενάριο 2<sup>ο</sup>: Μάιος 1997 – Μάιος 2000**

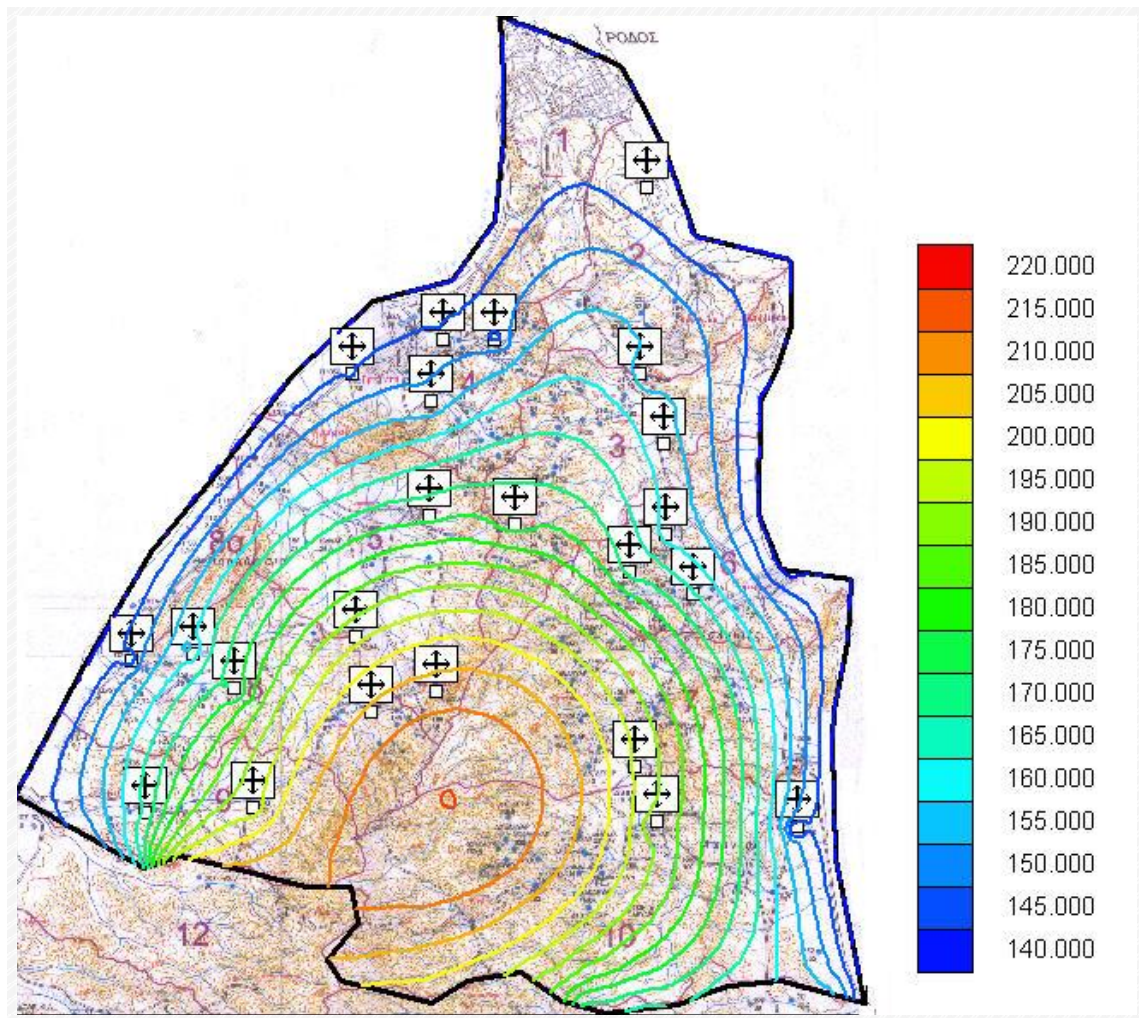
Στο παρόν σενάριο θεωρήθηκαν έξι (6) διαφορετικές περιόδους τάσεων του συστήματος, σύμφωνα με το σκεπτικό του 1<sup>ου</sup> σεναρίου. Δηλαδή για κάθε χρόνο ορίστηκαν δύο περίοδοι, η θερινή και η χειμερινή.

Στα γραφήματα 12.4 και 12.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα υδραυλικά ύψη στα τέλη Νοεμβρίου 1999 και Μαΐου 2000, ενώ στο γράφημα 12.6 παρουσιάζονται οι ταχύτητες στα τέλη Μαΐου 2000.

**Γράφημα 12.4:** Υδραυλικά ύψη (m) το Νοέμβριο 1999

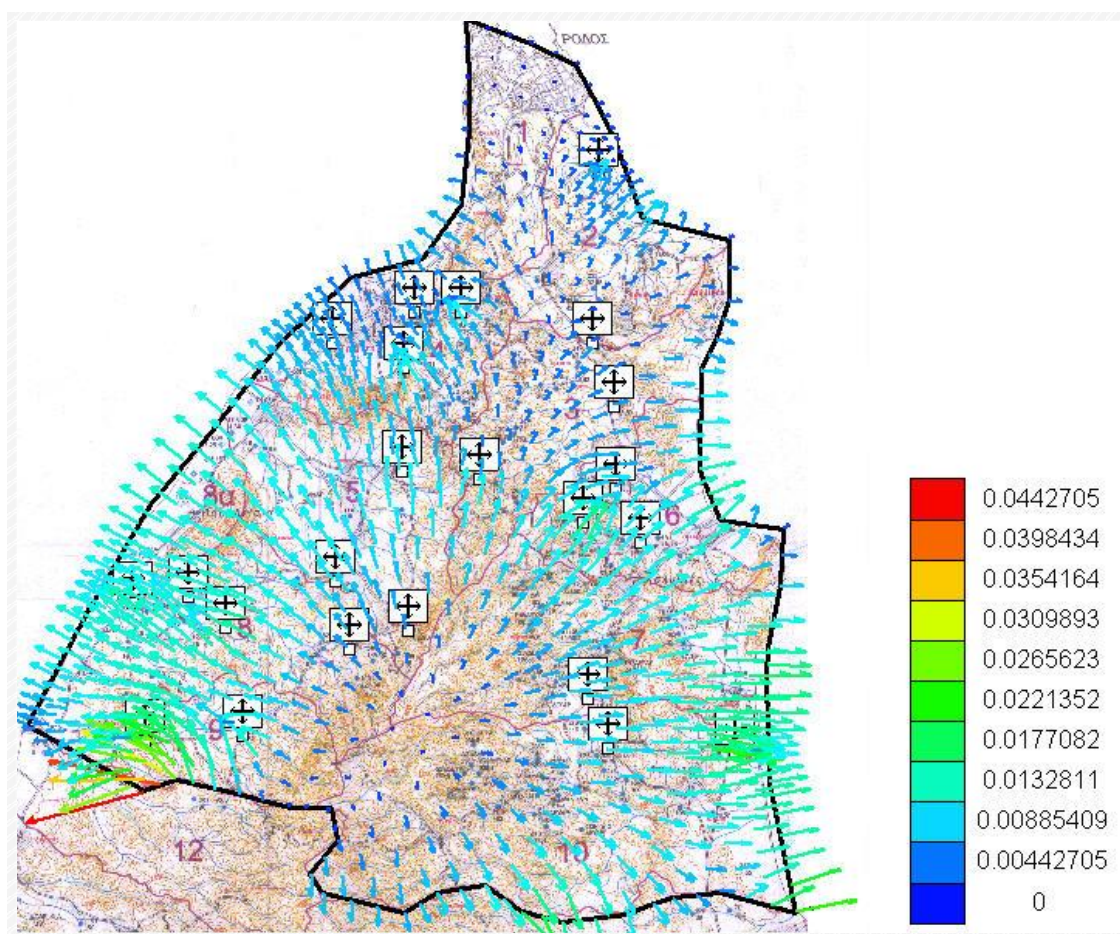


Γράφημα 12.5: Υδραυλικά ύψη (m) το Μάιο 2000





Γράφημα 12.6: Ταχύτητες ροής (m/day) το Μάιο 2000

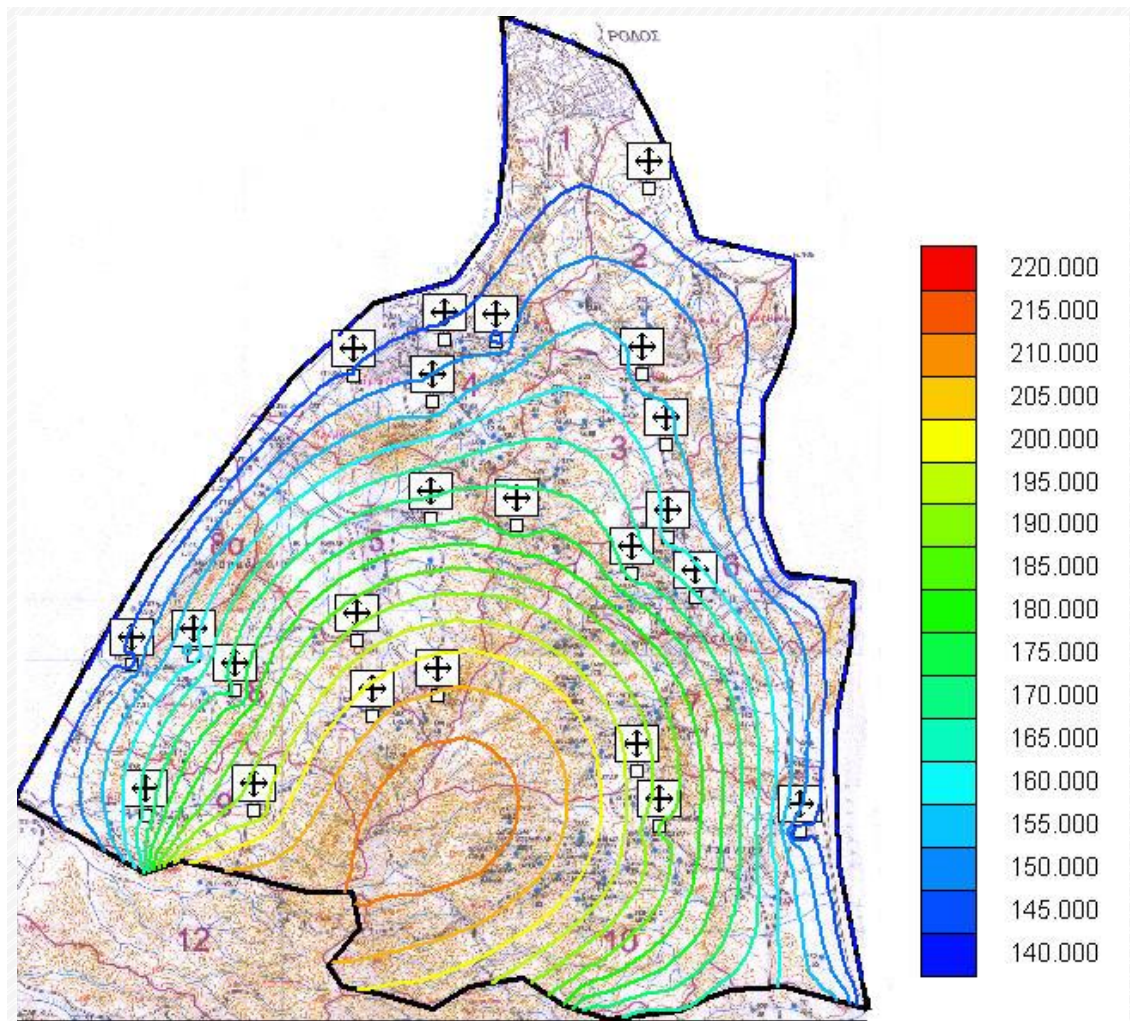


**☑ Σενάριο 3<sup>ο</sup>: Μάιος 1997 – Μάιος 2004**

Σύμφωνα με το σκεπτικό των παραπάνω σεναρίων, στο παρόν σενάριο θεωρήθηκαν δεκατέσσερις (14) διαφορετικές περιόδοι τάσεων του συστήματος.

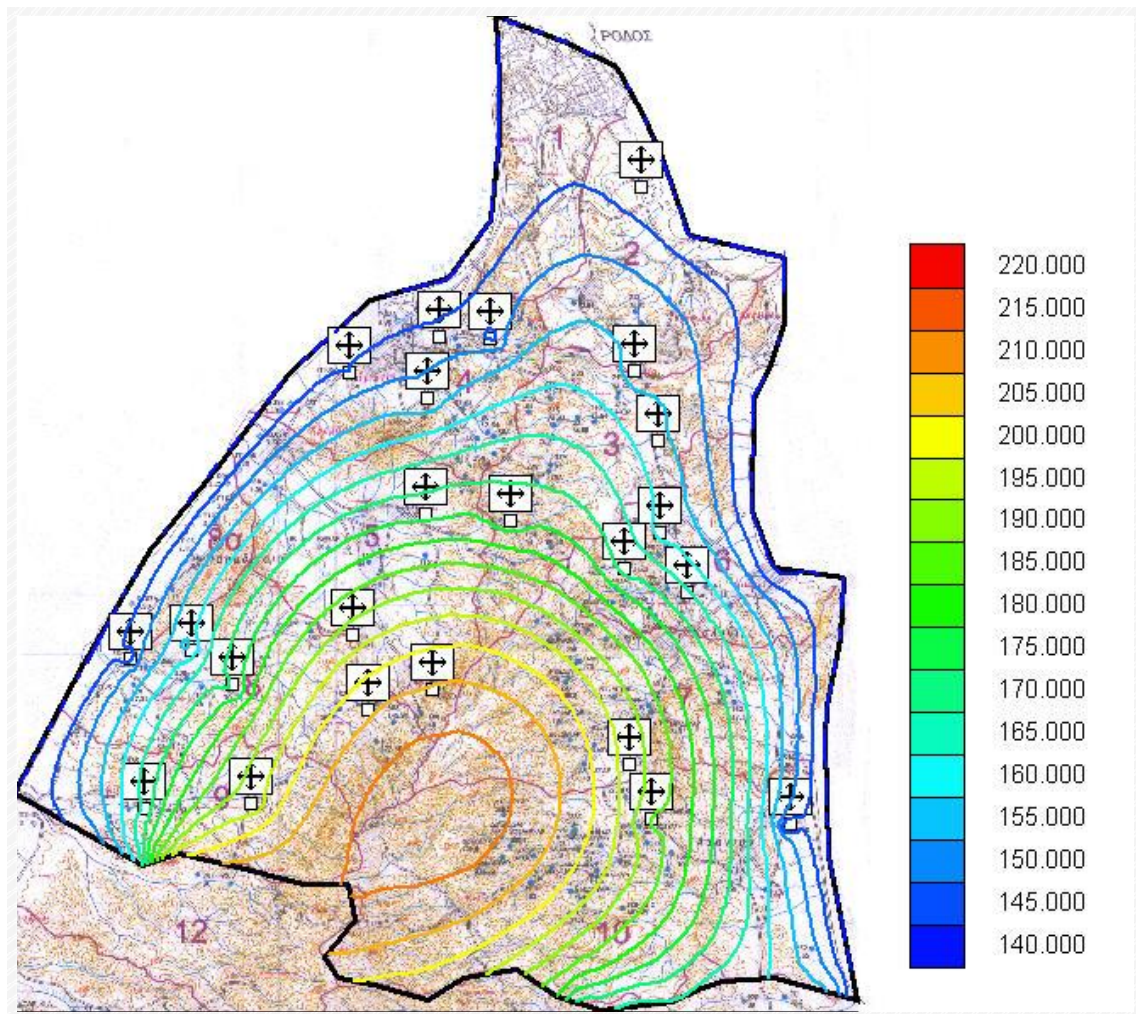
Στα γραφήματα 12.7 και 12.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα υδραυλικά ύψη στα τέλη Νοεμβρίου 2003 και Μαΐου 2004, ενώ στο γράφημα 12.9 παρουσιάζονται οι ταχύτητες στα τέλη Μαΐου 2004.

**Γράφημα 12.7: Υδραυλικά ύψη (m) το Νοέμβριο 2003**

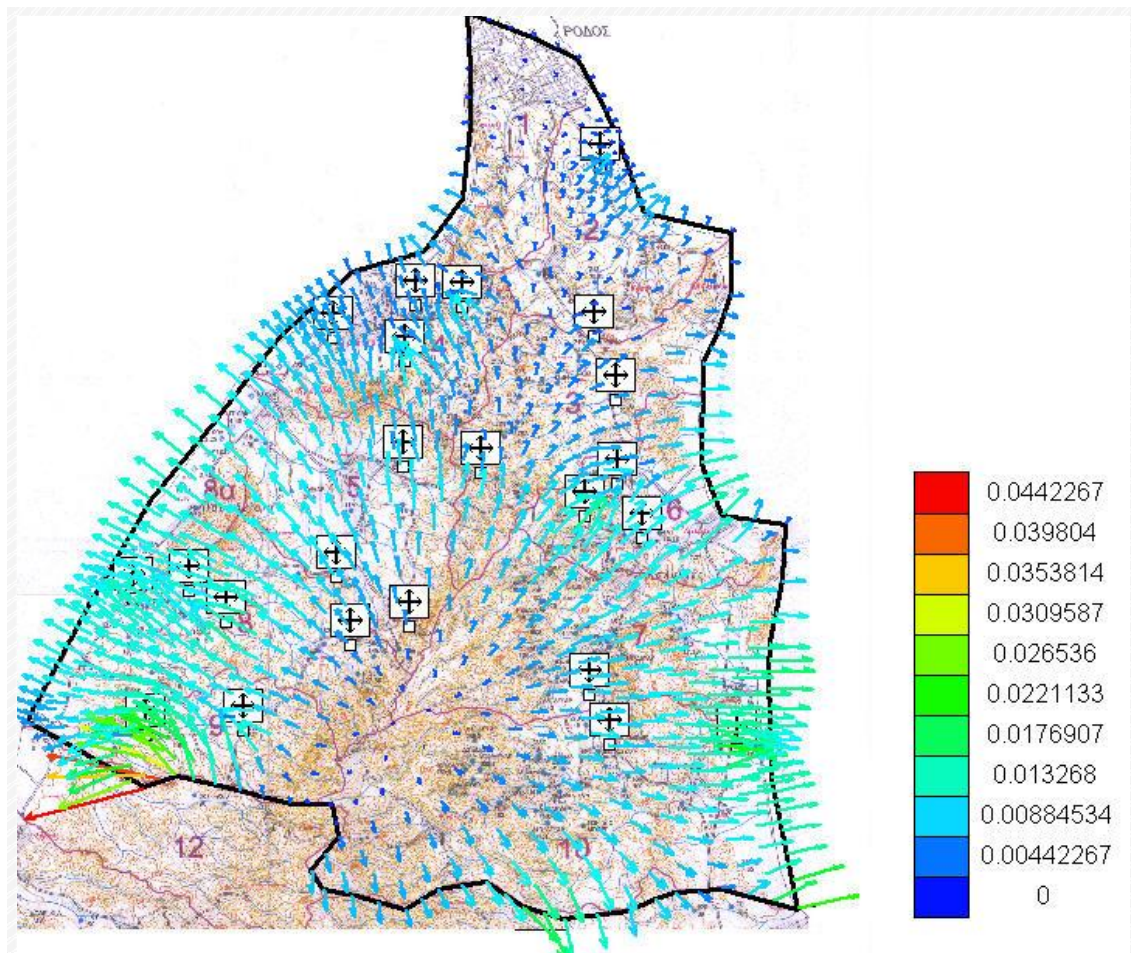




Γράφημα 12.8: Υδραυλικά ύψη (m) το Μάιο 2004



Γράφημα 12.9: Ταχύτητες ροής (m/day) το Μάιο 2004





## Παρατηρήσεις – Σχόλια

Από τα παραπάνω γραφήματα προκύπτει ότι στο νότιο – κεντρικό τμήμα της υπό μελέτη περιοχής υπάρχουν πηγές ύδατος, από τις οποίες το νερό διαχέεται προς τις γύρω περιοχές.

Το σύστημα με την πάροδο του χρόνου δεν εμφανίζει σημαντικές μεταβολές, καθώς βρίσκεται σε σταθερή κατάσταση. Τα υδραυλικά ύψη παρουσιάζουν μείωση (της τάξης των 5 m), ενώ μικρή μείωση του υδραυλικού ύψους παρατηρείται επίσης κατά το τέλος της θερινής περιόδου (Νοέμβριο) σε σχέση με το τέλος της χειμερινής (Μάιο) για κάθε σενάριο, πράγμα αναμενόμενο αφού οι θερινές παροχές άντλησης είναι μεγαλύτερες από τις χειμερινές.

Η πτώση στάθμης των ισοϋψών του υδραυλικού ύψους στις περιοχές γύρω από τις γεωτρήσεις μαρτυρεί ότι η επίδραση των γεωτρήσεων στη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα είναι σημαντική, ιδιαίτερα όσο αυτές απομακρύνονται από τις πηγές νερού.

Οι ταχύτητες όπως προκύπτουν από τα διάφορα σενάρια παραμένουν ουσιαστικά αμετάβλητες, ενώ σε κάθε περίπτωση το μέτρο τους αυξάνεται κοντά στην περιοχή επιρροής ορισμένων γεωτρήσεων.

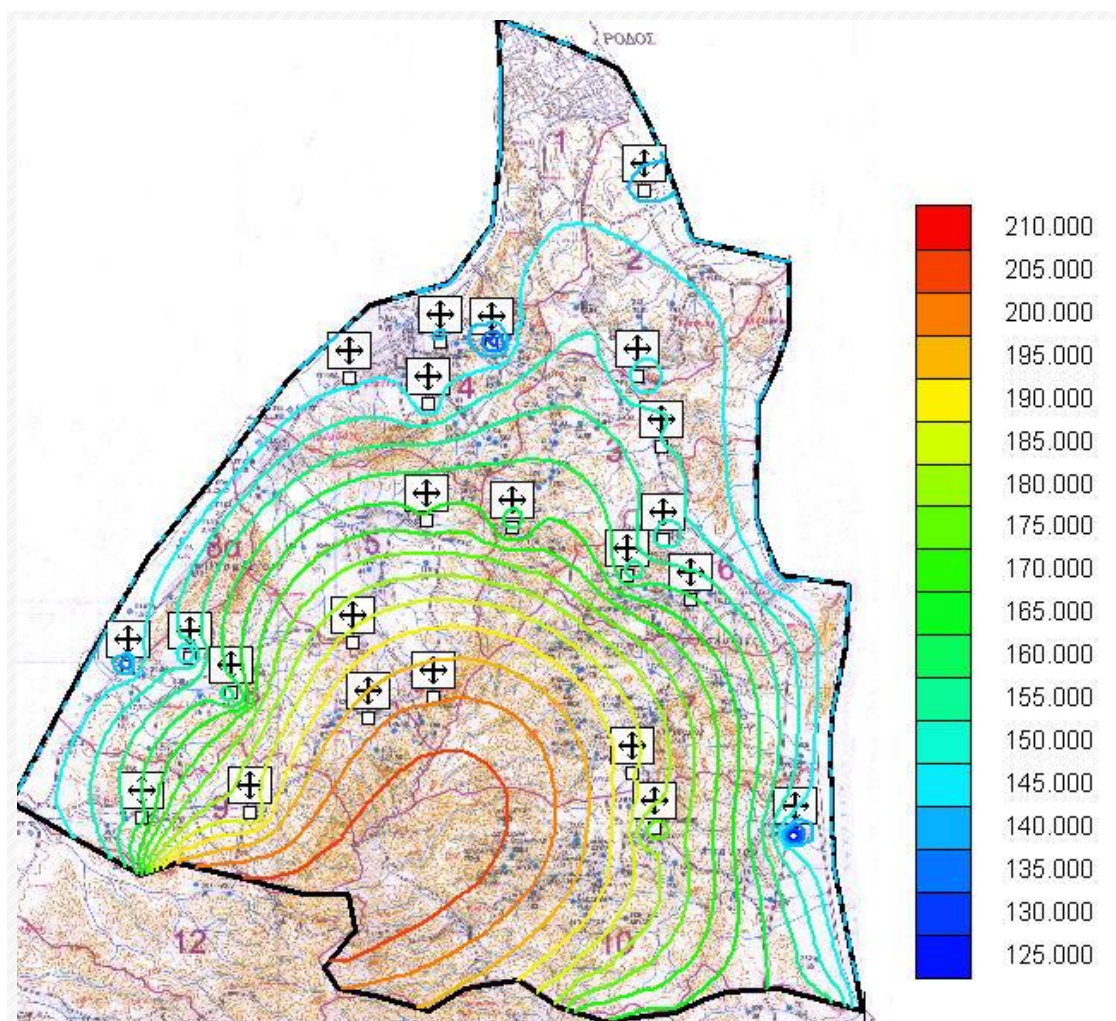
Οι γεωτρήσεις που βρίσκονται στην παράκτια ζώνη συμβάλλουν στο φαινόμενο της υφαλμύρωσης των αποθεμάτων γλυκού νερού των παράκτιων υδροφορέων, το οποίο εμφανίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό στο βορειότερο τμήμα της περιοχής μελέτης.

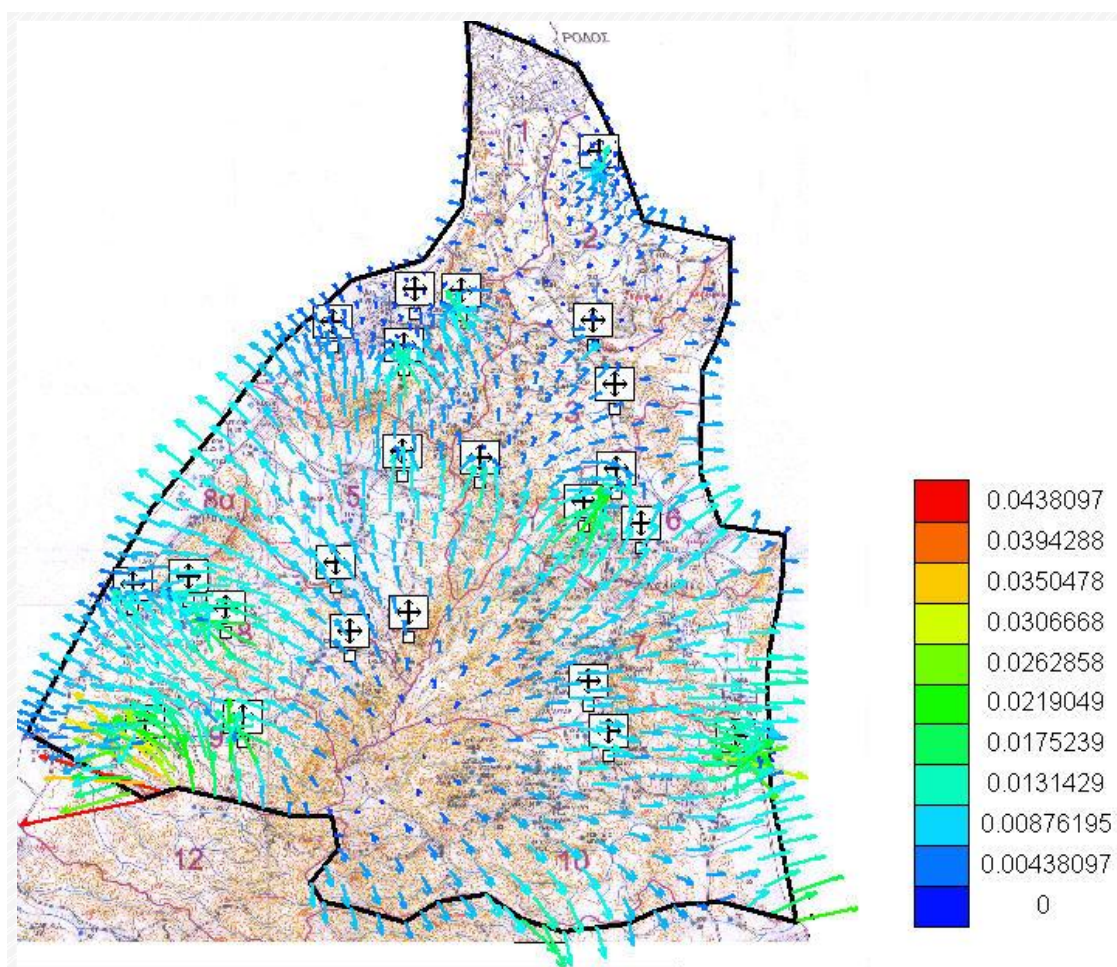
## 12.2 Σενάρια για την παρούσα κατάσταση

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της συμπεριφοράς του συστήματος ροής στην παρούσα κατάσταση (2004), για δύο διαφορετικά σενάρια. Στο πρώτο σενάριο εξετάζεται η επίδραση που θα είχε ο διπλασιασμός των παροχών άντλησης στα υδραυλικά ύψη και τις ταχύτητες ροής στην περιοχή μελέτης. Στο δεύτερο σενάριο εξετάζεται το ενδεχόμενο αναστολής της λειτουργίας κάποιων γεωτρήσεων που βρίσκονται στην παράκτια ζώνη και συμβάλλουν στο φαινόμενο της υφαλμύρωσης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα γραφήματα που ακολουθούν.

### ☑ Σενάριο 1<sup>ο</sup>: Διπλασιασμός παροχών άντλησης

**Γράφημα 12.10:** Υδραυλικά ύψη (m) το Μάιο 2004 (με διπλάσιες παροχές άντλησης)



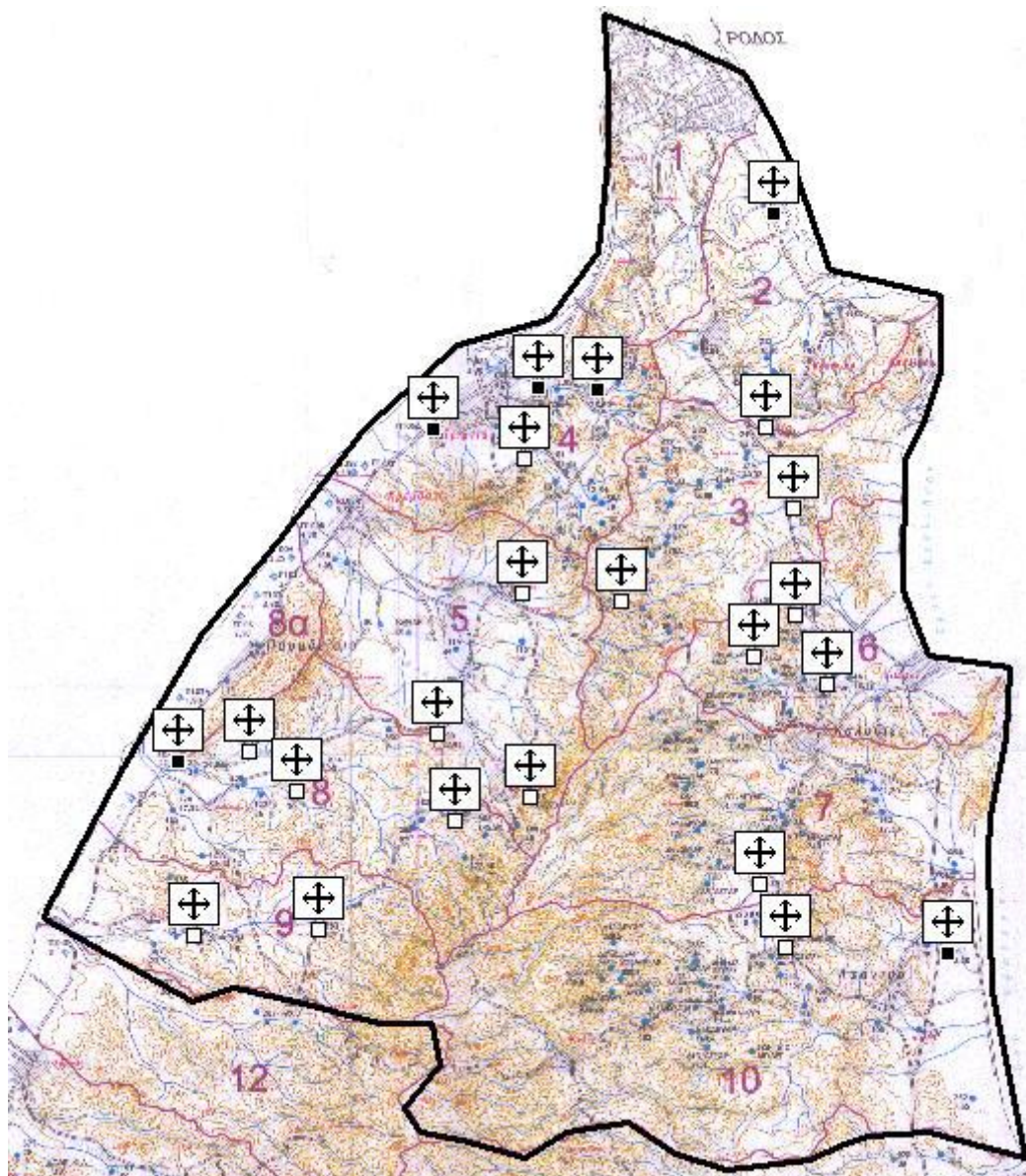
**Γράφημα 12.11:** Ταχύτητες ροής (m/day) το Μάιο 2004 (με διπλάσιες παροχές άντλησης)



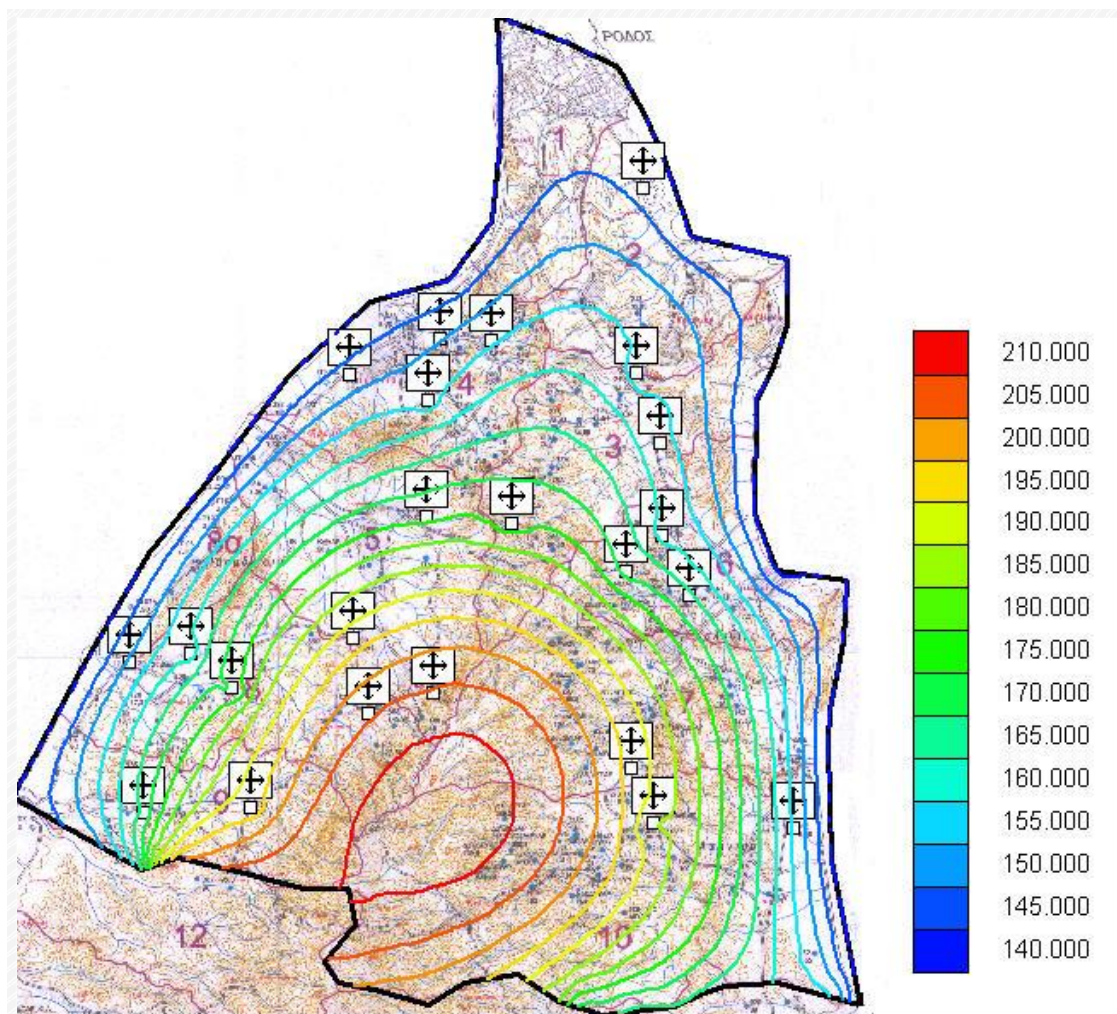
**☑ Σενάριο 2<sup>ο</sup>: Αναστολή λειτουργίας γεωτρήσεων παράκτιας ζώνης**

Για την πραγματοποίηση του παρόντος σεναρίου τίθεται μηδενική παροχή άντλησης στις γεωτρήσεις 38 (Λεκάνη 2), 88Α (Λεκάνη 4) και 413 (Λεκάνη 10), καθώς και στα φρέατα Π59 και Π72 (Λεκάνη 4) και ΠΣ – 6 (Λεκάνη 8) (Σχήμα 12.1). Αυτές οι γεωτρήσεις και φρέατα βρίσκονται στην παράκτια ζώνη και, λόγω της υψηλής παροχής άντλησης ύδατος (εκτός των φρεάτων Π59 και Π72 που γενικά δεν αντλούν πολύ νερό), καθίστανται σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνα για τη διεύδυση και διάχυση του αλμυρού νερού μέσα στον υδροφόρα.

**Σχήμα 12.1:** Γεωτρήσεις και φρέατα των οποίων η λειτουργία αναστέλλεται

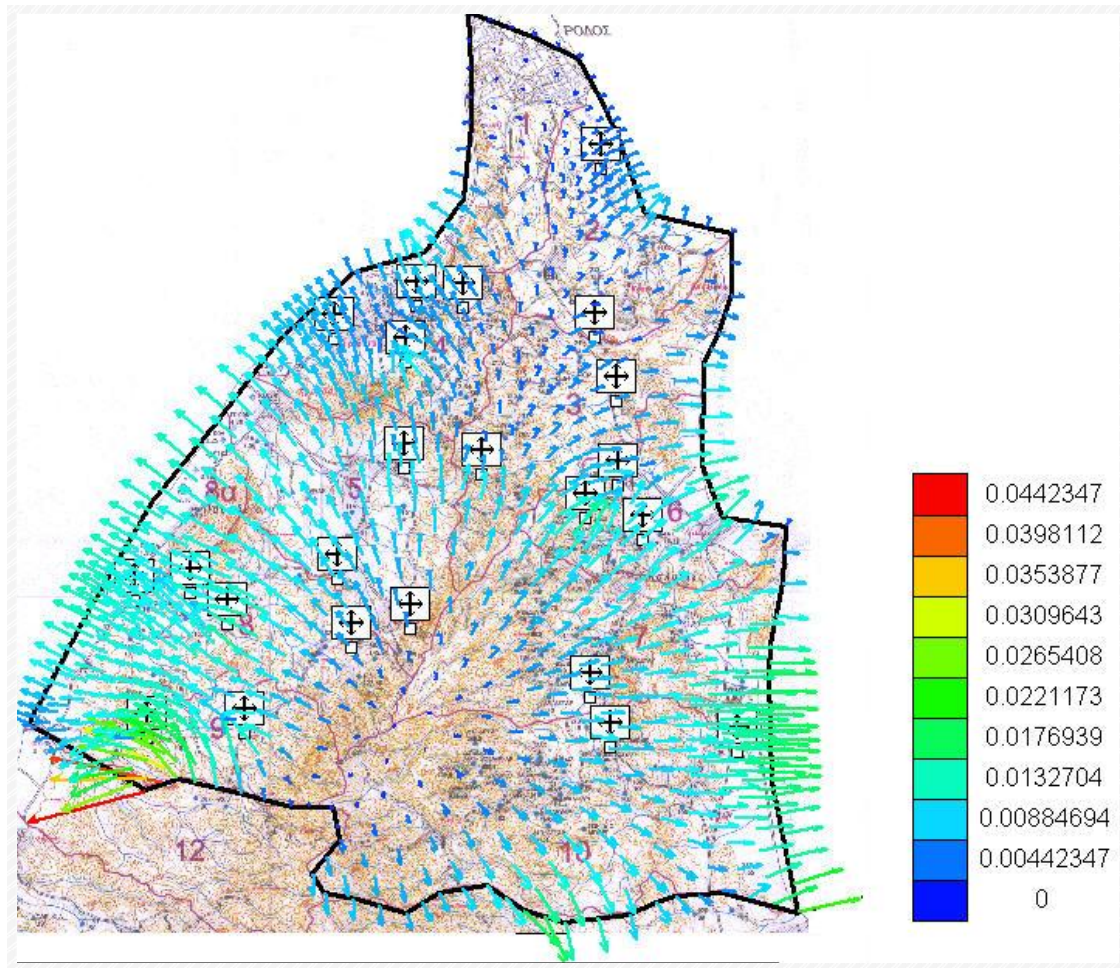


**Γράφημα 12.12:** Υδραυλικά ύψη (m) το Μάιο 2004 (με αναστολή λειτουργίας παράκτιων γεωτρήσεων και φρεάτων)





**Γράφημα 12.13:** Ταχύτητες ροής (m/day) το Μάιο 2004 (με αναστολή λειτουργίας παράκτιων γεωτρήσεων και φρεάτων)



## Παρατηρήσεις – Σχόλια

Ο διπλασιασμός των παροχών άντλησης σύμφωνα με το 1<sup>ο</sup> σενάριο προκαλεί πτώση του υδραυλικού ύψους κατά 5 m περίπου, ενώ στις περιοχές γύρω από τις γεωτρήσεις οι ισοϋψείς του υδραυλικού ύψους “καμπυλώνουν” ακόμα περισσότερο λόγω της αυξημένης άντλησης νερού. Η υφαλμύρωση γίνεται πολύ πιο έντονη, καθώς στις παράκτιες γεωτρήσεις το υδραυλικό ύψος φτάνει πολύ κοντά ή πέφτει κάτω από τα 140 m (Μέσο Επίπεδο Θάλασσας) με αποτέλεσμα αυτές ουσιαστικά να αντλούν αλμυρό νερό. Οι ταχύτητες ροής δε μεταβάλλονται ιδιαίτερα, εκτός από τις περιοχές γύρω από ορισμένες γεωτρήσεις που το μέτρο τους αυξάνεται.

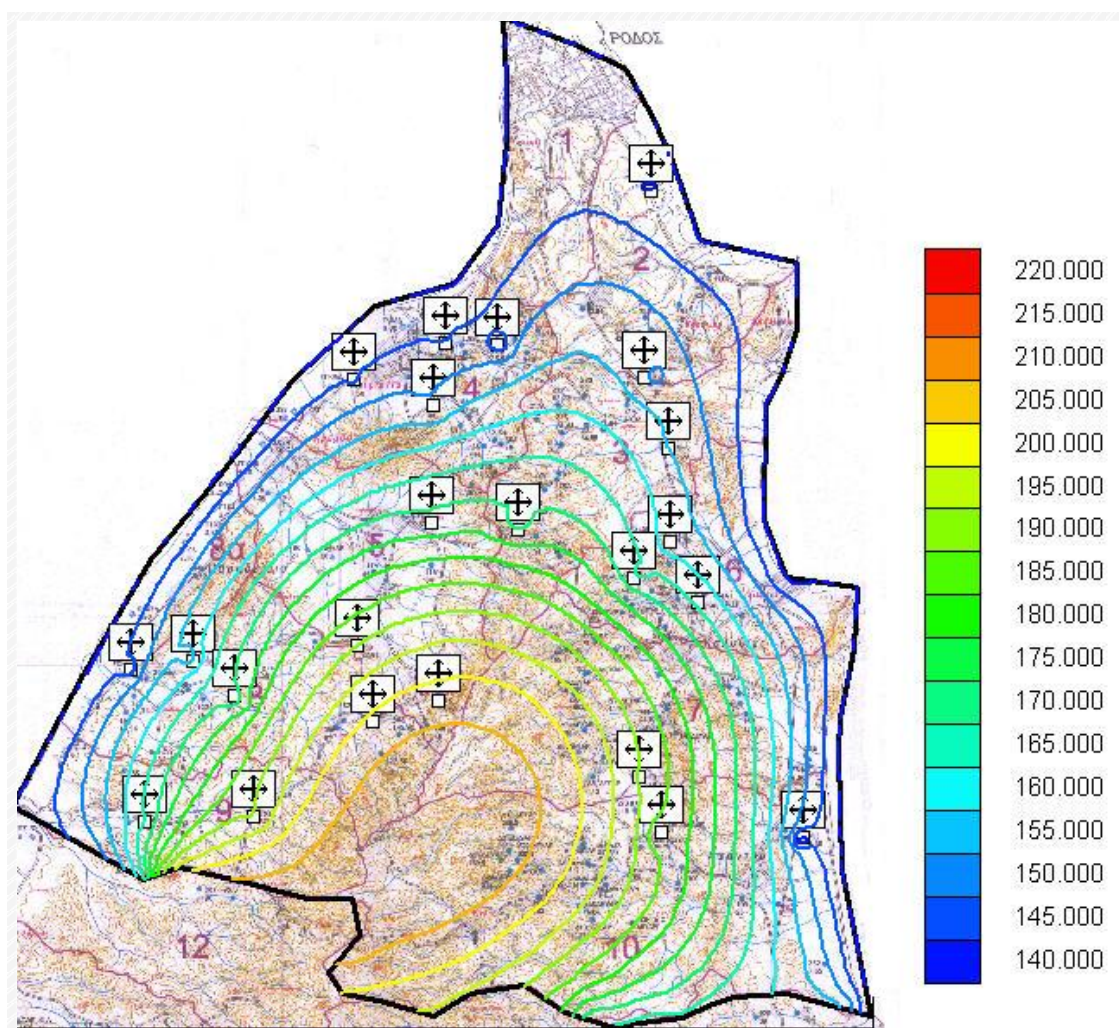
Η αναστολή λειτουργίας των παράκτιων γεωτρήσεων δε μεταβάλλει τις ταχύτητες και τα υδραυλικά ύψη στο εσωτερικό της υπό μελέτη περιοχής, ωστόσο παρεμποδίζει σε μεγάλο βαθμό την υφαλμύρωση των παράκτιων υδροφορέων.

### 12.3 Πρόβλεψη μελλοντικής κατάστασης

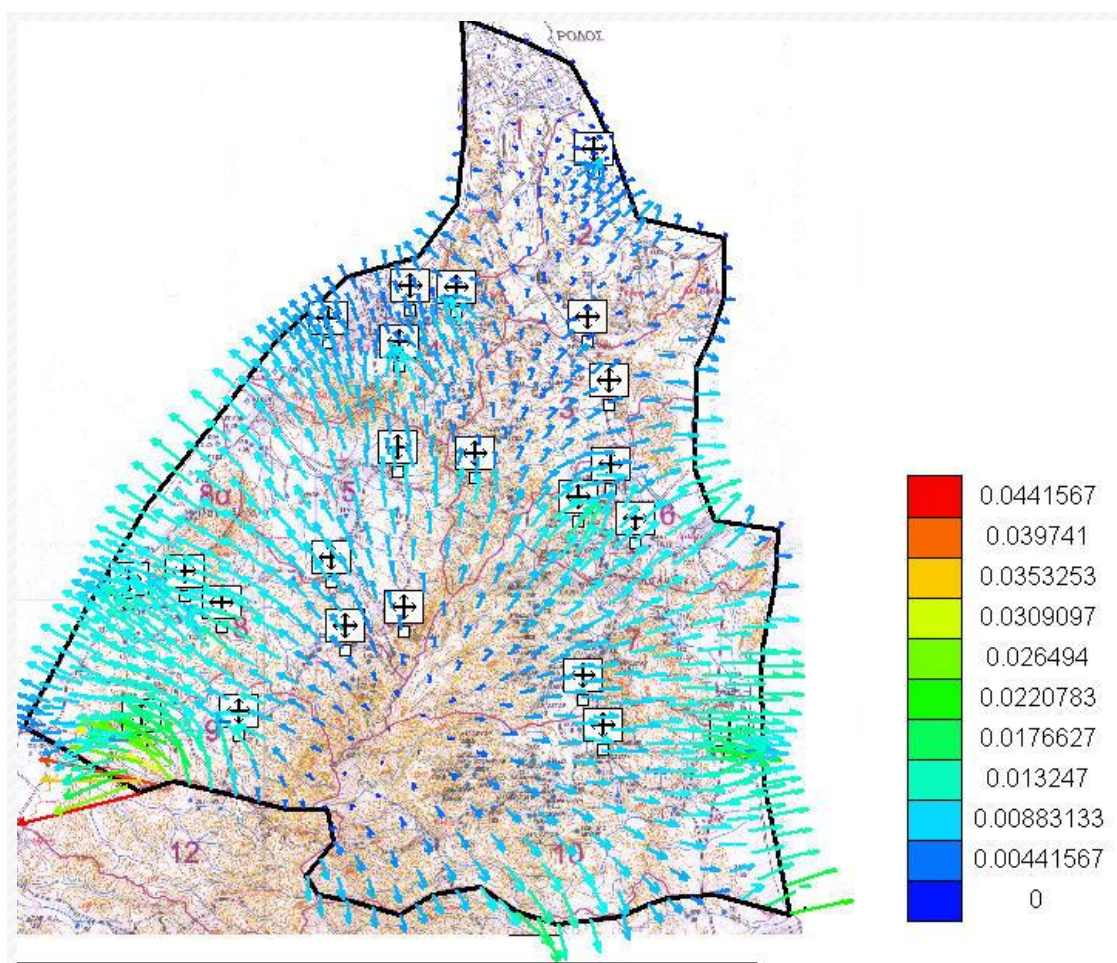
Το μοντέλο “PTC” χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της κατάστασης του συστήματος δεκατρία (13) χρόνια μετά την έναρξη προσομοίωσής του (έτος 2010). Η μελλοντική πρόβλεψη πραγματοποιείται θεωρώντας είκοσι έξι (26) περιόδους τάσεων και με βάση διάφορα σενάρια: τις πραγματικές συνθήκες άντλησης νερού από τις γεωτρήσεις της περιοχής, τον διπλασιασμό των παροχών άντλησης και την αναστολή λειτουργίας κάποιων γεωτρήσεων και φρεάτων.

#### ☒ Σενάριο 1<sup>ο</sup>: Πρόβλεψη μελλοντικής κατάστασης υπό τις πραγματικές συνθήκες άντλησης

Γράφημα 12.14: Υδραυλικά ύψη (m) το Μάιο 2010 (πραγματικές συνθήκες άντλησης)

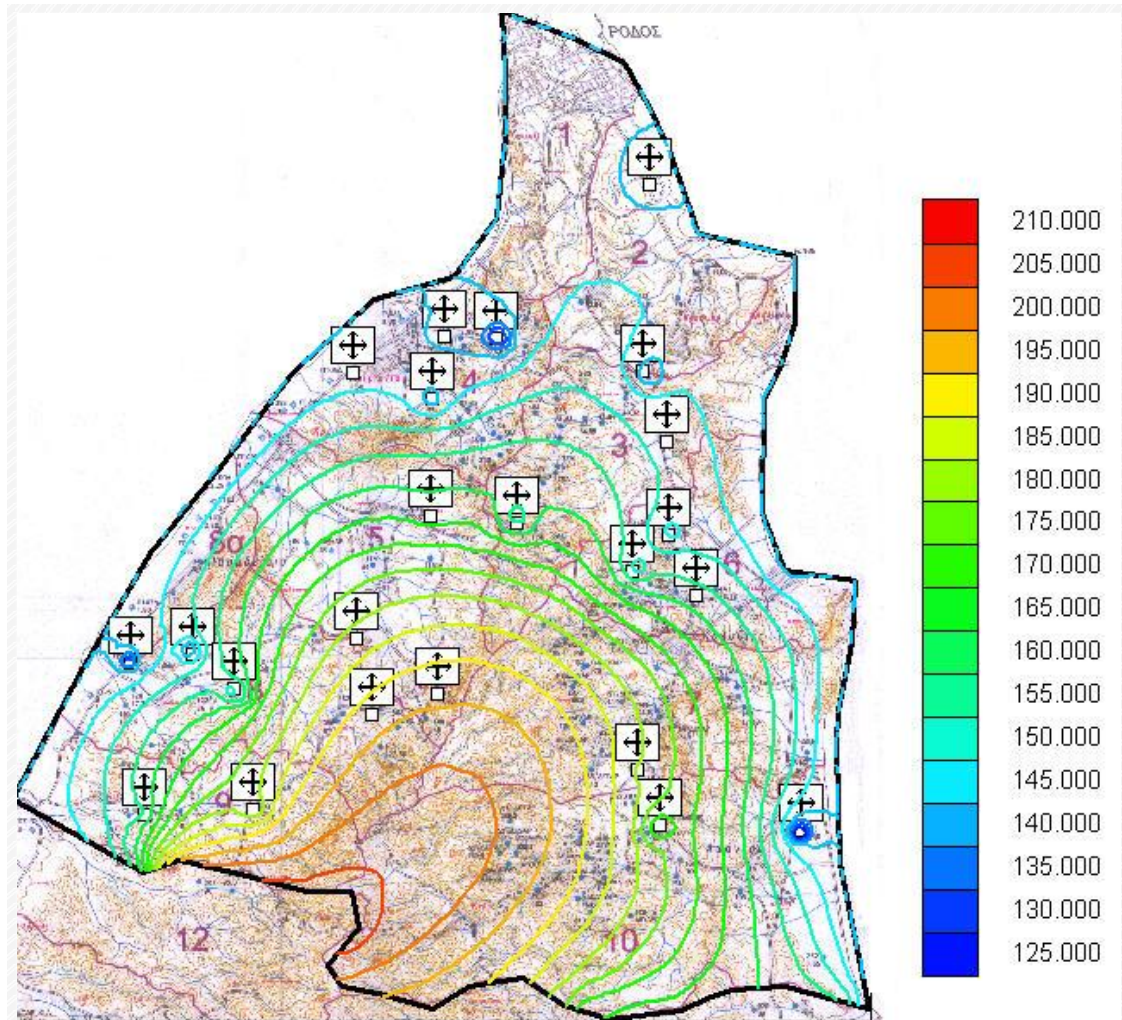




**Γράφημα 12.15:** Ταχύτητες ροής (m/day) το Μάιο 2010 (πραγματικές συνθήκες άντλησης)

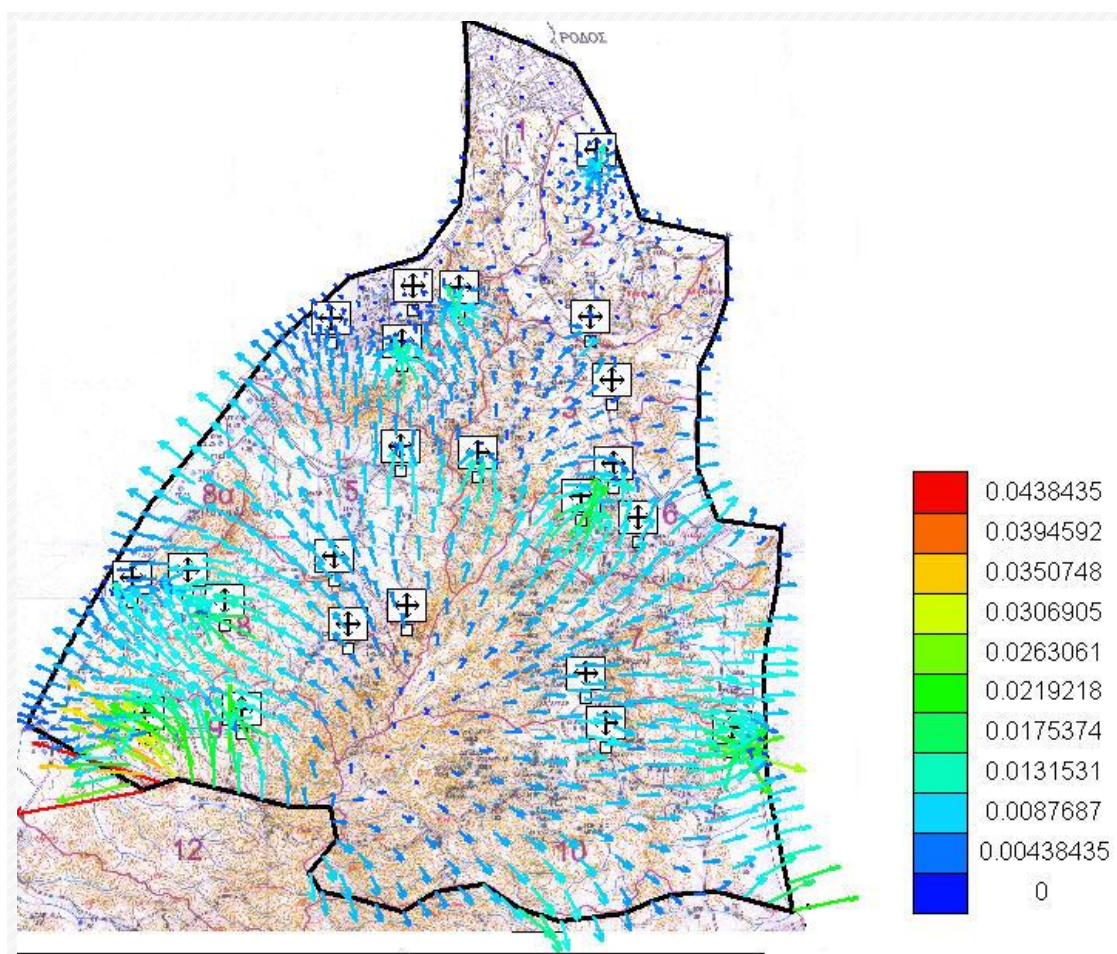
- ☒ Σενάριο 2<sup>ο</sup>: Πρόβλεψη μελλοντικής κατάστασης με διπλάσιες παροχές άντλησης νερού

Γράφημα 12.16: Υδραυλικά ύψη (m) το Μάιο 2010 (με διπλάσιες παροχές άντλησης)





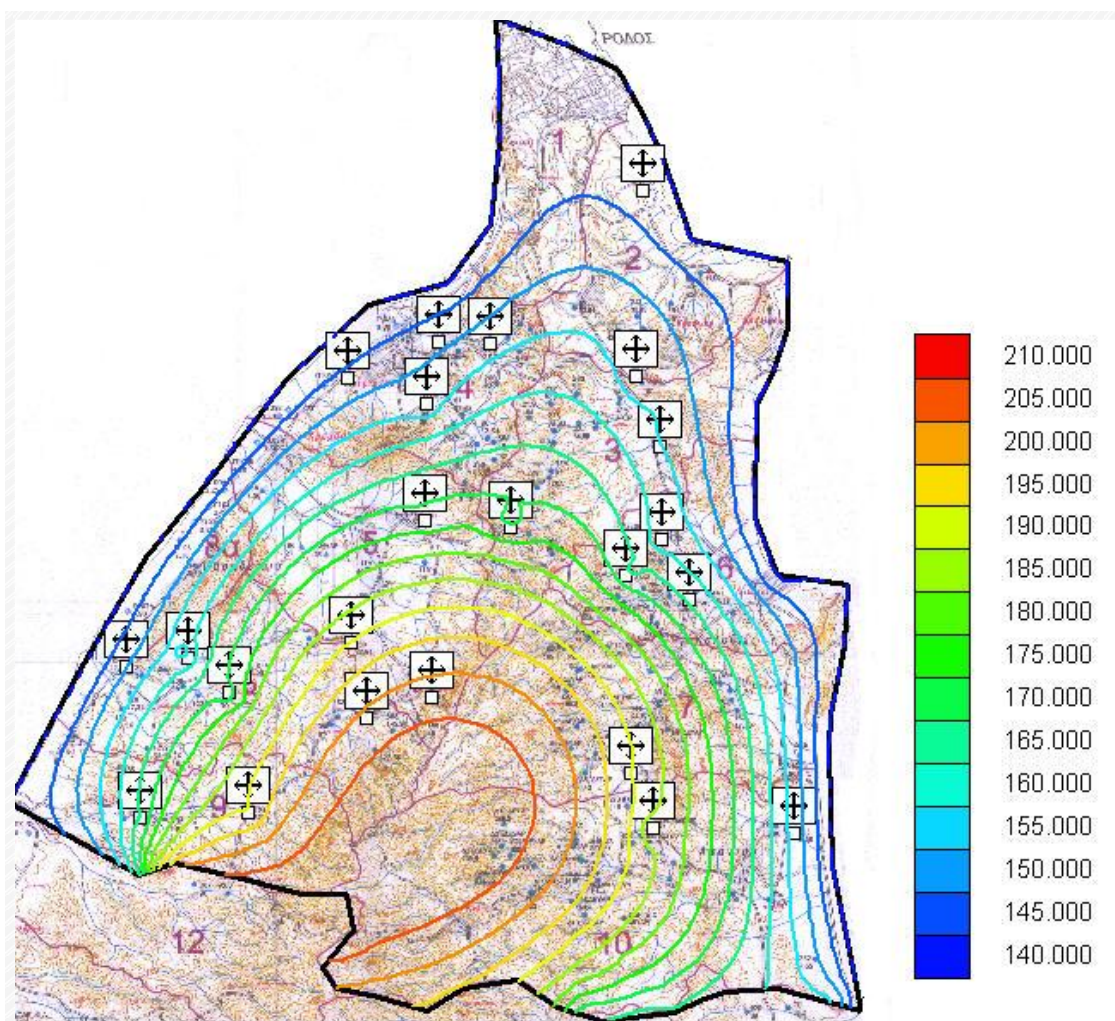
**Γράφημα 12.17:** Ταχύτητες ροής (m/day) το Μάιο 2010 (με διπλάσιες παροχές άντλησης)



**☑ Σενάριο 3<sup>ο</sup>: Πρόβλεψη μελλοντικής κατάστασης με αναστολή λειτουργίας παράκτιων γεωτρήσεων**

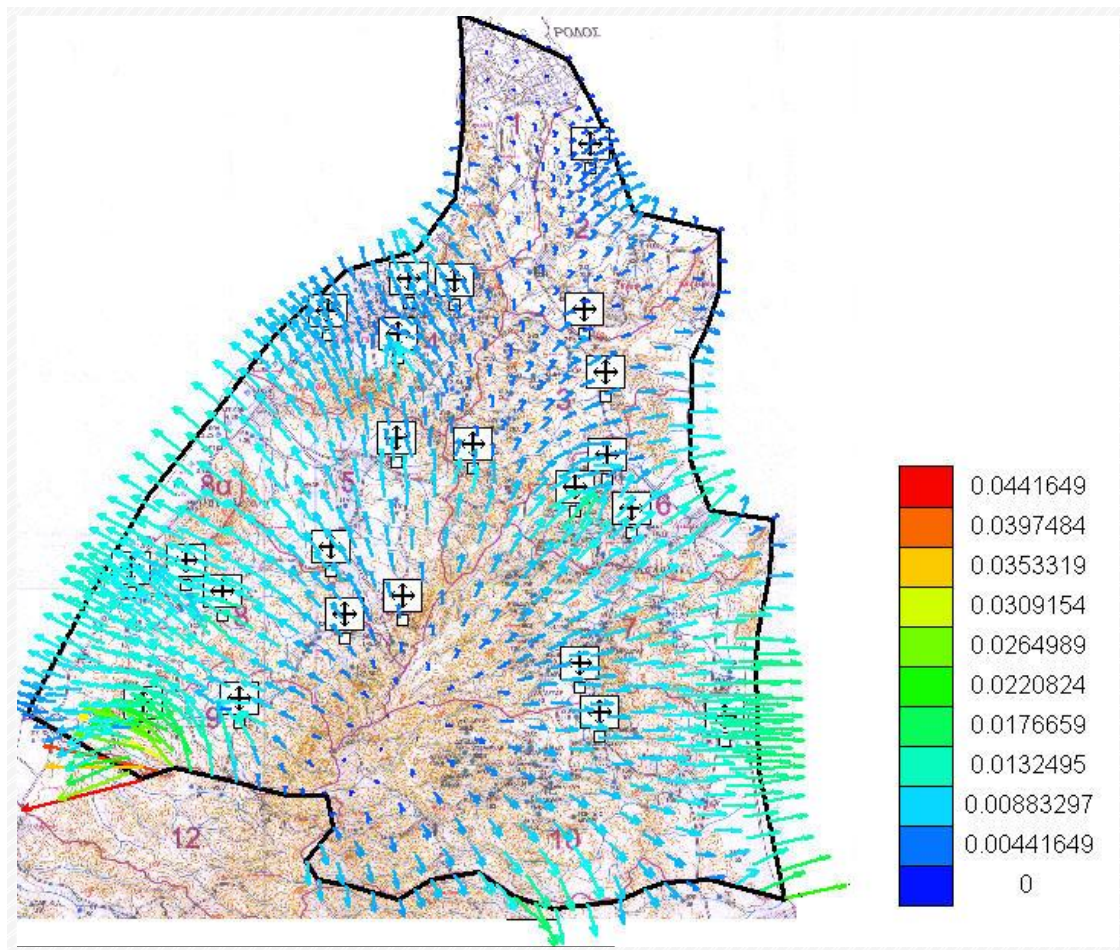
Η πρόβλεψη σε αυτήν την περίπτωση γίνεται αναστέλλοντας τη λειτουργία των γεωτρήσεων που αναφέρθηκαν στο 2<sup>ο</sup> σενάριο της παραγράφου 12.2 και που παρουσιάζονται στο σχήμα 12.1.

**Γράφημα 12.18:** Υδραυλικά ύψη (m) το Μάιο 2010 (με αναστολή λειτουργίας παράκτιων γεωτρήσεων και φρεάτων)





**Γράφημα 12.19:** Ταχύτητες ροής (m/day) το Μάιο 2010 (με αναστολή λειτουργίας παράκτιων γεωτρήσεων και φρεάτων)



## Παρατηρήσεις – Σχόλια

Σύμφωνα με το 1<sup>ο</sup> σενάριο και σε σύγκριση με την κατάσταση του συστήματος πριν από έξι χρόνια (Μάιος 2004), τα υδραυλικά ύψη στην υπό μελέτη περιοχή πέφτουν κατά λιγότερο από 5 m, ενώ οι ταχύτητες ροής είναι ουσιαστικά αμετάβλητες.

Ο διπλασιασμός των παροχών άντλησης σύμφωνα με το 2<sup>ο</sup> σενάριο προκαλεί σημαντική πτώση του υδραυλικού ύψους (της τάξης των 10 m), ενώ η υφαλμύρωση γίνεται ιδιαίτερα έντονη, καθώς στις παράκτιες γεωτρήσεις – του βόρειου κυρίως τμήματος της υπό μελέτη περιοχής – το υδραυλικό ύψος φτάνει πολύ κοντά ή πέφτει κάτω από τα 140 m (Μέσο Επίπεδο Θάλασσας). Οι ταχύτητες ροής παρουσιάζονται αυξημένες γύρω από ορισμένες γεωτρήσεις.

Η αναστολή λειτουργίας των παράκτιων γεωτρήσεων δε μεταβάλλει σημαντικά τις ταχύτητες και τα υδραυλικά ύψη στο εσωτερικό της υπό μελέτη περιοχής, ωστόσο παρεμποδίζει σε κάποιο βαθμό την υφαλμύρωση των παράκτιων υδροφορέων.

## Κεφάλαιο 13

### *Συμπεράσματα και Προτάσεις*

### 13. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σε γενικές γραμμές η κατάσταση του συστήματος ροής δεν είναι ιδιαίτερα καλή, καθώς η λειτουργία των γεωτρήσεων έχει οδηγήσει σε πτώση του υδροφόρου ορίζοντα. Στο νότιο – κεντρικό τμήμα της υπό μελέτη περιοχής εντοπίζονται πηγές υπογείου ύδατος οι οποίες προμηθεύουν νερό σε ολόκληρη την περιοχή, ωστόσο εκείνο το τμήμα δεν έχει εκμεταλλευθεί πλήρως για τη διάνοιξη γεωτρήσεων. Γενικά οι περισσότερες γεωτρήσεις για την εκμετάλλευση της υπόγειας υδροφορίας βρίσκονται σε περιοχές όπου εμφανίζονται σχηματισμοί της υδρογεωλογικής ενότητας E1 (κυρίως Λεβαντίνια ιζήματα και σχηματισμός Σγουρού).

Οι υπόγειοι υδροφορείς υπόκεινται σε υπερ-εκμετάλλευση και μάλιστα οι παροχές άντλησης νερού που δίνονται από το Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999) δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Αυτό διαπιστώθηκε κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης του μοντέλου, όπου χρειάστηκε αύξηση των παροχών άντλησης προκειμένου τα αποτελέσματα του μοντέλου για τα υδραυλικά ύψη να προσεγγίσουν τις τιμές πεδίου.

Η υπερ-άντληση νερού, κυρίως από τις παράκτιες γεωτρήσεις, έχει σαν αποτέλεσμα την υφαλμύρωση του υδροφορέα, δηλαδή τη διείσδυση θαλασσινού νερού μέσα σε αυτόν. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται σε όλη την παράκτια ζώνη, ωστόσο σε μεγαλύτερο βαθμό εντοπίζεται στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης, όπου η διεπιφάνεια αλμυρού – γλυκού νερού έχει μετατοπιστεί κάποια χιλιόμετρα προς την ξηρά.

Η κατάσταση αναμένεται να χειροτερέψει καθώς, σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων (1999), η Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Ρόδου, ήδη από το 1999 και μέχρι την ολοκλήρωση της κατασκευής του φράγματος Γαδουρά, σκοπεύει στην ανόρυξη νέων γεωτρήσεων στις λεκάνες 7 και 10, πράγμα που θα έχει ως αποτέλεσμα την περαιτέρω πτώση της στάθμης του υπογείου ύδατος.



Σημειώνεται ότι στην υπό μελέτη περιοχή υπάρχουν και άλλες ενεργές γεωτρήσεις οι οποίες δεν εισήχθησαν στο μοντέλο λόγω έλλειψης στοιχείων για τη στάθμη του νερού και οι οποίες συντελούν στην πτώση του υδροφόρου ορίζοντα. Ακόμη, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση της κίνησης των υπογείων υδάτων με βάση τις πραγματικές συνθήκες άντλησης, μέχρι το 2010 και όσο περνάει ο καιρός τα υδραυλικά ύψη θα πέφτουν, επιδεινώνοντας την κατάσταση του συστήματος.

Μια πρόταση για τη βελτίωση της κατάστασης στην περιοχή είναι η αναστολή της λειτουργίας των γεωτρήσεων και φρεάτων που παρουσιάζονται στο σχήμα 12.1 της παραγράφου 12.2, η οποία αναμένεται να παρεμποδίσει μέχρι ένα σημείο την υφαλμύρωση των παράκτιων υδροφορέων και να οδηγήσει μακροπρόθεσμα στον περιορισμό της διείσδυσης αλμυρού νερού και στην ανάκαμψη του συστήματος.

Συγκεκριμένα για τις γεωτρήσεις 38 (Λεκάνη 2) και 413 (Λεκάνη 10) και για το φρέαρ ΠΣ – 6 (Λεκάνη 8) κρίνεται απαγορευτική η λειτουργία τους, καθώς βρίσκονται σε ζώνη που έχει επηρεαστεί από τη διείσδυση θαλασσινού νερού.

Ακόμη, συνίσταται η διάνοιξη γεωτρήσεων στο νότιο – κεντρικό τμήμα της υπό μελέτη περιοχής, καθώς εκεί βρίσκονται πηγές εμφάνισης υπογείου ύδατος που το καθιστούν το πλέον κατάλληλο σημείο για την άντληση νερού.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Δημητράς Σ., Κολιάδης Θ., Χατζηιωάννου Α., 1999, *Εθνικό και επαρχιακό δίκτυο ανά δήμο στη νήσο Ρόδο*

Καρατζάς Γ., 2003, *Σημειώσεις μαθήματος Ροής Υπογείων Υδάτων και Μεταφοράς Ρύπων* του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος Πολυτεχνείου Κρήτης

Μαριά Ε.-Α., 2002, *Σημειώσεις μαθήματος Περιβαλλοντικής και Τεχνικής Νομοθεσίας* του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος Πολυτεχνείου Κρήτης

Τσούτσος Θ., 2002, *Σημειώσεις μαθήματος Αειφόρου Ανάπτυξης* του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος Πολυτεχνείου Κρήτης

Υδροέρευνα Α.Ε., 1977, *Μελέτη υδρεύσεως ευρύτερας περιοχής της Ρόδου*

Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, 1999, *Υδρογεωλογική μελέτη νήσου Ρόδου και σύνταξη μαθηματικού μοντέλου*

Anderson, M.P., W.W. Woessner, 1992, *Applied groundwater modeling: Simulation of flow and adjective transport*, Academic Press

D.K. Babu, G.F. Pinder, A. Niemi, D.P. Ahlfeld, S.A. Stothoff, 1997, *Chemical transport by three – dimensional groundwater flows*

G.A. Hearne, 1985, *Mathematical Model of the Tesuque aquifer system near Pojoaque, New Mexico*, USGS, Water Supply Paper 2205, 75 p.

World Commission on Environment and Development, 1987, *Our Common Future*, New York: Oxford University Press

## ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ INTEPNET

[www.ando.gr](http://www.ando.gr)

[www.argusint.com/GroundWater.html](http://www.argusint.com/GroundWater.html)

[www.bsa.gr/com/index2/oldtrees/default.asp](http://www.bsa.gr/com/index2/oldtrees/default.asp)

[www.culture.gr/maps/aigaio/dodeka/dodek1\\_gr.html](http://www.culture.gr/maps/aigaio/dodeka/dodek1_gr.html)

[http://www.dsnet.gr/Epikairothta/Nomothesia/n3199\\_03.htm](http://www.dsnet.gr/Epikairothta/Nomothesia/n3199_03.htm)

<http://envirosystems.hydro.ntua.gr/Envirolaws/>

[www.europa.eu.int](http://www.europa.eu.int)

[www.in.gr/agro/\\_fisi/Petaloudes](http://www.in.gr/agro/_fisi/Petaloudes)

[www.medsos.gr](http://www.medsos.gr)

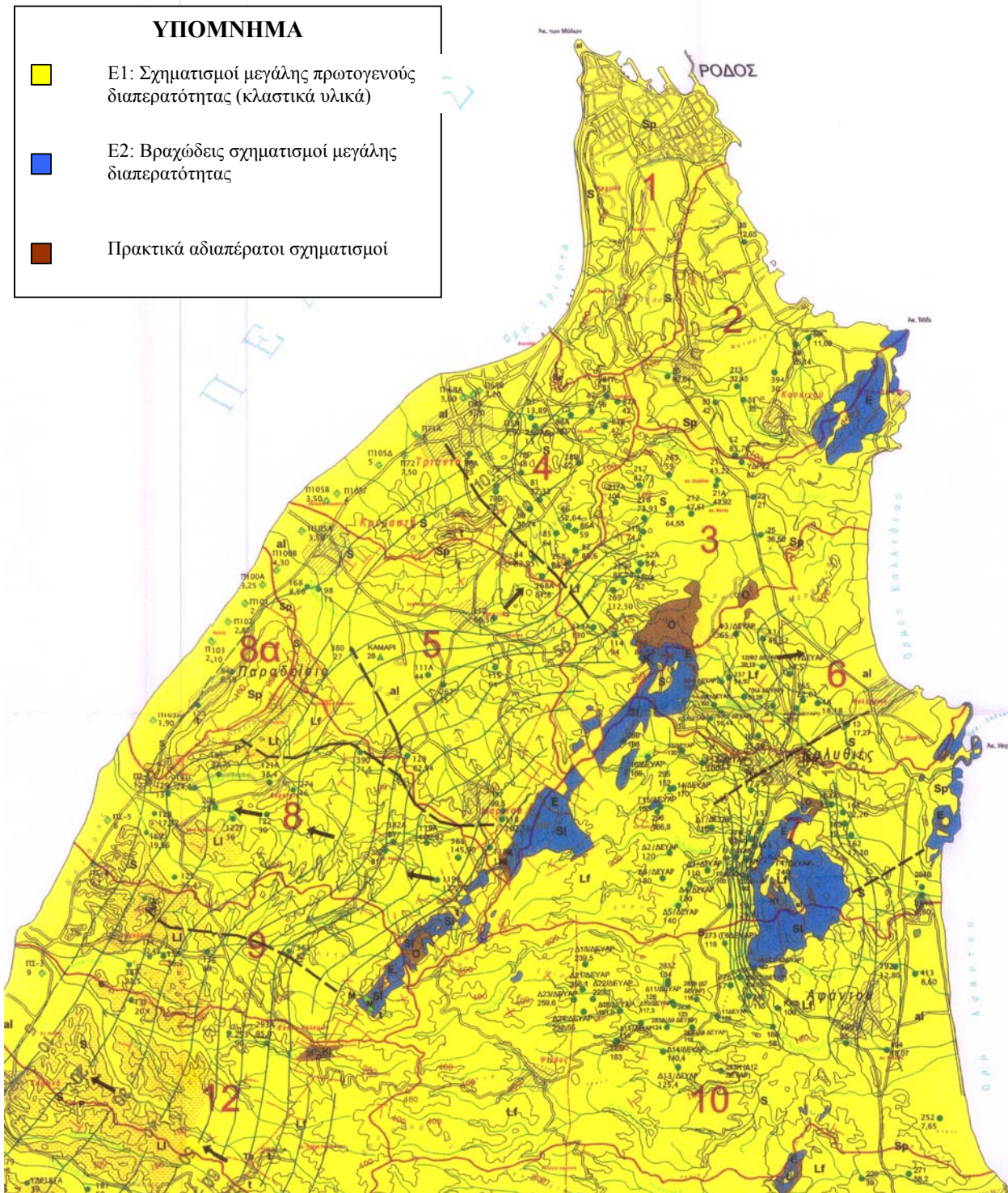
<http://www-nehc.med.navy.mil/ep/>

[www.tmth.edu.gr/el/kiosks/environment/atmosphere/envi\\_hc1a.html](http://www.tmth.edu.gr/el/kiosks/environment/atmosphere/envi_hc1a.html)

[www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/index.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/index.htm)

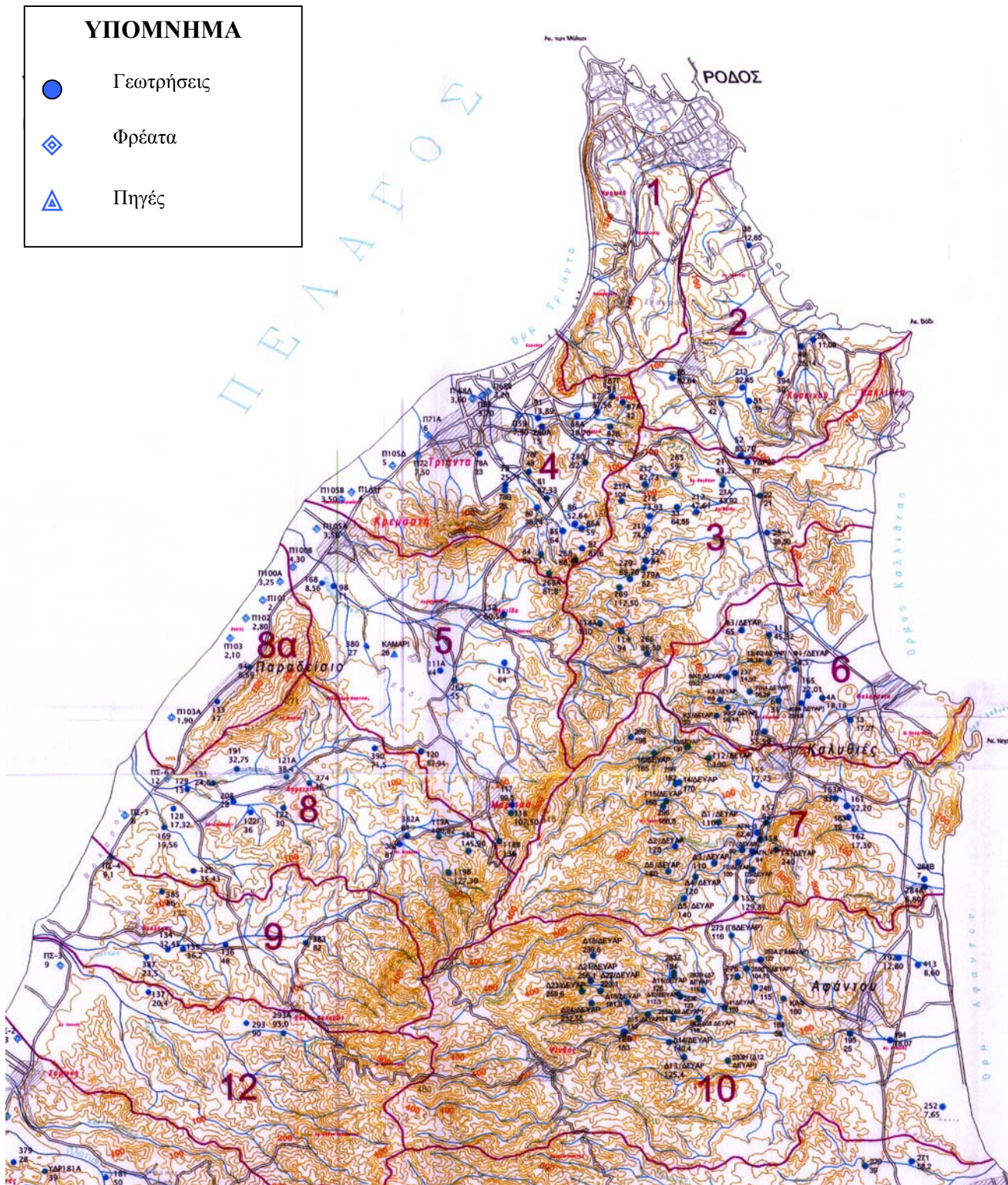
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

### **Χάρτες περιοχής μελέτης**



**ΧΑΡΤΗΣ 1:** Γεωλογικός χάρτης περιοχής μελέτης (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική διεύθυνση εγγειοβελτιωτικών έργων και γεωργικών διαρθρώσεων, δ/ση Γεωλογίας – Υδρολογίας, τμήμα Υδρογεωλογίας, γεωτρήσεων και μαθηματικών ομοιωμάτων, 1999)





**ΧΑΡΤΗΣ 2:** Χάρτης απογραφής σημείων εμφάνισης ύδατος περιοχής μελέτης (Υπουργείο Γεωργίας, Γενική διεύθυνση εγγειοβελτιωτικών έργων και γεωργικών διαρθρώσεων, δ/νση Γεωλογίας – Υδρολογίας, τμήμα Υδρογεωλογίας, γεωτρήσεων και μαθηματικών ομοιωμάτων, 1999)

Υδρογεωλογική Μελέτη του Βόρειου Τμήματος της Νήσου Ρόδου – Προσομοίωση Υπόγειας Ροής με χρήση του Τρισδιάστατου Μοντέλου Ροής Υπογείων Υδάτων και Μεταφοράς Ρύπων “PTC”





**ΧΑΡΤΗΣ 3:** Τοπογραφικός χάρτης περιοχής μελέτης



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

### Δελτία απογραφής γεωτρήσεων και φρεάτων

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ. Γεώτρησης: 38

Λεκάνη 2

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ									
Δήμος:	ΡΟΔΟΥ			Χάρτης:	8800-7		1:5000 ΓΥΣ		
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΡΟΔΟΥ			X=	23345,00 μ		Ψ=	18260,00 μ	
Τοποθεσία:	ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ			Απολ. Υψομ. Repere (Z):			12,65 μ		
Όνομ/μο Ιδιοκτήτη:	ΡΟΔΟΓΑΛ			Χρονολογία κατασκευής:	1966				
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ									
ΣΩΛΗΝΩΣΗ	Βάθος:	134 μ	ΑΝΤΛΙΑ	vai (vai-oxi)					
	Διάμετρ.	8 "		1 1. ΠΟΜΠΩΝ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ					
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ	oxi	(vai-oxi)		A 4. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ 5. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ					
Βάθος:				Βάθος τοποθέτησης:	45 μ				
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	vai								
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ					ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ				
Σε χρήση	vai		Αρδευση		ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ		
Ανεκμετάλλευτη			Υδρευση	vai	μ				
Εγκαταλελειμμένη			Άλλη χρήση		10				
Αντλούμενη παροχή:	Q = - 40 m <sup>3</sup> /h = - 360 m <sup>3</sup> /d				20				
Αρδευόμενη επιφάνεια:					30				
Είδος καλλιέργειας:					40				
Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:	42.700 m <sup>3</sup>				50		37,00		
Είδος υδροφορέα:	Ελεύθερος				60		Ψαμμίτης.		
					70		69,00		
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ					80		Μάργα.		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ		ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	ΒΑΘΟΣ	ΑΠ. ΥΨΟΜ.	ΑΕΡΑ	ΝΕΡΟΥ	Ca	HA. AG.			
	μ	μ	°C	°C	ppm	μs			
Μάιος-97	9,20	3,45					90		88,00
Ιούνιος-97					70,90	800	100		94,00
Οκτώβριος-97	10,47	2,18			-	-	110		
Μάιος-98	7,24	5,41					120		122,00
Αύγουστος-98					70,90	780	130		127,00
Νοέμβριος-98	9,78	2,87			-	-	140		Μάργα.
									134,00 m - Τέλος Γεώτρησης 38
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:							<div style="text-align: center;">R</div> <div style="text-align: center;">0,2μ</div> <div style="text-align: center;">↑</div> <div style="text-align: center;">E</div>		
							Ρόδος Ο Απογραφέας Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ		



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Τ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ. Γεώτρησης: 22

Λεκάνη: 3

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ									
Δήμος:	ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	Χάρτης	19-2	1:5000 ΓΥΣ					
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΚΟΣΚΙΝΟΥ	X=	21010,16 μ	Ψ=	14150,50 μ				
Τοποθεσία:	ΤΣΑΪΡΙ (ΚΟΣΚΙΝΟΥ)	Απολ. Ύψομ. Repere (Z):	21,00 μ						
Ονομ/μο Ιδιοκτήτη:	ΔΕΥΑΡ	Χρονολογία κατασκευής:	1978						
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ									
ΣΩΛΗΝΟΣΗ	Βάθος: 185 μ	ΑΝΤΛΙΑ	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	(ναι-οχι)					
	Διάμετρ. 8		<input checked="" type="checkbox"/> 2	1. ΠΟΜΠΗ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ					
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	(ναι-οχι)	<input checked="" type="checkbox"/> Α	Α. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ					
Βάθος:	120 μ	Βάθος τοποθέτησης:	140 μ						
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	<input checked="" type="checkbox"/> ναι								
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ					ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ				
Σε χρήση	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	Αρδευση	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ			
Ανεκμετάλλευτη	<input type="checkbox"/>	Υδρευση	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	μ					
Εγκαταλελειμμένη	<input type="checkbox"/>	Άλλη χρήση	<input type="checkbox"/>	10		4,00 Αργίλος με λεπτή/κη άμμο.			
Αντλούμενη παροχή:	100 m <sup>3</sup> /h			20		8,00 Χάλικες.			
Αρδευόμενη επιφάνεια:				30		15,00 Αργίλος με λίγους χάλικες.			
Είδος καλλιέργειας:				40		28,00 Αργίλος με χονδρή/κη άμμο.			
Εκτίμηση ετήσιας οντλ. ποσότητας νερού:	350.000 m <sup>3</sup>			50		39,00 Κερματισμένο κροκαλοπαγές.			
Είδος υδροφορέα:	Ελεύθερος			60		47,00 Αργίλος με χονδρή/κη άμμο.			
				70		53,00 Κερμ/νο κροκαλοπαγές.			
				80		65,00 Κατακερματισμένο κροκαλοπαγές.			
				90		78,00 Αργίλος με χονδρή/κη άμμο.			
				100		83,00 Κερμ/νο κροκαλοπαγές.			
				110		96,00 Λευκόφραια μάργα με χονδρή/κη άμμο.			
				120		105,00 Ερυθρή άργιλος.			
				130		Αποσθαρρωμένος γνευσιοσχιστόλιθος.			
				140					
				150		150,00			
				170		Ρήγμα μέσα σε συμπαγή			
				180		γνευσιοσχιστόλιθο.			
				190					
						187,00 m - Τέλος Γεώτρησης 22			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:					R 0,2μ ↑ E		Ρόδας Ο Απογραφέας Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ		

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ.Γεώτρησης: 25

Λεκάνη 3

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Δήμος:	ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	Χάρτης	19-4	Ψ=	1:5000 ΓΥΣ
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΚΟΣΚΙΝΟΥ	X=	20748,97 μ		13474,01 μ
Τοποθεσία:	ΒΡΥΣΙΑ - ΤΣΑΪΡΙ	Απολ. Υψομ. Repere (Z):			36,50 μ
Όνομα/μ. Ιδιοκτήτη:	ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΦΩΤΑΡΑΣ	Χρονολογία κατασκευής:			1986

## ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

<u>ΣΟΛΗΝΟΪΣΗ</u>	Βάθος: 80 μ	<u>ΑΝΤΛΙΑ</u>	<u>var</u>	(vai-oxi)
	Διάμετρ. 8 "		<u>2</u>	1. ΠΟΜΠΩΝ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ
<u>ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ</u>	<u>var</u>		<u>A</u>	A. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ
Βάθος: 66 μ				Βάθος τοποθέτησης: 60 μ
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	<u>var</u>			

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

Σε χρήση	<b>ναι</b>	Αρδευση	<b>ναι</b>
Ανεκμετάλλευτη		Υδρευση	
Εγκαταλελειμμένη		Άλλη χρήση	

Αντιλούμενη παροχή:  $Q = 10-15 \text{ m}^3/\text{h} = 240-360 \text{ m}^3/\text{d}$

Αρδευόμενη επιφάνεια: **8 στρέμματα**

Είδος καλλιέργειας: **ΓΡΑΣΙΔΙ**

Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού: **5.100 m<sup>3</sup>**

Είδος υδροφορέα: **Ελευθέρου**

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ

[illegible]

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:**

0,2μ

Ρόδος  
Ο Απογραφείας  
Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ. Γεώτρησης: 114Α

Λεκάνη 3

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ									
Δήμος:	ΠΕΤΑΛΟΥΔΩΝ			Χάρτης:	19 - 1		1:5000 ΓΥΣ		
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΠΑΣΤΙΔΑΣ			X=	17100,00 μ		Ψ=	13778,00 μ	
Τοποθεσία:	ΛΕΙΒΑΔΙ			Απολ. Υψομ. Repere (Z):	130,00 μ				
Όνομ/μο Ιδιοκτήτη:	ΚΟΙΝ. ΠΑΣΤΙΔΑΣ			Χρονολογία κατασκευής:	1992				
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ									
ΣΩΛΗΝΩΣΗ	Βάθος:	183 μ	ΑΝΤΛΙΑ	vai (vai-oxi)					
	Διάμετρ.	8 "		2 1. ΠΟΜΩΝΑ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ					
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ	vai (vai-oxi)		A	A. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ B. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ					
Βάθος:	162 μ		Βάθος τοποθέτησης:	120 μ					
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	vai								
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ					ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ				
Σε χρήση	vai		Αρδευση	vai		ΒΑΘΟΣ	ΣΧΑΡΙΦΙΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	
Ανεκμετάλλευτη			Υδρευση	vai		μ			
Εγκαταλελειμμένη			Άλλη χρήση			10		Αργίλος.	
Αντλούμενη παροχή:	Q = 40-50 m <sup>3</sup> /h = 960 - 1200 m <sup>3</sup> /d					20		17,00	
Αρδευόμενη επιφάνεια:						30		19,00	
Είδος καλλιέργειας:						40		Αργίλος με χάλικες.	
Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:	182.000 m <sup>3</sup>					50			
Είδος υδροφορέα:	Ελεύθερος					60		56,00	
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ									
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ				
	ΒΑΘΟΣ	ΑΠ. ΥΨΟΜ.	ΑΕΡΑ	ΝΕΡΟΥ	Cl	Na. Mg.			
	μ	μ	°C	°C	ppm	μS			
Μάιος-97	81,85	48,15			53,18	800	110		
Ιούνιος-97							120		
Οκτώβριος-97	89,46	40,54					130		
Μάιος-98	63,85	66,15					140		
Αύγουστος-98					42,54	820	150		
Νοέμβριος-98	88,75	41,25			49,63	790	160		157,00
							170		160,00
							180		175,00
							190		
							200		
									200,00 m - Τέλος Γεώτρησης 114Α
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:							<div style="text-align: center;">R 0,2μ ↑ E</div>		Ρόδος Ο Απογραφάς Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ. Γεώτρησης: 78

Λεκάνη 4

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ									
Δήμος:	ΙΑΛΥΣΣΟΥ	Χάρτης	00-7	1:5000 ΓΥΣ					
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΙΑΛΥΣΣΟΥ	X=	17001,18 μ	Ψ=	16994,93 μ				
Τοποθεσία:	ΤΑΒΑΖΙ	Απολ. Υψομ. Repere (Z):	25,71 μ						
Ονομ/μο Ιδιοκτήτη:	ΚΟΙΝ. ΙΑΛΥΣΣΟΥ	Χρονολογία κατασκευής:	1957						
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ									
ΣΩΛΗΝΩΣΗ	Βάθος: 100 μ	ΑΝΤΛΙΑ	ναι	(ναι-οχι)					
	Διάμετρο: 8 "		2	1. ΠΟΜΠΩΝΑ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ					
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ	οχι	(ναι-οχι)	A	A. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ B. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ					
Βάθος:				Βάθος τοποθέτησης:	85 μ				
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	ναι								
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ					ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ				
Σε χρήση	ναι	Αρδευση	ναι	ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ			
Ανεκμετάλλευτη		Υδρευση	ναι	μ					
Εγκαταλελειμμένη		Άλλη χρήση							
Αντλούμενη παροχή:	Q = 30-40 m <sup>3</sup> /h : 120-360 m <sup>3</sup> /d			10		6,00	Μάργα.		
Αρδευόμενη επιφάνεια:						7,00	Αμμοχάλικο.		
Είδος καλλιέργειας:				20			Μάργα.		
Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:	182.000 m <sup>3</sup>			30		31,00	Αμμοχάλικο.		
Είδος υδροφορέα:	Ελεύθερος					32,00	Μάργα.		
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ									
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ		μ		
	ΒΑΘΟΣ μ	ΑΠ. ΥΨΟΜ. μ	ΑΕΡΑ °C	ΝΕΡΟΥ °C	Cl <sup>-</sup> ppm	ΗΛ. ΑΓ. μS			
Μάιος-97	5,61	20,10					40		48,00
Ιούνιος-97					77,99	1320	50		55,00
Οκτώβριος-97	9,34	16,37					60		55,50
Μάιος-98	3,62	22,09					70		62,00
Αύγουστος-98					70,90	1400			
Νοέμβριος-98	10,40	15,31			88,63	1450	80		
									82,00
							90		86,00
									89,00
									91,50
							100		
									100,00 m : Τέλος Γεώτρησης 78
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:					ΣΥΝΕΧΗΣ ΑΝΤΛΗΣΗ		Ρόδος		
							Ο Απογραφάς		
							Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ		



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ. Γεώτρησης: 81

Λεκάνη 4

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ									
Δήμος:	ΙΑΛΥΣΣΟΥ			Χάρτης:	19-1		1:5000 ΓΥΣ		
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΙΑΛΥΣΣΟΥ			X=	17600,00 μ		Ψ=	16312,50 μ	
Τοποθεσία:	ΚΑΝΔΗΛΗ			Απολ. Υψομ. Repere (Z):			37,33 μ		
Όνομ/μο Ιδιοκτήτη:	ΚΟΙΝ. ΙΑΛΥΣΣΟΥ			Χρονολογία κατασκευής:	1969				
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ									
ΣΟΛΗΝΟΣΗ	Βάθος:	109 μ	ΑΝΤΛΙΑ	<input checked="" type="checkbox"/> ναι (ναι-οχι) <input type="checkbox"/> 2 1. ΠΟΜΩΝΑ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ <input type="checkbox"/> Α Α. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ					
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ	<input type="checkbox"/> ΟΧΙ	(ναι-οχι)							
Βάθος:				Βάθος τοποθέτησης:	100 μ				
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	<input checked="" type="checkbox"/> ναι								
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ					ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ				
Σε χρήση	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	Αρδευση	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ			
Ανεκμετάλλευτη	<input type="checkbox"/>	Υδρευση	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	μ					
Εγκαταλελειμένη	<input type="checkbox"/>	Άλλη χρήση	<input type="checkbox"/>						
Αντλούμενη παροχή:	80 m <sup>3</sup> /h			10		Αργίλος με άμμο και λεπτούς χάλικες.			
Αρδευόμενη επιφάνεια:				20		Χαλικοπαγές ημισυνεκτικό.			
Είδος καλλιέργειας:				30					
Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:	220.000 m <sup>3</sup>			40		Καστανότεφρη μάργα.			
Είδος υδροφορέα:	Ελεύθερος			50					
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ									
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ		μ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	ΒΑΘΟΣ	ΑΠ. ΥΨΟΜ	ΑΕΡΑ	ΝΕΡΟΥ	Ca	Mg			
	μ	μ	°C	°C	ppm	μs			
Μάιος-97	-	-					51,00		Κροκαλοπαγές.
Ιούνιος-97					106,35	1500,00	60		Καστανότεφρη μάργα.
Οκτώβριος-97	-	-			-	-	66,00		Καστανότεφρη μάργα.
Μάιος-98	-	-					70		
Αύγουστος-98					106,35	1400,00	80		Αδρόκοκκος ημισυνεκτικός ψαμμίτης.
Νοέμβριος-98	-	-			88,63	1340,00	80		
							90		
							100		Χαλικοπαγές ημισυνεκτικό.
							104,00		
							110		Καστανότεφρη μάργα.
							120		120,00 m - Τέλος Γεώτρησης 81
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:							Ρόδος Ο Απογραφέας Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ		







ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜΓΩΝ

Αρ. Γεώτρησης: 98

Λεκάνη 5

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

## ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ										
Δήμος:	ΠΕΤΑΛΟΥΔΩΝ			Χάρτης	08-8		1:5000 ΓΥΣ			
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΚΡΕΜΑΣΤΗΣ			X=	13130,00 μ		Ψ=	17150,00 μ		
Τοποθεσία:	ΛΕΙΒΑΔΑΚΙΑ			Απολ. Ύψομ. Repere (Z):	11,00 μ					
Όνομα/μο Ιδιοκτήτη:	ΚΟΙΝ. ΚΡΕΜΑΣΤΗΣ			Χρονολογία κατασκευής:	1975					
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ										
ΣΩΛΗΝΟΣΗ	Βαθος:	100 μ	ΑΝΤΛΙΑ	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	(ναι-οχι)					
	Διάμετρ.	8 "		<input checked="" type="checkbox"/> 2	1. ΠΟΜΩΝΑ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ					
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	(ναι-οχι)		<input checked="" type="checkbox"/> Α	Α. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ					
Βαθος:	75 μ		Βαθος ταποθέτησης:	70 μ						
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	<input checked="" type="checkbox"/> ναι									
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ					ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ					
Σε χρήση	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	Αρδευση	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ				
Ανεκμετάλλευτη	<input type="checkbox"/>	Υδρευση	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	μ						
Εγκαταλελειμμένη	<input type="checkbox"/>	Άλλη χρήση	<input type="checkbox"/>	10		3,00 Χάλικες - κροκάλες				
Αντλούμενη παροχή:	$Q_p = 70 \text{ m}^3/\text{h} = 1666 \text{ m}^3/\text{d}$			20		7,00 Άργιλος				
Αρδευόμενη επιφάνεια:				30		10,00 Άμμος ρευστή				
Είδος καλλιέργειας:				40		Τεφρή μάργα.				
Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:	185.000 m <sup>3</sup>			50		31,00				
Είδος υδροφορέα:	Ελεύθερος			60		40,00 Άμμος με χάλικες				
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ					70		46,00 Άμμος με χάλικες και λίγη άργιλο.			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΒΑΘΟΣ	ΑΠ. ΎΨΟΜ.	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	80 <td></td> <td colspan="4">50,00 Τεφρή μάργα.</td>		50,00 Τεφρή μάργα.			
	μ	μ	ΑΕΡΑ °C	ΝΕΡΟΥ °C	90		56,00 Σαθρό ψηφιδωπαγές.			
Μάιος-97	-	-			100		63,00 Τεφρή μάργα.			
Ιούνιος-97				70,90	920		75,00 Ψηφιδωπαγές.			
Οκτώβριος-97	6,50	4,50					Τεφρή μάργα.			
Μάιος-98	-	-					Τεφρή μάργα.			
Αύγουστος-98				49,63	950		Τεφρή μάργα.			
Νοέμβριος-98	-	-					Τεφρή μάργα.			
							100,00 m - Έξοδος Γεώτρησης 98			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:					<div style="text-align: center;"> R  ↑  0,2μ  E </div>		Ρόδος Ο Απογραφίας Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ			

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ.Γεώτρησης: 112

Λεκάνη

5

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

## ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

## ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Δήμος:	ΠΕΤΑΛΟΥΔΩΝ	Χάρτης:	19-1		1:5000 ΓΥΣ
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΠΑΣΤΙΔΑΣ	X=	15682,00 μ	ψ=	14985,00 μ
Τοποθεσία:	ΦΥΛΑΚΙΟ	Απολ. Υψομ. Repere (Z):			60,50 μ
Ονομ/μο ιδιοκτήτη:	ΚΟΙΝ. ΠΑΣΤΙΔΑΣ	Χρονολογία κατασκευής:			1974

## ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

<b>ΣΤΑΛΗΝΩΣΗ</b>	Βάθος: 129 μ	<b>ΑΝΤΛΙΑ</b>	<b>var</b>	(vai-oxi)
	Διάμετρ. 8 "		<b>2</b>	1. ΠΟΜΩΝΑ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ
<b>ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ</b>	<b>var</b>		<b>A</b>	Α. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ
Βάθος: 70 μ				Βάθος τοποθέτησης: 100 μ
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	<b>var</b>			

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

Σε χρήση	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">ναι</div>	Αρδευση
Ανεκμετάλλευτη	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 50px;"></div>	Υδρευση
Εγκαταλελειμένη	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 50px;"></div>	Άλλη χρήση
Αντλούμενη παροχή:	$Q = -40 \text{ m}^3/\text{h} = -96 \text{ m}^3/\text{d}$	
Αρδευόμενη επιφάνεια:		
Είδος καλλιέργειας:		
Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:	85.000 m <sup>3</sup>	
Είδος υδροφόρα:	Ελεύθερος	


ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ

ΒΑΘΟΣ μ	ΕΚΔΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
10		Κίτρινη άργιλος.
20		13,00
30		Καστανόλευκη μάργα.
40		35,00
50		40,00 Χαλικοπαγές.
60		Καστανοπράσινη μάργα.
70		52,00
80		55,00 Σαθρό ψηφιδοπαγές
90		65,00 Καστανοπράσινη μάργα
100		72,00 Σαθρό ψηφιδοπαγές.
110		
120		116,00
130		119,00 Σαθρό ψηφιδοπαγές
140		
150		Καστανοπράσινη μάργα.
		150,00 m - Τέλος Γεωτρήσης 112

**ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ**

[illegible]

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:**

$0,2\mu$ 


Ρόδος

Ο Απογραφάς

Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ. Γεώτρησης: 118

Λεκάνη 5

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ									
Δήμος:	ΠΕΤΑΛΟΥΔΩΝ			Χάρτης	19-3		1:5000 ΓΥΣ		
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΜΑΡΙΤΣΩΝ			Χ=	13680,00 μ		Ψ=	11650,00 μ	
Τοποθεσία:	ΧΑΝΤΑΚΙΑ			Απολ. Υψομ. Repere (Z):	107,50 μ				
Ονομ/μο Ιδιοκτήτη:	ΚΟΙΝ. ΜΑΡΙΤΣΩΝ			Χρονολογία κατασκευής:	1958				
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ									
ΣΩΛΗΝΟΣΗ	Βάθος:	110 μ	ΑΝΤΛΙΑ	ναι	(ναι-οχι)				
	Διάμετρ.	8 "		2	1. ΠΟΜΩΝΑ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ				
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ	οχι	(ναι-οχι)		A	Α. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ				
Βάθος:				Βάθος τοποθέτησης:	75 μ				
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	ναι								
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ					ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ				
Σε χρήση	ναι	Αρδευση	ναι	ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ			
Ανεκμετάλλευτη		Υδρευση	ναι	μ					
Εγκαταλελειμένη		Αλλη χρήση		10		Αμμοχάλικο.			
Αντλούμενη παροχή:	$\varphi = 40-50 \text{ m}^3/\text{h} = 960 - 1200 \text{ m}^3/\text{d}$			20		Μάργα.			
Αρδευόμενη επιφάνεια:				30		Ψαμμίτης.			
Είδος καλλιέργειας:				40		Μάργα.			
Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:	59.670 m <sup>3</sup>			50					
Είδος υδροφορέα:	Ελεύθερος			60					
				70					
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ									
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ		ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	ΒΑΘΟΣ	ΑΠ. ΥΨΟΜ.	ΑΕΡΑ	ΝΕΡΟΥ	Cl	ΗΛ. ΑΓ.			
	μ	μ	°C	°C	ppm	μs			
Μάιος-97	10,04	97,46					80		Ψαμμίτης.
Ιούνιος-97							90		
Οκτώβριος-97	12,47	95,03					100		
Μάιος-98	6,94	100,56					110		
Αύγουστος-98									Φλύσχης.
Νοέμβριος-98	-	-			14,18	610			
									110,00 m - Τέλος Γεώτρησης 118
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:							<div style="text-align: center;">R</div> <div style="text-align: center;">0,2μ ↑</div> <div style="text-align: center;">E</div>		
							Ρόδος Ο Απογραφέας Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ		



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ. Γεώτρησης: 120

Λεκάνη: 5

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ										
Δήμος:	ΠΕΤΑΛΟΥΔΩΝ			Χάρτης	18-4		1:5000 ΓΥΣ			
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΠΑΡΑΔΕΙΣΙΟΥ			X=	12814,72 μ		Ψ=	13594,87 μ		
Τοποθεσία:	ΜΑΡΙΤΣΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ			Απολ. Ύψομ. Repere (Z):	82,94 μ					
Όνομα/μο Ιδιοκτήτη:	ΚΟΙΝ. ΠΑΡΑΔΕΙΣΙΟΥ			Χρονολογία κατασκευής:	1973					
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ										
ΣΩΛΗΝΟΣΗ	Βάθος:	103 μ	ΑΝΤΛΙΑ	ΟΧΙ	(ναι-οχι)					
	Διάμετρ.	8 "			1. ΠΟΜΩΝΑ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ					
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ	ναι	(ναι-οχι)			Α. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ					
Βάθος:	85 μ		Βάθος τοποθέτησης:							
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	ναι									
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ					ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ					
Σε χρήση		Αρδευση		ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ				
Ανεκμετάλλευτη	ναι	Υδρευση		μ						
Εγκαταλελειμένη		Άλλη χρήση								
Αντλούμενη παροχή:	Q=0			10		Χάλικες με άμμο.				
Αρδευόμενη επιφάνεια:						Μάργα με χάλικες.				
Είδος καλλιέργειας:				20		Ψαμμίτης.				
Εκτίμηση επίσας αντλ. ποσότητας νερού:				30		Μάργα.				
Είδος υδροφορέα:	Ελεύθερος					Χάλικες με άμμο.				
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ										
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ		ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	
	ΒΑΘΟΣ μ	ΑΠ. ΎΨΟΜ. μ	ΑΕΡΑ °C	ΝΕΡΟΥ °C	Cl ppm	ΗΛ. ΑΓ. μs				
Μάιος-97	14,22	68,72					40		Μάργα.	
Ιούλιος-97					-	-	50		Μάργα.	
Οκτώβριος-97	16,17	66,77			-	-	60		Ψαμμίτης.	
Μάιος-98	14,08	68,86					70		Μάργα.	
Αύγουστος-98					-	-	80		Ψαμμίτης.	
Νοέμβριος-98	16,34	66,60			-	-	90		Μάργα.	
							100		Μάργα.	
							110		103,00 m - Τέλος Γεώτρησης 120	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:					R 0,2μ ↑ E		Ρόδος Ο Απογραφέας Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ			






ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ.Γεώτρησης: 11

Λεκάνη	6
--------	---

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

## ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ										
Δήμος:	ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ		Χάρτης	19-4		1:5000 ΓΥΣ				
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΚΑΛΥΘΙΩΝ		Χ=	19715,80 μ		Ψ=	11835,77 μ			
Τοποθεσία:	ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗ		Απολ. Υψομ. Repere (Z):					45,32 μ		
Όνομ/μο Ιδιοκτήτη:	ΔΕΥΑΡ		Χρονολογία κατασκευής:					1983		
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ										
ΣΩΛΗΝΩΣΗ	Βάθος:	115 μ	ΑΝΤΛΙΑ	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	(ναι-οχι)					
	Διάμετρ.	10 "		<input checked="" type="checkbox"/> 1	1. ΠΟΜΩΝΑ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ					
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	(ναι-οχι)		<input checked="" type="checkbox"/> Α	Α. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ					
Βάθος:	102 μ		Βάθος τοποθέτησης:					80 μ		
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:				<input checked="" type="checkbox"/> ναι						
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ					ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ					
Σε χρήση	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	Αρδευση	<input checked="" type="checkbox"/> ναι	ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ				
Ανεκμετάλλευτη	<input type="checkbox"/>	Υδρευση	<input type="checkbox"/>	μ						
Εγκαταλελειμμένη	<input type="checkbox"/>	Άλλη χρήση	<input type="checkbox"/>							
Αντλούμενη παροχή:	$Q = - 30 \text{ m}^3/\text{h} = - 420 \text{ m}^3/\text{d}$			10		Κροκαλοπαγές.				
Αρδευόμενη επιφάνεια:				20						
Είδος καλλιέργειας:				30						
Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:	26.500 m3			40						
Είδος υδροφορέα:	Ελεύθερος			50						
				60						
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ										
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ					
	ΒΑΘΟΣ	ΑΠ. ΥΨΟΜ.	ΑΕΡΑ	ΝΕΡΟΥ	CG	ΗΛ. ΑΓ.				
	μ	μ	°C	°C	ppm	μs				
Μάιος-97	40,02	5,30								
Ιούνιος-97					-	-	60			
Οκτώβριος-97	40,42	4,90			46,09	950	70			
Μάιος-98	36,32	9,00								
Αύγουστος-98					-	-				
Νοέμβριος-98	40,47	4,85			42,54	750	80			
							90			
							100			
							110			
							120			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:					R 0,2μ ↑ E		Ρόδος Ο Απογραφάς Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ			



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ.Γεώτρησης: 159

Λεκάνη	7
--------	---

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

## ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

<b>ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ</b>							
Δήμος:	ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	Χάρτης	19-7	1:5000 ΓΥΣ			
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΚΑΛΥΘΙΩΝ	X=	16440,58 μ	Ψ=	7923,70 μ		
Τοποθεσία:	ΚΑΛΑΜΩΝΑΣ	Απολ. Υψομ. Repere (Z):			129,81 μ		
Όνομ/μο Ιδιοκτήτη:	ΚΩΣΤΑΣ ΦΩΤΗΣ	Χρονολογία κατασκευής:			1984		
<b>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>							
<b>ΞΕΛΗΝΩΣΗ</b>	Βάθος: 130 μ	<b>ΑΝΤΛΙΑ</b>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">vai</div>	(vai-oxi)			
	Διάμετρ. 8 "		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</div>	1. ΠΟΜΩΝΑ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ			
<b>ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ</b>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">OXI</div>	(vai-oxi)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A</div>	Α. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ			
Βάθος:		Βάθος τοποθέτησης:			96 μ		
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">vai</div>						
<b>ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ</b>				<b>ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ</b>			
Σε χρήση	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">vai</div>	Αρδευση	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></div>	ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	
Ανεκμετάλλευτη	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></div>	Υδρευση	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></div>	μ			
Εγκαταλελειμένη	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></div>	Άλλη χρήση	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">vai</div>				
Αντλούμενη παροχή:	$\varphi = 10-15 \text{ m}^3/\text{h} : 240-360 \text{ m}^3/\text{d}$					ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ	
Αρδεύσιμη επιφάν.							
Είδος καλλιέργειας:							
Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:	4.200 m <sup>3</sup>						
Είδος υδροφορέα:	Ελεύθερος						
<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ</b>							
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ		
	ΒΑΘΟΣ	ΑΠ. ΥΨΟΜ.	ΑΕΡΑ	ΝΕΡΟΥ	Cl	H.L. AG.	
	μ	μ	°C	°C	ppm	mg	
Μάιος-97	52,58	77,23					
Ιούνιος-97					46,09	880	
Οκτώβριος-97	61,51	68,30			-	-	
Μάιος-98	55,07	74,74					
Αύγουστος-98					53,18	820	
Νοέμβριος-98	59,42	70,39			42,54	810	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				R 0,2μ ↑ E	Ρόδος  Ο Απογραφάς  Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ		







ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ.Γεώτρησης: 122

Λεκάνη	8
--------	---

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

## ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

## ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Δήμος:	ΠΕΤΑΛΟΥΔΩΝ	Χάρτης	18-3	1:5000 ΓΥΣ
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΔΑΜΑΤΡΙΑΣ	X=	10000,00 μ	Ψ= 14120,00 μ
Τοποθεσία:	ΠΑΛΑΙΑ ΔΑΜΑΤΡΙΑ	Απολ. Υψομ. Repere (Z):		30,00 μ
Όνομ/μο Ιδιοκτήτη:	ΚΟΙΝ. ΔΑΜΑΤΡΙΑΣ	Χρονολογία κατασκευής:		1976

## ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

<u>ΣΟΛΗΝΩΣΗ</u>	Βάθος: 78 μ	<u>ΑΝΤΛΙΑ</u>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">vai</div> (vai-oxi)
	Διάμετρ. 8 "		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">1</div> 1. ΠΟΜΠΩΝ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ
<u>ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ</u>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">vai</div> (vai-oxi)		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">A</div> Α. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ
	Βάθος 65 μ		Βάθος τοποθέτησης: 70 μ
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">vai</div>		

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

Σε χρήση	<i>var</i>	Αρδευση	<i>var</i>
Ανεκμετάλλευτη		Υδρευση	
Εγκαταλελειμμένη		Άλλη χρήση	

Αντλούμενη παροχή:  $Q_p = 70 \text{ m}^3/\text{h} \approx 1680 \text{ m}^3/\text{d}$

Αρδευόμενη επιφάνεια:

Είδος καλλιέργειας:

Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:  $79.700 \text{ m}^3$

Είδος υδροφορέα: *ΕΛΕΥΘΕΡΟΣ*

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ

ΒΑΘΟΣ		ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
μ			
			Αργίλος.
10		6,00	Μάργα.
		11,00	Ψαμμίτης.
20		14,00	Αμμοχόος μάργα.
		20,00	Αμμοχάλκο.
30		25,00	
40			Μάργα.
50		46,00	Ψαμμίτης.
		49,00	
60			Μάργα.
70		68,00	Ψαμμίτης.
		69,00	
80			
90			
100			Μάργα.
110			
120			

120,00 m - Τέλος Γνώσεως. 120

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

[illegible]

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

0,2μ

Ρόδος  
Ο Απογραφάς  
Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ.Γεώτρησης: 128

Λεκάνη 8

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Δήμος:	ΠΕΤΑΛΟΥΔΩΝ	Χάρτης	18-1		1:5000 ΓΥΣ
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΠΑΡΑΔΕΙΣΙΟΥ	X=	8162,00 μ	Ψ=	15267,00 μ
Τοποθεσία:	ΒΡΥΣΗ	Απολ. Υψομ. Repere (Z):			17,32 μ
Όνομ/μο Ιδιοκτήτη:	ΚΟΙΝ. ΠΑΡΑΔΕΙΣΙΟΥ	Χρονολογία κατασκευής:			1974

## ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

<b>ΕΛΛΗΝΙΣΤΗ</b>	Βάθος: 105 μ	<b>ΑΝΤΑΛΙΑ</b>	<table border="1"><tr><td>vai</td></tr><tr><td>1</td></tr><tr><td>A</td></tr></table>	vai	1	A	(vai-oxi)
vai							
1							
A							
	Διάμετρ. 8 "			1. ΠΟΜΟΝΑ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ			
<b>ΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟ</b>	<table border="1"><tr><td>vai</td></tr></table>	vai	(vai-oxi)		Α. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ		
vai							
Βάθος:	101 μ		Βάθος τοποθέτησης:	90 μ			
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	<table border="1"><tr><td>vai</td></tr></table>	vai					
vai							

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

Σε χρήση	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">var</div>	Αρδευση
Ανεκμετάλλευτη	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100px;"></div>	Υδρευση
Εγκαταλελειμμένη	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100px;"></div>	Άλλη χρήση
Αντλούμενη παροχή:	50-60 m <sup>3</sup> /h	
Αρδευόμενη επιφάνεια:		
Είδος καλλιέργειας:		
Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:		85.000 m <sup>3</sup>
Είδος υδροφορέα:	ΕΛΕΥΘΕΡΟΣ	

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ

ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΙΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0		
10		6,00 Ψαμμίτης
20		14,00 Μάργα.
30		15,00 Ψαμμίτης
40		21,00 Μάργα.
50		27,00 Κροκαλοπαγές.
60		30,00 Μάργα.
70		35,00 Αμμοχός μάργα.
80		42,00 Μάργα.
90		54,00 Κροκαλοπαγές.
100		65,00 Μάργα.
110		68,00 Αμμοχός μάργα.
120		78,00 Μάργα.
130		83,00 Αμμοχός μάργα.
140		92,00 Μάργα.
150		98,00 Κροκαλοπαγές.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

[illegible]

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:**

R

0.2u

E

Ρόδος

Ο Απογραφάς

Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ.Γεώτρησης: 135

Λεκάνη 9

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ									
Δήμος:	ΠΕΤΑΛΟΥΔΩΝ			Χάρτης:	18-3		1:5000 ΓΥΣ		
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΘΕΟΛΟΓΟΥ			X=	6896,44 μ		Ψ=	12924,81 μ	
Τοποθεσία:	ΦΟΥΝΤΗΣ			Απολ. Ύψομ. Repere (Z):			36,20 μ		
Όνομ/μο ιδιοκτήτη:	ΚΟΙΝ. ΘΕΟΛΟΓΟΥ			Χρονολογία κατασκευής:			1977		
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ									
ΣΩΛΗΝΩΣΗ	Βάθος:	100 μ	ΑΝΤΛΙΑ	vai (vai-oxi)					
	Διάμετρ.	8 "		2					
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ	vai	(vai-oxi)		A					
Βάθος:	80 μ		Βάθος τοποθέτησης:	50 μ					
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	vai								
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ					ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ				
Σε χρήση	vai		Αρδευση	vai		ΒΑΘΟΣ	ΣΧΑΡΙΩΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	
Ανεκμετάλλευτη			Υδρευση	vai		μ			
Εγκαταλελειμμένη			Άλλη χρήση						
Αντλούμενη παροχή:	$Q = 40-50 \text{ m}^3/\text{h} = 960 - 1200 \text{ m}^3/\text{d}$					10		6,00	
Αρδευόμενη επιφάνεια:								Αμμοχάλικο.	
Είδος καλλιέργειας:						20		15,00	
Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:	84.000 m <sup>3</sup>							Μάργα.	
Είδος υδροφορέα:	Ελεύθερος					30		23,00	
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ									
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ				
	ΒΑΘΟΣ	ΑΠ. ΎΨΟΜ.	ΑΕΡΑ	ΝΕΡΟΥ	Cl	HA AG.			
	μ	μ	°C	°C	ppt	me			
Μάιος-97	7,90	28,30					40		45,00
Ιούνιος-97							50		
Οκτώβριος-97	10,42	25,78			42,54	1000	60		62,00
Μάιος-98	3,68	32,52					70		65,00
Αύγουστος-98					42,54	980			
Νοέμβριος-98	11,75	24,45			49,63	1000	80		81,00
							90		87,00
							100		
									100,00 m - Τέλος Γεώτρησης 135
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:							<div style="text-align: center;">R</div> <div style="text-align: center;">0,2μ</div> <div style="text-align: center;">↑</div> <div style="text-align: center;">E</div>		
							Ρόδος Ο Απογραφίας Α. ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ		







ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ  
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ Ε.Ε. & Γ.Δ.  
Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ,  
ΓΕΩΤΡ. & ΜΑΘ. ΟΜ/ΤΩΝ

Αρ.Γεώτρησης: 413

Λεκάνη	10
--------	----

ΑΡΙΘΜ. ΕΡΓΟΥ: ΚΑ 9481722

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΗΣΟΥ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Δήμος:	ΑΦΑΝΤΟΥ	Χάρτης	29-2	1:5000 ΓΥΣ
Δημοτικό Διαμέρισμα:	ΑΦΑΝΤΟΥ	X=	18682,50 μ	Ψ= 4942,50 μ
Τοποθεσία:	-	Απολ. Υψομ. Repere (Z):		3,60 μ
Όνομ/μο Ιδιοκτήτη:	ΑΝΤΩΝΗΣ ΠΕΡΙΔΗΣ	Χρονολογία κατασκευής:		1989

## ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

<u>ΣΩΛΗΝΩΣΗ</u>	Βάθος: 50 μ	<u>ΑΝΤΛΙΑ</u>	<div>var</div>	(vai-oxi)
	Διάμετρ: 8 "		<div>2</div>	1. ΠΟΜΠΩΝ 2. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ 3. ΑΛΛΗ
<u>ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ</u>	<div>var</div>		<div>A</div>	Α. ΗΛΕΚΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Β. ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΗ Γ. ΑΛΛΗ
Βάθος: 44 μ			Βάθος τοποθέτησης:	32 μ
Δυνατότητα μέτρησης στάθμης:	<div>var</div>			

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

Σε χρήση	<input type="checkbox"/>
Ανεκμετάλλευτη	<input type="checkbox"/>
Εγκαταλελειμένη	<input checked="" type="checkbox"/> <i>vai</i>
Αντλούμενη παροχή:	$\Phi = \bigcirc$

Αρδευση  
Υδρευση  
Αλλη χρηση

Αντλούμενη παροχή:  $Q = 0$

Αρδευόμενη επιφάνεια:

Είδος καλλιέργειας:

Εκτίμηση ετήσιας αντλ. ποσότητας νερού:

Είδος υδροφορέα: *Ελεύθερος*

**ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ**

[illegible]

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ

ΒΑΘΟΣ	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ
μ	

ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

**Αργίλος.**

Χάλικες.

---

Ψαλμίδες

50,00 m - Τέλος Γεώτρησης 413

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

Free-body diagram of the  $0.2\mu$  particle. It shows a vertical line with an upward arrow labeled  $R$  and a downward arrow labeled  $F$ .

Ρόδος  
Ο Απογραφάς  
Α ΜΠΡΕΣΙΑΚΑΣ









