



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»

**ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ
ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΦΑΙΣΤΟΥ-ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ
ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ
ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ**

Δανάη Ν. Παρασκάκη

Αθήνα, Οκτώβριος 2014

Επιβλέπων: Ομότιμος καθηγητής
Ι.Κουμαντάκης

ΔΠΜΣ
«Επιστήμη &
Τεχνολογία
Υδατικών Πόρων»

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση των Μεταπτυχιακών μου σπουδών και της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον υπεύθυνο και και επιβλέπων καθηγητή μου, Κουμαντάκη Ιωάννη, Ομότιμο καθηγητή του ΕΜΠ, για την καθοδήγηση και τη βοήθεια του στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Ευχαριστώ πολύ την συνεργάτη του κα Ελένη Βασιλείου, Μηχανικό Μεταλλείων – Μεταλλουργό, Δρα ΕΜΠ για την πολύτιμη βοήθεια της, τις γνώσεις και την εμπειρία που μου προσέφερε.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υπαλλήλους του ΥΠΕΚΑ και του ΙΓΜΕ για τα δεδομένα και τις πληροφορίες που μου παρείχαν, καθώς και του ΤΟΕΒ Τυμπακίου Κρήτης, για την καθοδήγηση και τις γνώσεις που μοιράστηκαν μαζί μου και ιδιαίτερα τον ηλεκτρολόγο του ΤΟΕΒ Στυλιανάκη Γιάννη, για την ξενάγηση του στις γεωτρήσεις τις περιοχής και τη βοήθεια λήψης των δειγμάτων νερού.

Ευχαριστώ πολύ την οικογένεια μου για την υποστήριξη και τη βοήθεια που μου προσέφερε καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

Παρασκάκη Δανάη,

Οκτώβρης 2014

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	i
Περίληψη.....	x
Extended Summary	xi
Εισαγωγή.....	1
1. Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης.....	2
1.1 Μορφολογία	3
1.2 Κλίμα.....	4
1.3 Γεωλογική Δομή.....	4
1.4 Υδρογεωλογία	8
1.5 Υδρογραφικό δίκτυο	9
1.6 Συνολικές ανάγκες σε νερό – Χρήσεις νερού	10
1.7 Υφάλμυρες πηγές	13
1.8 Περιβάλλον και Προστατευόμενες περιοχές	14
1.9 Τουρισμός	15
1.10 Οικονομία.....	16
2. Περιοχή Δυτικής Μεσσαράς, Φαιστός-Τυμπάκι.....	17
2.1 Κλιματικά στοιχεία	19
2.2 Γεωλογία	23
2.3 Υδρολιθολογική ταξινόμηση γεωλογικών σχηματισμών περιοχής	25
2.4 Γεωργία και κτηνοτροφία Τυμπακίου.....	27
2.5 Κύριες λεκάνες απορροής	30
2.6 Τροφοδοσία και εκφόρτιση υπόγειων υδροφορέων.....	31
2.7 Μέσο ετήσιο υδατικό ισοζύγιο	32
2.8 Προστατευόμενες περιοχές Natura	33

3.	Υδροχημεία (θεωρητικά στοιχεία).....	34
3.1	Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού	34
3.1.1	Φυσικές Παράμετροι	34
3.1.2	Χημικές Παράμετροι	37
3.1.3	Θρεπτικές ενώσεις του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P),.....	41
3.1.4	Πρωτεΐνες, Οργανικές ενώσεις και αέρια.....	41
3.2	Κατηγορίες υπόγειων υδάτων	41
3.3	Καταλληλότητα νερού για διάφορες χρήσεις	44
3.3.1	Καταλληλότητα νερού για πόσιμότητα	44
3.3.2	Καταλληλότητα νερού για άρδευση	46
3.4	Τρόποι παρουσίασης των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων.....	48
3.4.1	Ιοντικοί λόγοι	48
3.4.2	Υδροχημικοί χάρτες	52
3.4.3	Υδροχημικά διαγράμματα	52
4.	Ρύπανση υπογείου νερού.....	58
4.1	Εισαγωγή.....	58
4.2	Αυξημένα νιτρικά ιόντα στο υπόγειο νερό	59
4.2.1	Προέλευση.....	60
4.2.2	Επιπτώσεις στην υγεία.....	61
4.2.3	Πρόληψη και τρόποι αντιμετώπισης	62
4.3	Αυξημένα χλωριόντα στο υπόγειο νερό	65
4.3.1	Προέλευση.....	65
4.4	Φαινόμενο υφαλμύρωσης.....	65
4.4.1	Αίτια υφαλμύρωσης.....	66
4.4.2	Τρόποι αντιμετώπισης	68
5	Υδροχημεία περιοχής Φαιστού-Τυμπακίου.....	69
5.1	Ανάλυση περιοχής μελέτης με βάση στοιχεία του ΙΓΜΕ (2004-2008).....	69

5.1.1	Διακύμανση στάθμης υπόγειου υδροφορέα	71
5.1.2	Υδροχημικοί χάρτες περιοχής μελέτης τα έτη 2004-2008	77
	Κατανομή Νιτρικών στην περιοχή μελέτης	80
	Κατανομή ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην περιοχή μελέτης.....	81
	Κατανομή θεικών στην περιοχή μελέτης.....	82
	Κατανομή χλωριόντων στην περιοχή μελέτης.....	83
5.2	Δειγματοληψία και Χημικές αναλύσεις στα πλαίσια της παρούσας έρευνας	84
5.2.1	Σωστή δειγματοληψία	84
5.2.2	Παρουσίαση αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων	85
5.2.3	Ταξινόμηση με βάση τους ιοντικούς λόγους.....	88
5.2.4	Ταξινόμηση με βάση τις ποιοτικές παραμέτρους.....	90
5.2.5	Κατανομή Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας στην περιοχή μελέτης	92
5.2.5	Κατανομή Νιτρικών (NO ₃) στην περιοχή μελέτης.....	93
5.2.6	Κατανομή χλωριόντων (Cl) στην περιοχή μελέτης.....	94
5.2.7	Κατανομή θεικών (SO ₄) στην περιοχή μελέτης	95
5.2.8	Υδροχημικά διαγράμματα	95
5.3	Συμπεράσματα	99
5.4	Μέτρα προστασίας	101
5.5	Προτάσεις.....	102
	Βιβλιογραφία.....	105
	Παράρτημα Ι.....	109
	Παράρτημα ΙΙ.....	116

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1.1: Δορυφορική απεικόνιση υδατικού διαμερίσματος Κρήτης (πηγή: Geodata.gov.gr).	2
Εικόνα 1.2: Γεωφυσικός χάρτης Κρήτης (πηγή: Περιφέρεια Κρήτης, 2006)	3
Εικόνα 1.3: Σχηματική στρωματογραφική στήλη Κρήτης (πηγή: planet earth).	7
Εικόνα 1.4: Γεωλογικός χάρτης Κρήτης (πηγή: Papanastassiou D., et. al., 2004).....	8
Εικόνα 1.5: Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής δομής της Κρήτης με τα αλληπάλληλα τεκτονικά καλύμματα (Περιφέρεια Κρήτης, 2006).....	8
Εικόνα 1.6: Ζώνες Ειδικής Προστασίας Περιφέρειας Κρήτης.	15
Εικόνα 2.1: Χάρτης Μεσσαράς (πηγή: Google).....	17
Εικόνα 2.2: Χάρτης Δυτικής Μεσσαράς, περιοχή Τυμπακίου (πηγή Google).	18
Εικόνα 2.4: Υδρολιθικός χάρτης Νομών Ηρακλείου και Ρεθύμνου (πηγή: Μελέτη Ο.Δ.Υ.Π.Κ-2000).	26
Εικόνα 2.5: Θερμοκήπια το Τυμπάκι (Μάιος 2014).	28
Εικόνα 2.6: Θερμοκήπια το Τυμπάκι (Μάιος 2014).	28
Εικόνα 2.7: Κατανομή ρυπογόνων εστιών στην πεδιάδα της Μεσσαράς (πηγή: ΙΓΜΕ).	29
Εικόνα 2.8: Λεκάνες απορροής ποταμών Γεροποτάμου – Κουτσουλίδη (πηγή: Β.Μπούρα).....	31
Εικόνα 2.9: Περιοχές προστατευόμενες στη Νότια Κρήτη (πηγή: Google).	33
Εικόνα 4.1: Πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων (πηγή: google).	58
Εικόνα 4.2: Η γεωργία αποτελεί σημαντική πηγή νιτρικών στα υπόγεια νερά (πηγή: google).	59
Εικόνα 4.3: Φαινόμενο υφαλμύρωσης σε υπόγειο υδροφορέα (πηγή: google).	66
Εικόνα 5.1: Χάρτης υδροφόρου συστήματος Μεσσαράς σε κλίμακα 1:250000 (πηγή: ΙΓΜΕ 2008)	69
Εικόνα 5.2: Χάρτης αποτύπωσης σημείων των γεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης. 71	
Εικόνα 5.3: Κατανομή νιτρικών ιόντων στην περιοχή της Δυτικής Μεσσαράς σε κλίμακα 1:500000(πηγή: ΙΓΜΕ 2008).	80
Εικόνα 5.4: Κατανομή αγωγιμότητας στην περιοχή της Δυτικής Μεσσαράς σε κλίμακα 1:500000 (πηγή: ΙΓΜΕ 2008).	81

Εικόνα 5.5: Κατανομή θεικών στην περιοχή της Δυτικής Μεσσαράς σε κλίμακα 1:500000 (πηγή: ΙΓΜΕ 2008).....	82
Εικόνα 5.6: Κατανομή χλωριόντων στην περιοχή της Δυτικής Μεσσαράς σε κλίμακα 1:500000 (πηγή: ΙΓΜΕ 2008).....	83
Εικόνα 5.7: Χαρακτηριστική γεώτρηση στην περιοχή του Τυμπακίου και αντλιοστάσιο.....	85
Εικόνα 5.8: Δικλείδα διακοπής νερού γεώτρησης.	86
Εικόνα 5.9: Χάρτης αποτύπωσης σημείων δειγματοληψίας από την περιοχή μελέτης.	88
Εικόνα 5.10: Χάρτης κατανομής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) στην περιοχή μελέτης.	92
Εικόνα 5.11: Χάρτης κατανομής Νιτρικών (NO ₃) στην περιοχή μελέτης.	93
Εικόνα 5.12: Χάρτης κατανομής Χλωριόντων (Cl) στην περιοχή μελέτης.	94
Εικόνα 5.13: Χάρτης κατανομής θεικών (SO ₄) στην περιοχή μελέτης.....	95

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Αριθμός κατοίκων ανά Νομό στην Κρήτη (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2011).	3
Σχήμα 1.2: Εκτίμηση συνολικών ετήσιων αναγκών σε νερό για κάθε νομό της Κρήτης.	12
Σχήμα 1.3: Εκτίμηση των αναγκών σε νερό ποσοστιαία ανάλογα με τις χρήσεις γης.	12
Σχήμα 2.1: Μέση μηνιαία θερμοκρασία Μ.Σ. Τυμπακίου (πηγή: ΕΜΥ).....	22
Σχήμα 2.2: Μέση μηνιαία υγρασία Μ.Σ. Τυμπακίου (πηγή: ΕΜΥ).....	22
Σχήμα 2.3: Μέση μηνιαία ένταση ανέμων Μ.Σ. Τυμπακίου (πηγή: ΕΜΥ).	22
Σχήμα 2.4: Μέση μηνιαία βροχόπτωση Μ.Σ. Τυμπακίου (πηγή: ΕΜΥ).	23
Σχήμα 3.1: Διάγραμμα δείκτη SAR και αγωγιμότητας.....	47
Σχήμα 3.2: Διάγραμμα Durov.....	53
Σχήμα 3.3: Διάγραμμα Piper.	54
Σχήμα 3.4: Διάγραμμα Ludwig Langelier.	55
Σχήμα 3.5: Διάγραμμα Wilcox.	56
Σχήμα 3.6: Διάγραμμα Schoeller.....	57

Σχήμα 5.1: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση M2 προσχωματικού υδροφορέα Τυμπακίου/Φανερωμένης (πηγή: ΙΓΜΕ).	72
Σχήμα 5.2: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση NH14,	73
Σχήμα 5.3: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση M1,	73
Σχήμα 5.4: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση M12,.....	74
Σχήμα 5.5: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση M25 του προσχωματικού υδροφορέα Βόρων (πηγή: ΙΓΜΕ).	74
Σχήμα 5.6: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση Ψ46 Μαργαρικαρίου (πηγή: ΙΓΜΕ).	75
Σχήμα 5.7: Διάγραμμα μεταβολής της παροχής με το χρόνο για τη πηγή Ψ20 (πηγή: ΙΓΜΕ).	75
Σχήμα 5.8: Διάγραμμα μεταβολής της παροχής με το χρόνο για τη πηγή Ψ48 (πηγή: ΙΓΜΕ).	76
Σχήμα 5.9: Κατανομή ετήσιου ύψους βροχής, στην περιοχή μελέτης, για τα έτη 2003-2008 (πηγή: ΙΓΜΕ).	76
Σχήμα 5.10: Διάγραμμα συνολικού ύψους βροχής για κάθε έτος στην περιοχή μελέτης (πηγή: ΙΓΜΕ).	76
Σχήμα 5.11: Υδροχημικό διάγραμμα Duron δειγμάτων Τυμπακίου.	96
Σχήμα 5.12: Υδροχημικό διάγραμμα Piper δειγμάτων Τυμπακίου.	97
Σχήμα 5.13: Υδροχημικό διάγραμμα ludwig-langelier δειγμάτων Τυμπακίου.	98
Σχήμα 5.14: Υδροχημικό διάγραμμα Wilcox δειγμάτων Τυμπακίου.	99

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1.1: Λεκάνες επιφανειακής απορροής νήσου Κρήτης (πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ). ..	10
Πίνακας 2.1: Κλιματικά δεδομένα μετεωρολογικού σταθμού Τυμπακίου (πηγή: ΕΜΥ).	21

Πίνακας 2.2: Κατανομή αρδευόμενης έκτασης/ανά καλλιέργεια ΤΟΕΒ Α' Ζώνης Μεσσαράς (πηγή: ΤΟΕΒ, 2014).....	27
Πίνακας 2.3: Αριθμός ζώων που εκτρέφονται στο Τυμπάκι.....	28
Πίνακας 2.4: Μέσα ετήσια ισοζύγια 20ετίας 1977-1997 (πηγή: Μελέτη Ο.Δ.Υ.Π.Κ-2000).....	32
Πίνακας 3.1: Ταξινόμηση υπόγειου νερού με βάση τη σκληρότητα (πηγή: Καλλέργης 2000).....	37
Πίνακας 3.2: Ανώτατα επιτρεπόμενα όρια των διαφόρων παραμέτρων του νερού (πηγή: ΦΕΚ Β'892/11.07.2001).....	46
Πίνακας 3.3: Χαρακτηρισμός βαθμού ρύπανσης νερού από τη θαλάσσια διείσδυση (πηγή: Καλλέργης 2000).	48
Πίνακας 5.1: Συντεταγμένες γεωτρήσεων δειγματοληψίας (πηγή ΙΓΜΕ, περίοδος 2004-2008).	70
Πίνακας 5.2: Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού της περιοχής Τυμπακίου (πηγή ΙΓΜΕ).	78
Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα μετρήσεων αγωγιμότητας, Ολικής σκληρότητας και TDS (πηγή: ΙΓΜΕ).....	79
Πίνακας 5.4: Συντεταγμένες γεωτρήσεων δειγματοληψίας της περιοχής μελέτης.....	86
Πίνακας 5.5: Ποιοτικά χαρακτηριστικά των νερών δειγματοληψίας της περιοχής μελέτης.	87
Πίνακας 5.6: Υπολογισμός των ιοντικών λόγων.....	89
Πίνακας 5.7: Υπολογισμός διάφορων παραμέτρων νερού για την περιοχή μελέτης....	90
Πίνακας 5.8: Χαρακτηρισμός νερού δειγματοληψίας της περιοχής μελέτης με βάση τον συντελεστή Revelle	91
Πίνακας 5.9: Κατάταξη νερού με βάση το διάγραμμα Piper.	97

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του καθεστώτος των υπόγειων υδάτων στην πεδιάδα Φαιστού-Τυμπακίου, με έμφαση στην ποιότητα τους. Η εργασία περιλαμβάνει βιβλιογραφική επισκόπηση και μελέτη της ποιότητας των υπογείων νερών στα πλαίσια της παρούσας, με δειγματοληψία από γεωτρήσεις, χημικές αναλύσεις και αξιολόγηση των νέων δεδομένων.

Αρχικά γίνεται μια περιγραφή της Κρήτης, της γεωλογίας, κλίματος, λεκάνων απορροής κτλ και στη συνέχεια η μελέτη αφορά συγκεκριμένα την πεδιάδα της Δυτικής Μεσσαράς και ιδιαίτερα τον κάμπο Φαιστού-Τυμπακίου, με αναφορά στο γεωλογικό και υδρογεωλογικό καθεστώς, το κλίμα, το υδρολογικό ισοζύγιο, την υδροχημεία κτλ.

Έγινε η συλλογή υφιστάμενων στοιχείων για την περιοχή (χάρτες, σχέδια, μελέτες, στοιχεία ποιότητας, μετρήσεις παροχών, ισχύουσα νομοθεσία) από διάφορους φορείς και στη συνέχεια λήφθηκαν δείγματα υπογείου νερού με τη βοήθεια του ΤΟΕΒ Τυμπακίου. Ακολούθησε η χημική τους ανάλυση, η ανάλυση των αποτελεσμάτων και η δημιουργία υδροχημικών χαρτών για την εξαγωγή συμπερασμάτων για την ποιότητα του υπογείου νερού και την καταλληλότητα του για διάφορες χρήσεις.

Χρησιμοποιήθηκαν το λογισμικό γεωπληροφορικής arcGIS και το λογισμικό Surfer 11, για τη σχεδίαση ισοπαραμετρικών καμπυλών με σκοπό τη δημιουργία των θεματικών υδροχημικών χαρτών. Επίσης, με τη βοήθεια του Aquachem κατασκευάστηκαν τα υδροχημικά διαγράμματα Durov, Piper, Schoeller, Ludwig-Langelier και Wilcox, για την κατηγοριοποίηση του νερού.

Η αξιολόγηση και τα συμπεράσματα των χημικών αναλύσεων οδήγησαν στην παράθεση στοιχείων ποιοτικής υποβάθμισης του υπόγειου νερού του κάμπου Τυμπακίου-Φαιστού και διατύπωση προτάσεων σε μια προσπάθεια βελτίωσης της υπάρχουσας κατάστασης στην περιοχή.

Extended Summary

Introduction

With two thirds of the earth's surface covered by water and the human body consisting of 75 percent of it, it is evidently clear that water is one of the prime elements responsible for life on earth. Water quality is defined in terms of the chemical, physical, and biological content of water. The water quality of rivers and lakes changes with the seasons and geographic areas, even when there is no pollution present. There is no single measure that constitutes good water quality. For instance, water suitable for drinking can be used for irrigation, but water used for irrigation may not meet drinking water guidelines. Water quality guidelines provide basic scientific information about water quality parameters and ecologically relevant toxicological threshold values to protect specific water uses.

Many factors affect water quality such as:

- ✓ Sedimentation
- ✓ Runoff
- ✓ Erosion
- ✓ Dissolved oxygen
- ✓ Temperature
- ✓ Decayed organic materials
- ✓ Pesticides
- ✓ Toxic and hazardous substances from Industries
- ✓ Oils, grease, and other chemicals
- ✓ Detergents
- ✓ Litter and rubbish
- ✓ Sewage, wastewater produced from houses, schools, hospitals, workshops, laboratories, etc.
- ✓ Agricultural wastewater from fertilizer and pesticides

- ✓ Liquid waste from small or large animal farms
- ✓ Acid rain, carrying atmospheric pollutants in groundwater due to infiltration

Water's protection from these factors that degrade its quality and management is very important for the preservation of life.

Study area: Tympaki

This post-graduate project refers to the chemical features and quality of the ground water in Tympaki of Messara, in Crete. Messara located in the southern part of Heraklion and comprises of a plain with east-west orientation, about 25 km long and 5 km wide, with a total area of 112 km²

The valley is protected from wild Asterousia Mountains, while the western side ends in a huge coastline. Messara is crossed by rivers Koutsoulidi and Geropotamos. Geropotamos river covers an area of 600.6 km² and his main tributaries are Koutsoulidis river (121, 9 km²) and Lethaeos river (43, 4 km²).

The plain of Messara is comprised of 45% quaternary sediments, while the surrounding mountains and hills of 53% of Neogene sediments and flysch, with a relatively large amount of surface runoff. There is a 2% of karst formations, which is, due to the permeability of rocks, characterized by a negligible amount of surface runoff. The central part of the basin (study area) Tympaki, is covered by Pleistocene deposits (conglomerates, sands, marls, sandstones, clays and limestones). In addition, we meet clastic sedimentary rocks in the greater area, of the Quaternary Period (marine and terrestrial deposits).

Tympaki is one of the most important agricultural areas of Crete. Farming, mainly greenhouses, citrus and olive groves are the main human activities in Tympaki, resulting to widely developed irrigation systems. Excessive water pumping from underground aquifers, in order to cover the needs of water supply and irrigation, as well as the constant use of pesticides and fertilizers lead to the degradation of water quality.

The need to increase the productive potential of the economy led to bigger agricultural production to such an extent that there is a significant increase of nitrates in groundwater. Also, a large number of illegal drillings is detected in the area causing humiliation of the underground aquifer's level and increasing the risk of appearance of salinization.

The irrigated area is 40,000 acres and the total irrigation water used today comes from the underground potential. The alluvial-Pleistocene aquifer that occupies the coastal-central part of the basin, has an area of approximately 50 Km² and receives an average rainfall of less than 500 mm. Due to Tympaki's climate the area is suitable for the development of many green houses for early season vegetables. The climate is temperate-marine dry-warm with long summers and mild-warm with short winters.

Chemical analysis

In order to determine and analyze the water quality of the study area, quality data were gathered from I.G.M.E. for the years 2004 to 2008 and samples were taken directly from drills in May of 2014.

The chemical analysis methods used were:

1. Ionic ratios

- Contributor ReVelle
- Conductivity
- Chlorine
- Na/Cl ratio
- Br/ Cl ratio
- Cl/ SO₄ ratio
- Na/K ratio
- Mg / Ca ratio
- (Ca+Mg)/(Na+K) ratio

2. Hydrochemical maps

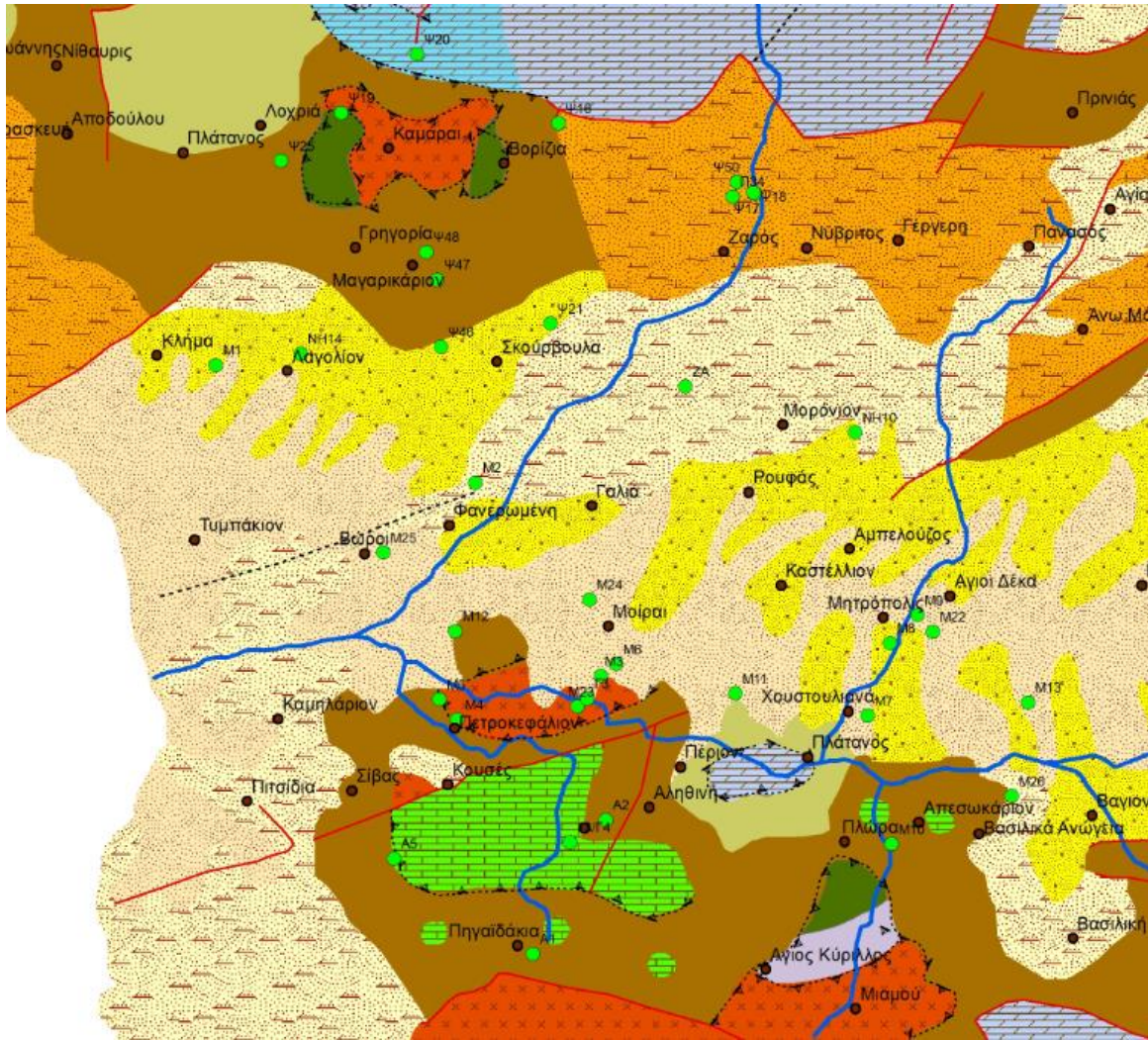
3. Hydrochemical diagrams

- ✓ Durov
- ✓ Piper
- ✓ Ludwig Langelier
- ✓ Wilcox
- ✓ Schoeller

We can see the coordinates of 7 drillings and 2 water sources given from I.G.M.E. in Table 1 and in Map 1 below, for the years 2004-2008:

Table 1: Coordinates of 7 drillings and 2 water sources (I.G.M.E)

Sample ID	code	x	y	z
Klimatos	M1	570412	3884980	67
Faneromenis	M2	576469	3882238	91
Kamilariou	M12	587146	3878754	34
Voron	M25	574313	3880606	80
Kamaron	Ψ20	575102	3892238	1300
Grigorias	Ψ25	571934	3889747	575
Magarikariou	Ψ46	575665	3885403	330
Magarikariou	Ψ48	575317	3887618	452
Lagoliou	NH14	572383	3885242	132



Map 1: The drillings and water sources positions (I.G.M.E.)

The results of chemical analysis of the drillings, performed from department of I.G.M.E. and are giving in the table below:

Table 2: Results of water's chemical analysis

Code	pH	E.C. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)
M1	7,7	756	75,4	28,2	49,2	2,3	222	94	48	43,4
M1	7,5	701	49,7	25,8	49,7	2,3	156	97,5	56,6	9,3
M1	7,4	855	88,5	24,3	56,2	2,2	248	110	70,5	37,2
M1	8,1	795	66,6	33,9	47,3	2,6	261	87,9	49,7	37,2
M2	7,5	958	54,5	70	37,7	1,6	392	60,3	102	5
M2	7,6	701	48,1	44	35,9	1,6	225	65,6	107	6,2
M2	7,5	848	99,4	30,2	35,8	3	336	56,7	101	12,4
M2	8,1	818	77,5	47,3	34,7	2,6	344	59,2	101	18,6

M12	7,4	1068	71,3	41,1	89,7	9,4	19	140	195	6,2
M12	7,7	1206	105	42,3	79,2	7,4	317	128	165	37,2
M12	8,3	1227	118	44,9	90,7	10	356	135	188	18,6
M25	0	876	-	-	-	-	-	47,9	0	5
M25	8,1	899	-	-	-	-	-	43,3	0	6,2
M25	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
M25	8,1	841	-	-	-	-	-	57,8	0	18,6
M25	7,3	809	64,1	43,2	34	1,7	305	59,9	73,5	12,4
M25	7,7	960	103	42,3	39,6	1,7	378	62,4	100	24,8
M25	7,8	840	0	0	0	0	0	63,8	0	12,4
M25	7,5	935	109	31,6	37,9	2,2	366	60,3	102	18,6
Ψ20	7,9	261	24	14,6	3,7	0,8	134	7,1	0	-
Ψ20	7,5	260	29,7	12,9	4,6	0,4	142	7,1	0	-
Ψ20	7,7	270	28,9	12,6	3,6	0,4	134	12,4	0	-
Ψ20	8,2	234	30,5	9,7	4,3	0,4	134	7,1	0	-
Ψ20	8,1	234	32,2	8,7	3,6	0,4	140	7,1	0	-
Ψ25	7,8	300	24	13,1	12	0,4	122	19,5	16,8	-
Ψ25	7,6	285	28,9	11,7	12,5	0,9	122	17,7	23,1	-
Ψ25	7,5	399	48,4	14,4	11,5	0,4	190	24,1	12	12,4
Ψ46	7,4	734	73,4	12	39,1	0,8	232	70,9	31,7	5
Ψ46	7,5	653	78,6	18,5	33,7	1,3	276	53,2	33,9	24,8
Ψ46	7,6	585	72,9	12,2	32,2	1,3	218	54,6	33,9	24,8
Ψ46	7,7	606	76,5	14,9	32,2	1,3	257	51,8	27,9	24,8
Ψ48	7,8	723	32,1	46,2	27,6	1,6	253	35,5	67,2	12,4
Ψ48	7,4	723	73,4	19,2	27,6	1,6	248	28,4	67,2	18,6
Ψ48	7,9	634	77,8	19,5	27,6	1,7	258	30,1	74,1	18,6
Ψ48	7,8	553	60,9	18,5	27,6	2,2	198	28,7	78,2	18,6
Ψ48	7,6	575	66,6	15,5	26,8	1,7	214	29,1	59	12,4
NH14	7,5	904	58,4	50,6	38,2	3,9	325	70,9	71,6	18,6
NH14	7,5	778	79,4	33,1	34	3,1	305	63,8	71,9	5
NH14	7,6	777	70,5	35	35	3	281	62	70,5	31
NH14	8,4	750	57,3	48,4	33,2	3,5	334	57,4	65,8	12,4

Comments

1. In the Tympaki area we observe a slight increase to the values of nitrates compared to the standards of legislation. This is due to the use of nitrogen fertilizers and pesticides on crops. The problem is deteriorated by livestock waste and the operation of olive mills in the area.
2. Conductivity presented elevated values in this study. This indicates the risk of seawater's intrusion in the aquifer, due to overpumping (legal or

not), in order to irrigate crops. The construction of Faneromeni's dam causes reduction of the aquifer's recharge rate, due to decrease of the amount of runoff which results to Koutsoulidis river, contributing to the general lowering of the aquifer's level.

3. Also, in several wells high values of SO_4 ions were detected. This may be caused by natural causes, such as the existence of Gypsum in Neogene deposits and the geological formations of the Pindos zone.
4. Chlorides are slightly increased, but they appear values lower than 250 mg/l, which is the limit according to legislation. These values are because of the composition of Tympaki's bedrock, which consists of sedimentary formations and also due to the penetration of sea water in the aquifer.

The following charts present the humiliation of groundwater level for all 7 drillings in issue for the years 2004-2008:

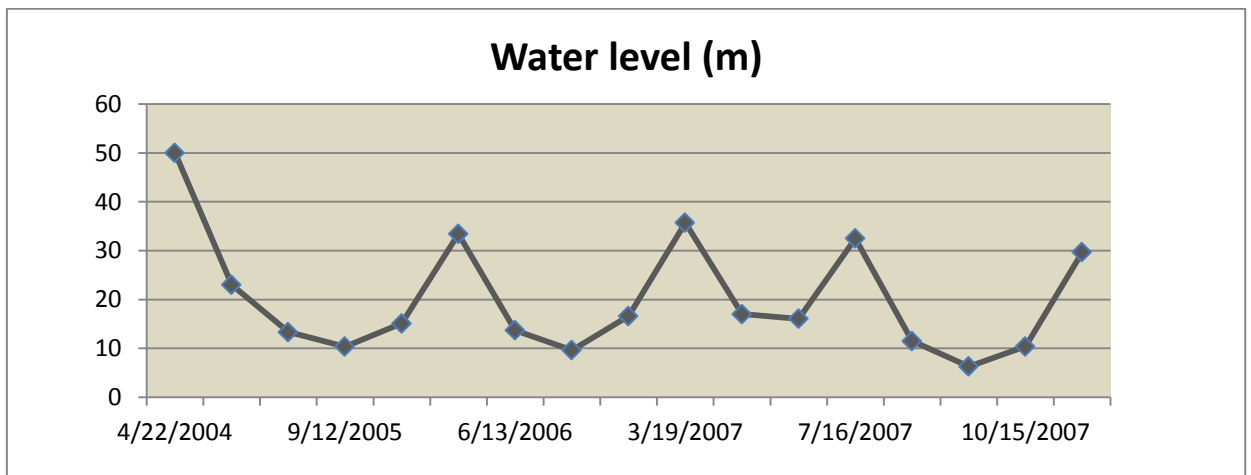


Chart 1: Water level of drilling M2 (I.G.M.E)

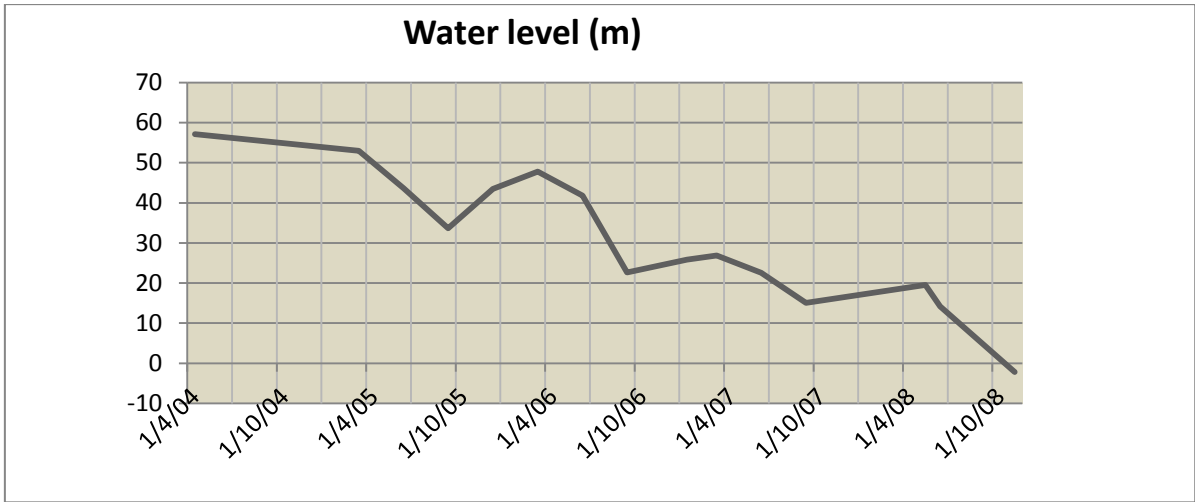


Chart 2: Water level of drilling NH14 (I.G.M.E)

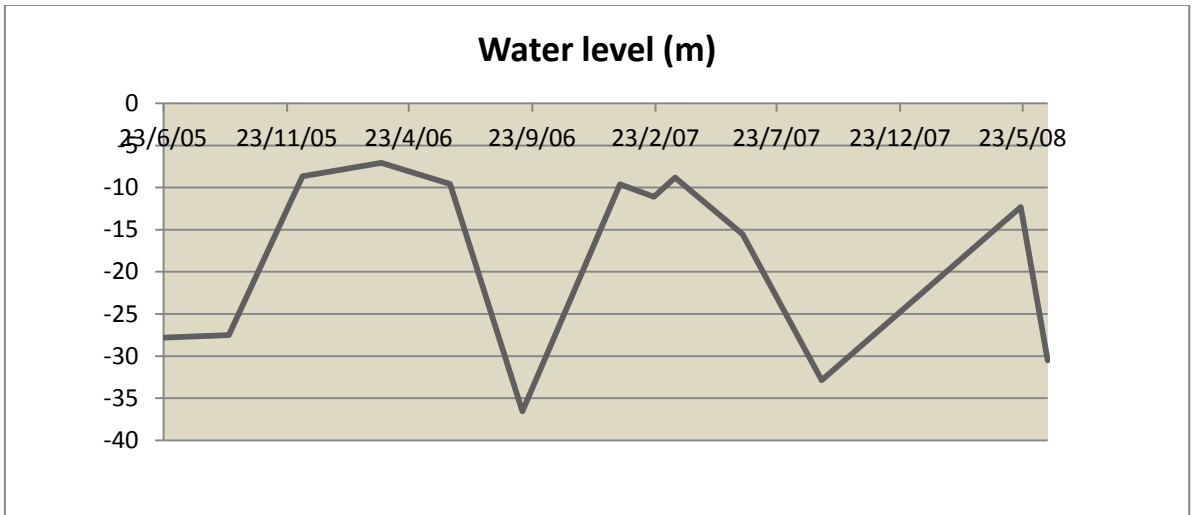


Chart 3: Water level of drilling M1 (I.G.M.E)

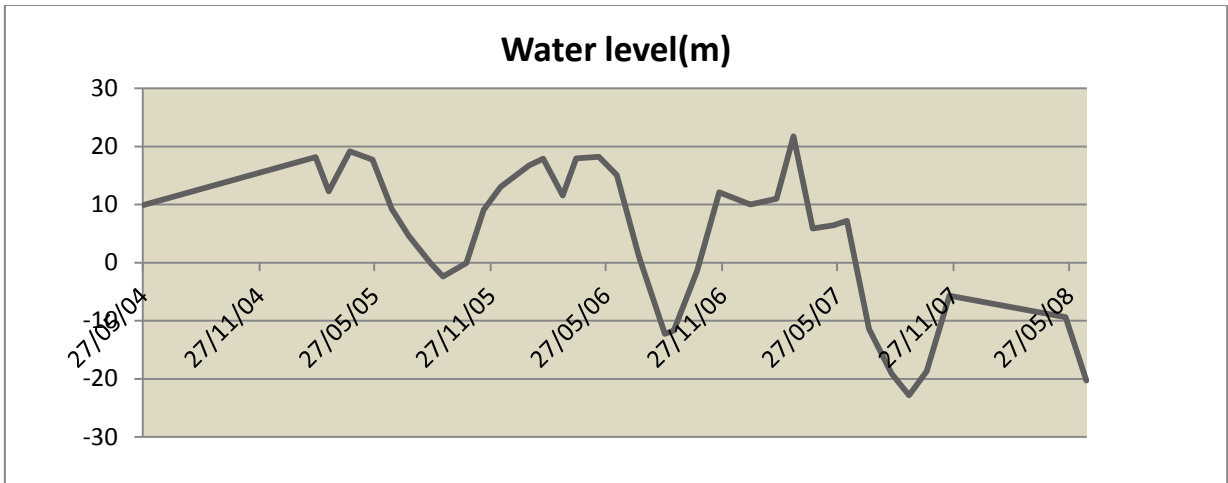


Chart 4: Water level of drilling M12 (I.G.M.E)

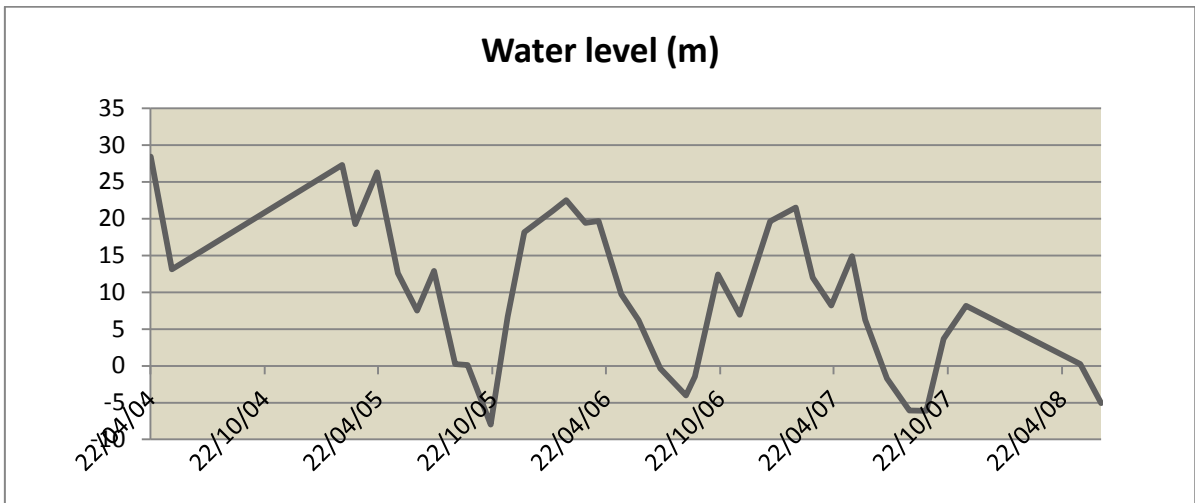


Chart 5: Water level of drilling M25 (I.G.M.E)

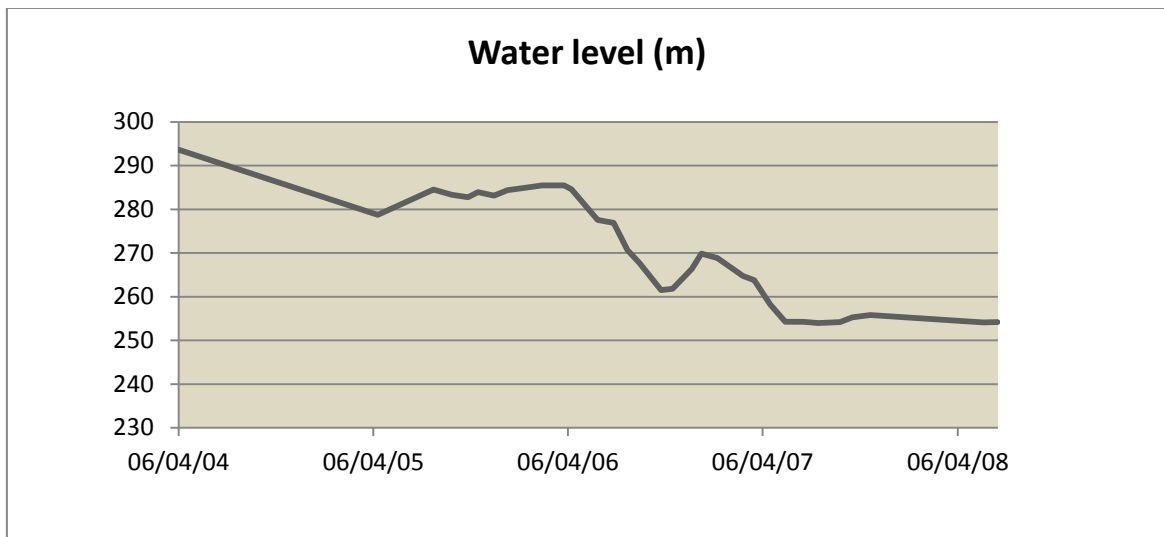


Chart 6: Water level of drilling Ψ46 (I.G.M.E)

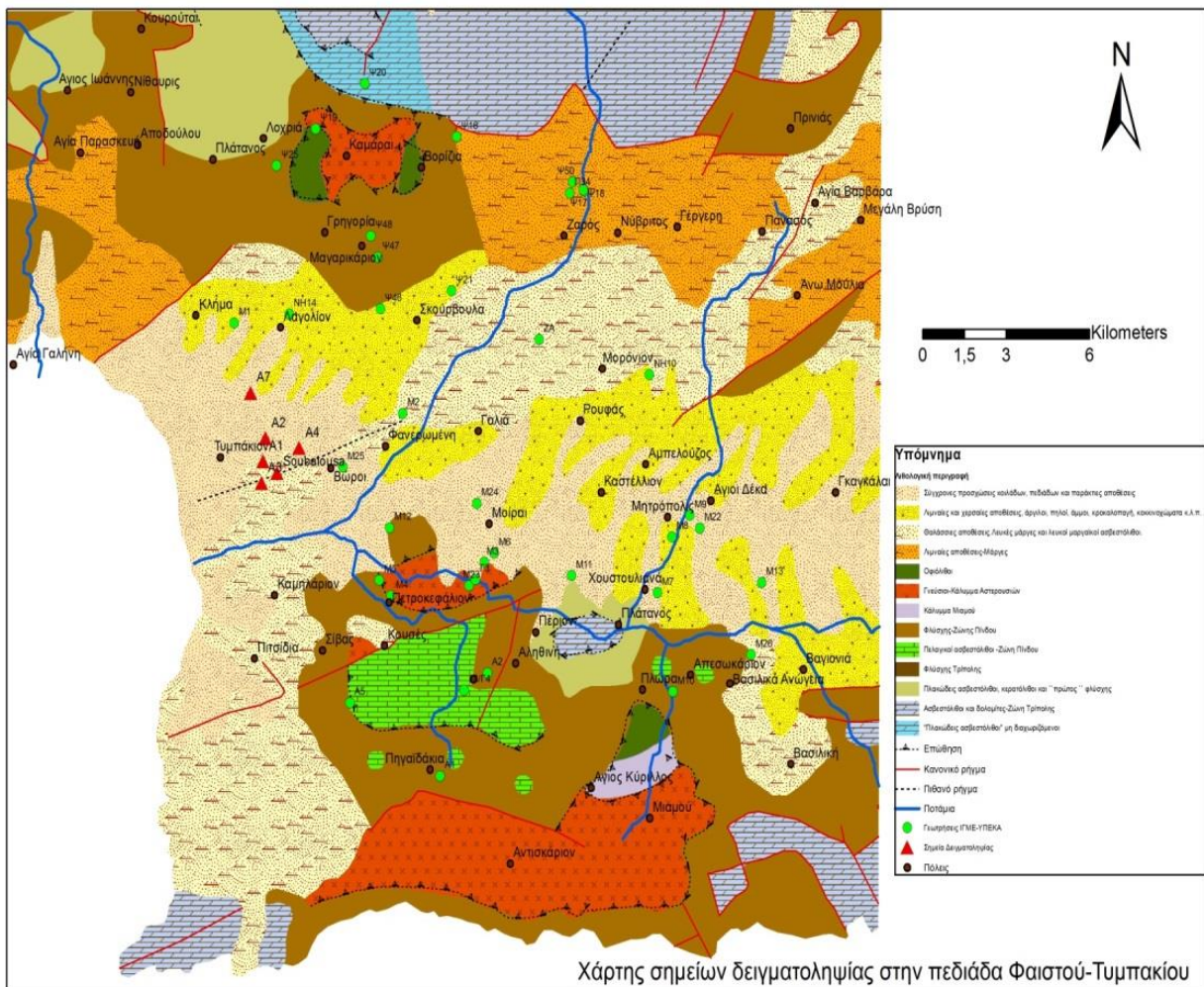
Further Comments

The over-pumping of underground water for covering irrigation needs, and the construction of wells without permission, in combination with the lack of rain for years 2004-2008, intensify the problem, making it difficult to replenish the aquifer to its original levels. Unfortunately Faneromeni's dam contributes to this difficulty and natural recharge of the aquifer. The dam's core is earthen clay with a maximum height of 75m and the foundation crest width 8m. The annual amount of water in the dam is $19.76 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. The construction was completed in April 2005 and since then it operates normally. It is estimated that the dam binds more than $1.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ of water per year. However, since Koutsoulidis river has dried up the recharge of the aquifer was decreased by 11%. The decrescent water level shown in many drillings can allow the penetration of seawater into the aquifer, where geological formations allow it, resulting in deterioration of groundwater quality.

In May 2014 water-samples were collected from 7 different drilling positions, in order to understand and estimate the quality of Tympaki's water. The coordinates of the drillings are shown in table 3 and map 2 bellow.

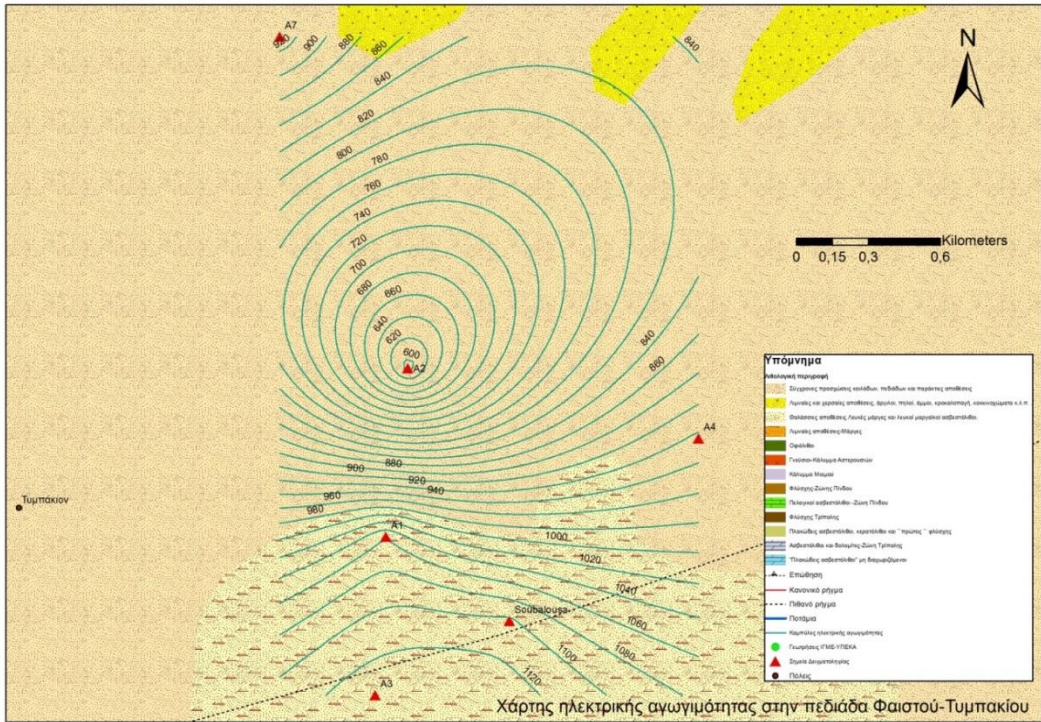
Table 3:The coordinates of drillings positions in Tympaki area (May 2014)

Code	X	Y	Z	m3/h
A1	571446,01	3880781	25,684	175
A2	571537,85	3881482	46,597	200
A3	571401,62	3880122	19,226	60
A4	572747,61	3881190	48,222	170
A5	572092,98	3881519	46,678	70
A7	571004,01	3882861	70,534	60
Soubalousa	571960,29	3880431	27,153	150

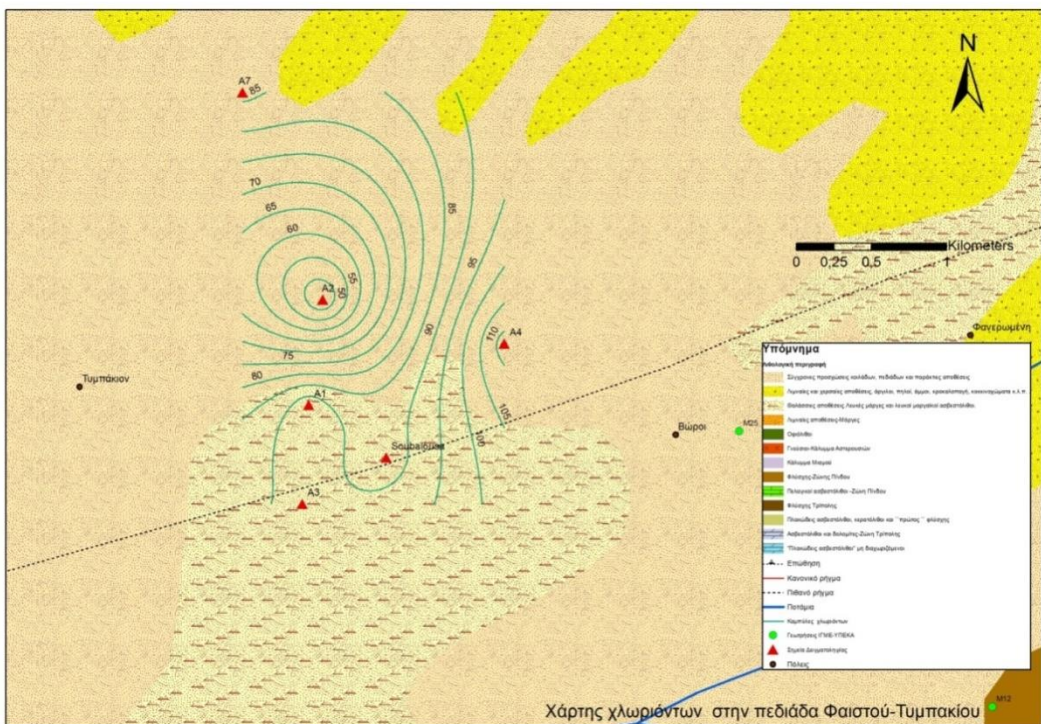


Map 2: Drilling positions in Tympaki (May 2014).

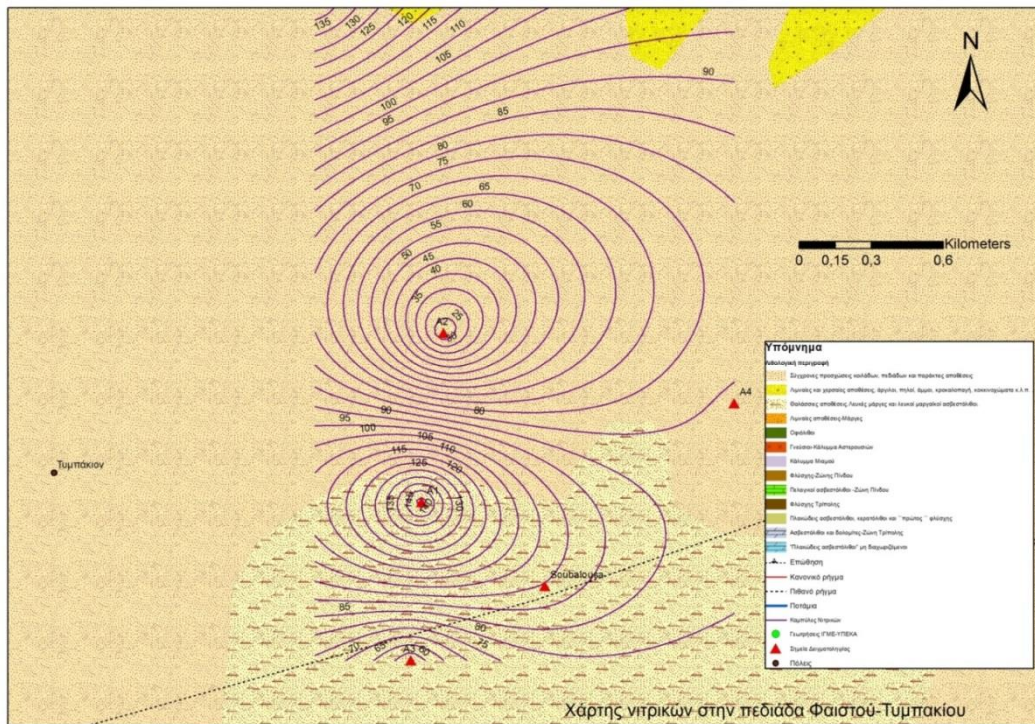
The following maps were created using arcGIS program. The maps present the results of chemical analysis in conductivity, NO₃, SO₄ and Cl⁻ for Tympaki area



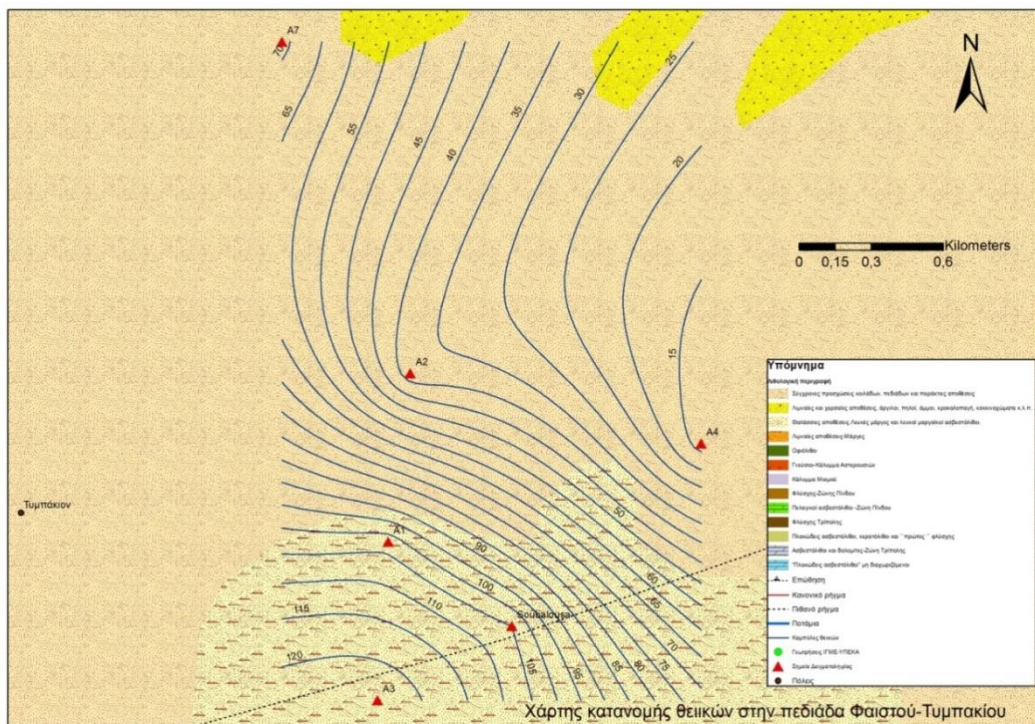
Map 3: Conductivity values in study area.



Map 4: Chlorides in study area.



Map 5: Nitrides in study area.



Map 6: SO₄ ions in study area.

Results:

- ✓ The values of conductivity (EC) in the study area, resulting from the water samples analysis, varied from 591 to 1132 $\mu\text{S}/\text{cm}$. All wells exceeded the indicative level of $400\mu\text{S}/\text{cm}$, and were particularly high at drillings A1 and Soumpaloussa. The increased rates in groundwater's conductivity may be caused by the effect of salinity, geological recommendation or by pollutants and salts from irrigation water from the surface.
- ✓ Chlorides values were estimated from 45 to 129 mg/l, values that exceeded the indicative level of 25 mg/l. These values may be due to penetration of sea water into the aquifer or surface water from irrigation sources, which are contaminated with salts and other elements. Another cause may be the geological background of the area (sedimentary rocks).
- ✓ Nitrates (NO_3) ranged from 19.7 to 146 mg/l and are quite beyond the indicative level of 25 mg/l. These values of NO_3 , which are in some cases higher from the maximum limit of 50 mg/l, suggests the problem of groundwater pollution by nitrates caused by agricultural activities, fertilizers, pesticides, from farms in the region and oil production.
- ✓ SO_4 in underground water ranged from 12.6 to 124 mg/l. The values at drilling positions A1, A2, A3, A7 and Soumpaloussa exceeded the indicative level of 25 mg/l but did not exceed the maximum permissible limit (250 mg/l).

Conclusions

The plain Tympaki is one of the most important agricultural areas of Crete with cultivations of early vegetables in greenhouses and olive trees, in a total area of 40,000 acres. The over-pumping of the aquifer in the study area, which is developed by Neogene and Quaternary formations, evokes the risk of entrance of sea water in the aquifer and in combination with systemic-fertilization of crops, causes degradation of water quality in the region.

The water samples analysis for the years 2004-2008 indicates a significant lowering of the level of the aquifer, which is due to over-pumping, the creation of many public and private boreholes and wells, sometimes without permission, and the construction of Faneromeni's dam, which dried up Koutsoulidi river.

The results of I.G.M.E. analysis in Tympaki area compared with the results of samples taken in May 2014 show is a significant increase of nitrates which often exceed the maximum permissible value of 50 mg/l set by the legislation. Tympaki region supports the local economy mainly with agricultural activities, the cultivation of early vegetables in greenhouses and olive trees. In the area there are hundreds of acres of crops. As a result the irrigation water requirement is constantly increased and the degradation of the quality of ground water from the use of nitrogen fertilizers and pesticides in the fields is important.

Suggestions

To improve the quality of ground water in Tympaki area actions should take place, such as:

1. Artificial recharge of the aquifer with water of at least third degree wastewater treatment. In order to do so, it is important to inform the citizens properly and supervise the wastewater treatment thoroughly.

2. Also important is the inspection and maintenance of distribution systems to avoid leaks that lead to unnecessary consumption of water.
3. Carrying out examination for illegal drilling in Tympaki, which creates a risk of further humiliation of groundwater level and seawater intrusion in the aquifer.
4. Controlling livestock waste disposal.
5. Encouraging olive mill waste treatment and proper disposal.
6. Improving sewage system.
7. It is estimated that Faneromeni's dam bind more than 1.2 Mm³ of water per year and its operation leads to drying up Koutsoulidis river and decrease the recharge of aquifer by 11%. Also, the reduced rainfall, combined with poor snowfall, affect the dam's water feeding. Thereby, a solution to the problem could be the diversion of river Platy in order to bring around 10 million cubic meters of water in the dam and solve the irrigation problem throughout Messara.

Εισαγωγή

Αντικείμενο και σκοπός εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται το υδρογεωλογικό καθεστώς και η ποιότητα του υπογείου νερού στην περιοχή Τυμπάκι της Κρήτης. Το Τυμπάκι τοποθετείται στη Δυτική Μεσσαρά, του Νομού Ηρακλείου και αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αγροτικές περιοχές του νησιού.

Η εκτεταμένη άντληση νερού από τους υπόγειους υδροφορείς για την κάλυψη των αναγκών και η συστηματική χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων δημιουργούν κίνδυνο για την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού. Η ανάγκη αύξησης της γεωργικής παραγωγής, με σκοπό την οικονομική ευημερία της περιοχής, οδήγησε στην αύξηση των μέσων παραγωγής σε τέτοιο βαθμό που παρατηρείται σημαντική άνοδος των νιτρικών ιόντων στο υπόγειο νερό. Επίσης μεγάλος είναι ο αριθμός των παράνομων γεωτρήσεων που έχουν διανοιχθεί στην περιοχή προκαλώντας ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα και αυξάνοντας τον κίνδυνο για εμφάνιση του φαινομένου της υφαλμύρωσης.

Αρχικά έγινε η συλλογή των υφιστάμενων στοιχείων για την περιοχή (χάρτες, σχέδια, μελέτες, στοιχεία ποιότητας, γεωλογικές τομές, μετρήσεις παροχών, ισχύουσα νομοθεσία κτλ) από διάφορους φορείς (ΤΟΕΒ, ΙΓΜΕ, Υπηρεσία Υδάτων Ν.Ηρακλείου, ΥΠΕΚΑ κτλ) και στη συνέχεια λήψης δειγμάτων νερού από την περιοχή μελέτης. Ακολούθησε η χημική τους ανάλυση, η ανάλυση των αποτελεσμάτων και η δημιουργία υδροχημικών χαρτών για την διεξαγωγή συμπερασμάτων για την ποιότητα το υπογείου νερού.

Διάρθρωση εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική περιγραφή του υδατικού διαμερίσματος της Κρήτης με αναφορά στην γεωλογία, μορφολογία, κλίμα, υδρογραφικό δίκτυο, τις ανάγκες σε νερό, το περιβάλλον και την οικονομία του νησιού.

Στο δεύτερο κεφάλαιο η περιγραφή επικεντρώνεται στην περιοχή μελέτης, δηλαδή τη Δυτική Μεσσαρά και συγκεκριμένα το Τυμπάκι. Αναφέρονται τα κλιματικά στοιχεία της περιοχής, η γεωλογία, η υδρογεωλογία, η τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων, το μέσο ετήσιο ισοζύγιο και στοιχεία γεωργίας και κτηνοτροφίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθενται τα θεωρητικά στοιχεία για την ποιότητα του νερού, οι κατηγορίες των υπογείων υδάτων, οι προδιαγραφές καταλληλότητας τους για πόση και γεωργία, ενώ αναλύονται οι θεωρίες των ιοντικών λόγων και διαφόρων συντελεστών και οι υδροχημικοί χάρτες Durov, Piper, Schoeller, Ludwig Langelier και Wilcox.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται οι τρόποι ρύπανσης του νερού, το πρόβλημα αύξησης της συγκέντρωσης των νιτρικών και των χλωριόντων στα υπόγεια νερά, τα αίτια εμφάνισής τους, οι επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και οι τρόποι αντιμετώπισης τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιλαμβάνονται οι δειγματοληψίες που έγιναν στην περιοχή μελέτης, οι χημικές αναλύσεις και τα αποτελέσματα τους. Στα αποτελέσματα εμφανίζονται οι ιοντικοί λόγοι και οι διάφοροι συντελεστές για την κατηγοριοποίηση του υπόγειου νερού της περιοχής μελέτης, καθώς και οι υδροχημικοί χάρτες για την περεταίρω ανάλυση της ποιότητας του. Τα αποτελέσματα ακολουθούνται από σχόλια, συμπεράσματα και προτάσεις.

1. Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης

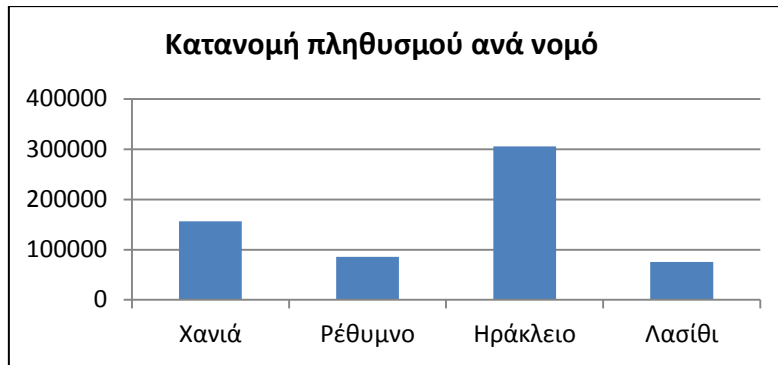
Η Κρήτη αποτελεί το 13^ο υδατικό διαμέρισμα της Ελλάδας, με έκταση 8.335 km² και καλύπτει το 6,3% της συνολικής έκτασης της χώρας. Διοικητικά διαχωρίζεται σε 4 νομούς, αυτούς του Ηρακλείου, Λασιθίου, Ρεθύμνου και Χανίων. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ο συνολικός πληθυσμός της Κρήτης είναι 623.065 κάτοικοι, συγκεκριμένα για το Νομό Ηρακλείου 305.490, Λασιθίου 75.381, Ρεθύμνου 85.609 και Χανίων 156.585 κάτοικοι (ΕΛΣΤΑΤ 2011).

Βρίσκεται γεωγραφικά στο σταυροδρόμι τριών ηπείρων, της νοτιοανατολικής Ευρώπης, της νοτιοδυτικής Ασίας και της Βόρειας Αφρικής, κάτι που σχετίζει το νησί με τη διαμόρφωση του κλίματος και κατά συνέπεια με τη βιοπικιοιλότητα (χλωρίδα-πανίδα) η οποία χαρακτηρίζεται πλούσια (Περιφέρεια Κρήτης, 2006).

Στην Κρήτη υπάρχει μεγάλη τουριστική ανάπτυξη, καθώς και γεωργική κυρίως πρώιμων κηπευτικών, ελιάς, αμπέλου και εσπεριδοειδών. Σε αυτές τις δραστηριότητες μπορούν να προστεθούν η βιομηχανία και η κτηνοτροφία. Οι παραπάνω δραστηριότητες, όμως αυξάνουν τη ζήτηση σε νερό, τόσο για ύδρευση, όσο και άρδευση.



Εικόνα 1.1: Δορυφορική απεικόνιση υδατικού διαμερίσματος Κρήτης (πηγή: Geodata.gov.gr).



Σχήμα 1.1: Αριθμός κατοίκων ανά Νομό στην Κρήτη (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2011).

1.1 Μορφολογία

Το μορφολογικό ανάγλυφο της Κρήτης χαρακτηρίζεται γενικά ορεινό, με βασικά ορεινά συγκροτήματα, αυτό των Λευκών ορέων (2.454 m), του Ψηλορείτη (ή Ίδη 2.456 m), Δείκτη-Σελένας (2.147 m) και τα όρη Σητείας (1.476 m). Η μορφολογία του νησιού χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλομορφία με ευδιάκριτες μορφολογικές ζώνες, τις ορεινές με υψόμετρο από 400 m και πάνω, τις ημιορεινές με υψόμετρο μεταξύ 200 m και 400 m και τις χαμηλές πεδινές με υψόμετρο μικρότερο των 200 m και μέχρι τη θάλασσα. Η μεγαλύτερα πεδιάδα είναι η πεδιάδα Μεσσαράς, στο νότιο – κεντρικό τμήμα της Κρήτης, ενώ ανατολικά αναπτύσσεται η πεδιάδα της Ιεράπετρας (ΙΓΜΕ 2009).

Τέλος, η Κρήτη βρίσκεται πάνω σε μια σεισμική ζώνη και ειδικότερα στο χώρο όπου η αφρικανική τεκτονική πλάκα εισέρχεται κάτω από την ευρασιατική.



Εικόνα 1.2: Γεωφυσικός χάρτης Κρήτης (πηγή: Περιφέρεια Κρήτης, 2006)

1.2 Κλίμα

Το κλίμα της Κρήτης χαρακτηρίζεται γενικά ως εύκρατο Μεσογειακό, με διαφοροποίηση στους ορεινούς όγκους. Οι αποκλίσεις από περιοχή σε περιοχή είναι μεγάλες. Το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος κυμαίνεται μεταξύ 14 και 15°C, με θερμότερα καλοκαίρια και ψυχρότερους χειμώνες. Οι νότιες ακτές παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες το χειμώνα και το καλοκαίρι σε σχέση με τις βόρειες. Η πεδινή Κρήτη είναι από τις θερμότερες περιοχές της Ελλάδας και ειδικά το ανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα το οποίο αποτελεί συνδυασμό μεταξύ τυπικού μεσογειακού κλίματος και του ερημικού της βόρειας Αφρικής.

Η μέση ετήσια βροχόπτωση στην Κρήτη ανέρχεται σε 927 mm που αντιστοιχεί σε $7,69 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ κατακρημνισμάτων ετησίως. Σημαντική είναι η χωρική ανισοκατανομή της βροχόπτωσης, με αύξηση στα δυτικά σε σχέση με τα ανατολικά και από τα νότια προς τα βόρεια. Η μέση βροχόπτωση στην ανατολική Κρήτη είναι κατά 23% μικρότερη σε σχέση με τη Δυτική (Περλέρος Β κ.α., 2004)

Η μέση θερμοκρασία εμφανίζεται μεγαλύτερη στα ανατολικά και νότια σε σχέση με δυτικά και βόρεια.

Η ηλιοφάνεια διαρκεί σχεδόν όλους τους μήνες του έτους με μεγαλύτερη ένταση από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο και με μέσο ετήσιο αριθμό ωρών ηλιοφάνειας 2700 ώρες στη βόρεια Κρήτη. Στη νότια Κρήτη ο μέσος ετήσιος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας είναι κατά 10% τουλάχιστον υψηλότερος, δηλαδή 3000 ώρες περίπου ετησίως.

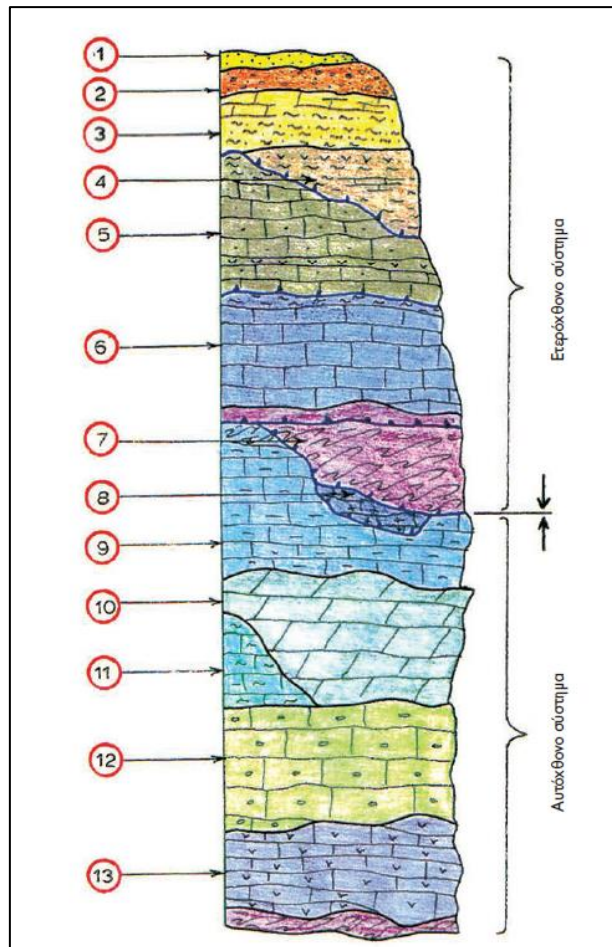
1.3 Γεωλογική Δομή

Η Κρήτη έχει μια ιδιαίτερα σύνθετη και πολύπλοκη γεωλογική δομή, λόγω της άμεσης γειτονίας με το χώρο υποβύθισης της αφρικανικής πλάκας κάτω από την ευρασιατική. Αποτελείται από ένα αυτόχθονο έως παραυτόχθονο σύστημα πετρωμάτων που περιλαμβάνει την ημιμεταμορφωμένη ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων και τους υποκείμενους ασβεστολίθους, δολομίτες, με παρεμβολές σχιστολίθων, ένα αλλόχθονο σύστημα αποτελούμενο από διάφορα επιμέρους

καλύμματα επωθημένο πάνω στο αυτόχθονο και από τα νεότερα ιζήματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς (IGME). Αναλυτικότερα:

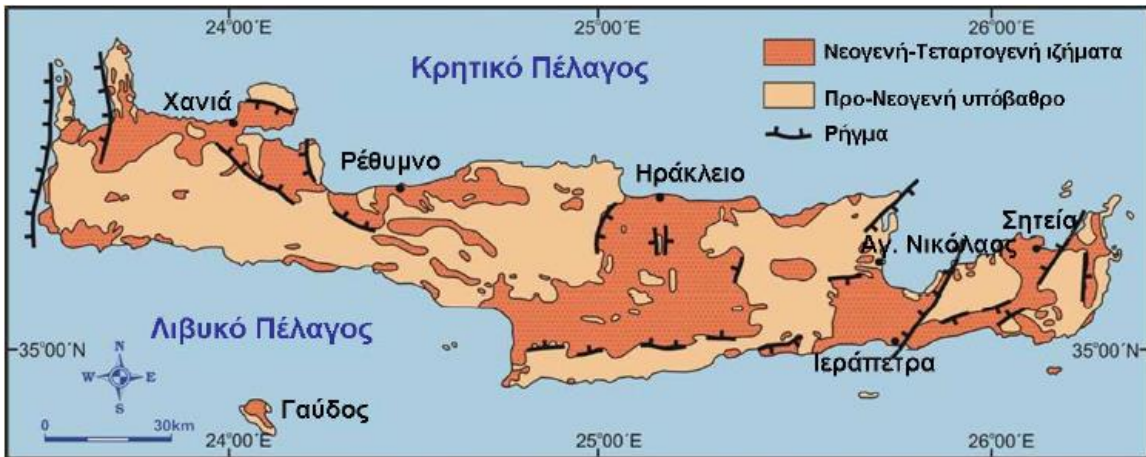
- ✓ Η αυτόχθονη σειρά – Ιόνιος Ζώνη, η οποία συμπεριλαμβάνει την ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων που χαρακτηρίζεται από την λεπτοστρωματώδη ανάπτυξη ισχυρά ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων - μαρμάρων στους οποίους παρεμβάλλονται πυριτόλιθοι με μορφή λεπτών στρώσεων, σχιστολίθους κυρίως πυριτικούς που βρίσκονται με μορφή ένστροφης στη βάση των πλακωδών κρυσταλλικών ασβεστολίθων, και παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους έως μάρμαρα και δολομίτες. Τα ανθρακικά της Ιονίου ζώνης αναπτύσσονται κυρίως στα κεντρικά τμήματα των ορεινών όγκων (Λευκά όρη, Ψηλορείτης, Ταλαία Όρη, Δίκητη, Σελένα και Θριπτή) και σποραδικά σε άλλα τμήματα ιδιαίτερα στο Ν.Ρεθύμνο.
- ✓ Το τεκτονικό κάλυμμα Ομαλού – Τρυπαλίου, αποτελείται από μεταμορφωμένους δολομίτες, δολομιτικούς ασβεστόλιθους, λατυποπαγείς ασβεστόλιθους έως γραουβάκες, σκούρους κυψελώδεις δολομίτες, άσπρα ζαχαρόκοκκα μάρμαρα και εμφανίσεις γύψου στη βάση. Η ηλικία τους καθορίστηκε με τη βοήθεια απολιθωμάτων μεταξύ Άνω Τριαδικού – Κάτω Ιουρασικού.
- ✓ Το τεκτονικό κάλυμμα των Φυλλιτών – Χαλαζιτών, αποτελείται από φυλλίτες, μεταψαμμίτες, χαλαζίτες και σχιστόλιθους, κροκαλοπαγή, ποικίλης σύστασης.
- ✓ Το τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Τρίπολης, συναντάται επωθημένο είτε απευθείας πάνω στους Πλακώδεις ασβεστολίθους της Ιονίου ζώνης, είτε και κυρίως πάνω σε υπολείμματα της φυλλιτικής - χαλαζιτικής σειράς με αποτέλεσμα να παρουσιάζει έντονο κερματισμό στη βάση του. Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη και τους μέσο-παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους και δολομίτες που είναι έντονα τεκτονισμένοι.

- ✓ Το τεκτονικό κάλυμμα της Πίνδου, περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη, λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους και στρώματα κερατολίθων.
- ✓ Η ενότητα των ιολίθων-κρυσταλλοσχιστωδών, είναι ένα σύνθετο πολύμεικτο τεκτονικό κάλυμμα με μεγάλη ποικιλία λιθολογικών σχηματισμών διαφόρου ηλικίας. Στην ενότητα αυτή συμμετέχουν οφιόλιθοι (σερπεντινίτες, βασάλτες, περιδοτίτες, γάβροι κ.α.), μεταμορφωμένα πετρώματα (γνεύσιοι, αμφιβολίτες), ανθρακικά πετρώματα ηλικίας Ανωτ. Τριαδικού έως Ανωτ. Κρητιδικού, φλυσχοειδή ιζήματα, γρανίτες κ.α.
- ✓ Τα νεογενή και πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα, αναπτύσσονται σε μεγάλες εκτάσεις στο σύνολο της Κρήτης. Αποτελούνται από ιζήματα χερσαίας, ποτάμιας, υφάλμυρης και θαλάσσιας φάσης. Παρουσιάζουν ανομοιομορφία τόσο ως προς την ηλικία τους, όσο και ως προς τη λιθολογία τους. Αποτελούνται από εκτεταμένες αποθέσεις μαργών, κροκαλών και μαργαϊκών ασβεστολίθων.
- ✓ Τα τεταρτογενή ιζήματα, είναι τοποθετημένα πάνω σε όλους τους σχηματισμούς τόσο του αλπικού υποβάθρου όσο και των νεογενών αποθέσεων και αποτελούνται από χερσαίες, θαλάσσιες έως λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις, άμμων, κροκαλών, αργίλων και χαλίκων ασύνδετων έως ελαφρά συγκολλημένων.

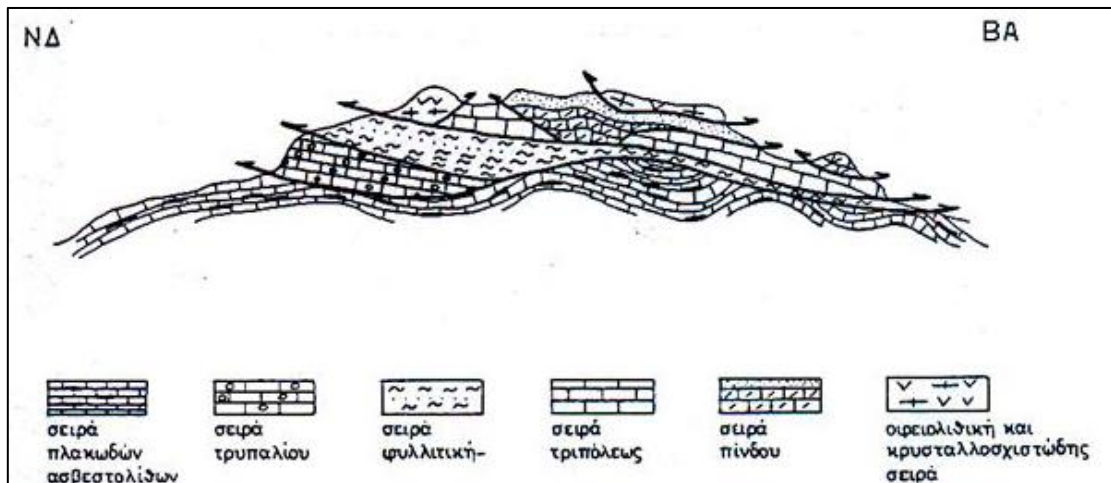


1. Αλλουβιακές προσχώσεις
2. Πλειστοκαινικές αποθέσεις
3. Νεογενές
4. Σύνθετο τεκτονικό κάλυμμα Εσωτερικών Ζωνών
5. Κάλυμμα Ολωνού - Πίνδου
6. Κάλυμμα Τρίπολης
7. Κάλυμμα Φυλλιτών - Χαλαζιτών
8. Κάλυμμα Τρυπαλίου (ή Ομαλού)
9. Πλακώδεις κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι (σχ. Βίγλας)
10. Στρωματογραφικοί δολομίτες (σχ. Παντοκράτορα)
11. Σχηματισμός Γκιγκίλου
12. Σχηματισμοί Σισσών
13. Σχηματισμός Φόδελε

Εικόνα 1.3: Σχηματική στρωματογραφική στήλη Κρήτης (πηγή: planet earth).



Εικόνα 1.4: Γεωλογικός χάρτης Κρήτης (πηγή: Papanastassiou D., et. al., 2004).



Εικόνα 1.5: Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής δομής της Κρήτης με τα αλληπάλληλα τεκτονικά καλύμματα (Περιφέρεια Κρήτης, 2006).

1.4 Υδρογεωλογία

Στην Κρήτη εμφανίζονται τρεις κατηγορίες σχηματισμών σύμφωνα με τον συντελεστή κατείσδυσης τους (Περιφέρεια Κρήτης, 2006):

1. *Αδιαπέρατοι σχηματισμοί:* Με συντελεστή κατείσδυσης 5-15% του ετήσιου ύψους βροχής. Σε αυτούς ανήκουν οι μάργες, άργιλοι, σχιστόλιθοι, φλύσχης και οφιόλιθοι.
2. *Ημιπερατοί σχηματισμοί:* Με συντελεστή κατείσδυσης 15-25% του ετήσιου ύψους βροχής. Σε αυτούς ανήκουν τα κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μαργαικοί ασβεστόλιθοι, ο γύψος και τεταρτογενείς αποθέσεις.

3. *Περατοί σχηματισμοί*: Με συντελεστή κατεΐσδυσης 50% (± 10) του ετήσιου ύψους βροχής. Σε αυτούς ανήκουν τα ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, δολομίτες).

1.5 Υδρογραφικό δίκτυο

Σύμφωνα με την μελέτη της Περιφέρειας Κρήτης (ΠΕΣΔΑ), που εκπονήθηκε από το ΕΜΠ (Δεκέμβριος 2010), η συνολική επιφανειακή απορροή ετησίως που προέρχεται από πηγαία νερά ή απευθείας απορροή των υδατορευμάτων για τα κυριότερα υδατορεύματα του νησιού ανέρχεται στα $500 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ετησίως}$. Οι 2 μεγαλύτερες υδρολογικές λεκάνες της Κρήτης είναι αυτές του Γεροποτάμου και του Αναποδιάρη με 525 και $600,6 \text{ km}^2$ αντίστοιχα και τοποθετούνται στο νότιο μέρος του νησιού στην περιοχή της Μεσσαράς. Οι δύο λεκάνες αναπτύσσονται ως προς τα χαμηλότερα τμήματα τους, σε νεογενείς και σύγχρονες αποθέσεις. Το πεδινό τμήμα των εκτεταμένων καλλιεργειών και οι υψηλές θερμοκρασίες συμβάλλουν στη διαμόρφωση της μικτής απορροής των 2 λεκανών σε 10-20% των βροχοπτώσεων, δηλαδή $25 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ετησίως}$ για τον Γεροπόταμο και $35 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ετησίως}$ για τον Αναποδιάρη.

Σύμφωνα με το ΥΠΕΧΩΔΕ για την Κρήτη ορίζονται 26 λεκάνες επιφανειακής απορροής:

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΕΜΒΑΔΟΝ ΣΕ Km ²
1	60	ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	578.13
2	61	ΑΝΑΠΟΔΑΡΗΣ	517.31
3	62	Ρ. ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ	418.39
4	63	ΠΛΑΤΗΣ	208.01
5	64	ΓΙΟΦΥΡΟΣ	201.15
6	65	ΠΛΑΤΑΝΙΑΣ	188.25
7	66	ΓΑΖΑΝΟΣ	191.62
8	67	ΑΠΟΣΕΛΕΜΗΣ	148.33
9	68	Ρ. ΒΡΥΣΕΣ	165.29
10	69	ΚΑΡΤΕΡΟΣ	163.76

11	70	ΠΕΤΡΑΣ	132.36
12	71	ΚΛ. Λ. ΤΖΕΡΜΙΑΔΩΝ	131.28
13	72	Ρ. ΠΡΑΣΙΕΣ	122.16
14	73	ΤΑΡΑΣ ΚΛ. Λ. ΟΡ. ΟΜΑΛΟΥ	162.71
15	74	Ρ. ΚΑΛΑΜΙ	138.11
16	75	ΤΑΥΡΩΝΙΤΗΣ	130.98
17	76	ΠΕΤΡΕΣ	130.48
18	77	ΚΟΥΡΤΑΛΙΩΤΗΣ	108.64
19	78	Π. ΣΟΥΓΙΑΣ	99.47
20	79	ΜΥΡΤΟΣ	95.37
21	80	ΚΟΚΟΔΙΚΙΑΝΟΣ	77.88
22	81	Ρ. ΤΥΦΛΟΥ	77.27
23	82	Π. ΚΑΣΤΕΛΙ	59.04
24	83	ΑΚΟΥΜΙΑΝΟΣ	54.34
25	84	Ρ. ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΕΩΣ	49.97
26	85	ΠΕΛΕΚΑΝΙΩΤΗΣ	39.97

Πίνακας 1.1: Λεκάνες επιφανειακής απορροής νήσου Κρήτης (πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ).

Επισημαίνεται η διαφορά στις εκτάσεις των λεκανών απορροής του Γεροποτάμου και του Αναποδιάρη στις εκτιμήσεις του ΥΠΕΧΩΔΕ και της Περιφέρειας Κρήτης.

1.6 Συνολικές ανάγκες σε νερό – Χρήσεις νερού

Η Κρήτη, σαν νησιωτική περιοχή (σε αντίθεση με τις ηπειρωτικές περιοχές όπου υπάρχουν μεγάλα ποτάμια), τροφοδοτείται μέσω των κατακρημνισμάτων (βροχή, χαλάζι, χιόνι). Η γεωγραφική της όμως θέση (νοτιότερο άκρο της Ευρώπης) και το γεωφυσικό της περιβάλλον, δεν ευνοούν τη συγκέντρωση μεγάλου όγκου νερού. Εξάλλου, η γεωγραφική της θέση στη διεύθυνση ανατολής-δύσης, καθώς και η ύπαρξη ψηλών οροσειρών καθορίζουν και το ύψος των νερών που δέχεται ετησίως.

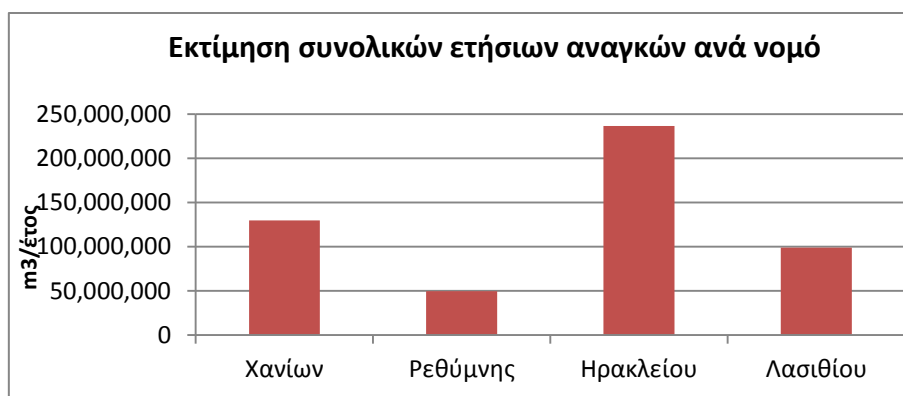
Έτσι, σύμφωνα με τη διαχειριστική μελέτη Κρήτης (2000), παρατηρείται μια σημαντική ανισοκατανομή του ετήσιου όγκου βροχόπτωσης τόσο γεωγραφικά (η

μέση ετήσια βροχόπτωση παρουσιάζει αύξηση από τα ανατολικά προς τα δυτικά και από νότια προς βόρεια), όσο και φυσιογραφικά (πεδινές προς ορεινές περιοχές), εμφανίζοντας βροχοβαθμίδα (αύξηση της βροχόπτωσης με το υψόμετρο) από τις μεγαλύτερες της Ελλάδας: 61 mm/100 m. Η μέση μηνιαία βροχόπτωση είναι μέγιστη τον Δεκέμβριο ή αναλόγως το υδρολογικό έτος, τον Ιανουάριο και ελάχιστη τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, μήνες οι οποίοι είναι σχεδόν άνομβροι σε ολόκληρη την πεδινή Κρήτη. Ο μέσος αριθμός ημερών βροχής στην Κρήτη ανέρχεται σε 90 περίπου (25% του έτους).

Σύμφωνα με τη διαχειριστική μελέτη Κρήτης (2000), το νησί δέχεται κατά μέσο όρο περίπου $7,5 \times 10^9 \text{ m}^3$ κατακρημνισμάτων το χρόνο, από τα οποία όμως τα $5 \times 10^9 \text{ m}^3$ περίπου (67%) εξατμίζονται λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν σε όλη σχεδόν τη διάρκεια του έτους. Τα $2 \times 10^9 \text{ m}^3$ περίπου, δηλαδή ένα ποσοστό της τάξης των 28%, καταλήγουν στο εσωτερικό της γης και εμπλουτίζουν τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα. Ο μεγαλύτερος όγκος ($1,8 \times 10^9 \text{ m}^3$) κατεισδύει στις καρστικές υδρογεωλογικές ενότητες, κυρίως στους ορεινούς όγκους του Ψηλορείτη, των Λευκών Ορέων, της Δίκτης-Σελένας και δευτερευόντως στις καρστικές ενότητες της Σητείας, όπου εντοπίζονται μεγάλες σε έκταση ανθρακικές ενότητες. Τα υπόλοιπα ($0,4 \times 10^9 \text{ m}^3$) κατεισδύουν στα νεογενή και σε άλλα γεωλογικά στρώματα που αναπτύσσονται. Περίπου $0,75 \times 10^9 \text{ m}^3$ κατακρημνισμάτων ρέουν επιφανειακά σχηματίζοντας μικρά ποτάμια διαλείπουσας ροής στις πεδινές περιοχές. Όμως, το συνολικό υδατικό δυναμικό που δύναται να αξιοποιηθεί ανέρχεται σε 857×10^9 περίπου (δεν περιλαμβάνονται οι τρεις μεγάλες υφάλμυρες καρστικές πηγές της Κρήτης), από τα οποία πάνω από το 60% δεν χρησιμοποιείται (χειμερινές παροχές πηγών και επιφανειακή απορροή). Αυτά, αποτελούν νερά καλής ποιότητας που είναι δυνατόν ο άνθρωπος να εκμεταλλευτεί με διάφορους τρόπους (γεωτρήσεις, φράγματα, υδρομαστεύσεις κ.α.).

Ενδεικτικά, η κατανάλωση νερού, σύμφωνα με τη διαχειριστική μελέτη για το έτος 2000 στην Κρήτη έφτασε τα $372 \times 10^6 \text{ m}^3$, καλύπτοντας το 42% των καλλιεργούμενων εκτάσεων, ενώ η ζήτηση έφτανε τα $515 \times 10^6 \text{ m}^3$ (κυρίως για

την κάλυψη περισσότερων αρδευόμενων εκτάσεων) (πηγή: Γενική Διεύθυνση περιφέρειας Κρήτης, Διεύθυνση υδάτων, 2009).



Σχήμα 1.2: Εκτίμηση συνολικών ετήσιων αναγκών σε νερό για κάθε νομό της Κρήτης.

Το 85% της συνολικής ποσότητας νερού καταναλώνεται στη γεωργία (302×10^6 m³), ακολουθεί η ύδρευση και ο τουρισμός με 13% (60×10^6 m³), η κτηνοτροφία με 1% (6×10^6 m³) και οι υπόλοιποι χρήστες με 1% (4×10^6 m³) (πηγή: Διαχειριστική Μελέτη Κρήτης, 2000)



Σχήμα 1.3: Εκτίμηση των αναγκών σε νερό ποσοστιαία ανάλογα με τις χρήσεις γης.

Συνεπώς, το υδατικό διαμέρισμα της Κρήτης είναι πλεονασματικό σε νερό εάν κανείς θεωρήσει τα απόλυτα μεγέθη προσφοράς και ζήτησης νερού. Η μέση ετήσια προσφορά επιφανειακών και υπογείων υδατικών πόρων ανέρχεται σε

$2860 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού ενώ η επιθυμητή ζήτηση ανερχόταν (σύμφωνα με στοιχεία για το έτος 2000) μόλις στα $515 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Όμως η ιδιαίτερη γεωλογία και γεωμορφολογία του νησιού και οι κλιματολογικές συνθήκες, σε συνδυασμό με την προσφορά και τη χωρική ανισοκατανομή των πόρων οδηγούν σε αδυναμία κάλυψης της υφιστάμενης ζήτησης κατά τόπους. Ενδεικτικό των ιδιαιτεροτήτων της Κρήτης είναι το γεγονός ότι οι τρεις μεγάλες υφάλμυρες καρστικές πηγές της νήσου (Αλμυρός Γεωργιούπολης, Αλμυρός Ηρακλείου και Αλμυρός Αγίου Νικολάου) εκφορτίζουν σε μέση ετήσια βάση περί τα $450 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, δηλαδή το 15,7% της συνολικής προσφοράς νερού, το 87,3% της συνολικής επιθυμητής ζήτησης και το 120,9% της πραγματικής κατανάλωσης (πηγή: Γενική Διεύθυνση περιφέρειας Κρήτης, Διεύθυνση υδάτων, 2009) και μένουν αναξιοποίητες αυτές οι ποσότητες.

1.7 Υφάλμυρες πηγές

Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι υπόγειοι υδροφορείς της Κρήτης είναι η υφαλμύρωση. Συγκεκριμένα οι υφάλμυρες καρστικές πηγές της Ανατολικής Κρήτης, Αλμυρός Ηρακλείου και Αλμυρός Αγ. Νικολάου και της Δυτικής Κρήτη, Αλμυρός Γεωργιούπολης, ενώ εκφορτίζουν μεγάλες ποσότητες νερού, αυτό δεν είναι εξολοκλήρου αξιοποιήσιμο και για το λόγο αυτό γίνονται πολλές μελέτες αξιοποίησής τους.

Στους παράκτιους καρστικούς υδροφορείς οι συνθήκες για την εμφάνιση του φαινομένου της υφαλμύρωσης είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους και συναντώνται σε καρστικοποιημένες μάζες πετρωμάτων που βρίσκονται κοντά στην ακτή. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η στενή υδραυλική τους σχέση με το θαλασσινό νερό και η άμεση επαφή γλυκού και αλμυρού νερού. Συχνά, η διείσδυση του θαλασσινού νερού στην ενδοχώρα προκαλεί το φαινόμενο της υφαλμύρωσης του υδροφόρου. (Καλλέργης 2001).

1.8 Περιβάλλον και Προστατευόμενες περιοχές

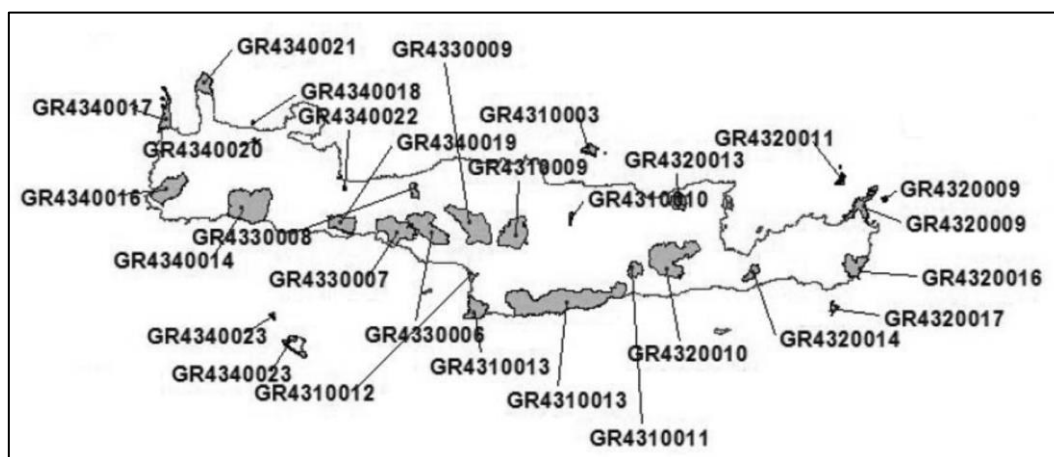
Η Κρήτη χαρακτηρίζεται από υψηλή ετερογένεια τοπίων, μεγάλη ποικιλότητα σε φυσιογραφικά, βιολογικά και πολιτιστικά χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβάνοντας βουνά, οροπέδια, φαράγγια και μεγάλη ποικιλία ενδημικών φυτών και ζώων (Ο.Α.Κ). Στην Κρήτη παρατηρείται πλούσια χλωρίδα (1600 περίπου είδη και υποείδη) με αρκετά από αυτά ενδημικά. Αποκλειστικά στα Λευκά Όρη συναντώνται 22 είδη από τα συνολικά ενδημικών φυτών. Στην Κρήτη ζει ορεινά ο κρητικός αίγαρος, καθώς και μεγάλα αρπακτικά της ορνιθοπανίδας.

Η Δυτική Κρήτη συμμετέχει στη διαδικασία δημιουργίας του Ευρωπαϊκού δικτύου προστατευόμενων περιοχών, NATURA 2000 και μάλιστα δίνει το καλύτερο παρόν με σημαντικές και εκτεταμένες περιοχές. Η επιλογή των περιοχών βασίζεται στην Οδηγία 79/409/ΕΟΚ για τη διατήρηση των αγρίων πτηνών (Special Protection Areas - SPA) και στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων της άγριας χλωρίδας και πανίδας.

Οι περιοχές αυτές είναι:

- Εθνικός Δρυμός Σαμαριάς (ΖΕΠ) (GR4340014)
- Λευκά Όρη - (GR4340008), κατηγορία Α **SPA**
- Έλος - Τοπόλια - Σάσαλος - Άγιος Δικαίος (GR4340004), κατηγορία Α
- Μετερίζια - Άγιος Δικαίος - Τσουνάρα - Βιτσίλια Λευκών Ορέων (GR4340016) **SPA**
- Νήσος Ελαφώνησος (GR4340002), τύπος Ε
- Ελαφώνησος παραλία (από Χρυσοσκαλίτισσα μέχρι Ακρωτ Κριός) (GR4340015), τύπος Ε
- Σούγια - Βάρδια - Φ. Λισσού μέχρι Ανύδρους (GR4340005), τύπος Β
- Ήμερη και Άγρια Γραμβούσα - Τηγάνι - Φαλάσσαρνα - Ποντικονήσι (GR4340001), τύπος Β
- Χερσόνησος Ροδοπού - Παραλία Μάλεμε (GR4340003), τύπος Ε
- Λίμνη Αγυιάς - Κοιλιάδα Φάσας (GR4340006), κατηγορία Α

- Δράπανο - Λίμνη Κουρνά – Παραλία Γεωργιούπολης-(GR4340010), κατηγορία Α
- Ασφέντου - Καλλικράτης (GR4340012), κατηγορία Α
- Φαράγγι Θερίσσου (GR4340007), κατηγορία Γ
- Φρέ - Τζιτζιφές - Νίπος (GR4340011), κατηγορία Γ
- Ζορός - Αγάθη - Κέδρος (GR4330006), τύπος J SPA
- Όρος Κέδρος (GR4330002), κατηγορία Α
- Κουρταλιώτικο φαράγγι - Μονή Πρέβελη (GR4330003), κατηγορία Α
- Πρασινό Φαράγγι - Πατσός - Σφακορούακο (GR4330004), κατηγορία Α



Εικόνα 1.6: Ζώνες Ειδικής Προστασίας Περιφέρειας Κρήτης.

1.9 Τουρισμός

Ο τριτογενής τομέας ο οποίος αποτελείται κυρίως από υπηρεσίες και τουρισμό, είναι ο πιο ανεπτυγμένος κλάδος για την πλειοψηφία των νομών της Ελλάδας. Για την Ελλάδα βλέπουμε το 1995 να έχει ποσοστό 67,7% και να φτάνει το 2006 στο 75%, σημειώνοντας αύξηση 10,8%. Τη μεγαλύτερη άνοδο παρουσίασε ο νομός Δράμας με 36,9% και ακολουθούν οι νομοί Ξάνθης με 29,2% και Λέσβου με 26,8%. Για το τελευταίο έτος (2006), την πρώτη θέση κατέχει ο νομός Αττικής με 86,4% και ακολουθούν οι νομοί Κέρκυρας και Δωδ/νήσων με 83,5% και 82,1%, αντίστοιχα. Ο νομός Ηρακλείου βρίσκεται στην έκτη θέση με 75,8%, ο νομός Χανίων στην όγδοη θέση με 75,5%, ο νομός Ρεθύμνης στη δέκατη θέση

με 73,8% και ο νομός Λασιθίου στη δέκατη τέταρτη θέση με 72%. Για την περίοδο 1995-2006, όσον αφορά στους νομούς της Κρήτης, η μεγαλύτερη αύξηση στον τριτογενή τομέα σημειώθηκε στο νομό Ηρακλείου και Χανίων με 16,1% και 15%, αντίστοιχα. Ο νομός Λασιθίου παρουσίασε μια οριακή αύξηση κατά 0,2%, ενώ ο νομός Ρεθύμνης μια οριακή μείωση κατά 0,9% (Β.Μπούρα, 2010).

1.10 Οικονομία

Η οικονομία της Κρήτης, η οποία βασιζόταν κυρίως στη γεωργία, άρχισε να αλλάζει ορατά κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970. Ενώ διατηρείται η παραδοσιακή έμφαση στη γεωργία και στην κτηνοτροφία, λόγω του κλίματος και της έκτασης του νησιού, παρουσιάζεται μια πτώση στις κατασκευές, καθώς και μια μεγάλη αύξηση στην παροχή υπηρεσιών (κυρίως σχετικών με τον τουρισμό).

Και οι τρεις αυτοί τομείς της οικονομίας συνδέονται άμεσα και αλληλοεξαρτώνται. Η Κρήτη εμφανίζει μέσο κατά κεφαλήν εισόδημα που αγγίζει το 100% εκείνου της υπόλοιπης χώρας. Όπως και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας, η καλλιέργεια της ελιάς είναι μια πολύ σημαντική βιομηχανία, όπως και η παραγωγή πρώιμων κηπευτικών και εσπεριδοειδών. Ένα μικρό μέρος κитρόδεντρων εξακολουθεί να καλλιεργείται στο νησί (πηγή: Γενική Διεύθυνση περιφέρειας Κρήτης, Διεύθυνση υδάτων, 2009).

2. Περιοχή Δυτικής Μεσσαράς. Φαιστός-Τυμπάκι

Η πεδιάδα της Μεσσαράς βρίσκεται στην νότια μεριά του Νομού Ηρακλείου, σε μια επιμήκη περιοχή, που έχει μήκος 50 km και πλάτος που δεν ξεπερνάει τα 7 km. Στα νότια, η πεδιάδα προστατεύεται από τα άγρια Αστερουσία Όρη, στα βόρεια από τον Ψηλορίτη, ενώ στην δυτική της πλευρά καταλήγει σε μια τεράστια ακτογραμμή (Πύργος-Μάταλα). Διαχωρίζεται στην Ανατολική και Δυτική Μεσσαρά, που διασχίζονται από τους ποταμούς Αναποδιάρη και Γεροπόταμο αντίστοιχα. Ο ποταμός Γεροπόταμος της Δυτικής Μεσσαράς έχει λεκάνη απορροής έκτασης 600.6 km² και οι κύριες υπολεκάνες του είναι του Κουτσουλίδη έκτασης 121,9 km² και του Ληθαίου έκτασης 43,4 km².



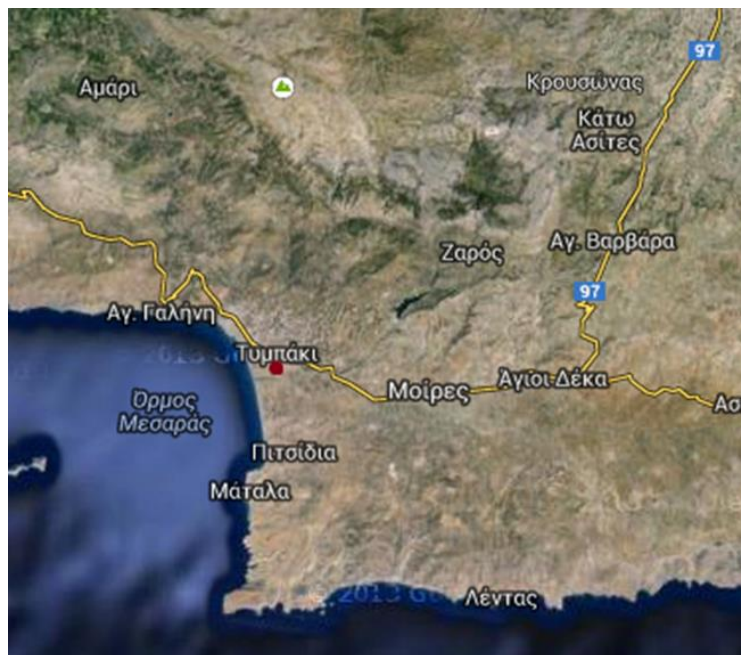
Εικόνα 2.1: Χάρτης Μεσσαράς (πηγή: Google).

Η λεκάνη της Μεσσαράς απαρτίζεται από τους Δήμους Τυμπακίου, Μοιρών, Γόρτυνας, Κόφινα και Αστερουσίων ως προς το πεδινό τμήμα, ενώ ως προς το ημι-ορεινό και ορεινό ανήκουν στο υδροσύστημα των Αστερουσίων ορέων. Ο συνολικός πληθυσμός της Δυτικής Μεσσαράς σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ανέρχεται σε 44333 κατοίκους, εκ των οποίων στο Δήμο Τυμπακίου

κατοικούν 10079, στο Δήμο Μοιρών 11434, στο Δήμο Γόρτυνας 10320, στο Δήμο Κόφινας 5500 και στο Δήμο Αστερουσίων 7000 (ΕΛΣΤΑΤ 2011).

Η περιοχή της λεκάνης της Μεσσαράς είναι η μεγαλύτερη της Κρήτης με έκταση 250000 στρέματα, με τις μεγαλύτερες θερμοκηπευτικές καλλιέργειες πρώιμων κηπευτικών και ποσότητες σε ελαιόλαδο, με τουριστική ανάπτυξη λόγω αρχαιολογικού ενδιαφέροντος (Φαιστός-Γόρτυνα), αλλά και για παραθεριστικούς σκοπούς τους θερινούς μήνες. .Οι παράγοντες αυτοί αυξάνουν τις υδατικές ανάγκες της λεκάνης.

Συγκεκριμένα στη δυτική Μεσσαρά αρδεύονται μεγάλες εκτάσεις από μεγάλο αριθμό δημοτικών και ιδιωτικών γεωτρήσεων που έχουν διανοιχθεί. Οι συνεχώς αυξανόμενες αρδευτικές ανάγκες στη Δυτ. Μεσσαρά είχαν σαν αποτέλεσμα τη συνεχή πτώση της στάθμης των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων, η οποία κατά τη διάρκεια των ετών 1981-2002 είχε πτώση κατά θέσεις πάνω από 40 m. Αποτέλεσμα της υπερεκμετάλλευσης είναι η σημερινή εικόνα, όπου το βάθος των υδροφόρων φθάνουν στο επίπεδο της θάλασσας και να παρατηρείται το φαινόμενο της υφαλμύρισης νερού στην περιοχή του Τυμπακίου (Π. Παυλάκης, 2010).



Εικόνα 2.2: Χάρτης Δυτικής Μεσσαράς, περιοχή Τυμπακίου (πηγή Google).

2.1 Κλιματικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής είναι εύκρατο - θαλάσσιο με ξηρό - θερμό – μεγάλης διάρκειας καλοκαίρι και ήπιο - θερμό – σύντομο χειμώνα.

Στην περιοχή της μελέτης υπάρχει ο Μετεωρολογικός Σταθμός Τυμπακίου της ΕΜΥ, ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 6,7 m, και σε γεωγραφικό μήκος και πλάτος 24ο 46΄ και 35ο 4΄ αντίστοιχα. Σε μικρή απόσταση από αυτήν υπάρχουν και οι παρακάτω σταθμοί:

1. Μοιρών
2. Πόμπιας
3. Αγ. Ζώνης Μεσσαράς

Από τη μελέτη των μετεωρολογικών στοιχείων του σταθμού του Τυμπακίου (πιν. 2.1) βγαίνουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Θερμοκρασία αέρα.

Όσον αφορά τις θερμοκρασίες, γενικά η περιοχή παρουσιάζει το καλοκαίρι υψηλές σχετικά θερμοκρασιακές συνθήκες και το χειμώνα η διακύμανση των θερμοκρασιών είναι ομαλή. Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία εμφανίζεται το μήνα Φεβρουάριο της τάξης των 7,3 °C, ενώ η μέση μέγιστη εμφανίζεται τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και φθάνει τους 31,6 °C. Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες του αέρα κυμαίνονται από 11,7 °C τον Ιανουάριο μέχρι 27,6 °C τον Ιούλιο.

2. Σχετική Υγρασία αέρα

Οι μέσες μηνιαίες υγρασίες αέρα κυμαίνονται από 72,5 % τον Δεκέμβριο μέχρι 51,3 % τον Ιούλιο. Το μέσο ετήσιο υγρασιακό εύρος είναι 21,2 % και η μέση ετήσια υγρασία είναι αντιστοίχως 64,5 %.

3. Εξάτμιση

Το μέσο ετήσιο ύψος δυναμικής εξατμισοδιαπνοής υπολογίζεται ότι υπερβαίνει τα 900 mm. Το ύψος δυναμικής εξατμισοδιαπνοής υπολογίζεται κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου Απριλίου - Σεπτεμβρίου ότι φθάνει τα 741,5

mm ή σε ποσοστό το 82 % του ετήσιου ύψους δυναμικής εξατμισοδιαπνοής. Αυτό δεν καλύπτεται από τις βροχοπτώσεις του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος, ούτε από τις συνολικές ετήσιες βροχοπτώσεις που το μέσο ύψος τους φθάνει τα 479,3 mm και κάνει αναγκαία την εφαρμογή άρδευσης των ανοιξιάτικων και καλοκαιρινών καλλιεργειών.

4. Βροχόπτωση

Το ετήσιο ύψος βροχής είναι 479,3 mm, ο μήνας με το μεγαλύτερο μέσο ύψος βροχής ο Δεκέμβριος με 103,8 mm, ο μήνας με το μικρότερο μέσο ύψος βροχής ο Ιούλιος με 0,1 mm. Το ύψος βροχής κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου Μαΐου - Σεπτεμβρίου φθάνει τα 23,2 mm ή σε ποσοστό το 5 % του ετήσιου μέσου ύψους βροχής. Αυτό καλύπτει ελάχιστο μέρος των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό τόσο αριθμητικά όσο ποιοτικά.

5. Άνεμος

Οι άνεμοι που επικρατούν στην περιοχή είναι Δυτικοί, εκτός τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο που κύρια κατεύθυνση είναι η Βόρεια.

6. Παγετός

Ο συνολικός αριθμός ημερών ολικού παγετού ετησίως είναι 0,4 και ο μήνας με τον μεγαλύτερο αριθμό ημερών παγετού ο Ιανουάριος με 0,2 ημέρες. Ποτέ δεν εμφανίζονται ζημιές στα καλλιεργούμενα φυτά από παγετούς.

7. Χιόνι, χαλάζι

Οι χιονοπτώσεις είναι σπάνιες στα χαμηλού υψομέτρου τμήματα, ενώ τους μήνες Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο υπάρχουν λίγες χαλαζοπτώσεις. Στα μεγάλα υψόμετρα του Ψηλορίτη πέφτουν πολλά χιόνια. Πολύ σπανιότερα στα Αστερούσια.

8. Ομίχλη

Ο συνολικός αριθμός ημερών ομίχλης ετησίως είναι σχεδόν μηδενικός.

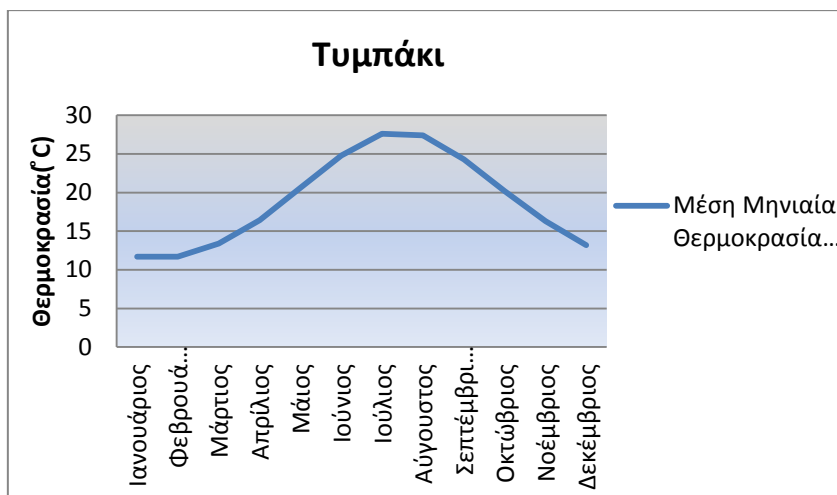
9. Ηλιοφάνεια - Νέφωση

Η μέση ετήσια ολική νέφωση διαρκεί 31,7 ημέρες και κυμαίνεται από 4,2 ημέρες τον Δεκέμβριο – Ιανουάριο - Φεβρουάριο ως 0,4 ημέρες τον Ιούλιο. Για το Μ.Σ του Τυμπακίου η ολική ηλιοφάνεια ετησίως είναι 2880 h, με μέγιστο τον Ιούλιο 387 h και ελάχιστο τον Δεκέμβριο 150 h .

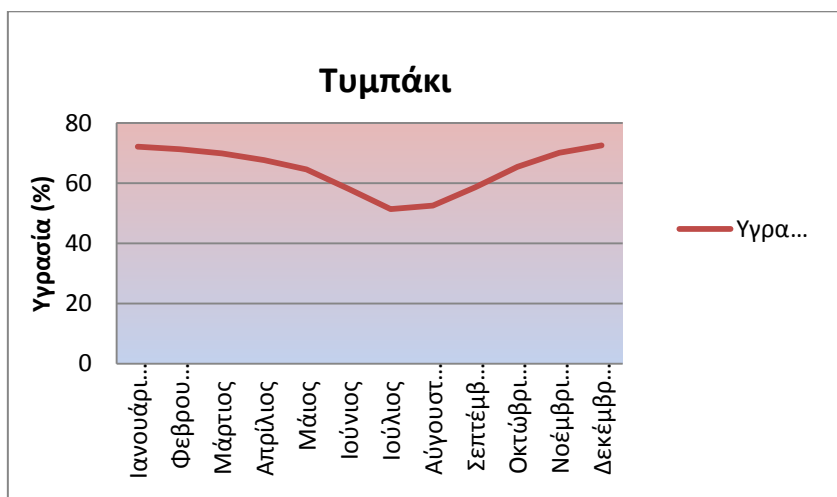
Για τα έτη 1959-1997 τα κλιματικά χαρακτηριστικά του μετεωρολογικού σταθμού της περιοχής του Τυμπακίου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Μήνας	Μέση			Υγρ. %	Βροχ. mm	Ανεμοι Δ/νση	Ένταση Kt	Βροχή Ημέρες
	Θερμοκρασία(°C)	Μέγ.	Ελάχ.					
	Μηνιαία							
Ιανουάριος	11.7	15.9	7.5	72.1	97.7	Δ	7.7	10.9
Φεβρουάριος	11.7	15.9	7.3	71.2	69.7	Δ	8.0	9.3
Μάρτιος	13.4	17.5	8.3	69.9	47.9	Δ	8.2	6.8
Απρίλιος	16.4	20.5	10.5	67.6	19.6	Δ	7.1	4.0
Μάιος	20.6	24.5	14.0	64.5	9.3	Δ	6.6	1.9
Ιούνιος	24.8	28.6	17.6	58.0	1.4	Δ	7.7	0.4
Ιούλιος	27.6	31.6	20.3	51.3	0.1	Β	10.6	0.1
Αύγουστος	27.4	31.6	20.4	52.5	0.7	Β	10.3	0.1
Σεπτέμβριος	24.3	28.7	17.9	58.6	11.7	Β	8.6	1.0
Οκτώβριος	20.2	24.9	14.9	65.4	47.1	Β	7.0	4.5
Νοέμβριος	16.3	21.1	11.7	70.1	70.3	Α	6.1	6.8
Δεκέμβριος	13.2	17.5	9.2	72.5	103.8	Δ	7.0	12.0

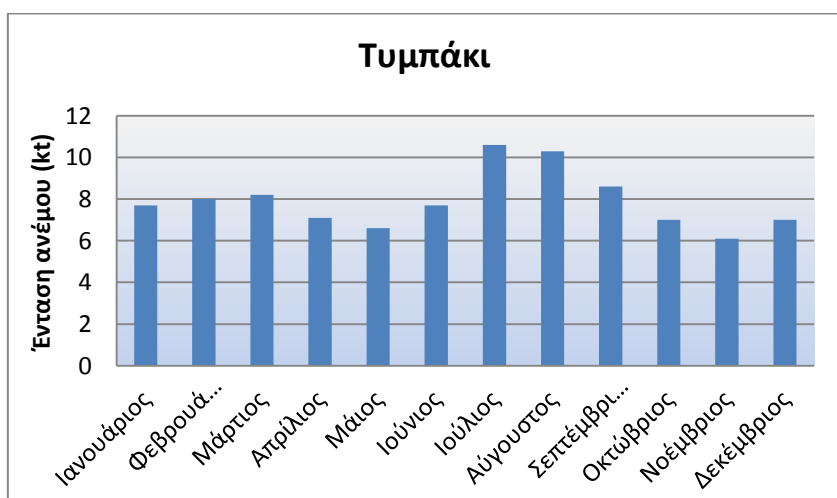
Πίνακας 2.1: Κλιματικά δεδομένα μετεωρολογικού σταθμού Τυμπακίου (πηγή: ΕΜΥ).



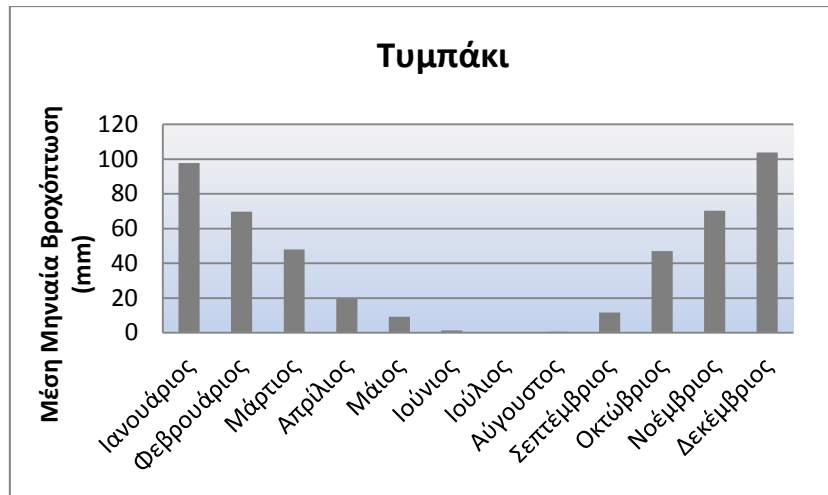
Σχήμα 2.1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία Μ.Σ. Τυμπακίου (πηγή: ΕΜΥ).



Σχήμα 2.2. Μέση μηνιαία υγρασία Μ.Σ. Τυμπακίου (πηγή: ΕΜΥ).



Σχήμα 2.3. Μέση μηνιαία ένταση ανέμων Μ.Σ. Τυμπακίου (πηγή: ΕΜΥ).



Σχήμα 2.4. Μέση μηνιαία βροχόπτωση Μ.Σ. Τυμπακίου (πηγή: ΕΜΥ).

2.2 Γεωλογία

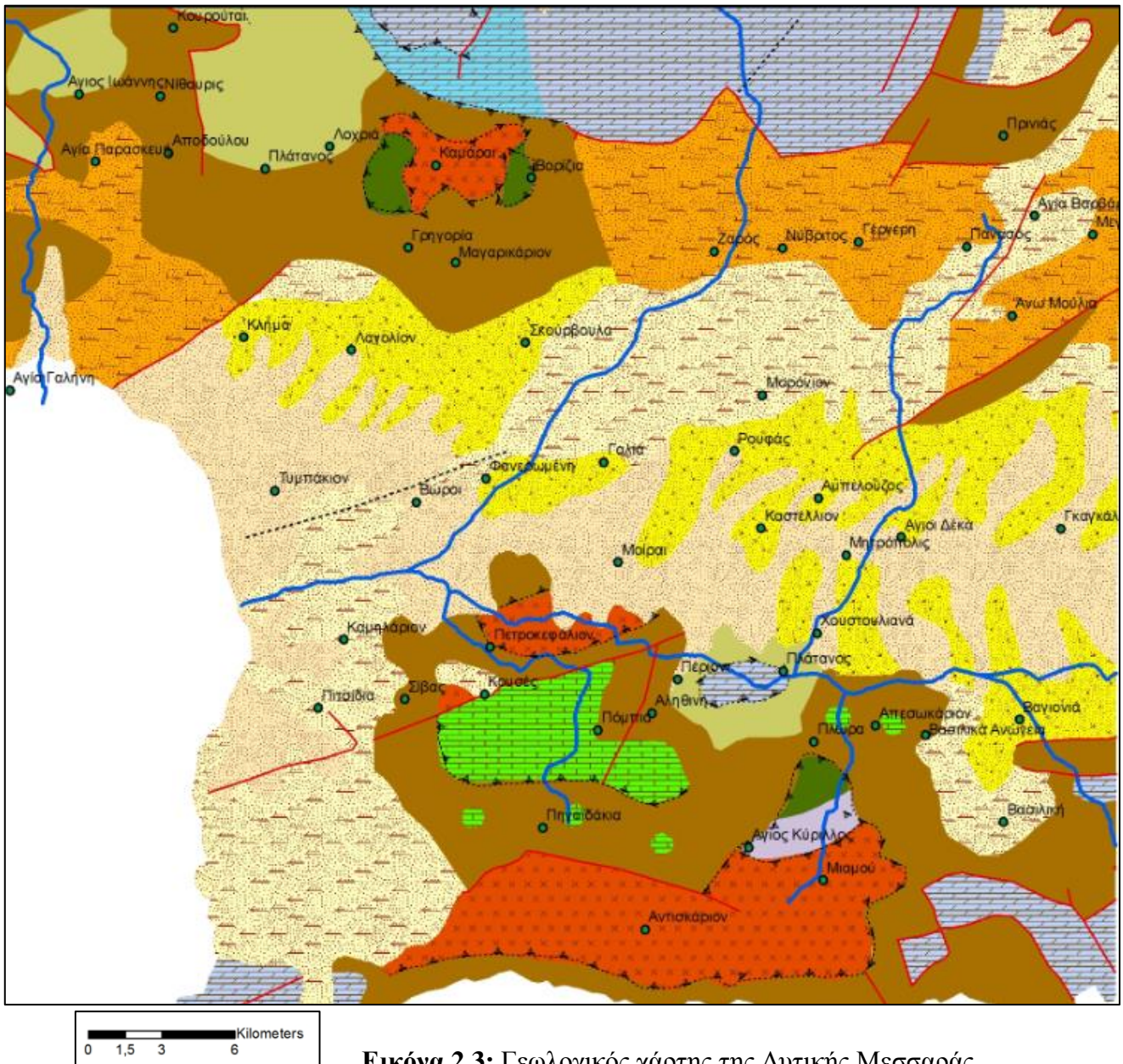
Η πεδιάδα της Μεσσαράς αποτελείται στο 45% από τεταρτογενή ιζήματα, ενώ τα γύρω βουνά και λόφοι στο 53% τους από νεογενή ιζήματα και φλύσχη, με σχετικά μεγάλες απορροές. Υπάρχει ένα ποσοστό 2% από καρστικούς σχηματισμούς στην ορεινή περιοχή, η οποία λόγω της υδροπερατότητας των πετρωμάτων χαρακτηρίζεται από ασήμαντες επιφανειακές απορροές (πηγή: Μ. Κριτσωτάκης, 2009).

Στη Δυτ. Μεσσαρά βρίσκεται η λεκάνη απορροής του ποταμού Γεροπόταμου με έκταση 600,6 km² και διαχωρίζεται σε τρία τμήματα με βάση το μορφολογικό ανάγλυφο και τους γεωλογικούς σχηματισμούς, το βόρειο, το νότιο και το κεντρικό τμήμα.

Το βόρειο τμήμα καλύπτεται από νεογενείς αποθέσεις, όπως μάργες, μαργαικούς ασβεστόλιθους και γύψους. Το νότιο τμήμα της λεκάνης, όπου βρίσκονται τα Αστερούσια Όρη καλύπτεται από φλύσχη της ενότητας της Τριπόλεως και της Πίνδου.

Το κεντρικό τμήμα της λεκάνης, όπου βρίσκεται στο δυτικό του τομέα, η περιοχή μελέτης του Τυμπακίου, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.3 καλύπτεται από πλειστόκαινο αδιαίρετο (κροκαλοπαγή, άμμοι, μάργες, ψαμμίτες, άργιλους και βιοκλατικούς ασβεστόλιθους). Συναντώνται κλαστικά ιζηματογενή

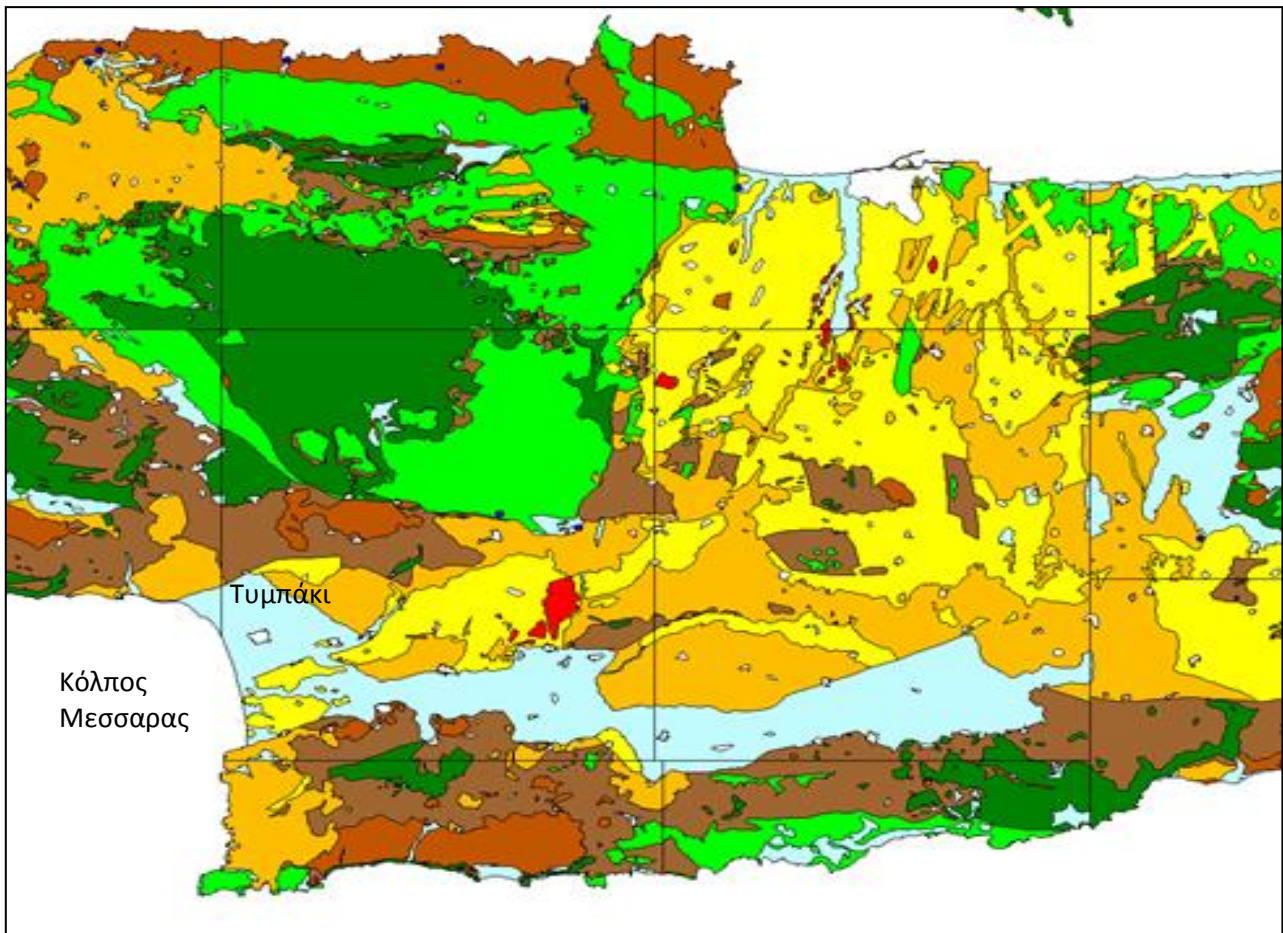
πετρώματα και τη μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνουν ιζήματα της Τεταρτογενούς Περιόδου (θαλάσσιες και χερσαίες αποθέσεις).














2.3 Υδρολιθολογική ταξινόμηση γεωλογικών σχηματισμών περιοχής

Το κεντρικό τμήμα της περιοχής της Δυτ.Μεσσαράς καλύπτεται κυρίως από κοκκώδεις προσχωματικές αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας και πλειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας, ενώ το βόρειο και νότιο τμήμα της καλύπτεται από βραχώδεις σχηματισμούς μεταβαλλόμενης υδροπερατότητας. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής Δυτ.Μεσσαράς απεικονίζονται στην εικόνα 2.4:



Εικόνα 2.4: Υδρολιθικός χάρτης Νομών Ηρακλείου και Ρεθύμνου (πηγή: Μελέτη Ο.Δ.Υ.Π.Κ-2000).

ΥΠΟΜΝΗΜΑ	
	A1-Πρακτικά αδιαπερατοί σχηματισμοί
	A2-Πρακτικά αδιαπερατοί ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμοί
	g - Γύψοι. Υψηλού δυναμικού υδροφορία λόγω διάλυσης τους
	K1-Καρστικός σχηματισμός υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας
	K2-Καρστικός σχηματισμός μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας
	K3-Μειοκαινικά ασβεστολιθικά λατυποκροκαλοπαγή Τοπολίων, μέτριας έως υψηλής υδροπερατότητας
	P1-Κοκκώδεις προσχωματικές κυρίως αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας
	P2-Μειοκαινικές και πλειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας
	P3-Κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας

2.4 Γεωργία και κτηνοτροφία Τυμπακίου

Η πεδιάδα του Τυμπακίου αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αγροτικές περιοχές της Κρήτης με την καλλιέργεια πρώιμων κηπευτικών σε θερμοκήπια καθώς και ελαιόδέντρων. Η αρδευόμενη έκταση, η οποία περλαμβάνει τη ζώνη Α Τυμπακίου, τη ζώνη Β Πόμπιας και τη ζώνη Γ Μοιρών, είναι 40.000 στρέμματα και το σύνολο του αρδευτικού νερού που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα προέρχεται από το υπόγειο υδατικό δυναμικό. Ο αλουβιακός - πλειστοκαινικός υδροφορέας καταλαμβάνει το παράκτιο - κεντρικό τμήμα της λεκάνης, έχει έκταση περίπου 50 Km² και δέχεται μέσο ύψος βροχής λιγότερο από 500 mm.

Το ευνοϊκό κλίμα της περιοχής, η μεγάλη ηλιοφάνεια, ακόμα και τους χειμερινούς μήνες και οι σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, χωρίς έντονα μετεωρολογικά φαινόμενα, καθιστούν τον κάμπο του Τυμπακίου κατάλληλο για την εγκατάσταση πολλών θερμοκηπίων για πρώιμα κηπευτικά.

Ελαιόδεντρα (στρέμ.)	Θερμοκήπια (στρέμ.)	Υπαίθρια κηπευτικά (στρέμ.)	Ωποροφόρα δέντρα (στρέμ.)	Ακαλλιέργητα (στρέμ.)
5000	1500	1000	1000	500

Πίνακας 2.2: Κατανομή αρδευόμενης έκτασης/ανά καλλιέργεια ΤΟΕΒ Α' Ζώνης Μεσσαράς (πηγή: ΤΟΕΒ, 2014)

Στην αρδευόμενη έκταση των 9000 στρεμμάτων της Α ζώνης τον μεγαλύτερο αριθμό καταλαμβάνουν τα ελαιόδεντρα, τα εσπεριδοειδή και τέλος τα κηπευτικά (ΤΟΕΒ 2014).



Εικόνα 2.5: Θερμοκήπια το Τυμπάκι (Μάιος 2014).



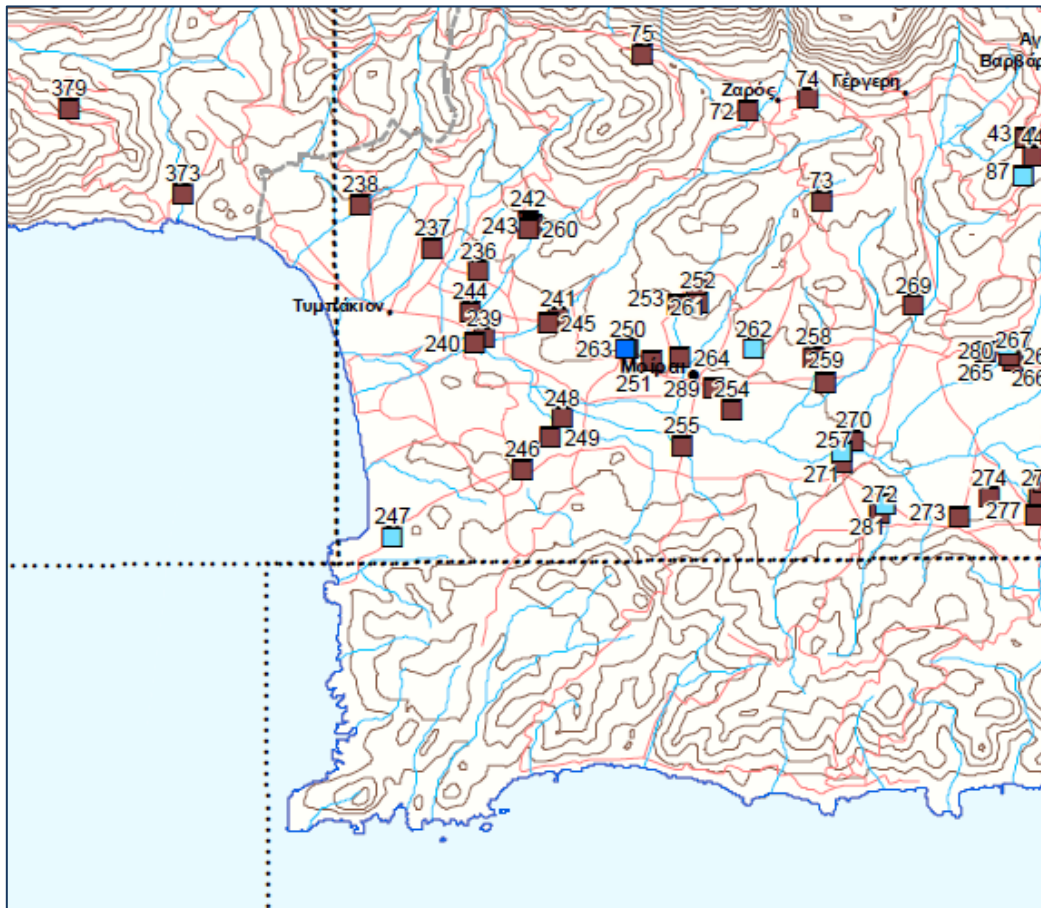
Εικόνα 2.6: Θερμοκήπια το Τυμπάκι (Μάιος 2014).

Όσον αφορά την κτηνοτροφία στην περιοχή του Τυμπακίου, σύμφωνα με τη διεύθυνση γεωργίας του Ν.Ηρακλείου δίνονται τα στοιχεία:

Είδος	Αριθμός
Αιγοειδή	6239
Προβατοειδή	21408
Σύνολο	27647

Πίνακας 2.3: Αριθμός ζώων που εκτρέφονται στο Τυμπάκι.

Στον παρακάτω χάρτη δίνεται η κατανομή των ρυπογόνων εστιών, κατά ΙΓΜΕ, στην πεδιάδα της Μεσσαράς. Παρατηρούμε τη βιοχημανία ορυκτών πόρων και το βιολογικό καθαρισμό του Τυμπακίου, ενώ στην υπόλοιπη πεδιάδα άλλες δραστηριότητες λαμβάνουν χώρα, αγροτικές κυρίως και κτηνοτροφικές.



Εικόνα 2.7: Κατανομή ρυπογόνων εστιών στην πεδιάδα της Μεσσαράς (πηγή: ΙΓΜΕ).

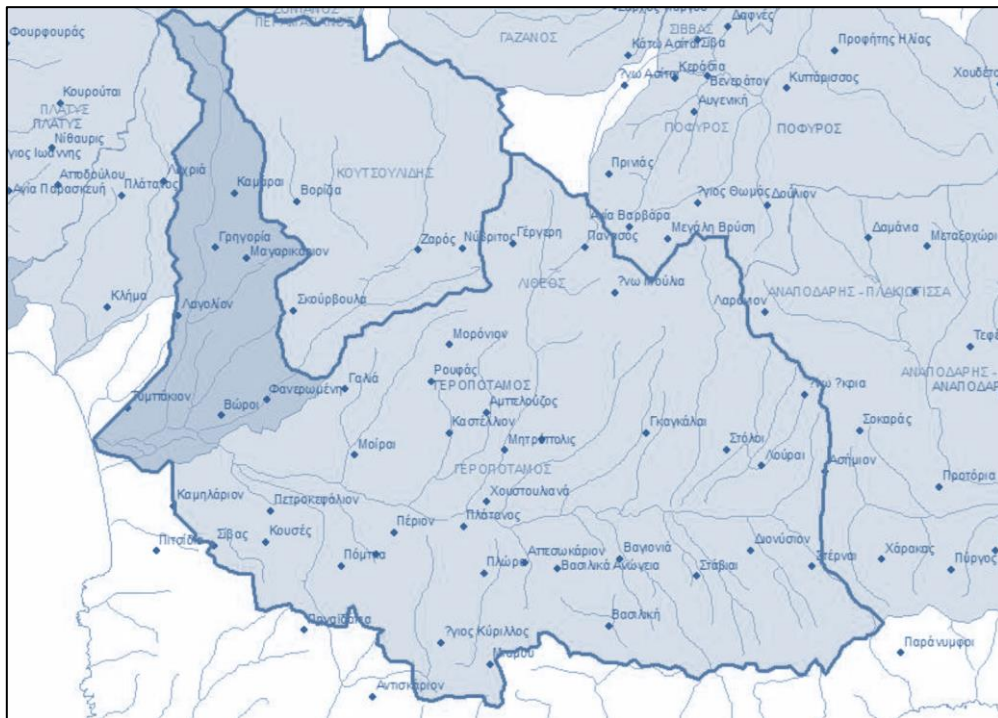
2.5 Κύριες λεκάνες απορροής

Λεκάνη απορροής Γεροποτάμου Μεσσάρας

Ο Γεροπόταμος είναι ένα από τα μεγαλύτερα ποτάμια της Κρήτης και βρίσκεται κατά κύριο λόγο στο Νομό Ηρακλείου και συγκεκριμένα στο νότιο τμήμα του νησιού, ενώ ένα τμήμα της λεκάνης βρίσκεται στο Δήμο Ανωγειών του Νομού Ρεθύμνης, στον οποίο έχει και κάποιες πηγές. Ο Γεροπόταμος έχει πολλούς παραποτάμους και παραχειμάρρους και ρέει στην πεδιάδα της Μεσσάρας. Παρόλο που είναι ένα από τα μεγαλύτερα ποτάμια, ο Γεροπόταμος το καλοκαίρι δεν έχει καθόλου νερό εξ' αιτίας της υπεράντλησής του για αρδεύσεις. Χαρακτηριστικό του Γεροποτάμου είναι ότι ρέει κοντά στην αρχαία πόλη της Φαιστού. Η Φαιστός αποτελεί μια από τις αρχαιότερες και σημαντικότερες πόλεις της προϊστορικής Κρήτης, ενώ η θέση του ανακτόρου της λεγόταν Καστρί και η πόλη εκτεινόταν στην πεδιάδα, στους πρόποδες του λόφου νοτιοανατολικά. Εκεί κυλά ο Γεροπόταμος ή Μαλωνίτης των Βενετών.

Λεκάνη απορροής Κουτσουλίδη

Ο Κουτσουλίδης ποταμός αποτελεί παραπόταμο του Γεροποτάμου, βρίσκεται δηλαδή και αυτός στο Νομό Ηρακλείου και ανήκει στην ευρύτερη λεκάνη απορροής της Δυτικής Μεσσαράς. Τα νερά του πηγάζουν από τις πηγές «Βότομος» και «Στέρνα» από τις οποίες αρδευόταν η αρχαία Γόρτυνα, πρωτεύουσα της Ρωμαϊκής Κρήτης, ενώ έχει μόνιμη ροή σε όλη τη διάρκεια του έτους. Ο ποταμός Κουτσουλίδης είναι συνέχεια του φαραγγιού του Αγίου Νικολάου, περνάει μέσα από τον οικισμό του Ζαρού και αφού διασχίσει την ομώνυμη κοιλάδα καταλήγει στο φράγμα της Φανερωμένης (Β. Μπούρα, 2010).



Εικόνα 2.8: Λεκάνες απορροής ποταμών Γεροποτάμου – Κουτσουλίδη (πηγή: Β.Μπούρα).

2.6 Τροφοδοσία και εκφόρτιση υπόγειων υδροφορέων

Σε όλη την έκταση της πεδιάδας Μεσσαράς αναπτύσσονται υπόγειοι υδροφορείς, με επιφάνεια τροφοδοσίας τις νότιες κλιτείες του όρους Ίδη που αποτελούν επέκταση του υδρογραφικού δικτύου των ποταμών Κουτσουλίδη, Γεροποταμού και των χειμάρρων τους. Οι υπόγειοι αυτοί υδροφορείς αποτελούν τις πηγές υδροδότησης των αρδευτικών δικτύων των Α, Β και Γ ζωνών Μεσσαράς, μέσω αντιστοίχων γεωτρητικών πεδίων που έχουν αναπτυχθεί.

Σύμφωνα με τη μελέτη Ο.Δ.Υ.Π Κρήτης - 2000 (Σ. Παπαρηγορίου κ.α) η τροφοδοσία του υπόγειου υδροφόρου συστήματος της περιοχής μελέτης επιτελείται με:

- Κατείδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, συγκεκριμένα στην περιοχή Τυμπάκι έχει εκτιμηθεί ότι κατεσδύει το 24% της συνολικής βροχόπτωσης.
- Με διηθήσεις των επιφανειακών απορροών από τους γύρω χειμάρρους που καταλήγουν στη λεκάνη του Γεροποτάμου.

- Με διείσδυση του θαλασσινού νερού στην παράκτια ζώνη κυρίως τις ξηρές περιόδους.

Η εκφόρτιση του συστήματος γίνεται κυρίως με αντλήσεις του υπογείου νερού μέσα από ιδιωτικές και δημόσιες γεωτρήσεις . Πριν τις γεωτρήσεις η εκφόρτιση επιτελούνταν κατά κύριο λόγο μέσω πηγών γλυκού νερού στην κοίτη του Γεροποτάμου στην περιοχή της Φαιστού, όπου λόγω αναθόλωσης του σταγανού υποβάθρου η πιεζομετρική επιφάνεια ανυψώνεται και επίσης μέσω υπόγειας αποστράγγισης προς τη θάλασσα κατά μήκος της ακτής δυτικά του Τυμπακίου, στον κόλπο της Μεσσαράς.

2.7 Μέσο ετήσιο υδατικό ισοζύγιο

Η περιοχή της Δυτικής Μεσσαράς χαρακτηρίζεται από δυο λεκάνες απορροής, αυτή του ποταμού Γεροποτάμου και αυτή του ποταμού Κουτσουλίδη. Σύμφωνα με τη μελέτη Ο.Δ.Υ.Π.Κ-2000 (Σ. Παπαγρηγορίου κ.α.) τα μέσα ετήσια ισοζύγια της 20ετίας 1977-1997 σε 10^6 m^3 λεκανών απορροής του ποταμού Γεροπόταμου και του χειμάρρου Κουτσουλίδη είναι:

Λεκάνη Απορροής	Βροχόπτωση	Πραγματική Εξατμισοδιαπονή	Απορροή	Βασική Απορροή	Υπόγεια αποθήκευση
Γεροπόταμος στη Φαιστό	254,5	182,0	26,1	4,4	42,0
Κουτσουλίδης στη Φανερωμένη	159,7	86,7	13,4	2,9	56,7

Πίνακας 2.4: Μέσα ετήσια ισοζύγια 20ετίας 1977-1997 (πηγή: Μελέτη Ο.Δ.Υ.Π.Κ-2000).

Λόγω της μεταβαλλόμενης υδροπερατότητας των γεωλογικών σχηματισμών που καλύπτουν τις δύο αυτές λεκάνες, τα υδρογραφικά δίκτυα παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση στη παροχής τους, εντός υδρολογικού ισοζυγίου αλλά και από έτος σε έτος.

Τους μήνες Ιούλιο έως Σεπτέμβριο ο Γεροπόταμος και ο Κουτσουλίδης δεν είχαν επιφανειακά απορροή, ενώ ο Γεροπόταμος, στον οποίο συμβάλλει ο Κουτσουλίδης, είχε μηδενική απορροή από το 1992-1997 και 1999-2007 προς τη θάλασσα.

2.8 Προστατευόμενες περιοχές Natura

Αποτελεί το δέλτα του Γεροποτάμου ποταμού στη νότια Κρήτη με αμμώδες έδαφος και θαμνώδη βλάστηση. Αποτελεί σημαντική περιοχή για πουλιά, όπως το *Plegadis falcinellus*. Κυριότερες απειλές είναι η έντονη τουριστική ανάπτυξη, η παράνομη δόμηση και το παράνομο κυνήγι (περιφέρεια Κρήτης 2010).



Εικόνα 2.9: Περιοχές προστατευόμενες στη Νότια Κρήτη (πηγή: Google).

3. Υδροχημεία (θεωρητικά στοιχεία)

3.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού

Η ποιότητα του υπόγειου νερού εξαρτάται τόσο από τις χημικές όσο και από τις φυσικές παραμέτρους που το χαρακτηρίζουν, οι οποίες είναι οι εξής:

3.1.1 Φυσικές Παράμετροι

- Θερμοκρασία
- Χρώμα
- Θολότητα
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Ραδιενέργεια
- Αλατότητα
- Αλκαλικότητα
- Σκληρότητα

Θερμοκρασία νερού

Καθορίζεται κυρίως από τη θερμοκρασία των πετρωμάτων στα οποία κινείται. Οι θερμοκρασίες των υπογείων νερών δεν έχουν τις διακυμάνσεις που τείνουν να έχουν τα επιφανειακά νερά λόγω της κατανομής της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης. Κατά κύριο λόγο αυτό που μπορεί να επηρεάσει την θερμοκρασία του υπογείου νερού είναι οι μεταβολές στην πιεζομετρία του υδροφορέα και οι γεωθερμικές συνθήκες της περιοχής του υδροφορέα.

Συνήθεις τιμές της θερμοκρασίας είναι 14-15°C, στους αβαθείς υδροφορείς 10-20°C, ενώ στις πηγές η θερμοκρασία είναι αντιστρόφως ανάλογη με την παροχή τους, με εξαίρεση τις θερμομεταλλικές πηγές.

pH (Ενεργός οξύτητα)

Ο προσδιορισμός του pH γίνεται χρωματομετρικά και ηλεκτρομετρικά. Το pH του υπογείου νερού καθορίζεται από τις διάφορες χημικές αντιδράσεις και ισορροπίες μεταξύ των διαλυμένων ιόντων μέσα σε αυτό.

Το pH των νερών γενικά μειώνεται όσο η υδάτινη μάζα ενηλικιώνεται. Μια νέα υδάτινη μάζα είναι συνήθως αλκαλική και με το χρόνο γίνεται όξινη. Αυτό οφείλεται κυρίως στη συγκέντρωση οργανικού υλικού που εκλύει CO₂ που αποσυντίθεται (Κ. Βουδούρης, 2006). Γενικά ισχύει:

- ✓ pH=7 ουδέτερο
- ✓ pH <7 όξινο
- ✓ pH >7 αλκαλικό

Τα οφιολιθικά πετρώματα είναι αλκαλικά και τα ασβεστολιθικά είναι όξινα.

Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα υπόγεια ύδατα επηρεάζεται από την αύξηση των διαλυμένων αλάτων σε αυτά και της θερμοκρασίας, γι'αυτό και η μέτρηση της πρέπει να γίνεται κάτω από συγκεκριμένη θερμοκρασία. Έτσι η ηλεκτρική αγωγιμότητα συνδέεται άμεσα με την ποσότητα και την φύση των διαλυμένων ηλεκτρολυτών. Στο γλυκό νερό ενδεικτικές τιμές της αγωγιμότητας είναι 140-1100 μS/cm, στα υφάλμυρα νερά 2000-3000 μS/cm, ενώ στα υπεραλμυρά νερά 100000 μS/cm. Στο πόσιμο νερό το επίπεδο της αγωγιμότητας είναι 400 μS/cm.

Αλκαλικότητα – Οξύτητα

Αλκαλικότητα είναι η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει οξέα. Η αλκαλικότητα οφείλεται στην παρουσία όξινων ανθρακικών, των ανθρακικών και των υδροξυλίων ιόντων. Κάτω από 4,5 pH το διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα είναι σε ισορροπία με το ανθρακικό οξύ στο διάλυμα με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αλκαλικότητα.

Αντίθετα η οξύτητα είναι η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει βάσεις και οφείλεται στην ύπαρξη διαλυμένου CO₂ στο νερό και στις ενώσεις H₂S, H₂SO₄, HCl.

Ραδιενέργεια

Το υπόγειο νερό ενδέχεται να περιέχει και ραδιενεργά στοιχεία, όπως Ra, Sr, U, Th.

Συνολικά διαλυμένα στερεά (T.D.S.) – Αλατότητα υπογείου νερού

Όπως προαναφέρθηκε η παρουσία αλάτων στους υπόγειους υδροφορείς σχετίζεται άμεσα με το είδος των πετρωμάτων στα οποία κινείται το νερό, καθώς επίσης και στο χρόνο παραμονής τους, την ταχύτητα ροής κτλ.

Τα TDS εκφράζουν την συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων στα στερεά, αποτελούν δηλαδή έναν δείκτη μεταλλικότητας (αλατότητας) και συνδέονται με την ηλεκτρική αγωγιμότητα με τη σχέση:

$$\text{TDS (ppm)}=0.65*\text{EC } (\mu\text{S/cm})$$

Στα TDS δεν περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα σωματίδια, τα κολλοειδή και τα διαλυμένα αέρια.

Οι διακυμάνσεις των τιμών TDS είναι:

- Ιζήματα 1000-1200 mg/l
- Γρανίτες 200-300 mg/l
- Αλμυρά νερά 30.000 mg/l

Η σχέση TDS και E.C. δίνεται από τον τύπο: $\text{TDS}=0.65*\text{EC}$, για $\text{TDS}<1000$ mg/l το νερό είναι γλυκό και υφάλμυρο για τιμές 1000-10.000 mg/l.

Σκληρότητα

Η σκληρότητα του νερού οφείλεται στην περιεκτικότητα σε δισθενή μεταλλικά κατιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} και εξαρτάται όπως και η αλατότητα από τα πετρώματα στα οποία κινείται το νερό. Η σκληρότητα αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας του νερού για πολλές χρήσεις διότι μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σε λέβητες, ψυκτικές δεξαμενές κτλ (Μήτρακας 2001), ενώ στο πόσιμο νερό

επηρεάζει και την ανθρώπινη υγεία, προκαλώντας ακόμα και καρδιακές παθήσεις.

Η σκληρότητα διακρίνεται σε ανθρακική (παροδική) που οφείλεται στα όξινα ανθρακικά (διττανθρακικά, HCO_3) άλατα και μη ανθρακική (μόνιμη) που οφείλεται σε χλωρίοντα, θειικά, νιτρικά, ανθρακικά άλατα.

Η ολική σκληρότητα προκύπτει από το άθροισμα της ανθρακικής και της μόνιμης σκληρότητας. Εκφράζεται σε ισοδύναμο CaCO_3 (mg/l), αλλά και σε βαθμούς σκληρότητας. Νερό με σκληρότητα έως 500 mg/l CaCO_3 , μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόσιμο (80-150 ενδεικτικές τιμές).

Ο Γαλλικός βαθμός ισοδυναμεί με 10 mg/l CaCO_3 , ενώ ο Γερμανικός βαθμός με 17,86 mg/l $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται η ταξινόμηση του νερού με βάση τη σκληρότητα:

Ισοδύναμο CaCO_3 (mg/L)	Γαλλικοί βαθμοί	Χαρακτηρισμός του νερού
0-100	0-10	Μαλακό
101-200	10-20	Μέτρια σκληρό
201-300	20-30	Σκληρό
>300	>30	Πολύ σκληρό

Πίνακας 3.1: Ταξινόμηση υπόγειου νερού με βάση τη σκληρότητα (πηγή: Καλλέργης 2000).

3.1.2 Χημικές Παράμετροι:

- Κύρια ιόντα: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-
- Δευτερεύοντα ιόντα: Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , NH_4^+ , F^- , CO_3^{2-} , Al^{3+} κ.α.
- Βαρέα μέταλλα και ιχνοστοιχεία: Pb^{2+} , Cr^{6+} , Hg^{2+} , As^{3+} , Cd^{2+} κ.α.

Κατιόντα

- ✓ Κάλιο

Το κάλιο είναι ένα σημαντικό στοιχείο για τον οργανισμό, για τη διατήρηση της ισορροπίας οξέων και βάσεων στο μεταβολισμό. Το ιόν κάλιο παίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία της διέγερσης των νεύρων και των μυών.

Στα υπόγεια νερά συναντάται σε συγκεντρώσεις μικρότερες των 10 mg/l με εξαίρεση κάποιες ιδιαίτερες γεωλογικές συνθήκες όπου η συγκέντρωση μπορεί να ανέβει στα 20-25 mg/l. Παρόμοιες συγκεντρώσεις παρατηρούνται και στα επιφανειακά νερά (Μ. Σκληβανιώτης, 2004).

✓ Νάτριο

Το νάτριο είναι απαραίτητο στοιχείο για πολλούς μηχανισμούς του σώματος. Η επαρκής και ασφαλής ποσότητα του ημερήσια λαμβανομένου νατρίου είναι 1100 έως 3300 mg για ενήλικες και 115 έως 750 mg για νεογνά.

Για να εξασφαλιστεί ότι το νερό είναι χωρίς γεύση για την πλειοψηφία των καταναλωτών η συγκέντρωση αλατιού στο νερό πρέπει να είναι ίδια με αυτή στο σάλιο. Η μέση συγκέντρωση νατρίου στο σάλιο είναι 300 mg/l, αλλά μπορεί να φτάσει ακόμα και σε διπλάσιες τιμές (Μ. Σκληβανιώτης, 2004).

✓ Ασβέστιο

Το ασβέστιο είναι βασικό στοιχείο για τον οργανισμό και μη τοξικό όταν λαμβάνεται από το στόμα. Συγκεντρώσεις μέχρι και 1800 mg/l στο πόσιμο νερό έχει αναφερθεί ότι είναι αβλαβείς. Η ημερήσια ανάγκη για τον άνθρωπο εκτιμάται στα 800 mg. Το ασβέστιο δεν συναντάται ελεύθερο στην φύση διότι οξειδώνεται πολύ εύκολα στον αέρα. Όμως, άλατα του ασβεστίου είναι τα πλέον διαδεδομένα στο νερό. Η ημερήσια πρόσληψη σε ασβέστιο υπολογίζεται σε 500 με 1000 mg.

Είναι ένα βασικό στοιχείο του πόσιμου νερού που δεν έχει αρνητικές επιδράσεις στην υγεία. Τα προβλήματα διάβρωσης και αποθέσεων εντείνονται όταν το νερό είναι υπό- ή υπέρ- κορεσμένο σε ανθρακικό ασβέστιο (Μ. Σκληβανιώτης, 2004).

✓ Μαγνήσιο

Το μαγνήσιο είναι ένα βασικό ορυκτό στοιχείο για τον άνθρωπο. Συναντάται στον ολιβίνη $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_4$, μαγνησίτη, δολομίτη και στους χλωρίτες. Προέρχεται και από τη διάλυση αργιλικών ορυκτών, όπου βρίσκεται προσροφημένο στο πλέγμα τους. Ο λόγος Ca/Mg στο θαλασσινό νερό είναι περίπου 0,25, σε υφάλμυρα νερά 1,5-3,7, ενώ σε ασβεστολιθικά νερά 1,6 και σε δολομιτικά νερά 1,25 (Κ. Βουδούρης, 2006).

Η κύρια πηγή λήψης μαγνησίου για τον άνθρωπο είναι κανονικά η τροφή, κυρίως το κρέας και τροφές φυτικής προέλευσης. Η τυπική διατροφή δίνει 200-400 mg μαγνησίου την ημέρα.

Ανιόντα

✓ Χλωριούχα

Κύρια προέλευση είναι τα ιζηματογενή πετρώματα, που περιέχουν αργιλικά ορυκτά θαλάσσιας γένεσης, καθώς και οι εβαπορίτες. Άλλη πηγή αποτελεί η διείδυση της θάλασσας στους παράκτιους υδροφόρους. Στις βιομηχανικές περιοχές αύξηση του Cl^- προέρχεται από την καύση των πλαστικών και τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια. Τα χλωριούχα ιόντα συμβάλλουν στη διατήρηση της ηλεκτρικής ουδετερότητας των ερυθρών αιμοσφαιρίων και στην παραγωγή του υδροχλωρικού οξέος στο στομάχι.

Επιθυμητό όριο συγκέντρωσης των χλωριόντων στο πόσιμο νερό είναι 25 mg/lit και το ανώτατο 250 mg/lit.

Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων στο νερό προσδίδουν μία δυσάρεστη γεύση. Η επιθυμητή τιμή των 250 mg/lit που έχει ορίσει η ΠΟΥ βασίζεται μόνο στην αρνητική επίπτωση στη γεύση του νερού (Μ.Σκληβανιώτης, 2004).

Νερό με συγκέντρωση μεγαλύτερη από 150 mg/l επιταχύνει την διαδικασία της διάβρωσης στους μεταλλικούς αγωγούς με αποτέλεσμα να εντείνονται τα φαινόμενα "καφετί" χρωματισμού του νερού λόγω σκουριάς.

✓ Νιτρικά

Τα νιτρικά ιόντα είναι το τελικό προϊόν της φυσικής αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων, όπως φυτικής και ζωικής πρωτεΐνης. Μπορεί να προέρχεται από ζωικά περιττώματα, λιπάσματα ή προηγούμενη χρήση του νερού από τον άνθρωπο. Τα νιτρικά χρησιμοποιούνται κυρίως στην παρασκευή λιπασμάτων. Σε μικρότερο βαθμό χρησιμοποιούνται στην παραγωγή εκρηκτικών και το καθαρό νιτρικό κάλιο στην κατασκευή του γυαλιού.

Τα νιτρικά που βρίσκονται στο έδαφος απορροφώνται από τις ρίζες των φυτών και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή οργανικών ενώσεων του αζώτου. Η περίσσια των νιτρικών διαλύεται στο νερό και μεταφέρεται στα βαθύτερα υδροφόρα στρώματα. Εκεί αν επικρατούν αερόβιες συνθήκες παραμένουν σαν νιτρικά ενώ αν επικρατούν αναερόβιες συνθήκες ανάγονται σε νιτρώδη αλλά η διαδικασία αυτή μπορεί να φθάσει και μέχρι πλήρους μετατροπής σε άζωτο (απονιτροποίηση).

Η συγκέντρωση των νιτρικών στα επιφανειακά νερά είναι σχετικά χαμηλή (0-18 mg/l) αλλά όταν υπάρχουν εισροές από στραγγίσματα γεωργικών εκμεταλλεύσεων ή σκουπιδότοπων, οι συγκεντρώσεις μπορεί να φτάσουν σε σημαντικά υψηλότερα επίπεδα (Μ. Σκληβανιώτης, 2004).

✓ Θειικά

Κύρια προέλευση των θειικών ανιόντων είναι η διάλυση της γύψου και του ανυδρίτη, η χρήση θειικών λιπασμάτων τύπου $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, καθώς και η οξείδωση θειούχων ενώσεων (πυριτών), που εμφανίζονται σε αργιλικά πετρώματα. Στο φυσικό υδάτινο περιβάλλον τα θειικά ιόντα συναντώνται σαν αμμωνιακά άλατα ή αμμωνιακά μεταλλικά σύμπλοκα. Στην παράμετρο αυτή δεν συμπεριλαμβάνονται τα θειικά που είναι δεσμευμένα σε οργανικές ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές, όπως το θειικό διμεθύλιο και το θειικό διεθύλιο είναι έντονα τοξικές και ερεθιστικές στα μάτια και το δέρμα. Σε υψηλές συγκεντρώσεις τα οργανικά θειικά έχουν πιθανότητα να δράσουν σαν καρκινογόνοι και μεταλλακτικοί παράγοντες.

Τα θειικά επηρεάζουν επίσης και την γεύση του νερού. Οι συγκεντρώσεις για το αποδεκτό όριο γεύσης για τα πλέον συνήθη θειικά άλατα είναι (Μ. Σκληβανιώτης, 2004):

1. θειικό νάτριο 200-500 mg/l
2. θειικό ασβέστιο 250-900 mg/l
3. θειικό μαγνήσιο 400-600 mg/l

✓ Όξινα ανθρακικά

Είναι το επικρατέστερο ανιόν στα γλυκά υπόγεια νερά. Προέρχεται από το CO₂ της ατμόσφαιρας και το ελευθερούμενο στο έδαφος κατά την οργανική αποσύνθεση. Είναι σημαντικό ιόν για την ανθρώπινη υγεία γιατί ρυθμίζει το pH του οργανισμού σε κατάλληλες τιμές. Υπάρχουν και φυσικά ανθρακούχα νερά που περιέχουν σε μεγάλες περιεκτικότητες HCO₃⁻ και CO₂⁻.

3.1.3 Θρεπτικές ενώσεις του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P),

που αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την ανάπτυξη των οργανισμών

3.1.4 Πρωτεΐνες, Οργανικές ενώσεις και αέρια

CO₃, N₂, H₂S, NH₃, CH₄.

3.2 Κατηγορίες υπόγειων υδάτων

Η ποιότητα του υπογείου νερού καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών πάνω και μέσα στους οποίους κινείται. Υδροφορείς που βρίσκονται σε διαφορετικά πετρώματα αντιπροσωπεύουν νερά διαφορετικών υδροχημικών τύπων.

Τα πετρώματα αυτά μπορεί να είναι τα παρακάτω:

Κρυσταλλικά πετρώματα

Τα πετρώματα αυτά χαρακτηρίζονται από αφθονία χαλαζία, αστρίων και μαρμαρυγίες και τα υπόγεια νερά που κινούνται σε αυτά ανήκουν στον υδροχημικό τύπο Ca- HCO₃ -SO₄. Σε μερικές περιπτώσεις Na⁺, K⁺, Mg²⁺ και F⁻ εμφανίζονται επιπλέον σαν κύρια κατιόντα και ανιόντα, αντίστοιχα. Τα υπόγεια

νερά διερχόμενα από γνεύσιους τείνουν να έχουν υψηλότερη ολική μεταλλικότητα και pH από αυτά των γρανιτών, που οφείλεται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις Mg^{2+} και Ca^{2+} . Επίσης τα νερά από γρανίτες και γνεύσιους χαρακτηρίζονται από την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων σε ιχνοστοιχεία, όπως: Fe, As, Mo, U. Γενικά τα υπόγεια νερά των γνευσίων περιέχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε Ba και As σε σχέση με νερά προερχόμενα από γρανίτη.

Ασβεστολιθικά πετρώματα

Σε αυτά τα υπόγεια νερά ανήκουν στον υδροχημικό τύπο $Ca-HCO_3$, με τις συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων να είναι πολύ χαμηλές. Υπόγεια νερά που έχουν αναπτυχθεί σε ανθρακικά πετρώματα βαθιάς θάλασσας είναι πλούσια σε Ba, ενώ υπόγεια νερά από ανθρακικά πετρώματα που περιέχουν γύψο, χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις σε Sr^{2+} και Li^+ . Υψηλές συγκεντρώσεις I^- σε νερά ανθρακικών υδροφόρων σχετίζονται με την αποσύνθεση απολιθωμένης οργανικής ύλης (Kilchmann et al, 2004)



Εικόνα 3.1: Οι κυριότερες καρστικές περιοχές της Ελλάδας με συμπαγείς ή κατά κύριο λόγο ανθρακικούς σχηματισμούς (πηγή: Κ. Βουδούρης).

Εβαπορίτες

Υπόγεια νερά από εβαπορίτες ανήκουν στον υδροχημικό τύπο Ca-Mg-SO₄-HCO₃ και έχουν χαρακτηριστικά ιχνοστοιχεία: Li, Ni, Cu, Cd, Mn. Το Βόριο (B) συνδέεται επίσης με την παρουσία εβαπορίτων.

Μολασσικά ιζήματα

Η πλειονότητα των υπόγειων νερών προερχόμενα από υδροφόρους που φιλοξενούνται σε μολασσικά ιζήματα, ανήκει στον υδροχημικό Ca-Mg-HCO₃ τύπο με υψηλές διακυμάνσεις μεταλλικότητας. Υψηλή συγκέντρωση SO₄ καταγράφεται σε μολασσικά ιζήματα στην ΒΑ/κή Ελβετία, στη Δυτική Ελλάδα, στα Ιόνια νησιά και την Κρήτη, όπου υπάρχουν γύψοι και ανυδρίτες.

Φλύσχη

Τα νερά εδώ έχουν χαμηλή συγκέντρωση σε Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻ και SiO₂ και χαμηλές συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων, με εξαίρεση το Ba, ενώ εμφανίζουν υδροχημικό τύπο Ca(Mg)-HCO₃.

Αλλουβιακά πετρώματα

Τα νερά των αλλουβιακών σχηματισμών ανήκουν συνήθως στον τύπο Ca-HCO₃ και εμφανίζουν μεγάλες ποιοτικές διακυμάνσεις, που οφείλονται στις συνθήκες τροφοδοσίας και τη λιθολογία των πετρωμάτων. Η διάλυση του ασβεστίτη και του δολομίτη είναι υπεύθυνη για τις υψηλές συγκεντρώσεις HCO₃⁻, Ca²⁺, Mg²⁺ στα υπόγεια νερά αυτών των σχηματισμών.

Στα υπόγεια νερά παρατηρούνται επίσης αυξημένες συγκεντρώσεις Fe, Mn και άλλων ιχνοστοιχείων που σχετίζονται είτε με διάλυση ορυκτών που περιέχουν τα στοιχεία αυτά ή με υδροθερμικά εξαλλοιωμένες ζώνες. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις αρσενικού (As) συνδέονται με τη χρήση φωσφορικών λιπασμάτων, απορρυπαντικών κ.λπ.



Εικόνα 3.2: Τα κυριότερα αλλουβιακά υδροφόρα στρώματα της Ελλάδας (πηγή: Κ. Βουδούρης).

3.3 Καταλληλότητα νερού για διάφορες χρήσεις

3.3.1 Καταλληλότητα νερού για πόσιμότητα

Οσμή - γεύση

Για νερό κατάλληλο για ποσιμότητα η οσμή και η γεύση θα πρέπει να μην εμφανίζουν αφύσικες αλλαγές και να είναι αποδεκτές από τους καταναλωτές (Μ. Σκληβανιώτης 2004 , ΔΕΥΑΠ).

Δυσάρεστη οσμή και γεύση μπορεί να προκληθεί από:

- ✓ Ανόργανες ενώσεις
- ✓ Οργανικές ενώσεις
- ✓ Διάφορους μικροοργανισμούς
- ✓ Ανθρωπογενή ή Βιομηχανική ρύπανση

Τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για να έχει το νερό ευχάριστη γεύση και οσμή, όσον αφορά τα διάφορα άλατα είναι:

- Χλωριούχο νάτριο (αλάτι) 465 mg/l
- Χλωριούχο μαγνήσιο 47 mg/l
- Χλωριούχο ασβέστιο 350 mg/l

Ενώ για τα μεταλλικά ιόντα:

- Σίδηρος 0.05 mg/l
- Χαλκός 2.50 mg/l
- Μαγγάνιο 3.50 mg/l
- Ψευδάργυρος 5.00 mg/l

Οι ανώτατες τιμές των συγκεντρώσεων των στοιχείων που επιτρέπονται στο πόσιμο νερό δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ιδιότητα ή παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατο επιτρεπόμενο όριο	Παρατηρήσεις
<i>pH</i>	μονάδες pH	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$	-	Δεν έχουν ισχύ στα συσκευασμένα νερά
<i>Θερμοκρασία</i>	°C	12	25	
<i>EC</i>	μS/cm	400	2500	Ανάλογα με τη μεταλλικότητα
<i>Cl</i>	mg/l	25		Επικίνδυνο σε συγκέντρωση πάνω από 200 mg/l
<i>SO4</i>	mg/l	25	250	
<i>Mg</i>	mg/l	30	50	
<i>Na</i>	mg/l	20	200	

K	mg/l	10	12
NO₃	mg/l	25	50
Ca	mg/l	100	-
NO₂	mg/l		0,50
As	μg/l		10
Fe	μg/l		200
Cu	mg/l		2
Pb	μg/l		10
Hg	μg/l		1
Mn	μg/l		50

Πίνακας 3.2: Ανώτατα επιτρεπόμενα όρια των διαφόρων παραμέτρων του νερού (πηγή: ΦΕΚ Β'892/11.07.2001).

3.3.2 Καταλληλότητα νερού για άρδευση

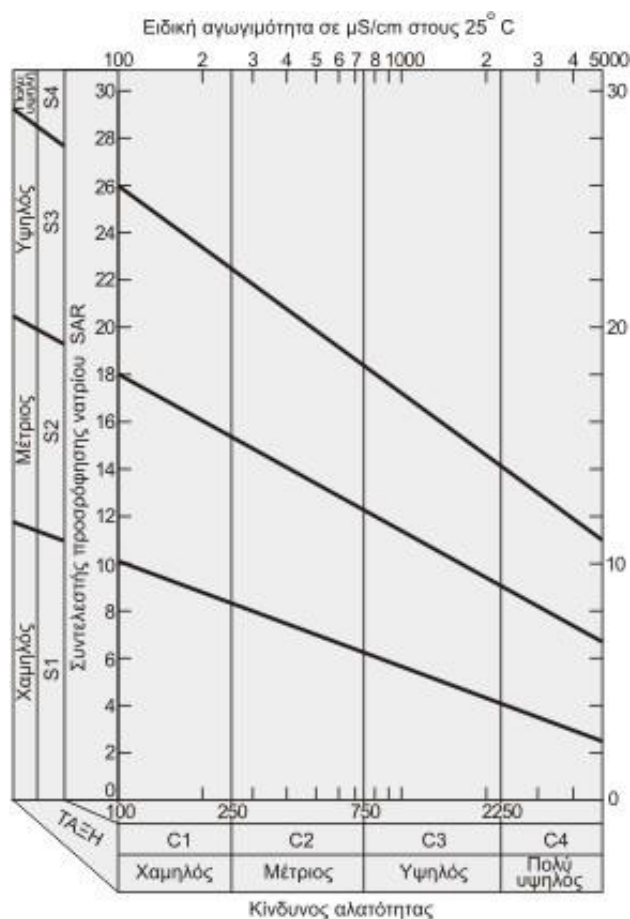
Δείκτης SAR (συντελεστής προσρόφησης Νατρίου)

Ο δείκτης SAR χρησιμοποιείται ως κριτήριο καταλληλότητας του νερού σε άρδευση και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

με τις συγκεντρώσεις των ιόντων να είναι εκφρασμένες σε

meq/l. Για ηλεκτρική αγωγιμότητα 750 μS/cm, τιμές SAR < 6 υποδηλώνουν μικρό κίνδυνο Νατρίου, 6-12 μέσο κίνδυνο και 12-18 μεγάλο κίνδυνο Νατρίου. Τιμές SAR > 18 υποδηλώνουν πολύ μεγάλο κίνδυνο Νατρίου.



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα δείκτη SAR και αγωγιμότητας.

Περιεκτικότητα σε Νάτριο (βαθμός αλκαλίωσης)

Εκφράζεται σαν ποσοστό επί τοις εκατό και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Na}(\%) = \frac{(\text{Na} + \text{K}) \cdot 100}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K})}$$

με τις συγκεντρώσεις των ιόντων να είναι εκφρασμένες σε meq/l .

Εκφράζει τη διαβρωτική ικανότητα του νερού ή την ικανότητα απόθεσης αλάτων, κυρίως CaCO_3 (κ.Βουδούρης, 2006).

Η περιεκτικότητα σε Na έχει μεγάλη σημασία για τη γεωργία καθώς η διαπερατότητα του εδάφους επηρεάζεται αρνητικά από τη μεγάλη ανάλογα Νατρίου στο νερό.

3.4 Τρόποι παρουσίασης των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων

3.4.1 Ιοντικοί λόγοι

Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης μπορεί να διαπιστωθεί με τη χρήση χημικών δεικτών ή χημικών στοιχείων. Σε αυτά ανήκουν:

- *Συντελεστής Revelle*

Ο συντελεστής Revelle αποτελεί κριτήριο της διείσδυσης του θαλασσινού νερού

και ορίζεται από τον λόγο: $R = \frac{Cl}{CO_3+HCO_3}$, σε meq/lit. Τιμές $R \geq 1$ αποτελούν

ένδειξη της θαλάσσιας διείσδυσης.

Συντελεστής Revelle	Όριο Simpson	Χαρακτηρισμός νερού
<1	0.5	Καλό υπόγειο νερό χωρίς θαλάσσια διείσδυση
1-2	1.3	Ελαφρά ρυπασμένο νερό
2-6	2.8	Μέτρια ρυπασμένο νερό
6-10	6.6	Σοβαρά ρυπασμένο νερό
10-150	15.5	Επικίνδυνα ρυπασμένο νερό
>150	200	Θαλασσινό νερό

Πίνακας 3.3: Χαρακτηρισμός βαθμού ρύπανσης νερού από τη θαλάσσια διείσδυση (πηγή: Καλλέργης 2000).

- **Ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. ($\mu\text{S}/\text{cm}$),**

οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 140-1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, στα υφάλμυρα 2000-3000 και στα υπεράλμυρα 100,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

- **Χλώριο**

Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος ιχνηθέτης στις απλές περιπτώσεις διείσδυσης θαλασσινού νερού είναι το ιόν του Cl^- , το οποίο είναι το πιο συντηρητικό φυσικό συστατικό στο νερό, όταν αυτό είναι σε διαλυμένη μορφή. Στις περιπτώσεις αυτές έχει ιδιαίτερη σημασία να γνωρίζουμε τη βασική σύνθεση σε Cl^- των νερών σε μία δεδομένη περιοχή, κυρίως από ιστορικές πληροφορίες ή από γεωτρήσεις που έχουν μείνει ανέπαφες από το αλμυρό νερό, διότι και μικρές ακόμη ανεπαίσθητες αλλαγές στο περιεχόμενο Cl^- είναι δυνατόν να σημαίνουν την ενεργοποίηση της θαλάσσιας διείσδυσης, έτσι ώστε να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα. Οποσδήποτε η βασική γραμμή του περιεχομένου στα γλυκά υπόγεια νερά Cl^- ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή. Η βασική σύνθεση σε Cl^- είναι δυνατόν να είναι υψηλή σε ανεπηρέαστα υπόγεια νερά ίσως και πάνω από 200 mg/l. Γενικά όμως, θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε το νερό ως γλυκό όταν η περιεκτικότητά του σε χλώριο είναι έως 250 mg/l. Αν η περιεκτικότητά του είναι μεγαλύτερη από 300 mg/l μέχρι 4.000-5.000 mg/l τότε είναι υφάλμυρο, ενώ αν είναι μεγαλύτερη από αυτή χαρακτηρίζεται σαν αλμυρό. Το θαλασσινό νερό έχει περιεκτικότητα σε ιόντα χλωρίου συνήθως 18.000 mg/l.

- **Λόγος Na/Cl**

Ο λόγος Na/Cl στο υφάλμυρο νερό από θαλάσσια διείσδυση είναι συνήθως μικρότερος από ότι στο θαλασσινό νερό. Για το λόγο αυτό η παραπάνω σχέση σε συνδυασμό και με άλλες γεωχημικές παραμέτρους μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης της θαλάσσιας διείσδυσης, ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις χλωρίου κατά τα πρώτα στάδια της θαλάσσιας διείσδυσης. Η τιμή της σχέσης αυτής στο θαλασσινό νερό είναι περίπου 0,876. Εάν η τιμή του είναι μεγαλύτερη του 1 τότε το νερό προέρχεται από υδροφόρους με αλκαλικά μαγματικά ή

μεταμορφωμένα πετρώματα (ιοντική ανταλλαγή Ca και Mg με Na). Μικρή τιμή της σχέσης αυτής μαρτυρά ρύπανση του υδροφόρου από θαλάσσια διείσδυση.

- ✓ $Na/Cl=0.876\pm 10\%$ για κανονικό νερό
- ✓ $Na/Cl>1$ για νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα
- ✓ $Na/Cl<0.876\pm 10\%$ για υφαλμύρωση του υδροφορέα

• *Λόγος Na/K*

Ο λόγος Na/K σχετίζεται με το αν το νερό είναι θαλασσινό ή βρόχινο ή αν υπάρχει περιοχή εμπλουτισμού υδροφορέων με τις τιμές να κυμαίνονται:

- ✓ $Na/K=47$ για το θαλασσινό νερό
- ✓ $Na/K=10$, για βρόχινο νερό
- ✓ $Na/K=15-25$ νερό σε περιοχή εμπλουτισμού υδροφορέων
- ✓ $Na/K=50-70$ νερό σε κατάντη τμήμα του υδροφορέα σε σχέση με τη διεύθυνση ροής

• *Λόγος Mg / Ca*

Ο λόγος Ca^{2+} / Mg^{2+} χρησιμοποιείται επίσης για τη διάκριση της θαλάσσιας διείσδυσης. Η τιμή αυτής της σχέσης στο θαλασσινό νερό είναι περίπου 5 ενώ στο γλυκό είναι συνήθως μικρότερη της μονάδας. Ο λόγος αυτός αυξάνεται με την προέλαση του μετώπου υφαλμύρωσης. Αν η τιμή του λόγου αυτού ξεπεράσει το 5 μπορεί να θεωρηθεί σαν ένδειξη θαλάσσιας διείσδυσης. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται επίσης για την προέλευση του νερού από ασβεστολιθικά ή μαγνησιούχα πετρώματα:

- ✓ $Mg/Ca < 0.5-0.7$ αντιστοιχούν σε νερό από ασβεστολιθικά υδροφόρα
- ✓ $Mg/Ca = 0,7-0,9$ αντιστοιχούν σε δολομιτικά υδροφόρα στρώματα
- ✓ $Mg/Ca > 0.9$ αντιστοιχούν σε υδροφόρους οφιολιθικών σχηματισμών ή γενικά πυριτικών πλούσιων σε Mg. Στα οφιολιθικά οι τιμές είναι συνήθως μεγαλύτερες από 1.

- **Λόγος Cl/SO₄**

Η σχέση Cl⁻/SO₄²⁻ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη διάκριση σύγχρονης θαλάσσιας διείσδυσης από προηγούμενες διεισδύσεις σε νερά με συγκεντρώσεις χλωρίου μεγαλύτερες από 500 mg/l. Οι τιμές της σχέσης Cl⁻ / SO₄²⁻ είναι υψηλότερες στα παλαιά αλμυρά νερά σε σχέση με το σύγχρονο θαλάσσιο νερό, σαν αποτέλεσμα της αναγωγής των θειϊκών. Στο θαλασσινό νερό η τιμή της παραπάνω σχέσης είναι περίπου 10 ενώ αν η τιμή κυμαίνεται από 5 έως 10 τότε το νερό είναι υφάλμυρο:

- ✓ Cl/SO₄=10 θαλασσινό νερό
- ✓ Cl/SO₄>5 νερό χλωριούχο
- ✓ Cl/SO₄=1-5 νερό χλωροθειούχο
- ✓ Cl/SO₄= 0,2-1 νερό θειούχο-χλωριούχο
- ✓ Cl/SO₄<0,2 νερό θειούχο

- **Λόγος Br/ Cl**

Η σχέση Br⁻ / Cl⁻ εξαιτίας της συντηρητικής φύσης των Br⁻ και Cl⁻ μπορεί συχνά να χρησιμοποιηθεί για τη διάκριση μεταξύ πηγών αλμυρού νερού, ιδιαίτερα δε για τη διάκριση ανάμεσα στη θαλάσσια διείσδυση και σε αύξηση αλάτων λόγω παρουσίας εβαποριτών, αφού τα τελευταία επιδεικνύουν σημαντικά υψηλότερες τιμές από ότι στο θαλάσσιο νερό ή αλμύρες που προήλθαν από τη διάλυση αλίτη.

- **(Ca+Mg)/(Na+K)**

Σχετίζεται με την τροφοδοσία του υπογείου νερού:

- ✓ (Ca+Mg)/(Na+K)>1 υδροφόρο στρώμα με συνεχή τροφοδοσία.
- ✓ (Ca+Mg)/(Na+K)<1 παλιό νερό στα κατάντη τμήματα του υδροφορέα (ως προς τη διεύθυνση ροής).

- **Σφάλμα Ισοζυγίου**

Για τον έλεγχο των χημικών αναλύσεων του νερού χρησιμοποιείται το σφάλμα ισοζυγίου ιόντων. Αυτό εκφράζεται από τη διαφορά σαν ποσοστό επί τοις εκατό του αθροίσματος και δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5-7%.

Ο υπολογισμός του σφάλματος ισοζυγίου ανιόντων- κατιόντων γίνεται από τη σχέση (Σφάλμα Ισοζυγίου) = $\frac{\Sigma\text{κατ.} - \Sigma\text{αν.}}{\Sigma\text{κατ.} + \Sigma\text{αν.}} * 100$. Για σφάλμα μεγαλύτερο του 5-7% η χημική ανάλυση πρέπει να επαναλαμβάνεται.

3.4.2 Υδροχημικοί χάρτες

Για την επεξεργασία των δειγμάτων νερού και την χωρική απεικόνιση της ποιότητας και των χημικών χαρακτηριστικών του κατασκευάζονται οι υδροχημικοί χάρτες. Αυτοί δίνουν την χωρική κατανομή των ιόντων (Ca, Mg, NO₃, SO₄ κ.α.) με τις ισοχημικές καμπύλες, που αντιστοιχούν σε σημεία ίσης περιεκτικότητας σε κάθε ιόν.

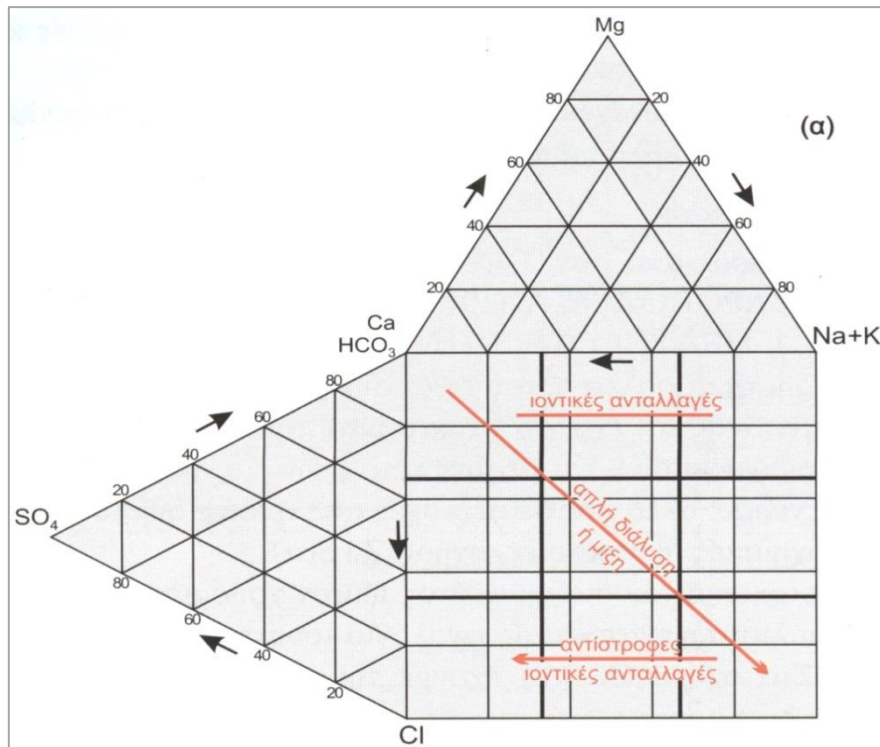
Οι χάρτες κατασκευάζονται σε συνάρτηση με τη γεωλογική – λιθολογική σύσταση της περιοχής για τη συσχέτιση της χημικής σύστασης του νερού με τη γεωλογία του υπεδάφους μέσα στο οποία κινείται το υπόγειο νερό.

3.4.3 Υδροχημικά διαγράμματα

1. Διάγραμμα Durov

Αποτελείται από 2 τριγωνικά διαγράμματα που αντιστοιχούν στα κατιόντα και τα ανιόντα και ένα τετράγωνο, που αποτελείται από 9 επιμέρους τετραγωνίδια, για κάθε κατηγορία νερού.

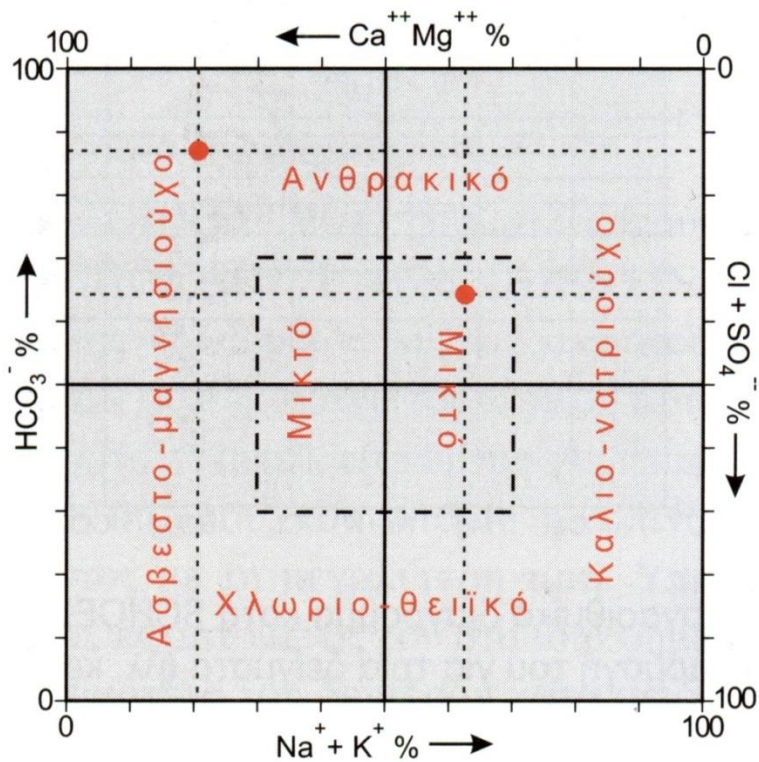
Τα κατιόντα και ανιόντα προβάλλονται χωριστά στα δύο τρίγωνα, με τις προεκτάσεις των καθέτων στις βάσεις των ισόπλευρων τριγώνων, που ξεκινούν από τα σημεία που παριστάνουν την % περιεκτικότητα του νερού σε ανιόντα και κατιόντα να τέμνονται σε ένα σημείο που παριστάνει την κύρια ιοντική συγκέντρωση % στο νερό.



Σχήμα 3.2: Διάγραμμα Durov.

2. Διάγραμμα Piper

Αποτελείται από δύο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα ανιόντα και ένα για τα κατιόντα και ένα ενδιάμεσο ρομβικό που στο σύνολο συνιστούν ένα τρίγωνο. Η θέση του αντίστοιχου δείγματος νερού στο διάγραμμα το κατατάσσει σε μία κατηγορία, τόσο ως προς τα κατιόντα ή ανιόντα όσο ως προς το σύνολο, δίνοντας έτσι την υδροχημική φάση του δείγματος.



Σχήμα 3.4: Διάγραμμα Ludwig Langelier.

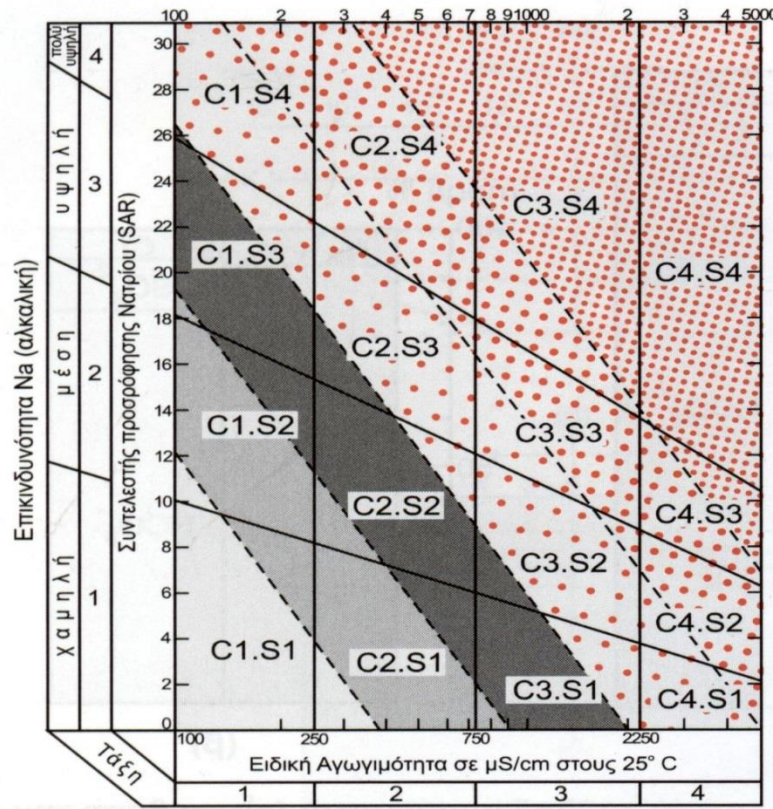
4. Διάγραμμα Wilcox

Το διάγραμμα αυτό χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της καταλληλότητας του αρδευτικού νερού σε σχέση με τη φύση και τις ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών. Χρησιμοποιεί το δείκτη S.A.R. και την ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C.

Με βάση το διάγραμμα αυτό μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες αρδευτικού νερού:

- C1-S1. Ποιότητα καλή.
- C1-S2, C2-S1. Ποιότητα καλή έως μέτρια. Το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαριά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά.
- C1-S3, C2-S2, C3-S1. Ποιότητα μέτρια έως πολύ μέτρια. Μπορεί να χρησιμοποιείται παίρνοντας μέτρα προφύλαξης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά ή πρέπει να προστίθεται σε αυτό γύψος.

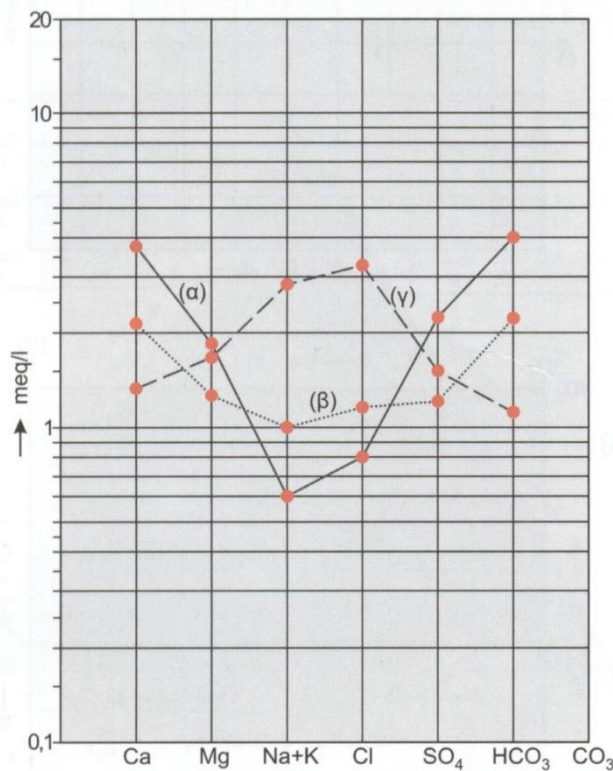
- C1-S4, C2-S3, C3-S2, C4-S1. Ποιότητα πολύ μέτρια έως κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για ευαίσθητα φυτά, ούτε γενικά για βαριά εδάφη. Μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης σε ελαφρά εδάφη που αποστραγγίζονται καλά ή να προστίθεται γύψος.
- C2-S4, C3-S3, C4-S2. Ποιότητα κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται παρά μόνο για ανθεκτικά φυτά σε ελαφρά εδάφη καθώς αποστραγγιζόμενα, με προσθήκη γύψου.
- C3-S4, C4-S3, C4-S4. Πολύ κακή ποιότητα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε καμία περίπτωση



Σχήμα 3.5: Διάγραμμα Wilcox.

5. Διάγραμμα Schoeller

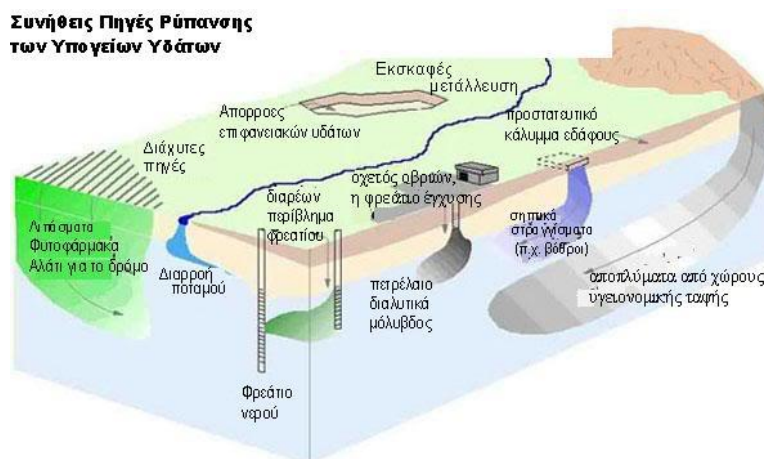
Το Διάγραμμα Schoeller στον κατακόρυφο άξονα έχει τιμές διαφόρων ιόντων σε ημιλογαριθμική κλίμακα και στον οριζόντιο σε δεκαδική κλίμακα τα διάφορα ιόντα με την εξής σειρά: Ca, Mg, Na+K, Cl, SO₄, HCO₃. Οι τιμές των ιόντων κάθε δείγματος ενώνονται στο διάγραμμα με μία καμπύλη γραμμή. Όταν η καμπύλη αυτή έχει το κυρτό μέρος προς τα επάνω το νερό είναι υφάλμυρο, ενώ όταν έχει το κοίλο το νερό είναι γλυκό. Όσο πιο ψηλά βρίσκεται αυτή, τόσο πιο μεγάλη είναι η συνολική περιεκτικότητα σε ιόντα (T.D.S.).



Σχήμα 3.6: Διάγραμμα Schoeller.

4. Ρύπανση υπογείου νερού

4.1 Εισαγωγή



Εικόνα 4.1: Πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων (πηγή: google).

Η ρύπανση των υπόγειων υδάτων, δηλαδή η επιβάρυνση τους με ανόργανες και οργανικές ουσίες που υποβαθμίζουν την ποιότητα τους μπορεί να προκληθεί κυρίως από:

- Αστικά λύματα, νερά δηλαδή που προέρχονται από τις κατοικίες, σχολεία, νοσοκομεία, βιοτεχνίες, εργαστήρια κτλ.
- Βιομηχανικά υγρά απόβλητα, που μπορεί να περιέχουν επικίνδυνα και τοξικά στοιχεία.
- Γεωργικά υγρά απόβλητα από τη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.
- Κτηνοτροφικά υγρά απόβλητα, που προέρχονται από μικρές ή μεγάλες μονάδες εκτροφής ζώων.
- Διείσδυση θαλασσινού νερού, λόγω υπεράντλησης των υπόγειων υδροφορέων ή αύξηση της στάθμης της θάλασσας.
- Όξινη βροχή, που μεταφέρει τους ρύπους της ατμόσφαιρας στο υπόγειο νερό λόγω διήθησης του στα υπόγεια στρώματα.

Το υπόγειο νερό δεν ρυπαίνεται μόνο από τα επιφανειακά νερά, αλλά η ρύπανση μπορεί να δημιουργηθεί και πάνω από τον υδροφόρο με διαρροή από υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης, σηπτικούς και διηθητικούς βόθρους, διαρροές σωλήνων που βρίσκονται στο έδαφος κτλ, καθώς και κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα, με αγροτικά πηγάδια στράγγισης και αρδευτικές διώρυγες, υπεδάφια αποθήκευση, ορυχεία, ερευνητικές γεωτρήσεις, πηγάδια ύδρευσης κτλ.

4.2 Αυξημένα νιτρικά ιόντα στο υπόγειο νερό

Ως νιτρορύπανση θεωρούμε την άμεση ή έμμεση απόρριψη αζωτούχων ενώσεων στο υδάτινο περιβάλλον, με σημαντικότερες επιπτώσεις την πρόκληση βλαβών στην ανθρώπινη υγεία και υποβάθμιση των υδατικών οικοσυστημάτων (ΥΠΕΚΑ).

Στα υπόγεια ύδατα, η νιτρορύπανση εμφανίζεται κυρίως με τη μορφή αθροιστικής συσσώρευσης νιτρικών, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις φθάνουν σε επίπεδα που είναι απαγορευτικά για τη χρήση του νερού για σκοπούς ύδρευσης. Ως οριακή τιμή έχει καθορισθεί από την Ελληνική και Διεθνή νομοθεσία η συγκέντρωση των 50 mg/l, ωστόσο ακόμα και σε μικρότερες συγκεντρώσεις (μεγαλύτερες από 25 mg/l) δημιουργείται προβληματισμός για μακροχρόνια χρήση του νερού για πόση.



Εικόνα 4.2: Η γεωργία αποτελεί σημαντική πηγή νιτρικών στα υπόγεια νερά (πηγή: google).

4.2.1 Προέλευση

Τα νιτρικά χαρακτηρίζονται από το ότι είναι ευδιάλυτα και ευκολοκίνητα μέσα στο έδαφος και γι' αυτό είναι δυνατό να μετακινηθούν και να καταλήξουν στα επιφανειακά και υπόγεια νερά προκαλώντας ρύπανση και καθιστώντας τα ακατάλληλα για ύδρευση. Τα περισσότερα αζωτούχα υλικά στα φυσικά ύδατα τείνουν να μετατραπούν σε νιτρικά άλατα.

Η νιτρορύπανση προέρχεται από ανθρωπογενής δραστηριότητες, οι οποίες περιλαμβάνουν τις διάφορες αγροτικές, γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Αύξηση των νιτρικών ιόντων προκαλείται από τα ανθρώπινα λύματα, την κοπριά (αγελάδων, χοίρων, πουλερικών και προβάτων), τα διάφορα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες και που καταλήγουν μέσω του εδάφους στους υπόγειους υδροφορείς, ρυπαίνοντας τους με ανόργανα νιτρικά άλατα, όπως το νιτρικό κάλιο και νιτρικό αμμώνιο. Η απόπλυση από σηπτικές δεξαμενές λυμάτων και η διάβρωση φυσικών κοιτασμάτων αποτελούν επίσης σημαντικές πηγές εμφάνισης της νιτρορύπανσης.

- **Αζωτούχα λιπάσματα**

Ο αγροτικός τομέας αποτελεί την κυριότερη πηγή νιτρικών, ρυπαίνοντας τα υπόγεια ύδατα, λόγω της εκτεταμένης και εντατικής χρήσης λιπασμάτων. Η ανάγκη για μεγιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής, με σκοπό την οικονομική ανάπτυξη των περιοχών, έκρινε απαραίτητη την εντατικοποίηση των μεθόδων παραγωγής, έχοντας έτσι αρνητικά αποτελέσματα για το περιβάλλον.

Έως το 1990 η κατανάλωση αζωτούχων λιπασμάτων 20πλασιάστηκε, ξεπερνώντας τους $100 \cdot 10^6$ τόνους το 2000. Στην Ελλάδα η χρήση νιτρικών και φωσφορικών λιπασμάτων εμφανίζεται πολύ πάνω από το μέσο όρο της Ευρώπης.

Τα αζωτούχα λιπάσματα ανήκουν στα ανόργανα, στα οποία το άζωτο περιέχεται ως αμμονακό ή νιτρικό ή αμιδικό (και στις 2 μορφές). Αύξηση νιτρικών παρατηρείται και σε μη αρδευόμενες περιοχές οργανικών εδαφών, καθώς τα νιτρικά απελευθερώνονται κατά την ανοργανοποίηση φυτικών υπολειμμάτων και

ζωικών αποβλήτων που ενσωματώνονται στο έδαφος από βακτήρια (Πολυράκης I, 2006).

- **Απόβλητα ζώων**

Η αύξηση των νιτρικών κατά κύριο λόγο προκαλείται από την εκτεταμένη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων. Σημαντική πηγή όμως νιτρορύπανσης αποτελούν και τα στερεά απόβλητα των ζώων, οι κοπριές, που χρησιμοποιούνται και ως υποκατάστατα των λιπασμάτων. Η διείσδυση των ρύπων στο υπόγειο νερό μέσω του εδάφους εξαρτάται από τις εδαφικές συνθήκες κάθε περιοχής, τη βροχόπτωση και τις επιφανειακές συνθήκες απόθεσης. Μικρή συμβολή στο φαινόμενο έχει και η ταφή των νεκρών ζώων και των γεωργικών στερεών αποβλήτων στο έδαφος (Πολυράκης I, 2006).

- **Σηπτικές Δεξαμενές**

Σε περιοχές που απουσιάζει το κεντρικό αποχετευτικό σύστημα η συγκέντρωση των λυμάτων και των όμβριων υδάτων επιτυγχάνεται με τις σηπτικές δεξαμενές, μέσω της αργής διήθησης των λυμάτων στο έδαφος. Η μεταφορά των νιτρικών στο έδαφος και στη συνέχεια στους υπόγειους υδροφορείς γίνεται σημειακά επιβαρύνοντας τοπικά το υπόγειο νερό σε βαθμό μεγαλύτερο από της γεωργικές δραστηριότητες.

Μεγάλο ποσοστό του αζώτου παραμένει σε μορφή αμμωνίας μέχρι να φτάσει στην αερόβια ζώνη, όπου οξειδώνεται σε νιτρικά ιόντα και μεταφέρεται με το νερό (Πολυράκης I, 2006).

4.2.2 Επιπτώσεις στην υγεία

Αποτέλεσμα της ρύπανσης με νιτρικά στα επιφανειακά νερά είναι η δημιουργία ευτροφισμού, ενώ τα υπόγεια νερά όταν χρησιμοποιούνται για υδρευτικούς σκοπούς, δυνατό να βλάψουν την υγεία των ανθρώπων και των ζώων.

Βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις: Τα υπερβολικά επίπεδα νιτρικών αλάτων στο πόσιμο νερό έχουν προκαλέσει σοβαρές ασθένειες και μερικές φορές το θάνατο. Οι σοβαρές ασθένειες σε βρέφη οφείλονται στην μετατροπή των νιτρικών σε

νιτρώδη από το σώμα, το οποίο μπορεί να επηρεασουν την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο στα παιδιά. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια οξεία κατάσταση στην οποία η υγεία επιδεινώνεται ταχύτατα μέσα σε μια περίοδο λίγων ημερών. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν δυσκολία στην αναπνοή και κυανό χρωμα στο δέρμα.

Μακροπρόθεσμες επιπτώσεις: Τα νιτρικά και τα νιτρώδη έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν τις ακόλουθες συνέπειες από μια χρόνια έκθεση σε επίπεδα πάνω από τα μέγιστα επιτρεπτά : διούρηση, αύξηση αμυλωδών αποθέσεων και αιμορραγία της σπλήνας (kireas.org).

4.2.3 Πρόληψη και τρόποι αντιμετώπισης

Σημαντική είναι η προστασία των υπόγειων υδροφορέων από την απόπλυση των νιτρικών στο νερό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με πρόληψη:

- ✓ Έλεγχος χρήσης λιπασμάτων (κυρίως αζωτούχων), της ποσότητας, του τύπου, του χρόνου εφαρμογής και την απαγόρευση ή χρησιμοποίησή τους με μέτρο σε ευπρόσβλητες ζώνες.
- ✓ Καθορισμός απαιτήσεων για την αποθήκευση και μεταφορά των λιπασμάτων.
- ✓ Έλεγχος της χρήσης των κτηνοτροφικών αποβλήτων (κοπριά και λύματα) και την εφαρμογή τους στο έδαφος. Αυτό επιτυγχάνεται με ρύθμιση της τοποθεσίας, της δοσολογίας και του χρόνου και μεθόδου εφαρμογής.
- ✓ Χημική ανάλυση εδάφους.
- ✓ Ανάλογα με τις συνθήκες και τα κλιματικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής να ορίζεται η ποσότητα των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων.
- ✓ Καθαρισμός των σηπτικών δεξαμενών στον προβλεπόμενο χρόνο
- ✓ Ενημέρωση και εκπαίδευση των γεωργών.
- ✓ Αντικατάσταση καλλιεργειών με άλλες ανάλογα με τα δεδομένα κάθε περιοχής και τις διαθέσιμες ποσότητες υπογείου νερού.

Η Οδηγία 91/676/ΕΟΚ για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης προβλέπει ότι τα κράτη μέλη υποχρεούνται (ypaka.gr):

- Να προσδιορίζουν τα υπόγεια ύδατα που περιέχουν ή θα μπορούσαν να περιέχουν περισσότερο από 50 mg/l νιτρικών ιόντων
- Να χαρακτηρίζουν τις ευπρόσβλητες ζώνες, Για το χαρακτηρισμό των ευπρόσβλητων ζωνών παρακολουθούν επί ένα έτος τη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στα γλυκά ύδατα.
- Να εκπονούν προγράμματα δράσης όσον αφορά τις χαρακτηρισμένες ευπρόσβλητες περιοχές για να επιτύχουν τη μείωση της ρύπανσης των υδάτων που προκαλείται άμεσα ή έμμεσα από νιτρικά ιόντα γεωργικής προελεύσεως και στην πρόληψη της περαιτέρω ρύπανσης αυτού του είδους.
- Να καταρτίζουν και να εφαρμόζουν κατάλληλα προγράμματα παρακολούθησης προκειμένου να εκτιμούν την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων δράσης.

Σε περίπτωση που τα υπόγεια νερά έχουν ήδη ρυπανθεί από τα νιτρικά ιόντα οι μέθοδοι απονιτροποίησης που μπορούν να εφαρμοστού είναι:

1. Φυσική απονίτρωση

Εφαρμόζεται με διακοπή της λίπανσης ή μείωση της σύμφωνα με τον κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής που προβλέπει η οδηγία 91/676/ΕΟΚ (ΚΥΑ 16190/1335/97, ΦΕΚ 519Β/25-6-1997), η οποία περιλαμβάνει κανόνες σχετικά με τις περιόδους στις οποίες ενδείκνυται η διασπορά λιπασμάτων σε κορεσμένα εδάφη ή κοντα σε υδάτινα ρεύματα και δίνει σχέδια λίπανσης και τήρηση αρχείων για τη χρήση τους.

Ο χρόνος απορρύπανσης εξαρτάται από την αρχική συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων, το πάχος και το πορώδες του υδροφόρου ορίζοντα και την κατείδυση και δίνεται από την σχέση (Yertsever, 1983):

$$t=t_r \left[\ln \left(\frac{C_1}{C_0} \right) \right]$$

όπου: t_r = ο χρόνος παραμονής του ρυπασμένου νερού στον υδροφόρο ορίζοντα, που είναι ίσος με

$$t_r = Dn/I$$

- ✓ D = το πάχος του υδροφόρου
- ✓ n = το πορώδες
- ✓ I = η κατείδυση (ετήσιος εμπλουτισμός του υδροφόρου)
- ✓ C_0 = η αρχική συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων και
- ✓ C = η συγκέντρωση απορρύπανσης (~15 mg/L) σε χρόνο t μετά τη διακοπή της λίπανσης.

2. Ιοντοανταλλαγή

Γίνεται μεταξύ ιόντων NO_3^- και Cl^- με τη βοήθεια συνθετικών ρητινών, μέσα από τις οποίες περνάει το νερό. Εφαρμόζεται η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης, σύμφωνα με την οποία, καθώς το νερό περνάει από μια ημιπερατή μεμβράνη συγκρατούνται τα νιτρικά.

3. Ηλεκτροδιάλυση

Σε αυτή τη μέθοδο εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση και τα ιόντα διέρχονται μέσω ημιπερατών μεμβρανών.

4. Χημική απονίτρωση

Επιτυγχάνεται με την αντίδραση αργιλίου και νιτρικών ιόντων σε υδάτινο διάλυμα παράγοντας ελεύθερο άζωτο ή αμμωνία. Η αμμωνία ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα με αεροδιαχωρισμό.

5. Βιολογική απονίτρωση

Πραγματοποιείται με μικροοργανισμούς που καταναλώνουν το άζωτο ως θρεπτική ουσία.

4.3 Αύξημένα χλωριόντα στο υπόγειο νερό

Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων προδίδουν μια δυσάρεστη γευση στο νερό. Στα υπόγεια νερά αποτελούν ένδειξη ρυπανσης των υδάτων.

4.3.1 Προέλευση

Μπορεί να οφείλεται σε:

- ✓ χώρους τελικής διάθεσης στερεών αποβλήτων, καθώς η συγκέντρωσή τους είναι μεγάλη στα αστικά λύματα και στα γκίσματα στερεών αποβλήτων.
- ✓ Η μεγάλη συγκέντρωση χλωριόντων στο υπόγειο νερό μπορεί να οφείλεται στην ύπαρξη ιζηματογενών πετρωμάτων που περιέχουν αργιλικά ορυκτά, ή στην ύπαρξη εβαποριτών (Κ. Βουδούρης 2006).
- ✓ Άλλη πηγή αποτελεί η καύση πλαστικών και τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια σε βιομηχανικές περιοχές.
- ✓ Σημαντική αύξηση των χλωριόντων προκαλείται από τη διείσδυση της θάλασσας στους υπόγειους υδροφορείς εμφανίζοντας το φαινόμενο της υφαλμύρωσης.

4.4 Φαινόμενο υφαλμύρωσης

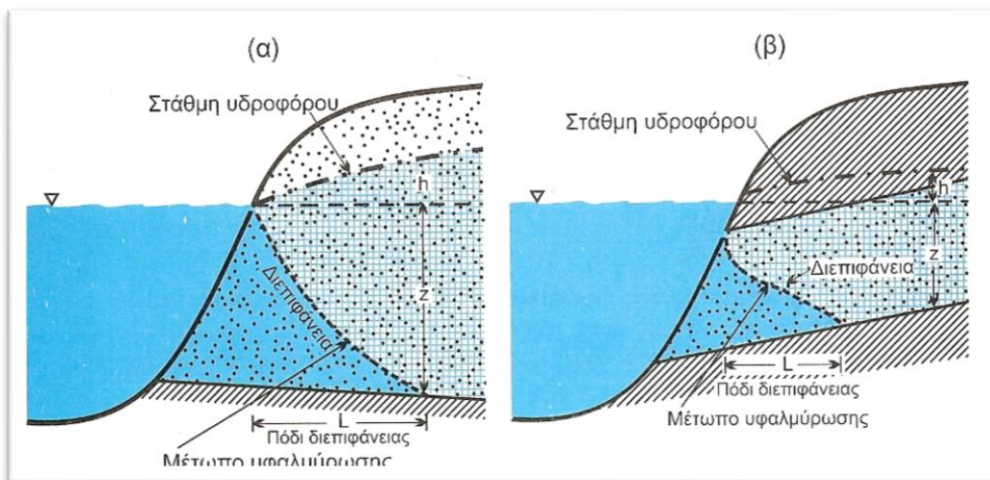
Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης προκαλεί την αύξηση στην αλατότητα του υπογείου νερού, λόγω διείσδυσης του θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφορέα.

Ως αποτέλεσμα των υπεραντλήσεων και της μείωσης της φυσικής τροφοδοσίας των παράκτιων υπόγειων υδροφορέων είναι η διαταραχή της φυσικής ισορροπίας τους μεταξύ γλυκού και αλμυρού νερού. Η διείσδυση αυτή του θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφορέα μπορεί να χαρακτηριστεί ως παθητική ή ως ενεργή.

Παθητική χαρακτηρίζεται αν με οποιοδήποτε τρόπο αλλάζουν οι ποσότητες νερού που φυσικά τροφοδοτούν τα υπόγεια στρώματα. Οι αλλαγές αυτές επηρεάζουν άμεσα τη θέση της διεπιφάνειας γλυκού-αλμυρού νερού η οποία

μετατοπίζεται προς την ενδοχώρα. Μικρές αλλαγές της θέσης της διεπιφάνειας σημειώνονται με τις εποχιακές ή ετήσιες διακυμάνσεις των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, όπως επίσης και μετά από μακροχρόνιες αλλαγές στον κλιματικό τύπο ή στη σχετική θέση του επιπέδου της θάλασσας.

Ενεργή χαρακτηρίζεται όταν προκύπτει μετά από τεχνητή παρέμβαση στις διακινούμενες ποσότητες (περίπτωση υπεραντλήσεων). Αυτό οφείλεται κυρίως στη σημειακή εξαγωγή (άντληση) υπόγειου νερού που δημιουργεί ένα βαθύ κώνο κατάπτωσης. Οι υπερβολικές αντλήσεις υπόγειων νερών σε παράκτιους υδροφορείς, σε πολλές περιοχές, προκαλούν μια ανάστροφη ροή των υπόγειων νερών με αποτέλεσμα μια αξιοσημείωτη θαλάσσια διείσδυση στην αντλούμενη περιοχή, όταν η στάθμη υποβιβάζεται κάτω από το επίπεδο της υποθαλάσσιας εμφάνισης της αντλούμενης ενότητας ή εάν η μεταβατική ζώνη ανάμεσα στο γλυκό και στο αλμυρό νερό αποτελεί μέρος του κώνου κατάπτωσης.



Εικόνα 4.3: Φαινόμενο υφαλμύρωσης σε υπόγειο υδροφορέα (πηγή: google).

4.4.1 Αίτια υφαλμύρωσης

Τα αίτια της υφαλμύρωσης όπως προαναφέρθηκε μπορεί να είναι φυσικά ή και ανθρωπογενή:

- Στα φυσικά ανήκουν:

- ✓ Μείωση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Αυτό μπορεί να συμβεί ως αποτέλεσμα κλιματικής αλλαγής, με μεταβολή στην κατανομή των βροχοπτώσεων στο χρόνο, καθώς και με εμφάνιση ακραίων φαινομένων.

- ✓ Άνοδο στη στάθμη της θάλασσας.

Μπορεί αν προκαλέσει αλλαγή της ροής αλμυρού νερού εισβάλλοντας έτσι στους υπόγειους υδροφορείς. Κάθε αύξηση στη στάθμη της θάλασσας

- ✓ Γεωλογικά αίτια.

Η δημιουργία καρστικών φαινομένων συνδέεται με την παρουσία πετρωμάτων τα οποία είναι ευδιάλυτα και αφήνουν ελάχιστο υπόλειμμα με αποτέλεσμα να διευρύνονται τα διάκενα με τη διάλυσή τους οπότε είναι δυνατή η κίνηση του νερού μέσω αυτών στο υπέδαφος. Τέτοια πετρώματα είναι οι εβαπορίτες και τα ανθρακικά.

- Ανθρωπογενή αίτια

- ✓ Υπεραντλήσεις.

Σε πολλές περιοχές, η υπεράντληση των υπόγειων υδάτων για την κάλυψη των τοπικών αναγκών σε ύδρευση και άρδευση, έχει ως αποτέλεσμα την πτώση του υδροφόρου ορίζοντα, την αύξηση του κινδύνου υποβάθμισης της ποιότητας του υπόγειου νερού και την παραγωγικότητα του εδάφους με υφαλμύρωση.

- ✓ Παράνομες Γεωτρήσεις,

Στο 40% φτάνει το ποσοστό των παράνομων γεωτρήσεων. Οι υπάρχουσες γεωτρήσεις είναι 31% περισσότερες από αυτές που το δυναμικό του υπεδαφικού νερού επιτρέπει (πηγή: Α. Βαγιωνάς, 2009)

- ✓ Οικιστική ανάπτυξη.

Λόγω τσιμεντοποίησης και ασφαλτοποίησης των μεγάλων πολεοδομικών συγκροτημάτων, στεγανοποίησης των ρεμάτων και των κοιτών των χειμάρρων οι υπόγειοι υδροφορείς δεν τροφοδοτούνται.

✓ Εγγειοβελτιωτικά έργα και αποστράγγιση,

Η κατασκευή εγγειοβελτιωτικών έργων και η αποστράγγιση περιλαμβάνουν την ταπείνωση και έλεγχο της στάθμης του υπογείου νερού. Η ταπείνωση της υδροστατικής στάθμης εφαρμόζεται σε περιοχές με λίμνες, λιμνοθάλασσες ή έλη κατά μήκος της ακτής με στόχο τη δημιουργία νέας γης για διάφορους σκοπούς όπως γεωργία, βιομηχανία ή κατασκευή κατοικιών.

4.4.2 Τρόποι αντιμετώπισης

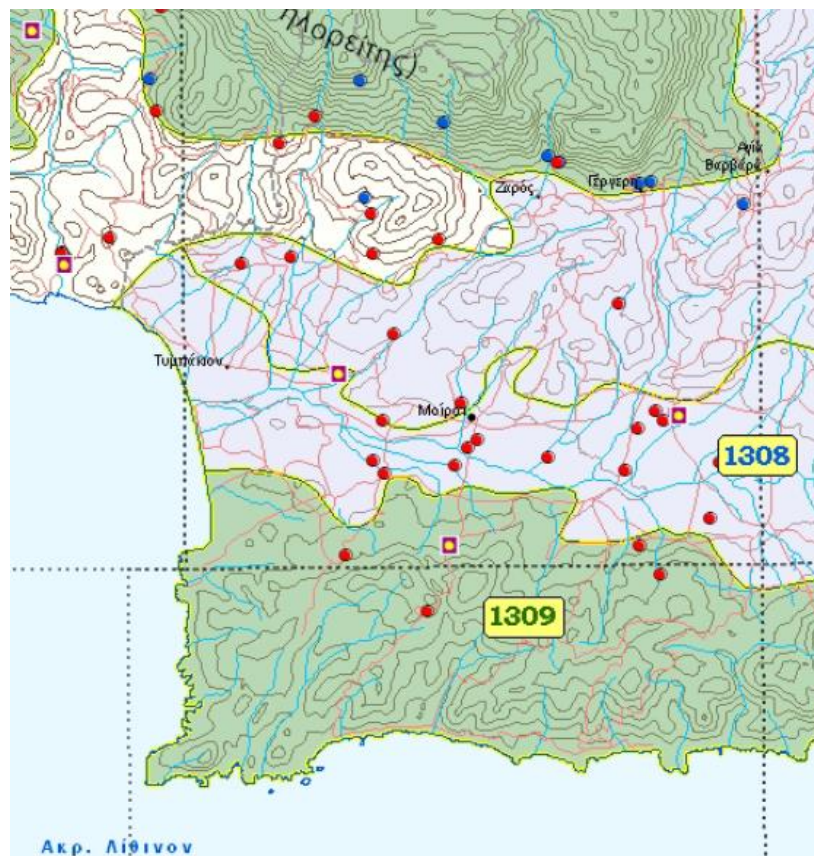
- Φραγμοί άντλησης
- Τεχνητός εμπλουτισμός με καλής ποιότητας νερό
- Τεχνητοί υπόγειοι φραγμοί
- Έλεγχος αντλήσεων
- Ανακατανομή αντλήσεων
- Τεχνικές αφαλάτωσης
- Άμεση διάθεση επιφανειακού νερού σε αντικατάσταση χρήσης του υπόγειου νερού

5 Υδροχημεία περιοχής Φαιστού-Τυμπακίου











5.1 Ανάλυση περιοχής μελέτης με βάση στοιχεία του ΙΓΜΕ (2004-2008)

Στα πλαίσια της μελέτης υδροφόρων συστημάτων Κρήτης που πραγματοποιήθηκε από το ΙΓΜΕ, την τετραετία 2004-2008, έγινε η απογραφή σημείων ύδατος. Απογράφηκαν 76 πηγές, 305 γεωτρήσεις και 7 πηγάδια στην Κρήτη, για την ποιοτική και ποσοτική παρακολούθηση των κυριότερων υδροφόρων.

Η περιοχή μελέτης υπάγεται στο υδροφόρο σύστημα Μεσσαράς με αριθμό 1308, όπως φαίνεται στον χάρτη 5.1:



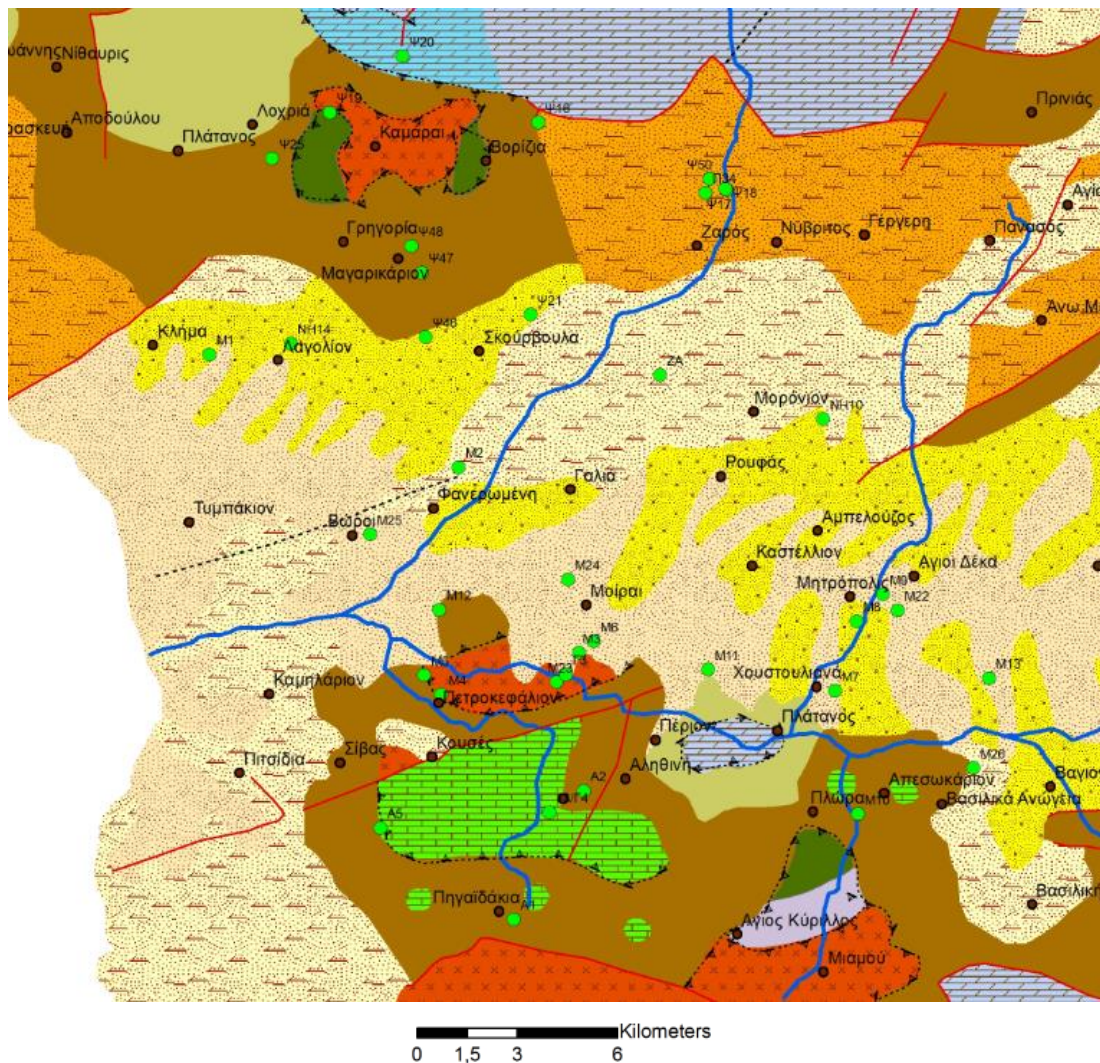
Εικόνα 5.1: Χάρτης υδροφόρου συστήματος Μεσσαράς σε κλίμακα 1:250000 (πηγή: ΙΓΜΕ 2008)

ΥΠΟΜΝΗΜΑ / LEGEND	
	Κοκκώδες υδροφόρο σύστημα/ Porous aquifer
	Καρστικό υδροφόρο σύστημα/ Karstic aquifer
	Ρωγματικό υδροφόρο σύστημα/ Fractured aquifer
	Κωδικός υδροφόρου συστήματος / Aquifer system code
	Πηγή/ Spring
	Γεώτρηση / Borehole
	Πηγάδι/ Well
	Υδροσημείο "ΕΘΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ" / Groundwater Station of the National Network
	Όρια Νομών / Prefecture boundary
	Όριο Υδατικού Διαμερίσματος / Water district boundary

Στον παρακάτω πίνακα, δίνονται οι συντεταγμένες 7 γεωτρήσεων και 2 πηγών των Ψ20 και Ψ48 στην ευρύτερη περιοχή Τυμπακίου στη Δυτική Μεσσαρά, για τις οποίες υπάρχουν σταθμημετρήσεις και υδροχημικές αναλύσεις που παρατίθενται στο παράρτημα και φαίνονται και στον χάρτη 5.2:

Sample ID	Κωδικός Γεωτρήσεις	x	y	z
ΚΛΗΜΑΤΟΣ	M1	570412	3884980	67
ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗΣ	M2	576469	3882238	91
ΚΑΜΗΛΑΡΙΟΥ	M12	587146	3878754	34
ΒΩΡΩΝ	M25	574313	3880606	80
ΚΑΜΑΡΩΝ	Ψ20	575102	3892238	1300
ΓΡΗΓΟΡΙΑΣ	Ψ25	571934	3889747	575
ΜΑΓΑΡΙΚΑΡΙΟΥ	Ψ46	575665	3885403	330
ΜΑΓΑΡΙΚΑΡΙΟΥ	Ψ48	575317	3887618	452
ΛΑΓΟΛΙΟΥ	NH14	572383	3885242	132

Πίνακας 5.1: Συντεταγμένες γεωτρήσεων δειγματοληψίας (πηγή ΙΓΜΕ, περίοδος 2004-2008).



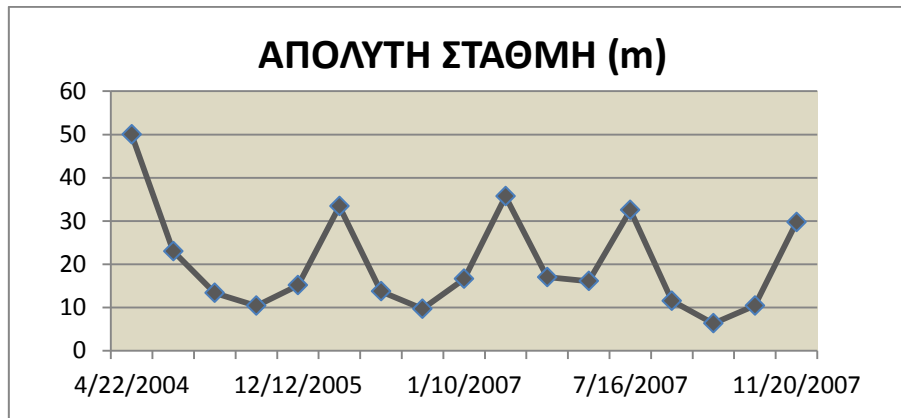
Εικόνα 5.2: Χάρτης αποτύπωσης σημείων των γεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης.

5.1.1 Διακύμανση στάθμης υπόγειου υδροφορέα

Στα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζεται η μεταβολή της απόλυτης στάθμης του υπόγειου υδροφορέα για ημερομηνίες δειγματοληψίας από το 2004 έως το 2008. Οι τιμές της απόλυτης στάθμης του υπογείου νερού δίνονται σε πίνακα του παραρτήματος:

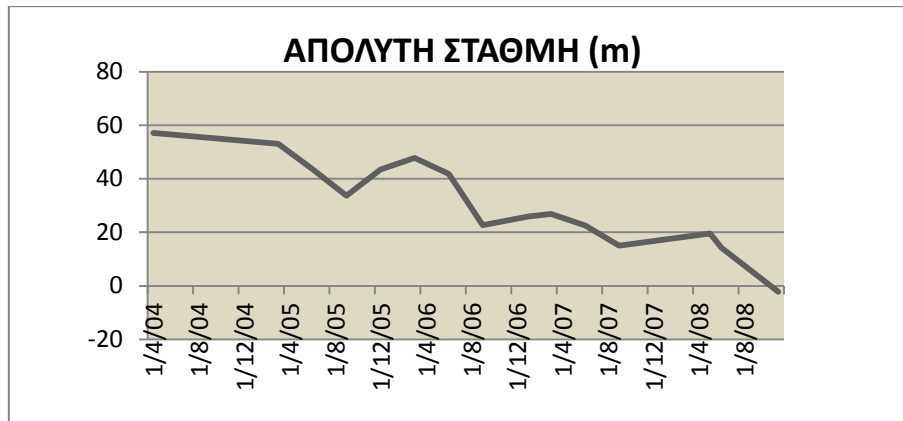
- Συγκεκριμένα για τη γεώτρηση M2 του προσχωματικού υδροφορέα Τυμπακίου/Φανερωμένης, η οποία χρησιμοποιούνταν για ύδρευση, με παροχή άντλησης $80 \text{ m}^3/\text{h}$ και βάθος διάτρησης τα 200 m, η στάθμη του υπογείου νερού παρουσιάζει μια πτώση 20 m περίπου, σε σχέση με την αρχική. Παρατηρείται ανύψωση της στάθμης του υπογείου νερού κατά

τους χειμερινούς μήνες λόγω τροφοδοσίας του υδροφορέα με νερό των βροχοπτώσεων και σημαντική πτώση της στάθμης κατά του θερινούς. Η πτώση της στάθμης του υπογείου νερού οφείλεται σε υπεραντλήσεις από τον υδροφορέα, καθώς οι βροχοπτώσεις ανεπαρκούν να την επαναφέρουν μερικώς αλλά όχι στο αρχικό της επίπεδο. Ετήσια διακύμανση περί τα 25m (+10m έως +35m)



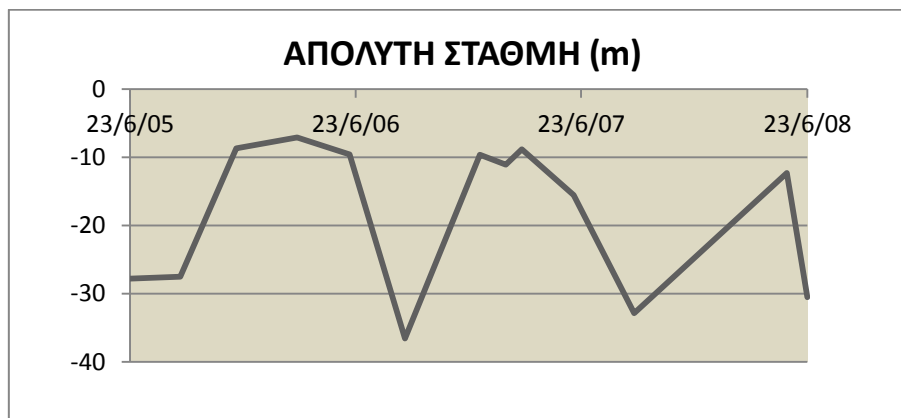
Σχήμα 5.1: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση M2 προσχωματικού υδροφορέα Τυμπακίου/Φανερωμένης (πηγή: ΙΓΜΕ).

- Στη Γεώτρηση NH14 του υδροφορέα των νεογενών στην περιοχή Λαγολίου, η οποία χρησιμοποιούνταν για ύδρευση, με παροχή άντλησης τα $20 \text{ m}^3/\text{h}$ και βάθος διάτρησης 150 m, η στάθμη του υπογείου νερού παρουσιάζει μια σημαντική πτώση 40 m περίπου από το 2004 έως το 2008, κάτι που υποδηλώνει την αδυναμία επαναφοράς του συστήματος λόγω υπεραντλήσεων. Το 2008 η στάθμη βρισκόταν στο απόλυτο υψόμετρο μηδέν.



Σχήμα 5.2: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση NH14, του υδροφορέα των νεογενών στην περιοχή Λαγολίου (πηγή: ΙΓΜΕ).

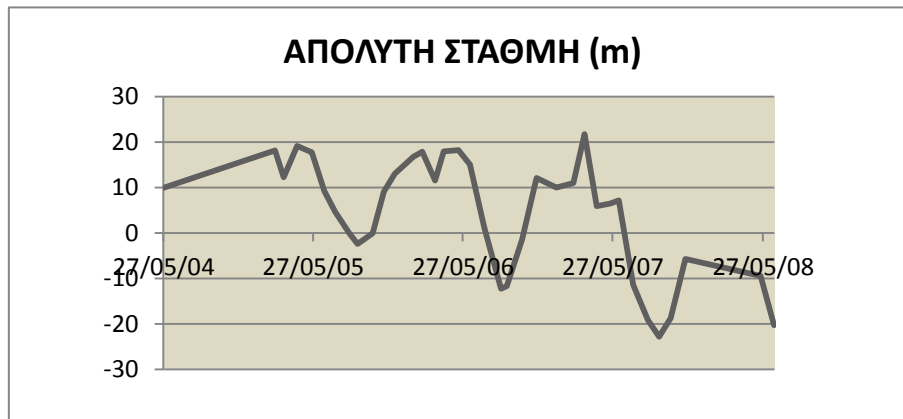
- Η γεώτρηση M1 του υδροφορέα των νεογενών της περιοχής Κλήματος χρησιμοποιούνταν για ύδρευση, με παροχή άντλησης $45 \text{ m}^3/\text{h}$ και βάθος διάτρησης τα 204 m. Οι τιμές της απόλυτης στάθμης εμφανίζονται αρνητικές από το 2005 έως το 2008 αν και είναι μικρή η πτώση της στάθμης σε αυτή την τριετία, περίπου στα 3 m. Οι υπεραντλήσεις από τον υπόγειο υδροφορέα δημιουργούν τον κίνδυνο για το φαινόμενο της υφαλμύρωσης και για σημαντική μείωση των υπόγειων αποθεμάτων. Υφαλμύρωση με τα δεδομένα της εποχής εκείνης δεν φαίνεται να έχει εκδηλωθεί.



Σχήμα 5.3: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση M1, του υδροφορέα των νεογενών της περιοχής Κλήματος (πηγή: ΙΓΜΕ).

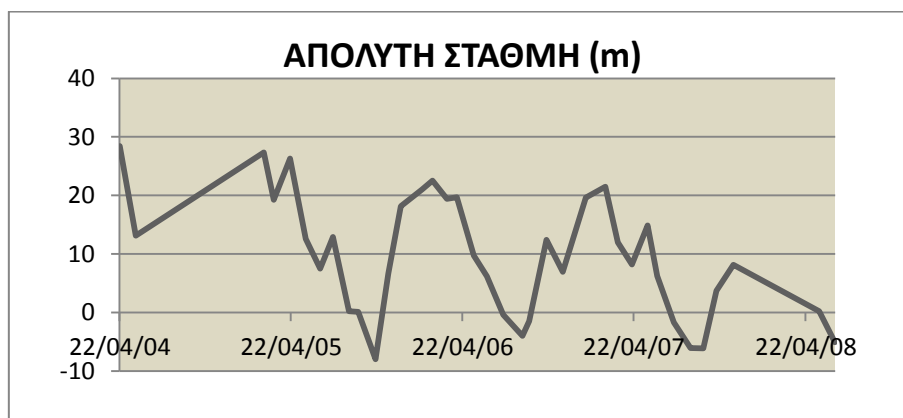
- Μεγάλη πτώση της απόλυτης στάθμης του υπογείου νερού, 15m, από το 2004 έως το 2008, εμφανίζεται και στη γεώτρηση M12 του

προσχωματικού υδροφορέα Τυμακίου/Καμηλαρίου, από την οποία η αντληση του νερού προοριζόταν για ύδρευση, με παροχή άντλησης 60 m³/h και βάθος διάτρησης τα 150 m. Παρά τις αρνητικές τιμές της στάθμης, δεν είχε διαπιστωθεί υφαλμύρωση.



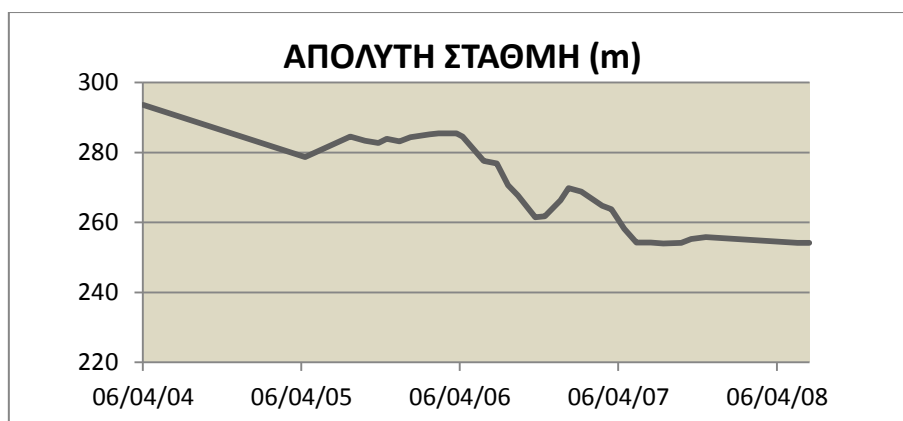
Σχήμα 5.4: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση M12, του προσχωματικού υδροφορέα Τυμακίου/Καμηλαρίου (πηγή: ΙΓΜΕ).

- Αρνητικές τιμές απόλυτης στάθμης εμφανίζονται και στη γεώτρηση M25, του προσχωματικού υδροφορέα της περιοχής Βόρων είναι μια γεώτρηση ύδρευσης, με παροχή άντλησης 40 m³/h και βάθος διάτρησης τα 100 m. Η πτώση της στάθμης του υδροφορέα από το 2004 έως το 2008 είναι σημαντική και φτάνει τα 15m. Υφαλμύρωση δεν διαπιστώθηκε.



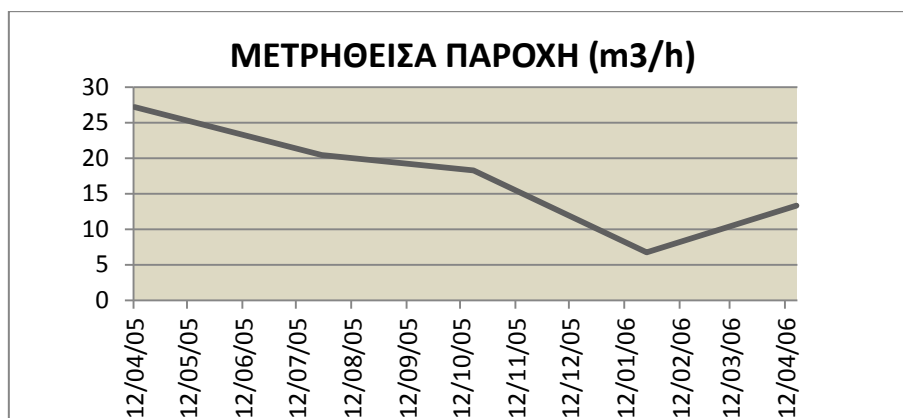
Σχήμα 5.5: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση M25 του προσχωματικού υδροφορέα Βόρων (πηγή: ΙΓΜΕ).

- Πτώση της στάθμης έως και 20 m, από το 2004 έως το 2008 εμφανίζεται και στη γεώτρηση Ψ46 Μαργαρικαρίου, παροχής άντλησης 10 m³/h και βάθους διάτρησης τα 120 m. Δεν αφορά κοκκώδη υδροφορέα και η επανατροφοδότηση είναι πολύ φτωχή. Έχει διανοιχθεί σε περιοχή φλύσχη.

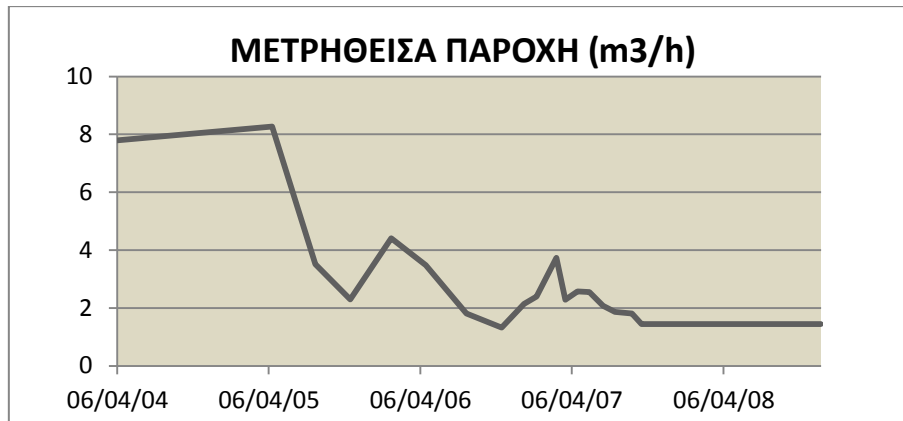


Σχήμα 5.6: Διάγραμμα μεταβολής απόλυτης στάθμης με το χρόνο για τη γεώτρηση Ψ46 Μαργαρικαρίου (πηγή: ΙΓΜΕ).

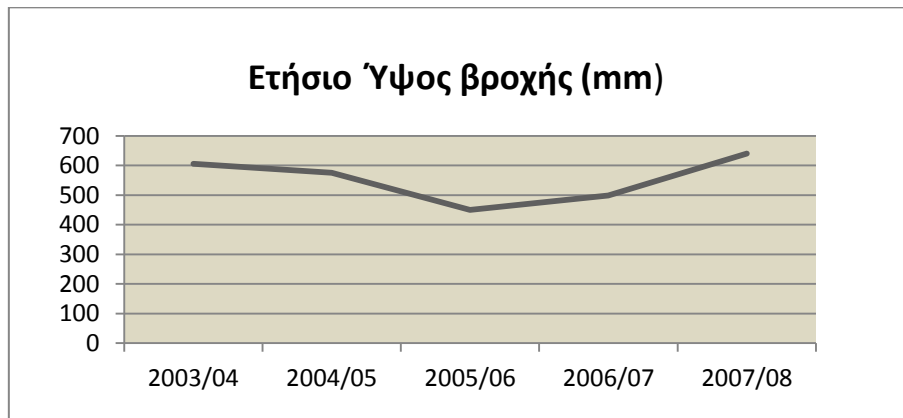
Για τις δύο πηγές Ψ20 και Ψ48 παρατηρείται σημαντική μείωση της παροχής τους από το 2004 έως το 2008 κάτι που πρέπει να οφείλεται στην μείωση των κατακρημνισμάτων, τα οποία εμφανίζουν μείωση το έτος 2006 σύμφωνα και με τα σχήματα 5.9 και 5.10 (τα δεδομένα παρουσιάζονται σε πίνακα του Παραρτήματος Ι).



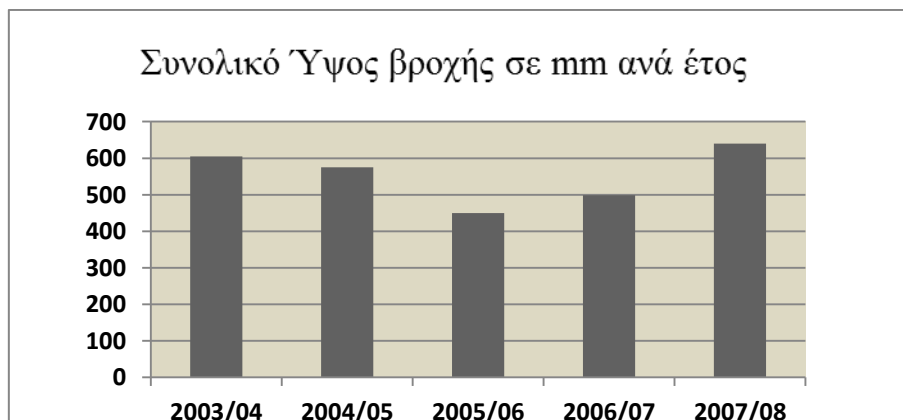
Σχήμα 5.7: Διάγραμμα μεταβολής της παροχής με το χρόνο για τη πηγή Ψ20 (πηγή: ΙΓΜΕ).



Σχήμα 5.8: Διάγραμμα μεταβολής της παροχής με το χρόνο για τη πηγή Ψ48 (πηγή: ΙΓΜΕ).



Σχήμα 5.9: Κατανομή ετήσιου ύψους βροχής, στην περιοχή μελέτης, για τα έτη 2003-2008 (πηγή: ΙΓΜΕ).



Σχήμα 5.10: Διάγραμμα συνολικού ύψους βροχής για κάθε έτος στην περιοχή μελέτης (πηγή: ΙΓΜΕ).

Στα παραπάνω διαγράμματα για τα έτη 2004 έως 2008 στην περιοχή μελέτης παρατηρείται σημαντική ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Διεύθυνσης Υδάτων Περιφέρειας Κρήτης, η αναπλήρωση του υπόγειου υδροφορέα εμφανίζει σημαντική μείωση 45% έως και 60% τα έτη μετά το 2005, καθώς η μείωση των βροχοπτώσεων ήταν αισθητή, κυρίως για το υδρολογικό έτος 2005-2006.

Οι υπεραντλήσεις από τα υπόγεια αποθέματα νερού για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών, καθώς και η διάνοιξη πολλών γεωτρήσεων χωρίς άδεια, σε συνδυασμό με την έλλειψη των βροχοπτώσεων αυτά τα έτη, εντείνουν το πρόβλημα, καθιστώντας δύσκολη την αναπλήρωση του υδροφορέα στα αρχικά του επίπεδα.

Συμβολή σε αυτή τη δυσκολία αναπλήρωσης και φυσικού εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφορέα έχει και το φράγμα της Φανερωμένης. Το φράγμα είναι χωμάτινο με αργιλικό πυρήνα μέγιστου ύψους από τη θεμελίωση 75m και πλάτους στέψης 8m. Η ετήσια ποσότητα νερού στο φράγμα αντιστοιχεί σε $19,76 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Το έργο ολοκληρώθηκε τον Απρίλιο του 2005 και έκτοτε λειτουργεί κανονικά. Υπολογίζεται ότι το φράγμα δεσμεύει περισσότερο από $1,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερό το χρόνο και στη λειτουργία του οφείλεται η στέρευση του Κουτσουλίδη ποταμού και η μείωση της αναπλήρωσης του υδροφορέα κατά 11%. Οι αρνητικές στάθμες που εμφανίζονται σε πολλές γεωτρήσεις ευνοούν τη διείσδυση του θαλασσινού νερού στους υδροφορείς, εφόσον οι γεωλογικοί σχηματισμοί το επιτρέπουν, με κίνδυνο την υποβάθμιση της ποιότητας του υπογείου νερού.

5.1.2 Υδροχημικοί χάρτες περιοχής μελέτης τα έτη 2004-2008

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται τα ποιοτικά στοιχεία του υπογείου νερού της περιοχής Τυμπακίου για τα έτη 2004 έως 2008, όπως προέκυψαν από αναλύσεις δειγμάτων του ΙΓΜΕ. Επίσης υπολογίστηκαν τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS):

Κωδικός	pH	E.C. ($\mu\text{S/cm}$)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
M1	7,7	756	75,4	28,2	49,2	2,3	222	94	48	43,4
M1	7,5	701	49,7	25,8	49,7	2,3	156	97,5	56,6	9,3
M1	7,4	855	88,5	24,3	56,2	2,2	248	110	70,5	37,2
M1	8,1	795	66,6	33,9	47,3	2,6	261	87,9	49,7	37,2
M2	7,5	958	54,5	70	37,7	1,6	392	60,3	102	5
M2	7,6	701	48,1	44	35,9	1,6	225	65,6	107	6,2
M2	7,5	848	99,4	30,2	35,8	3	336	56,7	101	12,4
M2	8,1	818	77,5	47,3	34,7	2,6	344	59,2	101	18,6
M12	7.4	1068	71,3	41,1	89,7	9,4	19	140	195	6,2
M12	7,7	1206	105	42,3	79,2	7,4	317	128	165	37,2
M12	8,3	1227	118	44,9	90,7	10	356	135	188	18,6
M25	0	876	-	-	-	-	-	47,9	0	5
M25	8,1	899	-	-	-	-	-	43,3	0	6,2
M25	8,1	841	-	-	-	-	-	57,8	0	18,6
M25	7,3	809	64,1	43,2	34	1,7	305	59,9	73,5	12,4
M25	7,7	960	103	42,3	39,6	1,7	378	62,4	100	24,8
M25	7,8	840	0	0	0	0	0	63,8	0	12,4
M25	7,5	935	109	31,6	37,9	2,2	366	60,3	102	18,6
Ψ20	7,9	261	24	14,6	3,7	0,8	134	7,1	0	-
Ψ20	7,5	260	29,7	12,9	4,6	0,4	142	7,1	0	-
Ψ20	7,7	270	28,9	12,6	3,6	0,4	134	12,4	0	-
Ψ20	8,2	234	30,5	9,7	4,3	0,4	134	7,1	0	-
Ψ20	8,1	234	32,2	8,7	3,6	0,4	140	7,1	0	-
Ψ25	7,8	300	24	13,1	12	0,4	122	19,5	16,8	-
Ψ25	7,6	285	28,9	11,7	12,5	0,9	122	17,7	23,1	-
Ψ25	7,5	399	48,4	14,4	11,5	0,4	190	24,1	12	12,4
Ψ46	7,4	734	73,4	12	39,1	0,8	232	70,9	31,7	5
Ψ46	7,5	653	78,6	18,5	33,7	1,3	276	53,2	33,9	24,8
Ψ46	7,6	585	72,9	12,2	32,2	1,3	218	54,6	33,9	24,8
Ψ46	7,7	606	76,5	14,9	32,2	1,3	257	51,8	27,9	24,8
Ψ48	7,8	723	32,1	46,2	27,6	1,6	253	35,5	67,2	12,4
Ψ48	7,4	723	73,4	19,2	27,6	1,6	248	28,4	67,2	18,6
Ψ48	7,9	634	77,8	19,5	27,6	1,7	258	30,1	74,1	18,6
Ψ48	7,6	575	66,6	15,5	26,8	1,7	214	29,1	59	12,4
NH14	7,5	904	58,4	50,6	38,2	3,9	325	70,9	71,6	18,6
NH14	7,5	778	79,4	33,1	34	3,1	305	63,8	71,9	5
NH14	7,6	777	70,5	35	35	3	281	62	70,5	31
NH14	8,4	750	57,3	48,4	33,2	3,5	334	57,4	65,8	12,4

Πίνακας 5.2: Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού της περιοχής Τυμπακίου (πηγή ΙΓΜΕ).

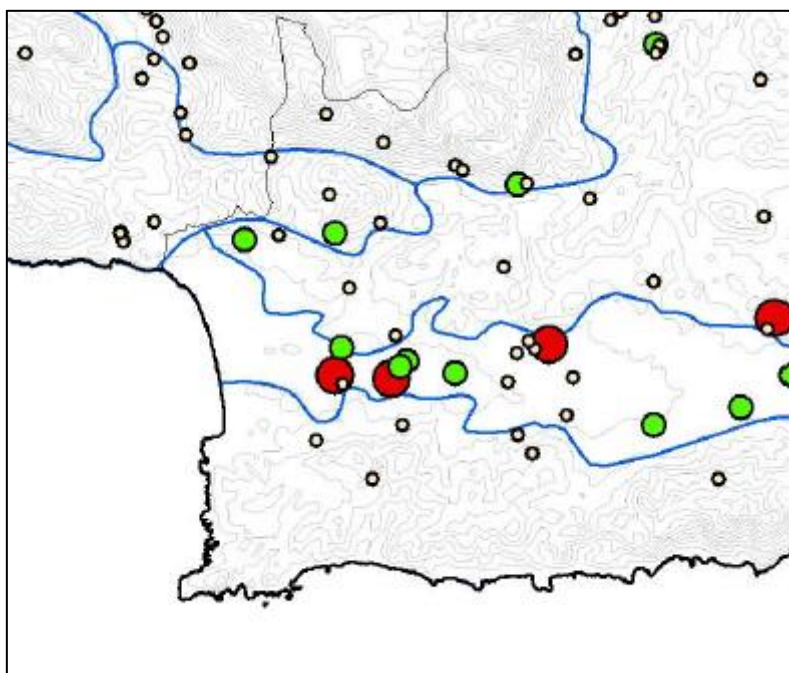
Στις γεωτρήσεις M1, M12 και M25 οι υδροστατικές στάθμες συχνά βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας σε αρνητικά απόλυτα υψόμετρα. Στις M1 και M12 υπάρχουν ενδείξεις για έναρξη ελαφράς υφαλμύρωσης.

Κωδικός	Αγωγιμότητα	Ολική Σκληρότητα	TDS
M1	756	304	491,4
M1	701	230	455,65
M1	855	320	555,75
M1	795	306	516,75
M2	958	424	622,7
M2	701	301	455,65
M2	848	372	551,2
M2	818	388	531,7
M12	1068	347	694,2
M12	1206	436	783,9
M12	1227	480	797,55
M25	876	-	569,4
M25	899	-	584,35
M25	809	338	525,85
M25	960	430	624
M25	840	-	546
M25	935	402	607,75
Ψ20	261	120	169,65
Ψ20	260	127	169
Ψ20	270	124	175,5
Ψ20	234	117	152,1
Ψ20	234	116	152,1
Ψ25	300	114	195
Ψ25	285	120	185,25
Ψ25	399	180	259,35
Ψ46	734	232	477,1
Ψ46	653	272	424,45
Ψ46	585	232	380,25
Ψ46	606	253	393,9
Ψ48	723	270	469,95
Ψ48	723	262	469,95
Ψ48	634	274	412,1
Ψ48	575	230	373,75
NH14	904	354	587,6
NH14	778	334	505,7
NH14	777	320	505,05
NH14	750	343	487,5

Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα μετρήσεων αγωγιμότητας, Ολικής σκληρότητας και TDS (πηγή: ΙΓΜΕ).

Κατανομή Νιτρικών στην περιοχή μελέτης




Παρατηρούμε αυξημένες τιμές των νιτρικών ιόντων σε κάποιες περιοχές της Μεσσαράς και λίγο αυξημένες σε σχέση με τα πρότυπα της νομοθεσίας στην περιοχή της Φαιστού. Αυτό οφείλεται στη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στις καλλιέργειες. Το πρόβλημα εντείνεται από τα κτηνοτροφικά απόβλητα και την ύπαρξη ελαιουργίων στην περιοχή.



Εικόνα 5.3: Κατανομή νιτρικών ιόντων στην περιοχή της Δυτικής Μεσσαράς σε κλίμακα 1:500000(πηγή: ΙΓΜΕ 2008).

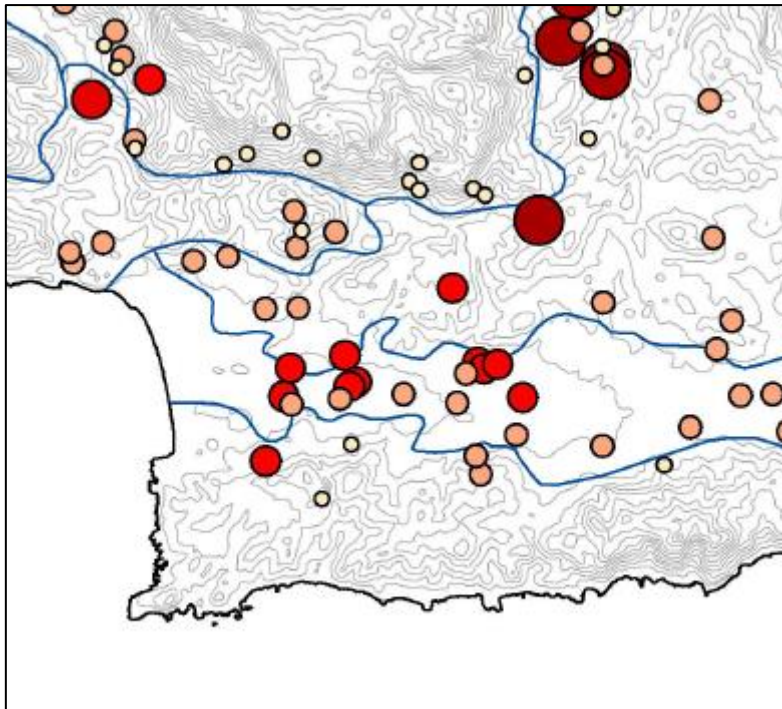
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Συγκέντρωση NO_3 (mg/l)

	0-25
	26-49
	>50

Κατανομή ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην περιοχή μελέτης






Η τιμές της αγωγιμότητας στην περιοχή παρουσιάζονται και αυτές αυξημένες, κάτι που δημιουργεί κίνδυνο διείσδυσης του θαλασσινού νερού στον υπόγειο προσχωματικό υδροφόρα, λόγω υπεραντλήσεων από γεωτρήσεις νόμιμες ή και χωρίς άδεια για την άρδευση των καλλιεργειών. Η κατασκευή του φράγματος της Φανερωμένης προκαλεί ελάττωση του εμπλουτισμού του υδροφόρα λόγω κατακράτησης των απορροών του Κουτσουλίδη, συμβάλλοντας στην ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου υδροφόρα, δεδομένου ότι οι υπεραντλήσεις των υπόγειων υδροφορέων συνεχίζονται, γιατί τα νερά του ταμιευτήρα δεν διατίθενται ακόμη για άρδευσης.



Εικόνα 5.4: Κατανομή αγωγιμότητας στην περιοχή της Δυτικής Μεσσαράς σε κλίμακα 1:500000 (πηγή: ΙΓΜΕ 2008).

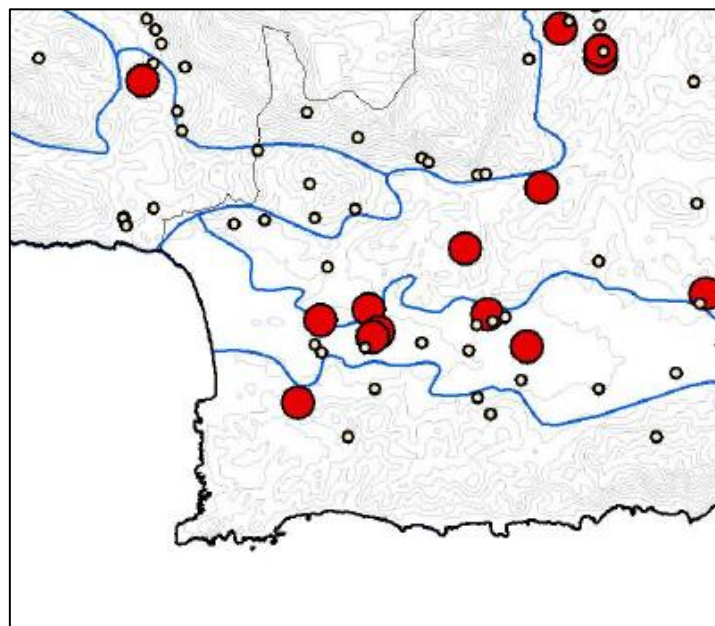
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ $\mu\text{S}/\text{cm}$

	0-500
	501-1000
	1001-1500
	1501-2000
	>2000

Κατανομή θεικών στην περιοχή μελέτης

Αυξημένα εμφανίζονται και σε κάποιες γεωτρήσεις της Δυτ. Μεσσαράς τα θειικά ιόντα, κάτι που μπορεί να προέρχεται από φυσικά αίτια, ανάλογα με το γεωλογικό υπόβαθρο, την ύπαρξη δηλαδή γυψούχων εμφανίσεων σε νεογενείς αποθέσεις, σε σχιστόλιθους, αλλά και σε σχηματισμούς της τεκτονικής ζώνης της Πίνδου. Στον κάμπο Τυμπακίου-Φαιστού οι τιμές είναι χαμηλές.



Εικόνα 5.5: Κατανομή θεικών στην περιοχή της Δυτικής Μεσσαράς σε κλίμακα 1:500000 (πηγή: ΙΓΜΕ 2008).

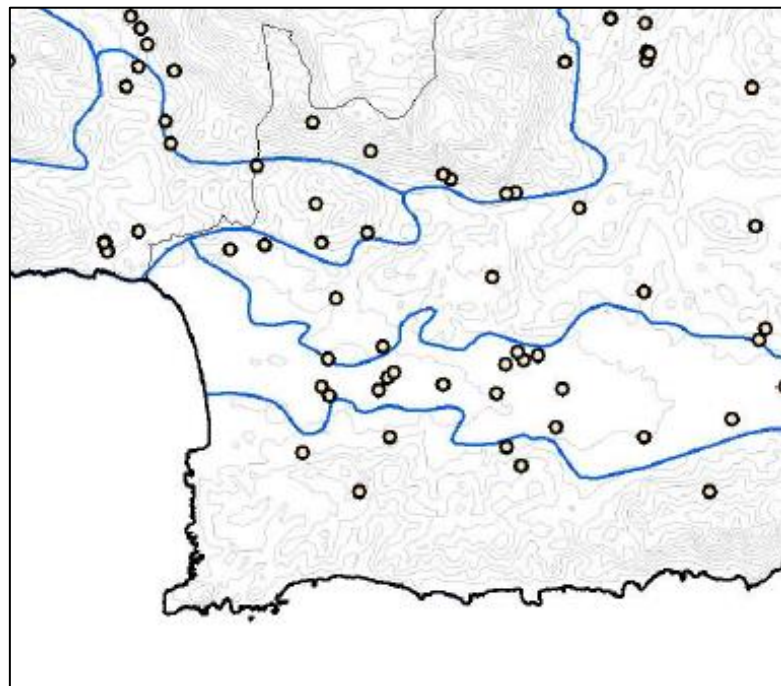
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Συγκέντρωση SO₄ (mg/l)

○	0-250
●	>250

Κατανομή χλωριόντων στην περιοχή μελέτης



Τα χλωριόντα παρουσιάζουν μικρή αύξηση με τιμές πάνω από 50 mg/l, αφενός λόγω της σύστασης των πετρωμάτων στο Τυμπάκι, το οποίο αποτελείται από ιζηματογενής σχηματισμούς και αφετέρου από την πιθανή έναρξη διείσδυσης του θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφόρα, λόγω υπεραντλήσεων (M1, M12). Δεν υπερβαίνουν όμως το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο (250 mg/l).



Εικόνα 5.6: Κατανομή χλωριόντων στην περιοχή της Δυτικής Μεσσαράς σε κλίμακα 1:500000 (πηγή: ΙΓΜΕ 2008).

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Συγκέντρωση Cl (mg/l)

	0-250
	>250

5.2 Δειγματοληψία και Χημικές αναλύσεις στα πλαίσια της παρούσας έρευνας

5.2.1 Σωστή δειγματοληψία

Τα δείγματα νερού που λαμβάνονται για χημική ανάλυση, είτε προέρχονται από υπόγειο νερό, ή επιφανειακό, ή αποβλήτων είναι ευαίσθητα σε μεταβολές που μπορεί να επιφέρουν φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες κατά τη μεταφορά τους και διαμονή στο εργαστήριο για ανάλυση.

Αλλοίωση στο δείγμα νερού μπορούν να επιφέρουν επίσης:

- Η παρουσία βακτηριδίων και άλλων μικροοργανισμών.
- Κάποιες ενώσεις που τείνουν να οξειδωθούν από την παρουσία οξυγόνου στο δείγμα.
- Ουσίες που τείνουν να καθιζάνουν.
- Η ενεργός οξύτητα και η αγωγιμότητα μπορεί να μεταβληθούν λόγω απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα.
- Προσροφημένα μέταλλα και οργανικές ενώσεις στα τοιχώματα των δοχείων μπορεί να επηρεάσουν το δείγμα.
- Πολυμερείς ενώσεις στο δείγμα.

Συνεπώς για τη σωστή δειγματοληψία πρέπει να δοθεί προσοχή στην:

- ✓ Επιλογή του κατάλληλου σημείου δειγματοληψίας.
- ✓ Επιλογή παραμέτρων που μπορούν να μετρηθούν επί τόπου.

- ✓ Επιλογή των κατάλληλων δοχείων για τη μεταφορά του δείγματος στο εργαστήριο, η διατήρησή τους σε χαμηλή θερμοκρασία και η γρήγορη ανάλυση.

Τέλος σημαντικοί παράμετροι για μια σωστή δειγματοληψία νερού είναι η προκατεργασία και συντήρηση των δειγμάτων νερού μέχρι την ανάλυσή τους, η λήψη επαρκούς ποσότητας νερού για επεξεργασία και η καταγραφή των απαιτούμενων δοκιμών τη στιγμή της δειγματοληψίας.

5.2.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων

Για την ανάλυση της ποιότητας του νερού στην περιοχή μελέτης λήφθηκαν δείγματα νερού από 7 καταγεγραμμένες από τον ΤΟΕΒ Τυμπακίου γεωτρήσεις, το Μάιο του 2014. Η διαδικασία έγινε με την βοήθεια του ηλεκτρολόγου του ΤΟΕΒ και τα δείγματα μεταφέρθηκαν για ανάλυση σε κατάλληλα δοχεία διατηρώντας τα σε σωστή θερμοκρασία για αποφυγή της αλλοίωσης των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 5.7: Χαρακτηριστική γεώτρηση στην περιοχή του Τυμπακίου και αντλιοστάσιο.



Εικόνα 5.8: Δικλείδα διακοπής νερού γεώτρησης.

Οι συντεταγμένες και τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων καταγράφονται στους πίνακες 5.3 και 5.4 και τα σημεία δειγματοληψίας φαίνονται στον χάρτη 5.7. Σημειώνουμε ότι στη γεώτρηση A2 επειδή το νερό που εισέρχεται στο δίκτυο είναι υπό πίεση, η ροή του είναι αντίθετη και φθάνει στην αντλία από το φράγμα της Φανερωμένης και κατά τη συλλογή του το νερό εμφάνιζε μεγάλη θολότητα. Επίσης στην περιοχή, ενώ μέχρι το 2008 υπήρχαν 33 καταγεγραμμένες γεωτρήσεις, πλέον συντηρούνται και λειτουργούν πολύ λιγότερες, υπάρχουν όμως και πολλές γεωτρήσεις που λειτουργούν χωρίς άδεια:

Κωδικός Γεώτρησης	X	Y	Z	Παροχή άντλησης
A1	571446,01	3880781	25,684	175
A2	571537,85	3881482	46,597	200
A3	571401,62	3880122	19,226	60
A4	572747,61	3881190	48,222	170
A5	572092,98	3881519	46,678	70
A7	571004,01	3882861	70,534	60
Σουμπαλούσα	571960,29	3880431	27,153	150

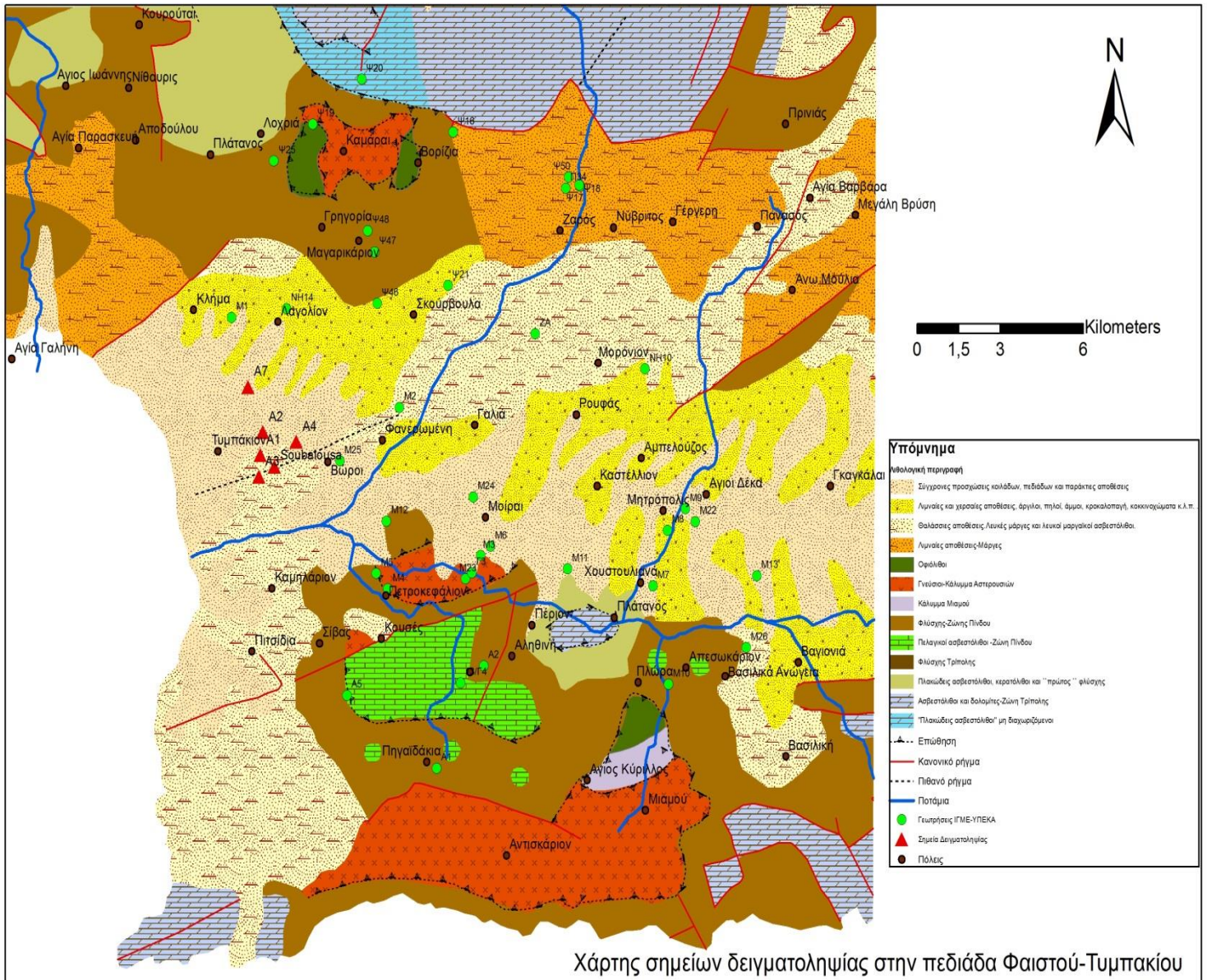
Πίνακας 5.4: Συντεταγμένες γεωτρήσεων δειγματοληψίας της περιοχής μελέτης.

Κωδικός	pH	E.C. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
A1	7,75	1059	107	36,7	50,4	4,2	70	94	103	148,4
A2	7,82	591	54,7	26,3	31,2	4,2	130	45	37	19,7
A3	7,68	1132	113	47	58,4	13	260	90,5	124	55,5
A4	7,8	925	78,8	35,5	61,5	2,7	100	112,5	12,6	81,2
A5	7,78	979	77,3	41	63,5	3,5	160	129	12,6	51,3
A7	7,68	932	89,9	31,8	54,4	3,2	100	86,5	71,3	146
Σουμπαλούσα	7,82	1104	109	47,1	53,4	3,8	80	87	105	94,6

Πίνακας 5.5: Ποιοτικά χαρακτηριστικά των νερών δειγματοληψίας της περιοχής μελέτης.

Σημαντικές διαπιστώσεις:

1. Μετρήθηκαν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις σε νιτρικά ιόντα, σε 6 από τα 7 δείγματα, μεγαλύτερες από το ανώτατο αποδεκτό όριο για πόσιμα νερά των 50 mg/l.
2. Τα χλωριόντα σε όλες τις γεωτρήσεις παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα, όμοια με αυτά που είχαν διαπιστωθεί από το ΙΓΜΕ, την περίοδο 2004-2008.



Εικόνα 5.9: Χάρτης αποτύπωσης σημείων δειγματοληψίας από την περιοχή μελέτης.

5.2.3 Ταξινόμηση με βάση τους ιοντικούς λόγους

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ιοντικοί λόγοι, που υπολογίστηκαν με βάση τις χημικές αναλύσεις νερού στην περιοχή μελέτης. Ακολουθούν παρατηρήσεις για τα αποτελεσμάτα και κατηγοριοποίηση του νερού των δειγμάτων:

Κωδικός Γεώτρησης	Na ²⁺ /Cl ⁻	Na ²⁺ /K ⁺	Mg ²⁺ /Ca ²⁺	Cl ⁻ /SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻ /Cl ⁻	(Ca ²⁺ +Mg ²⁺)/(Na ²⁺ +K ⁺)
A1	0,536	12,000	0,343	0,913	0,745	2,632
A2	0,693	7,429	0,481	1,216	2,889	2,288
A3	0,645	4,492	0,416	0,730	2,873	2,180
A4	0,547	22,778	0,451	8,929	0,889	1,780
A5	0,492	18,143	0,530	10,238	1,240	1,766
A7	0,629	17,000	0,354	1,213	1,156	2,113
Σουμπαλούσα	0,614	14,053	0,432	0,829	0,920	2,729

Πίνακας 5.6: Υπολογισμός των ιοντικών λόγων.

Παρατηρήσεις:

1. **Na²⁺/Cl⁻:** Οι τιμές των κατιόντων Νατρίου προς τα κατιόντα Χλωρίου σε όλες τις γεωτρήσεις κυμαίνονται από 0,49 έως 0,69, με όλους τους λόγους να είναι μικρότεροι από τη μονάδα. Αυτό υποδηλώνει και βάζει σε σκέψεις ότι στον υπόγειο προσχωματικό υδροφορέα είναι πιθανόν να έχει ξεκινήσει η διεισδύση της θάλασσας. Υπάρχει όμως και η πιθανότητα υπολειμμάτων αλμυρών κτλ. Επειδή στην περιοχή το γεωλογικό υπόβαθρο περιλαμβάνει θαλάσσιες αποθέσεις δικαιολογούνται αυτές οι τιμές. Πάντως οι συγκεντρώσεις χλωριόντων παραμένουν χαμηλές, αντίστοιχες με αυτές της περιόδου 2004-2008. Αυτό συνηγορεί ότι παρά τις τοπικές υπεραντλήσεις, η κατάσταση δεν έχει χειροτερεύσει και η υφαλμύρωση μάλλον είναι αμφίβολη ή δεν υπάρχει.
2. **Na²⁺/K⁺:** Ο λόγος των κατιόντων Νατρίου προς τα κατιόντα Καλίου εμφανίζει χαμηλές τιμές με τη μεγαλύτερη να είναι 22,8 πράγμα που υποδηλώνει το γεγονός ότι ο υδροφορέας βρίσκεται σε περιοχή εμπλουτισμού.
3. **Mg²⁺/Ca²⁺:** Ο λόγος αυτός χρησιμοποιείται για την προέλευση του νερού από ασβεστολιθικά ή μαγνησιούχα πετρώματα. Για νερό με Mg/Ca < 0.5-0.7 προέρχονται από ασβεστολιθικά υδροφόρα στρώματα.

4. **Cl⁻/SO₄²⁻**: Στις γεωτρήσεις A1, A3 και Σουμπαλούσα ο λόγος κυμαίνεται από 0,2-1 και το νερό τους χαρακτηρίζεται θειούχο- χλωριούχο, στις γεωτρήσεις A2 και A7 ο λόγος είναι από 1 έως 5 και το νερό τους χαρακτηρίζεται χλωροθειούχο, ενώ στις γεωτρήσεις A4 και A5 ο λόγος είναι μεγαλύτερος του 5 και το νερό είναι χλωριούχο.
5. **(Ca²⁺+Mg²⁺)/(Na⁺+K⁺)**: Και στις 7 γεωτρήσεις ο λόγος αυτός εμφανίζεται μεγαλύτερος της μονάδας γεγονός που δείχνει υδροφόρο στρώμα με συνεχή τροφοδοσία.

5.2.4 Ταξινόμηση με βάση τις ποιοτικές παραμέτρους

Κωδικός Γεώτρησης	pH	E.C.	Ολική Σκληρότητα	TDS	Συντελεστής Revelle
A1	7,75	1059	482,22	688,35	0,348
A2	7,82	591	419,71	384,15	1,343
A3	7,68	1132	362,558	735,8	0,806
A4	7,8	925	244,682	601,25	0,346
A5	7,78	979	355,414	636,35	0,865
A7	7,68	932	344,698	605,8	1,125
Σουμπαλούσα	7,82	1104	464,36	717,6	1,088

Πίνακας 5.7: Υπολογισμός διάφορων παραμέτρων νερού για την περιοχή μελέτης.

Παρατηρήσεις:

- pH:** Οι τιμές του pH στις γεωτρήσεις κυμαίνονται από 7,68 έως 7,82 με μικρή διακύμανση και με όλες τις τιμές να εμφανίζονται μεγαλύτερες από 7 και το νερό να χαρακτηρίζεται αλκαλικό. Όπως έχει αναφερθεί μια υδάτινη μάζα είναι αλκαλική γενικώς και με το χρόνο γίνεται όξινη. Συνεπώς πρόκειται για μια νέα υδάτινη μάζα.
- Αγωγιμότητα:** Το ενδεικτικό επίπεδο της αγωγιμότητας στο πόσιμο νερό είναι 400 μS/cm. Οι τιμές της αγωγιμότητας στο νερό των γεωτρήσεων

κυμαίνονται από 591 έως 1132 και είναι αυξημένες, κάτι που υποδηλώνει αυξημένες ποσότητες αλάτων στο νερό.

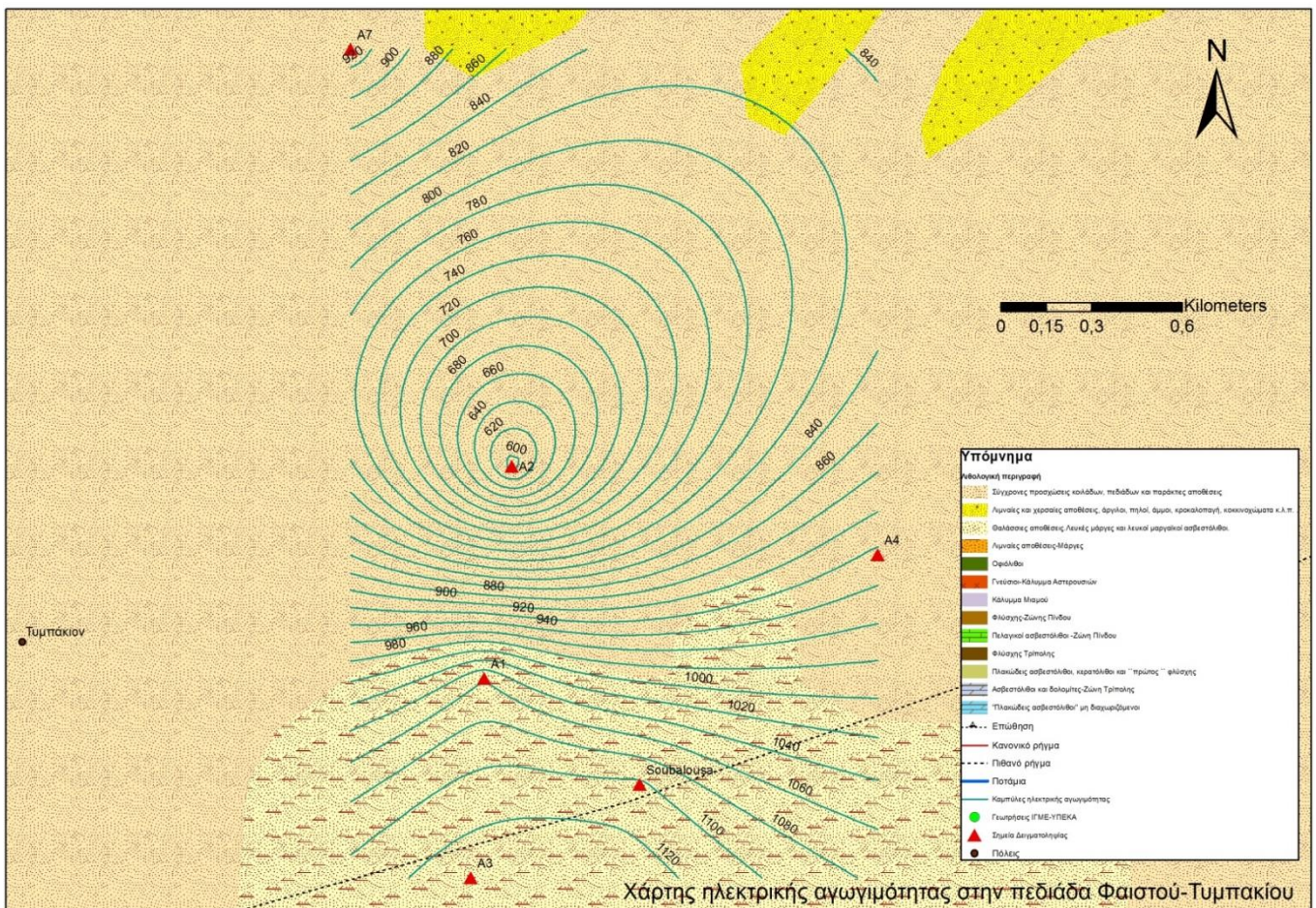
3. **Ολική Σκληρότητα:** Η σκληρότητα του νερού οφείλεται στη διάλυση των αλάτων Ca και Mg σε αυτό. Σύμφωνα με την κατάταξη του νερού ανάλογα με τη σκληρότητα, (Γ.Καλλεργης, 2000) στη γεώτρηση A4 το νερό χαρακτηρίζεται σκληρό, ενώ στις υπόλοιπες 6 χαρακτηρίζεται πολύ σκληρό.
4. **Ολικά Διαλυμένα Στερεά:** Τα TDS εκφράζουν την συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων στα στερεά, αποτελούν δηλαδή έναν δείκτη μεταλλικότητας (αλατότητας) και συνδέονται με την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Οι τιμές που παρουσιάζονται στις γεωτρήσεις είναι μικρότερες από 1000 mg/lit και αντιστοιχούν σε γλυκό νερό.
5. **Συντελεστής Revelle:** Ο συντελεστής Revelle αποτελεί κριτήριο της διείδυσης του θαλασσινού νερού και της ποιοτικής του κατάστασης και σύμφωνα με τον Γ.Καλλεργη (2000) η κατηγοριοποίηση του νερού φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Κωδικός Γεώτρησης	Συντελεστής Revelle	Χαρακτηρισμός νερού
A1	1,343	Ελαφρά ρυπασμένο νερό
A2	0,346	Καλό υπόγειο νερό χωρίς διείδυση της θάλασσας
A3	0,348	Καλό υπόγειο νερό χωρίς διείδυση της θάλασσας
A4	1,125	Ελαφρά ρυπασμένο νερό
A5	0,806	Καλό υπόγειο νερό χωρίς διείδυση της θάλασσας
A7	0,865	Καλό υπόγειο νερό χωρίς διείδυση της θάλασσας
Σουμπαλούσα	1,088	Ελαφρά ρυπασμένο νερό

Πίνακας 5.8: Χαρακτηρισμός νερού δειγματοληψίας της περιοχής μελέτης με βάση τον συντελεστή **Revelle**.

5.2.5 Κατανομή Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας στην περιοχή μελέτης

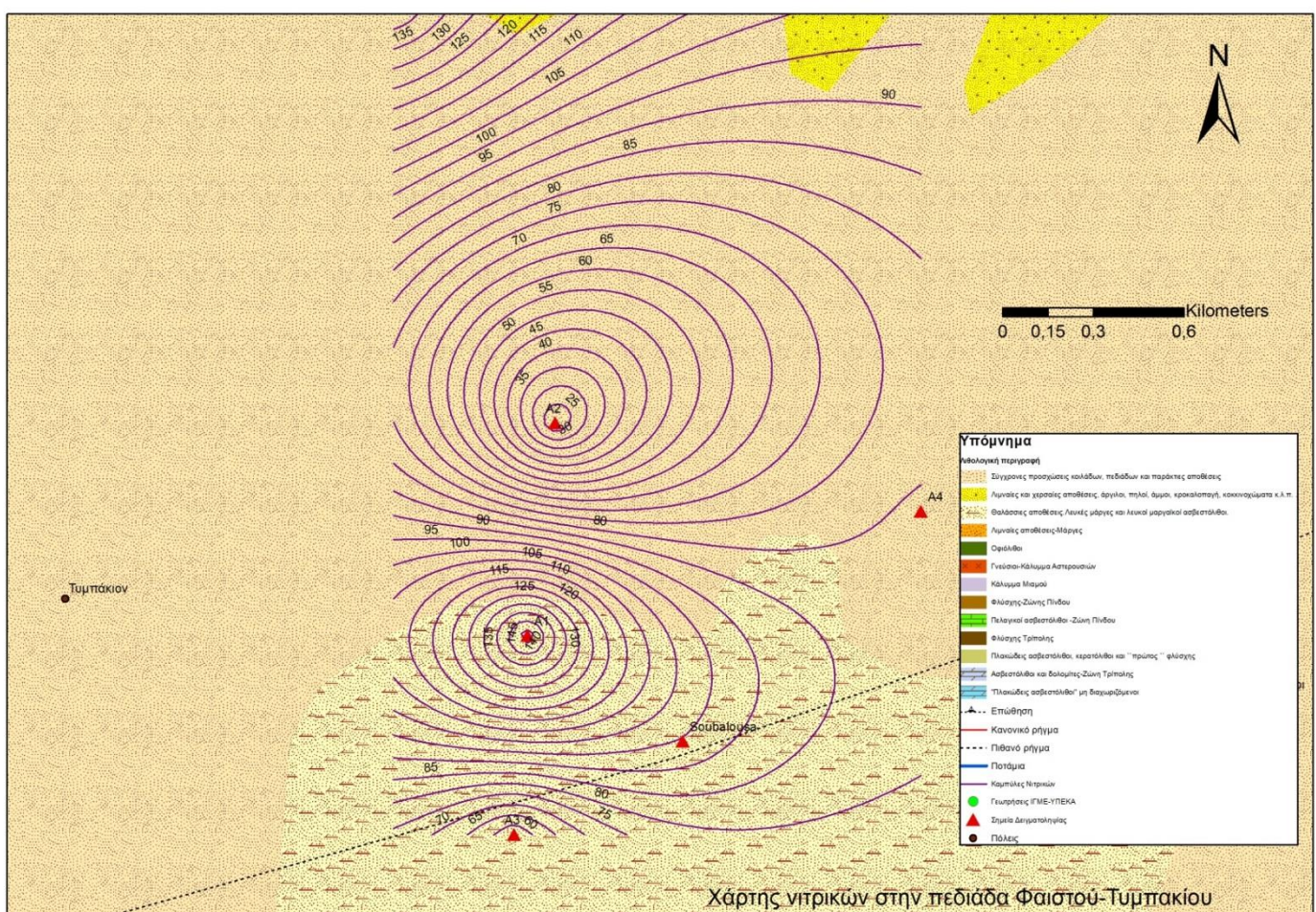
Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C) στην περιοχή μελέτης που προέκυψαν από την ανάλυση των δειγμάτων νερού κυμαίνονται από 591 έως 1132 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Όλες οι γεωτρήσεις ξεπερνούν το ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Ιδιαίτερα αυξημένες εμφανίζονται οι τιμές στις γεωτρήσεις A1, A3 και Σουμπαλούσα, όπως παρατηρούμε και στο χάρτη κατανομής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Οι αυξημένες τιμές στο υπόγειο νερό μπορεί να οφείλονται στο φαινόμενο της υφαλμύρωσης, στη γεωλογική σύσταση (που όπως φαίνεται και στο χάρτη οι τρεις γεωτρήσεις βρίσκονται σε θαλάσσιες αποθέσεις), ή και στην επιβάρυνση του υπόγειου υδροφορέα με ρύπους και άλατα από το νερό άρδευσης, επιφανειακής προέλευσης.



Εικόνα 5.10: Χάρτης κατανομής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) στην περιοχή μελέτης.

5.2.5 Κατανομή Νιτρικών (NO₃) στην περιοχή μελέτης

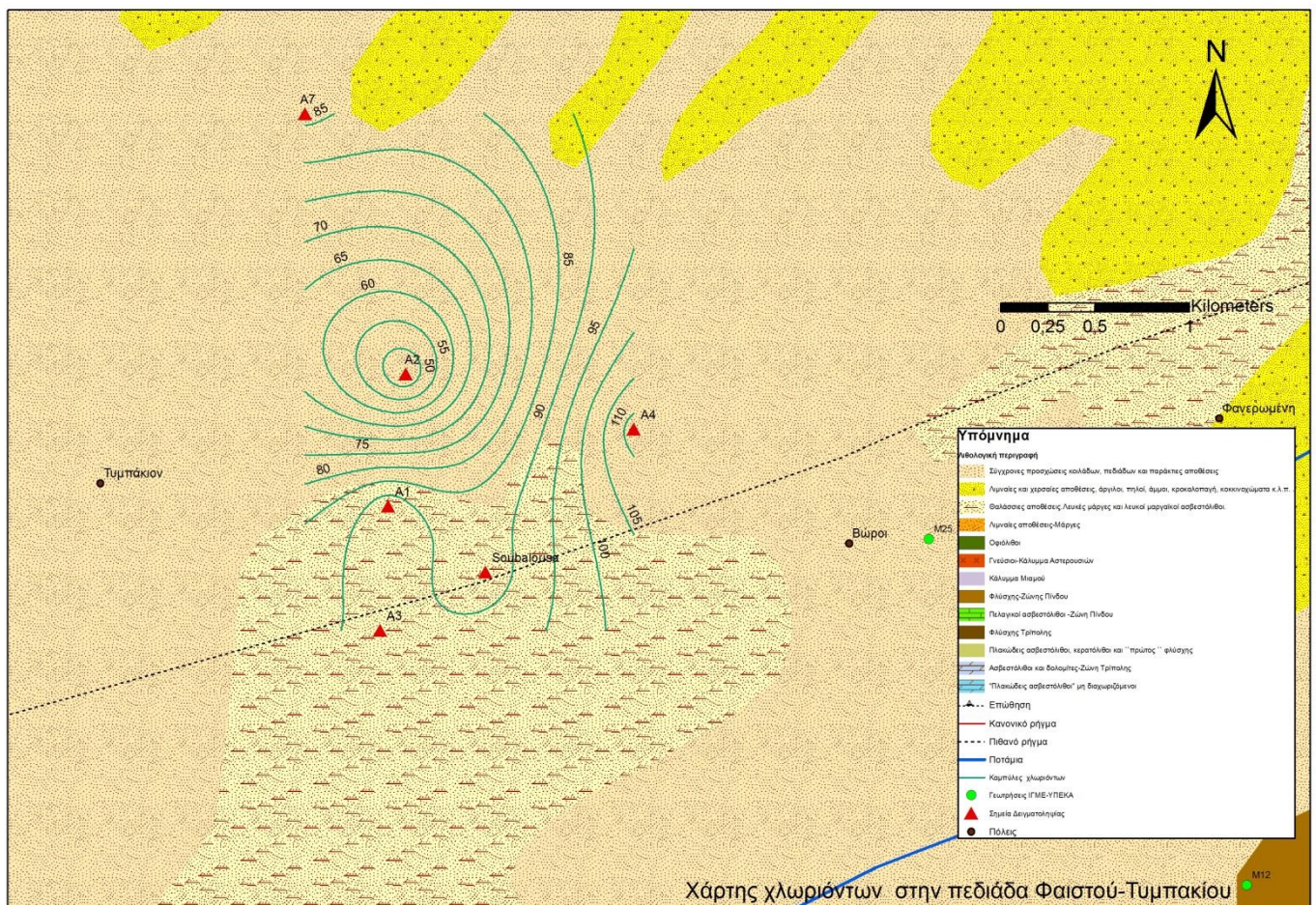
Οι τιμές των Νιτρικών NO₃ στην περιοχή μελέτης κυμαίνονται από 19,7 έως 146 mg/l και ξεπερνούν αρκετά το ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας (25 mg/l). Εκτός από τη γεώτρηση A2 όλες οι γεωτρήσεις ξεπερνούν και το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο, τα 50 mg/l, κάτι που υποδηλώνει πρόβλημα ρύπανσης του υπογείου νερού με νιτρικά που προέρχονται από αγροτικές δραστηριότητες, λιπάσματα, καθώς και από τις κτηνοτροφικές μονάδες της περιοχής και ελαιουργία.



Εικόνα 5.11: Χάρτης κατανομής Νιτρικών (NO₃) στην περιοχή μελέτης.

5.2.6 Κατανομή χλωριόντων (Cl) στην περιοχή μελέτης

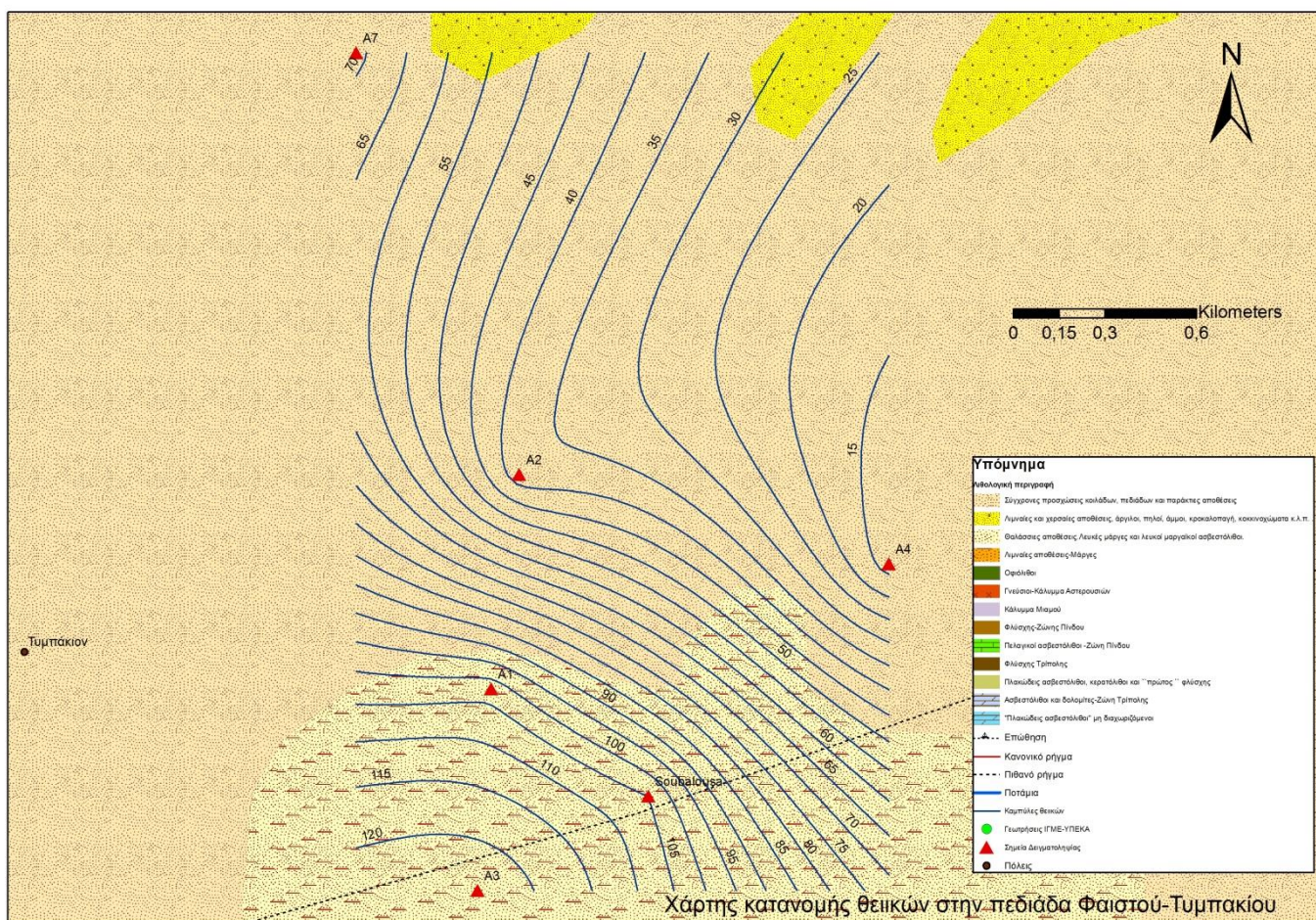
Οι τιμές των χλωριόντων στην περιοχή μελέτης κυμαίνονται από 45 έως 129 mg/l, τιμές που ξεπερνούν το ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας που είναι τα 25 mg/l. Οι τιμές αυτές μπορεί να οφείλονται στο αρδευτικό νερό επιφανειακής προέλευσης (επιστροφή άρδευσης), το οποίο είναι ρυπασμένο με άλατα και άλλα στοιχεία. Ως ένα ποσοστό αυτές οι τιμές μπορεί να οφείλονται στο γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, το οποίο αποτελείται από ιζηματογενή θαλάσσια πετρώματα.



Εικόνα 5.12: Χάρτης κατανομής Χλωριόντων (Cl) στην περιοχή μελέτης.

5.2.7 Κατανομή θεικών (SO₄) στην περιοχή μελέτης

Οι τιμές των θεικών του υπογείου νερού της περιοχής μελέτης κυμαίνονται από 12,6 έως 124 mg/l. Οι τιμές των γεωτρήσεων A1,A2,A3,A7 και Σουμπαλούσα ξεπερνούν το ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας (25 mg/l) χωρίς όμως να ξεπερνούν το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο (250 mg/l). Παρατηρούμε στο χάρτη ότι οι τιμές αυξάνονται στους σχηματισμούς των θαλάσσιων αποθέσεων.



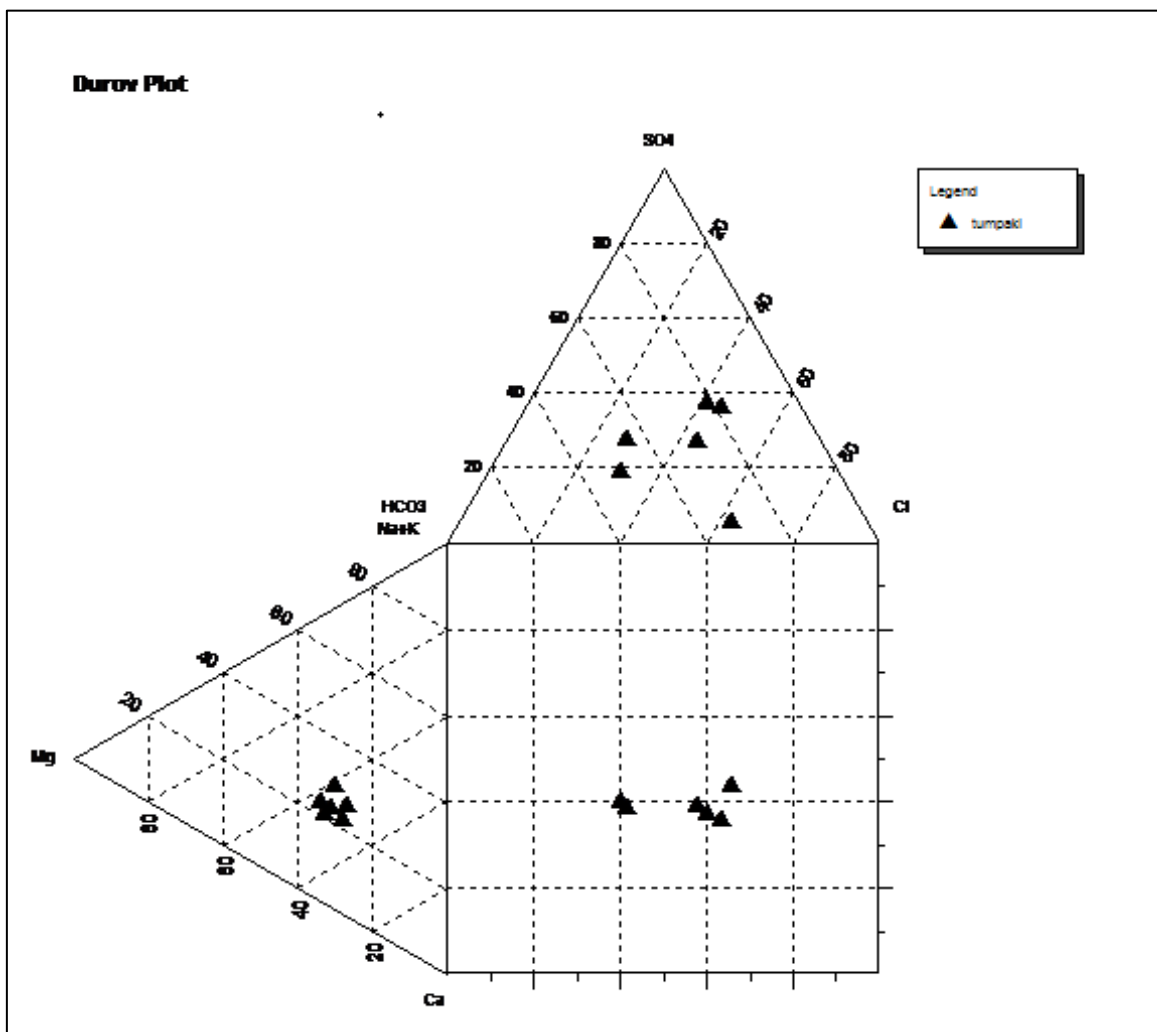
Εικόνα 5.13: Χάρτης κατανομής θεικών (SO₄) στην περιοχή μελέτης.

5.2.8 Υδροχημικά διαγράμματα

Διάγραμμα Durov

Σύμφωνα με το διάγραμμα Durov για το νερό των 7 γεωτρήσεων οι περισσότερες βρίσκονται σε περιοχή αντίστροφων ιοντικών ανταλλαγών, εκτός

από την A2 που βρίσκεται σε περιοχή ιοντικών αλλαγών και την A3 που βρίσκεται σε περιοχή απλής διάλυσης ή μίξης.



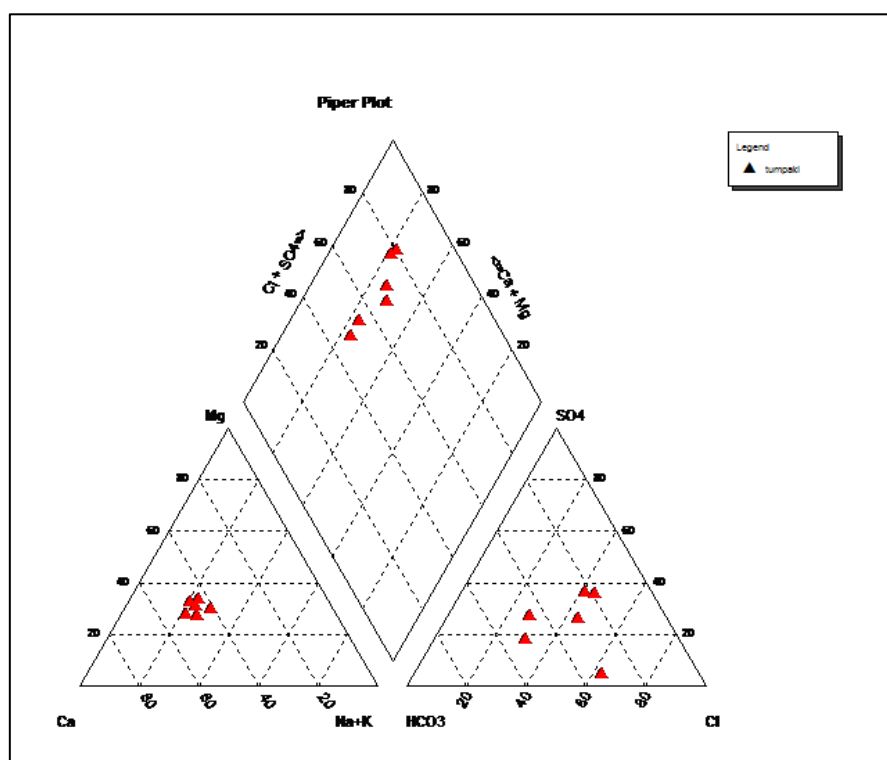
Σχήμα 5.11: Υδροχημικό διάγραμμα Durov δειγμάτων Τυμπακίου.

Διάγραμμα Piper

Το διάγραμμα Piper κατατάσσει το υπόγειο νερό σε μία κατηγορία, τόσο ως προς τα κατιόντα ή ανιόντα όσο ως προς το σύνολο, δίνοντας έτσι την υδροχημική φάση του δείγματος. Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ο πίνακας 5.7:

Γεώτρηση	Ως προς τα κατιόντα	Ως προς τα ανιόντα	Ως προς το σύνολο
A1	Μικτή σύσταση	Μικτή σύσταση	Ασβεστο- Μαγνησιούχο
A2	Μικτή σύσταση	Χλωριούχο	Ασβεστο- Μαγνησιούχο
A3	Μικτή σύσταση	Μικτή σύσταση	Ασβεστο- Μαγνησιούχο
A4	Ασβεστούχο	Μικτή σύσταση	Ασβεστο- Μαγνησιούχο
A5	Ασβεστούχο	Μικτή σύσταση	Ασβεστο- Μαγνησιούχο
A7	Μικτή σύσταση	Μικτή σύσταση	Ασβεστο- Μαγνησιούχο
Σουμπαλούσα	Μικτή σύσταση	Μικτή σύσταση	Ασβεστο- Μαγνησιούχο

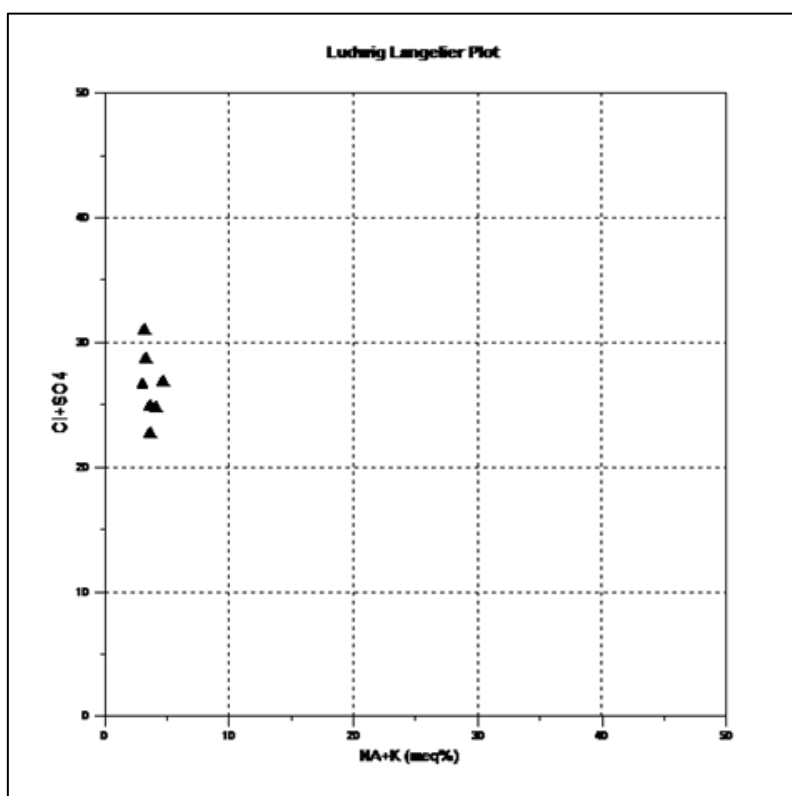
Πίνακας 5.9: Κατάταξη νερού με βάση το διάγραμμα Piper.



Σχήμα 5.12: Υδροχημικό διάγραμμα Piper δειγμάτων Τυμπακίου.

Διάγραμμα ludwig-langelier

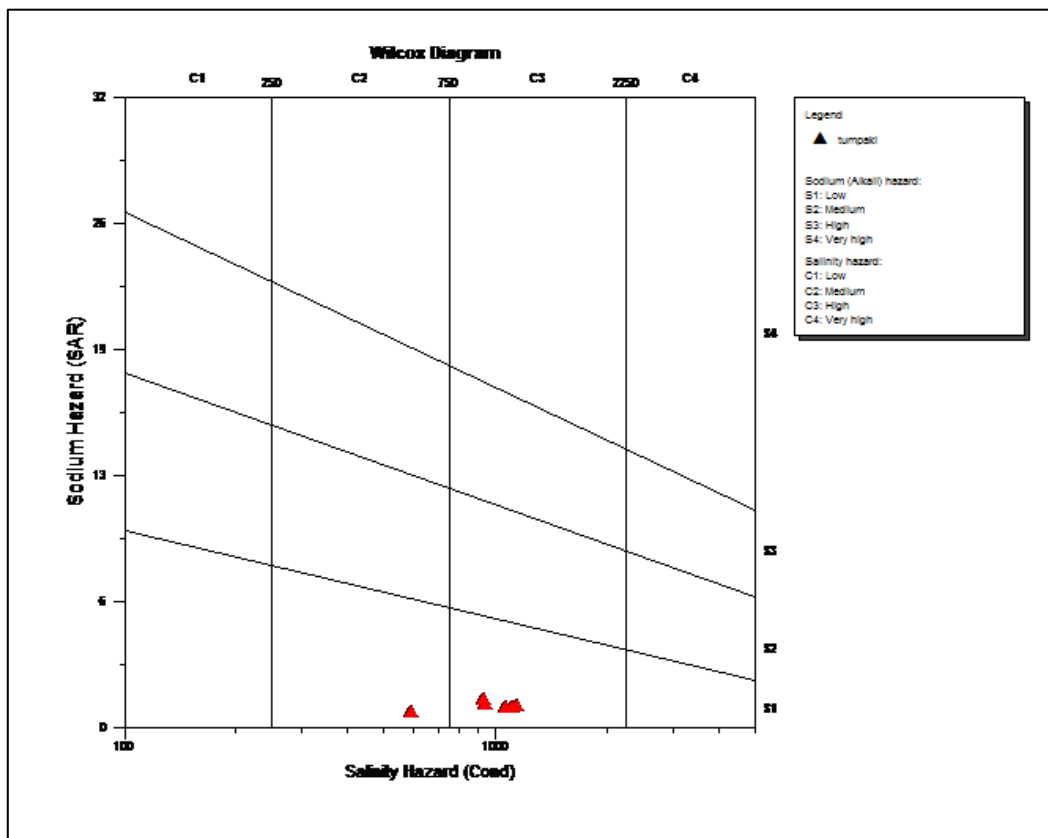
Το διάγραμμα αυτό εμφανίζει την κατανομή των δειγμάτων σε σχέση με το χλωριο – θειϊκό και καλιο – νατριούχο χαρακτήρα τους. Όσο τα δείγματα απομακρύνονται από την αρχή των αξόνων τόσο ισχυροποιείται ο χαρακτήρας που έχουν. Σύμφωνα με το διάγραμμα όλα τα δείγματα νερού στην περιοχλή μελέτης εμφανίζουν Ασβεστομαγνησιούχο χαρακτήρα.



Σχήμα 5.13: Υδροχημικό διάγραμμα ludwig-langelier δειγμάτων Τυμπακίου.

Διάγραμμα Wilcox

Το διάγραμμα αυτό χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της καταλληλότητας του αρδευτικού νερού σε σχέση με τη φύση και τις ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών. Για το νερό των γεωτρήσεων της περιοχής μελέτης σύμφωνα με το διάγραμμα Wilcox η γεώτρηση A2 έχει νερό ποιότητας καλής έως μέτριας. Το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαριά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά. Ενώ όλες οι υπόλοιπες ποιότητας μέτριας έως πολύ μέτριας. Μπορεί να χρησιμοποιείται παίρνοντας μέτρα προφύλαξης.



Σχήμα 5.14: Υδροχημικό διάγραμμα Wilcox δειγμάτων Τυμπακίου.

5.3 Συμπεράσματα

Η πεδιάδα του Τυμπακίου, αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αγροτικές περιοχές της Κρήτης με την καλλιέργεια πρώιμων κηπευτικών σε θερμοκήπια καθώς και ελαιοδέντρων, σε μια συνολική επιφάνεια 40.000 στρεμμάτων. Οι υπεραντλήσεις από τον υπόγειο υδροφορέα, στην περιοχή μελέτης, όπου αναπτύσσονται νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμοί, δημιουργούν τον κίνδυνο εισόδου του θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφορέα και σε συνδυασμό με την συστηματική υπερλίπανση των καλλιεργειών, προκαλούν υποβάθμιση της ποιότητας του νερού στην περιοχή, κυρίως των νιτρικών.

Από τις αναλύσεις των δειγμάτων νερού για τα έτη 2004 έως 2008 προκύπτει σημαντική ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα, κάτι που οφείλεται

σε υπεραντλήσεις για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών, στην διάνοιξη πολλών δημόσιων και ιδιωτικών γεωτρήσεων, καθώς και γεωτρήσεων χωρίς άδεια και στην κατασκευή του φράγματος της Φανερωμένης, λόγω στέρησης του ποταμού Κουτσουλίδη και μη ύπαρξης διηθήσεων από την κοίτη του.

Η αγωγιμότητα εμφανίζεται αυξημένη συγκριτικά με το ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας, χωρίς όμως να παίρνει πολύ μεγάλες τιμές, πράγμα που μπορεί να οφείλεται και στο γεωλογικό καθεστώς της περιοχής. Πράγματι, τις μεγαλύτερες τιμές εμφανίζουν οι γεωτρήσεις που βρίσκονται πάνω σε παράκτιες και θαλάσσιες αποθέσεις.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις του ΙΓΜΕ της περιόδου 2004-2008 τα νιτρικά και θειικά εμφανίζουν αυξημένες τιμές, αρκετές πάνω από το ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας, χωρίς όμως να ξεπερνούν τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια και τα χλωρίοντα παρουσιάζουν αυξημένες σχετικά τιμές που ως ένα βαθμό εξηγείται από το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής που αποτελείται από θαλάσσια ιζηματογενή πετρώματα. Πιθανόν υποδηλώνουν την έναρξη διείσδυσης της θάλασσας στον υπόγειο υδροφόρο.

Συγκριτικά με τις γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ, οι αναλύσεις του νερού δειγματοληψίας από την περιοχή Τυμπακίου το Μάιο του 2014, που κάναμε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, δίνουν σημαντικά αυξημένες και υψηλές τιμές νιτρικών ιόντων, σε σχέση με την ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή τα 50 mg/l που ορίζει η νομοθεσία, σε 6 από τις 7 γεωτρήσεις.

Η περιοχή του Τυμπακίου στηρίζει την οικονομία της κυρίως στην αγροτική δραστηριότητα και τον τουρισμό. Οι ανάγκες όμως σε νερό άρδευσης είναι ιδιαίτερα αυξημένες και η υποβάθμιση της ποιότητας του υπογείου νερού από τη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων είναι σημαντική. Κατά τη χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες το NO_3^- δεν συγκρατείται από τα κolloειδή της αργίλου του εδάφους. Όσα νιτρικά άλατα δεν αφομοιώνονται από τα φυτά, ξεπλένονται με τα ποτίσματα ή τη βροχή με αποτέλεσμα να μολύνουν τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Στην περιοχή υπάρχουν εκατοντάδες στρέμματα

θερμοκηπιακών καλλιεργειών, τα οποία δημιουργούν μια ζώνη ρύπανσης, λόγω της υπερλίπανσης των αγρών με αζωτούχα λιπάσματα.

Το πρόβλημα της νιτρορύπανσης εντείνεται από την έλλειψη χώρου υγειονομικής ταφής απορριμάτων (ΧΥΤΑ), επιβαρύνοντας με επιπλέον φορτία αζώτου τα υπόγεια ύδατα, από τα απορρίματα και τα απόβλητα της λειτουργίας ελαιοτριβίων.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει η ποιότητα του υπογείου νερού για την χρησιμοποίηση του στην άρδευση είναι μέτρια έως πολύ μέτρια και πρέπει να χρησιμοποιείται με επιφύλαξη.

Ιδιαίτερα αυξημένες παρουσιάζονται και οι τιμές των χλωριόντων στην περιοχή μελέτης. Γενικά μία συγκέντρωση των χλωριόντων (Cl⁻) της τάξεως των 100 mg / L στα υπόγεια νερά θεωρείται σαν δείκτης θαλάσσιας διείσδυσης. Τα αυξημένα χλωριόντα σε λίγες θέσεις, ως ένα βαθμό οφείλονται στο γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής που αποτελείται από ιζηματογενή θαλάσσια πετρώματα, αυξάνει όμως και την πιθανότητα δημιουργίας μετώπου υφαλμύρωσης. Αυξημένες παρουσιάζονται και οι τιμές της αγωγιμότητας, Το πρόβλημα επιδυνώνεται από την ελάττωση του εμπλουτισμού του υδροφορέα λόγω παρακράτησης των απορροών του Κουτσουλίδη από το φράγμα της Φανερωμένης.

5.4 Μέτρα προστασίας

Σημαντικό είναι πέρα από την απορύπανση των υπογείων υδροφορέων να ληφθούν μέτρα για την αποφυγή της περαιτέρω ρύπανσης του υπογείου νερού.

Για να μην ενταθεί λοιπόν το πρόβλημα θα πρέπει να γίνουν:

- Σωστή ενημέρωση, εκπαίδευση και έλεγχος των αγροτών όσον αφορά τα αζωτούχα λιπάσματα, για τη ορθολογική χρήση τους.
- Ευαισθητοποίηση του κοινού και ενημέρωση του για τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία του ρυπασμένου νερού.
- Να ληφθούν μέτρα για την ελάττωση της χρήσης φυτοφαρμάκων.
- Αντικατάσταση καλλιεργειών με άλλες ανάλογα με τα δεδομένα κάθε περιοχής και τις διαθέσιμες ποσότητες υπογείου νερού, καθώς και

ενθάρρυνση των οργανικών και βιολογικών καλλιεργειών, που αποφεύγουν τη χρήση χημικών.

- Να δημιουργηθεί ένα δίκτυο συστηματικής παρακολούθησης της ποιότητας του υπογείου νερού, με μέτρηση των νιτρικών ιόντων, χλωριόντων, αγωγιμότητας κτλ.
- Έλεγχος της χρήσης των κτηνοτροφικών αποβλήτων (κοπριά και λύματα) και την εφαρμογή τους στο έδαφος. Αυτό επιτυγχάνεται με ρύθμιση της τοποθεσίας, της δοσολογίας, του χρόνου και μεθόδου εφαρμογής.
- Έλεγχος χρήσης λιπασμάτων (κυρίως αζωτούχων), της ποσότητας, του τύπου, του χρόνου εφαρμογής και την απαγόρευση ή χρησιμοποίηση τους με μέτρο σε ευπρόσβλητες ζώνες.
- Καθορισμός απαιτήσεων για την αποθήκευση και μεταφορά των λιπασμάτων.
- Ανάλογα με τις συνθήκες και τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής του Τυμπακίου να ορίσσει η ποσότητα των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων.
- Καθαρισμός των σηπτικών δεξαμενών στον προβλεπόμενο χρόνο.

5.5 Προτάσεις

Για τη βελτίωση της ποιότητας του υπογείου νερού στην περιοχή του Τυμπακίου μπορεί να γίνει:

1. Τεχνητός εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα με νερό τριτοβάθμιας επεξεργασίας, δηλαδή νερό του βιολογικού καθαρισμού. Για να γίνει όμως αυτό θα πρέπει να επιτευχθεί η σωστή ενημέρωση των πολιτών ώστε να μην υπάρχουν αντιδράσεις και να γίνει καλή επεξεργασία του νερού.
2. Να γίνεται έλεγχος και συντήρηση των δικτύων διανομής για την αποφυγή διαρροών που οδηγούν σε άσκοπη κατανάλωση του νερού, καθώς οι διαθέσιμες ποσότητες είναι περιορισμένες. Σύμφωνα με

ανεπίσημες πληροφορίες και από τη συλλογή των στοιχείων οι διαρροές των δικτύων φτάνουν το 40% στην περιοχή μελέτης.

3. Να γίνει έλεγχος για τις παράνομες γεωτρήσεις στο Τυμπάκι, καθώς έχουν διανοιχθεί αρκετές χωρίς άδεια, δημιουργώντας κίνδυνο επιπλέον ταπείνωσης της στάθμης του υπογείου νερού και διεύδυση της θάλασσας στον υδροφορέα.
4. Επιτακτική είναι η ανάγκη δημιουργίας χώρου ταφής απορριμάτων, ώστε να μην επιβαρύνεται επιπλέον ο υπόγειος υδροφορέας με νιτρικά.
5. Ο έλεγχος των κτηνοτροφικών μονάδων για τη διάθεση των αποβλήτων.
6. Την ενθάρρυνση καλύτερης αξιοποίησης των αποβλήτων των ελαιουργείων.
7. Βελτίωση του συστήματος βιολογικού καθαρισμού.
8. Θεωρείται ότι το φράγμα της Φανερωμένης δεσμεύει περισσότερο από 1.2 Mm^3 νερού το χρόνο, και στη λειτουργία του οφείλεται η στέρηση του Κουτσουλίδη ποταμού και η μείωση της αναπλήρωσης του υδροφορέα κατά 11 % (Μαμαγκάκης Ε.) Έτσι λοιπόν μια λύση στο πρόβλημα θα ήταν η εκτροπή του Πλατύ ποταμού και οι αγωγοί σύνδεσής του με το Φράγμα Φανερωμένης που θα αποφέρει περίπου $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού το χρόνο στον ταμιευτήρα και θα λύσει το αρδευτικό πρόβλημα όλης της Μεσσαράς (αυτό έχει συζητηθεί και έχουν γίνει ήδη οι μελέτες του έργου).
9. Επίσης, αν κατασκευαστεί το έργο εκτροπής του ποταμού Πλατύ θα μπορούσε να αυξηθεί η περιβαλλοντική παροχή κατάντη του φράγματος για τον εμπλουτισμό των υδροφορέων.

10. Επίσης έχει δημιουργηθεί στο Τυμπάκι το θέμα της υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων λόγω της κατασκευής του φράγματος της Φανερωμένης καθώς συγκεντρώνει τα όμβρια ύδατα της περιοχής, αλλά και τα απόβλητα των ορεινών οικισμών και των κτηνοτροφικών μονάδων και ελαιοτριβίων, ενώ θα μπορούσε η περιοχή να γίνει σημαντικός υδροβιότοπος. Συγκεκριμένα για το φράγμα θα μπορούσε να γίνει ένα δίκτυο παρακολούθησης της ποιότητας του νερού του ταμιευτήρα ώστε να ληφθούν μέτρα για την απορύπανση του νερού.

11. Θα πρέπει να γίνει έρευνα για τα βαρέα μέταλλα και τα τοξικά ιχνοστοιχεία.

Τέλος, όσον αφορά το πρόβλημα των νιτρικών από την υπερλίπανση των αγρών, στην Ε.Ε. προωθείται η θέσπιση των κανόνων της ορθής γεωργικής πρακτικής. Αυτό πρακτικά για τα αζωτούχα λιπάσματα σημαίνει ότι:

- ✓ Το αζωτούχο νιτρικό λίπασμα δεν εφαρμόζεται στην αρχή της βροχερής περιόδου (φθινόπωρο).
- ✓ Χρησιμοποιείται ακριβώς η δόση που απαιτείται από την καλλιέργεια.
- ✓ Το αζωτούχο νιτρικό λίπασμα εφαρμόζεται μόνο όταν οι ανάγκες της καλλιέργειας το απαιτούν.
- ✓ Σε αμμώδη εδάφη το αζωτούχο νιτρικό λίπασμα εφαρμόζεται σε πολλές και μικρές δόσεις.
- ✓ Η καλλιέργεια διατηρείται σε καλή κατάσταση, ώστε τα φυτά να προσλαμβάνουν το νιτρικό άζωτο σε ικανοποιητικό βαθμό.

Βιβλιογραφία

Αβραμίδου Ε, Διπλωματική εργασία με θέμα: «Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης στον Ελλαδικό χώρο», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2007.

Αντωνόπουλος Β, «Ποιότητα νερού και ρύπανση υδατικών πόρων», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2001.

Αποστολάκη Μ, «Υπολογισμός όγκου αντλήσεως στη λεκάνη Γεροποτάμου, με συνεχή 20ετή προσομοίωση της διαδικασίας διήθησης των επιφανειακών υδάτων και συσχετίσή τους με το υπόγειο υδατικό δυναμικό της λεκάνης», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2005.

Βσιλόπουλος Α, Διπλωματική έρευνα με θέμα: «Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία στην υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ενιπέα», Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2008.

Βουδούρης Κ, «Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος», Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2006.

Βουδούρης Κ, «Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος. Υπόγεια Νερά και Περιβάλλον», 2009.

Βουδούρης Κ., Νίκας Κ., Αντωνάκος Α, «Μελέτη της εξέλιξης του μετώπου υφαλμύρωσης σε παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες. Η περίπτωση του παράκτιου τμήματος της ΒΔ Αχαΐας». Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου Θεσσαλονίκης, σελ 1952-1961, 2004.

Διαμαντής Ι, Πεταλάς Χ., Πλιάκας Φ, «Προβλήματα υφαλμύρισης υπόγειων νερών παράκτιων πεδίων Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης – μέθοδοι αντιμετώπισης», πρακτικά ημερίδας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος με θέμα "Υφαλμύρωση υπόγειων υδάτων", Αθήνα 1998.

Διεύθυνση υδάτων, Τμήμα παρακολούθησης και ελέγχου της ποιότητας των υδάτων, «Κατάσταση Υπογείων Υδροφορέων Κρήτης», Ηράκλειο 2009.

ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ερευνητικό έργο με τίτλο: «Έρευνα και Μελέτη για την αναθεώρηση του Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) Περιφέρειας Κρήτης», Αθήνα, Δεκέμβριος 2010.

EcoDo-net Collaboration, «Παράμετροι χαρακτηρισμού ποιότητας των υδάτων», 2007.

Heath R. C., «*Basic Ground-Water Hydrology*», U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2220, 1983.

Ίνστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, «Υδρογεωλογική Μελέτη Κρήτης», Αθήνα 2009.

INCHEM (1988), International Programme on Chemical Safety: "ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA 61: CHROMIUM" .

Καλλέργης Γ.Α., «Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία», Β τόμος, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Αθήνα. 2000.

Καρατζάς Γ. Π., «Ροή Υπογείων Υδάτων και Μεταφορά Ρύπων», Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2004.

Κατσιφά Μ., Μεταπτυχιακή διατριβή με θέμα: «Υδατικοί πόροι της ευρύτερης πειοχής Ροδίτσας Δέλτα Σπερχειού Νομού Φθιώτιδας με έμφαση στην Υδροχημεία και την Ποιότητα», Διατμηματικό πρόγραμμα Μεταπτυχιακών σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2011.

Κουμαντάκης Ι. Σημειώσεις «Αξιοποίηση, Διαχείριση και Προστασία Υπόγειων Υδάτων», Διατμηματικού προγράμματος Μεταπτυχιακών σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Αθήνα 2013.

Κουμαντάκης Ι. Σημειώσεις Προχωρημένης Υδρογεωλογίας Διατμηματικού προγράμματος Μεταπτυχιακών σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2012.

Κριτσωτάκης Μ. Παρουσίαση στην Εσπερίδα, Υδατικοί Πόροι και Υγρότοποι στη νησιωτική Ελλάδα, με τίτλο: «Διαχείριση νερών και υγρότοπων στην Κρήτη», Ηράκλειο, Μάρτιος 2008.

Κριτσωτάκης Μ. Διδακτορική Διατριβή με τίτλο: «Διαχείριση Υδατικών πόρων Μεσσαράς Κρήτης», Διατμηματικό πρόγραμμα Μεταπτυχιακών σπουδών «Έλεγχος ποιότητας και Διαχείριση Περιβάλλοντος», Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2009.

Κριτσωτάκης Μ, Παπαμαστοράκης Δ. Μελέτη «Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Υδατικών Πόρων» Κρήτης, 2001.

Kilchmann, S. Waber, N. Parriaux, A. Bensimon, M. Natural tracers in recent groundwaters from different Alpine aquifers, *Hydrogeology Journal*, 2004.

Μαμαγκάκης Ε., Εισήγηση στον Σύλλογο Αμαριωτών Ρεθύμνου, με θέμα: «Φράγμα Ποταμών-Φράγμα Πλατύ», Ρέθυμνο 2008.

Μήτρακας Μ., «Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2001.

Μπούρα Β, Διπλωματική εργασία με θέμα: «Προσδιορισμός Συστημάτων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων στην Κρήτη», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα 2010.

MOUJABER M. EL., BOUSAMRAB., DARWISH T., ATALLAH T., «Comparison of different indicators for groundwater contamination by seawater intrusion on Lebanese coast. *Water Resources Management* 20, pp161-181, 2006.

Ντάναση Κ, Μεταπτυχιακή εργασία με θέμα: «Κοστολόγηση αρδευτικού νερού στην περιοχή Μεσσαρά του Νομού Ηρακλείου Κρήτης», Διατμηματικό πρόγραμμα Μεταπτυχιακών σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2012.

Νταρακάς Ε., «Ποιοτικά χαρακτηριστικά και διεργασίες επεξεργασίας νερού», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2014.

Οικονομόπουλος Α, «Ρύπανση και Έλεγχος Ρύπανσης νερών», Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2002.

Παπαρηγορίου Σ., Καϊμάκη Π., Παπαγεωργίου-Τορτοπίδη Ν., Περλέρος Β., Λαζαρίδης & Συν/τες ΑΤΕΜ, «Ολοκληρωμένη διαχείριση Υδατικών Πόρων Κρήτης», Περιφέρεια Κρήτης 2000.

Παυλάκης Π., «Μελέτη Διαχείρισης Υδατικών Πόρων ταμιευτήρων Πλατύ και Γερακάρι και αγωγού μεταφοράς νερού στη Μεσσαρά», Κρήτη 2010.

Περιφέρεια Κρήτης, «Μελέτη Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κρήτης», Ηράκλειο 2006.

Περλέρος Β, Παπαμαστοράκης Δ, Κριτσωτάκης Μ, Δρακοπούλου Ε, Παναγόπουλος Α, Πρακτικά 10^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου, «Υπόγειο Υδατικό δυναμικό Κρήτης. Προβλήματα και προοπτικές», Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 2004.

Πολυράκης Ι.Θ, «Ρύπανση του Περιβάλλοντος από Αγροχημικά», Υπό Έκδοση, 2006.

Σακκάς Ι.Γ, «Τεχνική Υδρολογία, 1ος Τόμος, Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων», Εκδόσεις Αϊβάζη, Θεσσαλονίκη, 2004.

Σκληβανιώτης Μ, «Παράμετροι γενικών χαρακτηριστικών και ανόργανων στοιχείων-ενώσεων», ΔΕΥΑΠ 2004.

Σούλιος Γ, «Γενική Υδρογεωλογία», Γ τόμος, Εκδόσεις Κυριακίδη Θεσσαλονίκη 2004.

Σούλιος Γ, «Γενική Υδρογεωλογία - Τόμος Δ' - Ποιότητα υπόγειου νερού, Ρύπανση - μόλυνση υπόγειου νερού», Θεσσαλονίκη 2006.

Τρούσσα- Μάρτη Σ, Πτυχιακή εργασία με θέμα: «Υφαλμύρωση Υπόγειων Υδροφορέων Νομού Χανίων», Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Χανιά 2009.

Υ.ΠΕ.Κ.Α, Μελέτη με τίτλο: «Τεχνική υποστήριξη της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων για την κατάρτιση του μεσοχρόνιου προγράμματος προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας, έτους 2008», με ανάδοχο το ΕΜΠ-Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2008.

ΥΠΕΧΩΔΕ, Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων, «Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων», Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΕΜΠ, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008.

ΥΠΕΧΩΔΕ, «Στρατηγική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εφαρμογής του ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τον τουρισμό», Αθήνα 2007.

Παράρτημα Ι

Κωδικός	Είδος	Δήμος	x	y	z	Βάθος Διάτρησης (m)	Παροχή άντλησης (m ³ /h)	Υδροφορέας
M2	Γεώτρηση	Τυμπακίου/Φανερωμένης	576469	3882238	91	200	80	Ανθρακικά Πίνδου
M1	Γεώτρηση	Τυμπακίου/Κλήματος	570412	3884980	67	204	45	Ανθρακικά Πίνδου
M25	Γεώτρηση	Τυμπακίου/Βόρων	574577	3882213	80	100	40	Τεταρτογενείς αποθέσεις
M12	Γεώτρηση	Τυμπακίου/Καμηλαρίου	587146	3878754	34	150	60	Τεταρτογενείς αποθέσεις
Ψ46	Γεώτρηση	Τυμπακίου/Μαγαρικαρίου	575665	3885403		120	10	Οφιόλιθοι
NH14	Γεώτρηση	Τυμπακίου/Λαγολίου	572383	3885242	132			
						Παροχή (m³/h)		
Ψ20	Πηγή	Τυμπακίου/Καμάρων	575102	3892238		10 έως 30		Ανθρακικά Τρίπολης
Ψ48	Πηγή	Τυμπακίου/Μαγαρικαρίου	575317	3887618		1,5 έως 8,8		Κάλυμμα Αστερουσίων

Πίνακας 1: Συντεταγμένες γεωτρήσεων πεδιάδας Φαιστού, Τυμπακίου.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΑΠΟΛΥΤΗ ΣΤΑΘΜΗ (m)
M2	4/22/2004	50
M2	3/16/2005	23
M2	6/23/2005	13,33
M2	9/12/2005	10,35
M2	12/12/2005	15,1
M2	3/20/2006	33,4
M2	6/13/2006	13,7
M2	9/11/2006	9,65
M2	1/10/2007	16,6
M2	3/19/2007	35,7
M2	5/21/2007	17
M2	6/11/2007	16,07
M2	7/16/2007	32,5
M2	8/21/2007	11,5
M2	9/17/2007	6,3
M2	10/15/2007	10,4
M2	11/20/2007	29,68

M1	23/6/2005	-27,8
M1	12/9/2005	-27,5
M1	12/12/2005	-8,67
M1	20/3/2006	-7,07
M1	13/6/2006	-9,59
M1	11/9/2006	-36,57
M1	10/1/2007	-9,62
M1	21/2/2007	-11,08
M1	19/3/2007	-8,8
M1	11/6/2007	-15,55
M1	17/9/2007	-32,85
M1	21/5/2008	-12,3
M1	23/6/2008	-30,51
M25	4/22/2004	28,43
M25	5/26/2004	13,12
M25	2/23/2005	27,32
M25	3/16/2005	19,25
M25	4/20/2005	26,28
M25	5/23/2005	12,6
M25	6/23/2005	7,51
M25	7/20/2005	12,92
M25	8/23/2005	0,25
M25	9/12/2005	0,1
M25	10/19/2005	-8
M25	11/15/2005	6,67
M25	12/12/2005	18,17
M25	1/26/2006	21,02
M25	2/17/2006	22,52
M25	3/20/2006	19,42
M25	4/10/2006	19,7
M25	5/16/2006	9,74
M25	6/13/2006	6,2
M25	7/18/2006	-0,35
M25	8/28/2006	-4
M25	9/11/2006	-1,47
M25	10/18/2006	12,43
M25	11/22/2006	6,93
M25	1/10/2007	19,66
M25	2/20/2007	21,5
M25	3/19/2007	12
M25	4/18/2007	8,2
M25	5/21/2007	14,88
M25	6/11/2007	6,24
M25	7/16/2007	-1,7

M25	8/21/2007	-6,05
M25	9/17/2007	-6,1
M25	10/15/2007	3,7
M25	11/20/2007	8,15
M25	5/21/2008	0,24
M25	6/23/2008	-5,05
M12	27/5/2004	9,9
M12	23/2/2005	18,16
M12	16/3/2005	12,25
M12	18/4/2005	19,18
M12	24/5/2005	17,74
M12	23/6/2005	9,25
M12	20/7/2005	4,62
M12	24/8/2005	-0,14
M12	12/9/2005	-2,36
M12	19/10/2005	-0,07
M12	15/11/2005	9,1
M12	12/12/2005	13,02
M12	26/1/2006	16,73
M12	17/2/2006	17,87
M12	20/3/2006	11,56
M12	10/4/2006	17,97
M12	16/5/2006	18,2
M12	13/6/2006	15,1
M12	18/7/2006	1,1
M12	28/8/2006	-12,26
M12	11/9/2006	-11,7
M12	18/10/2006	-1,4
M12	22/11/2006	12,1
M12	10/1/2007	10
M12	20/2/2007	11
M12	19/3/2007	21,75
M12	18/4/2007	5,88
M12	21/5/2007	6,45
M12	11/6/2007	7,2
M12	16/7/2007	-11,4
M12	21/8/2007	-19,15
M12	17/9/2007	-22,82
M12	15/10/2007	-18,7
M12	20/11/2007	-5,7
M12	21/5/2008	-9,4
M12	23/6/2008	-20,27
Ψ46	6/4/2004	293,6
Ψ46	14/4/2005	278,7

Ψ46	27/7/2005	284,53
Ψ46	30/8/2005	283,35
Ψ46	30/9/2005	282,75
Ψ46	19/10/2005	283,93
Ψ46	18/11/2005	283,16
Ψ46	13/12/2005	284,37
Ψ46	26/1/2006	285,14
Ψ46	16/2/2006	285,48
Ψ46	29/3/2006	285,48
Ψ46	12/4/2006	284,58
Ψ46	31/5/2006	277,58
Ψ46	30/6/2006	276,88
Ψ46	26/7/2006	270,64
Ψ46	18/8/2006	267,68
Ψ46	27/9/2006	261,49
Ψ46	19/10/2006	261,78
Ψ46	24/11/2006	266,32
Ψ46	12/12/2006	269,85
Ψ46	11/1/2007	268,84
Ψ46	28/2/2007	264,75
Ψ46	21/3/2007	263,75
Ψ46	20/4/2007	258,19
Ψ46	18/5/2007	254,22
Ψ46	19/7/2007	253,98
Ψ46	29/8/2007	254,17
Ψ46	21/9/2007	255,28
Ψ46	25/10/2007	255,8
Ψ46	23/5/2008	254,13
Ψ46	19/6/2008	254,17
NH14	22/4/2004	57,11
NH14	16/3/2005	53,03
NH14	23/6/2005	43,62
NH14	12/9/2005	33,7
NH14	12/12/2005	43,48
NH14	20/3/2006	47,82
NH14	13/6/2006	41,83
NH14	11/9/2006	22,61
NH14	10/1/2007	25,85
NH14	19/3/2007	26,88
NH14	11/6/2007	22,6
NH14	17/9/2007	15,05
NH14	21/5/2008	19,5
NH14	23/6/2008	14,18
NH14	17/11/2008	-2,2

	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /h)
Ψ20	12/4/2005	27,21
Ψ20	26/7/2005	20,43
Ψ20	19/10/2005	18,3
Ψ20	24/1/2006	6,76
Ψ20	18/4/2006	13,31
Ψ48	6/4/2004	7,8
Ψ48	14/4/2005	8,27
Ψ48	27/7/2005	3,51
Ψ48	19/10/2005	2,3
Ψ48	26/1/2006	4,41
Ψ48	19/4/2006	3,48
Ψ48	26/7/2006	1,81
Ψ48	19/10/2006	1,32
Ψ48	12/12/2006	2,14
Ψ48	11/1/2007	2,4
Ψ48	28/2/2007	3,73
Ψ48	20/4/2007	2,57
Ψ48	18/5/2007	2,55
Ψ48	20/6/2007	2,07
Ψ48	19/7/2007	1,87
Ψ48	29/8/2007	1,81
Ψ48	21/9/2007	1,44
Ψ48	25/10/2007	1,44
Ψ48	26/11/2008	1,44

Πίνακας 2: Απόλυτες στάθμες του υπογείου νερού και παροχές των πηγών Καμαρών (Ψ20) και Μαργαρικαρίου (Ψ48).

Code	Date_	pH	Conductivi	Ca	Mg	Na	K
M25	17/10/2006	0	876	-	-	-	-
M25	25/1/2007	8,1	899	-	-	-	-
M25	7/5/2007	-	-	-	-	-	-
M25	23/7/2007	8,1	841	-	-	-	-
M25	5/10/2007	7,3	809	64,1	43,2	34	1,7
M25	7/5/2008	7,7	960	103	42,3	39,6	1,7
M25	24/7/2008	7,8	840	-	-	-	-
M25	30/9/2008	7,5	935	109	31,6	37,9	2,2
Ψ20	6/4/2004	7,9	261	24	14,6	3,7	0,8
Ψ20	12/4/2005	7,5	260	29,7	12,9	4,6	0,4
Ψ20	19/10/2005	7,7	270	28,9	12,6	3,6	0,4
Ψ20	18/4/2006	8,2	234	30,5	9,7	4,3	0,4
Ψ20	17/10/2006	8,1	234	32,2	8,7	3,6	0,4
M1	23/6/2005	7,7	756	75,4	28,2	49,2	2,3
M1	12/9/2005	7,5	701	49,7	25,8	49,7	2,3
M1	20/3/2006	7,4	855	88,5	24,3	56,2	2,2
M1	11/9/2006	8,1	795	66,6	33,9	47,3	2,6
NH14	16/3/2005	7,5	904	58,4	50,6	38,2	3,9
NH14	12/9/2005	7,5	778	79,4	33,1	34	3,1
NH14	20/3/2006	7,6	777	70,5	35	35	3
NH14	11/9/2006	8,4	750	57,3	48,4	33,2	3,5
Ψ48	6/4/2004	7,8	723	32,1	46,2	27,6	1,6
Ψ48	14/4/2005	7,4	723	73,4	19,2	27,6	1,6
Ψ48	19/10/2005	7,9	634	77,8	19,5	27,6	1,7
Ψ48	12/4/2006	7,8	553	60,9	18,5	27,6	2,2
Ψ48	19/10/2006	7,6	575	66,6	15,5	26,8	1,7
Ψ46	6/4/2004	7,4	890	38,5	57,4	46	0,8
Ψ46	14/4/2005	7,4	734	73,4	12	39,1	0,8
Ψ46	19/10/2005	7,5	653	78,6	18,5	33,7	1,3
Ψ46	12/4/2006	7,6	585	72,9	12,2	32,2	1,3
Ψ46	19/10/2006	7,7	606	76,5	14,9	32,2	1,3
M2	16/3/2005	7,5	958	54,5	70	37,7	1,6
M2	12/9/2005	7,6	701	48,1	44	35,9	1,6
M2	20/3/2006	7,5	848	99,4	30,2	35,8	3
M2	11/9/2006	8,1	818	77,5	47,3	34,7	2,6
M12	12/9/2005	7,4	1068	71,3	41,1	89,7	9,4
M12	20/3/2006	7,7	1206	105	42,3	79,2	7,4
M12	11/9/2006	8,3	1227	118	44,9	90,7	10
Ψ25	16/4/2004	7,8	300	24	13,1	12	0,4
Ψ25	20/10/2005	7,6	285	28,9	11,7	12,5	0,9
Ψ25	17/10/2006	7,5	399	48,4	14,4	11,5	0,4

Code	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	NH4	Total_Hard
M25	0	0	47,9	0	5	0,05	0,26	0
M25	0	0	43,3	0	6,2	0,05	0,26	0
M25	0	0	0	0	0	0,05	0,26	0
M25	0	0	57,8	0	18,6	0,05	0,26	0
M25	0	305	59,9	73,5	12,4	0,05	0,26	338
M25	0	378	62,4	100	24,8	0,05	0,26	430
M25	0	0	63,8	0	12,4	0,05	0,26	0
M25	0	366	60,3	102	18,6	0,05	0,26	402
Ψ20	0	134	7,1	-	5	0,05	0,26	120
Ψ20	0	142	7,1	-	5	0,05	0,26	127
Ψ20	0	134	12,4	-	5	0,05	0,26	124
Ψ20	0	134	7,1	-	5	0,05	0,26	117
Ψ20	0	140	7,1	-	5	0,05	0,26	116
M1	0	222	94	48	43,4	0,05	0,26	304
M1	0	156	97,5	56,6	9,3	0,05	0,26	230
M1	0	248	110	70,5	37,2	0,05	0,26	320
M1	0	261	87,9	49,7	37,2	0,05	0,26	306
NH14	0	325	70,9	71,6	18,6	0,05	0,26	354
NH14	0	305	63,8	71,9	5	0,05	0,26	334
NH14	0	281	62	70,5	31	0,05	0,26	320
NH14	0	334	57,4	65,8	12,4	0,05	0,26	343
Ψ48	0	253	35,5	67,2	12,4	0,05	0,26	270
Ψ48	0	248	28,4	67,2	18,6	0,05	0,26	262
Ψ48	0	258	30,1	74,1	18,6	0,05	0,26	274
Ψ48	0	198	28,7	78,2	18,6	0,05	0,26	228
Ψ48	0	214	29,1	59	12,4	0,05	0,26	230
Ψ46	0	323	70,9	36,5	43,4	0,05	0,26	332
Ψ46	0	232	70,9	31,7	5	0,05	0,26	232
Ψ46	0	276	53,2	33,9	24,8	0,05	0,26	272
Ψ46	0	218	54,6	33,9	24,8	0,05	0,26	232
Ψ46	0	257	51,8	27,9	24,8	0,05	0,26	253
M2	0	392	60,3	102	5	0,05	0,26	424
M2	0	225	65,6	107	6,2	0,05	0,26	301
M2	0	336	56,7	101	12,4	0,05	0,26	372
M2	0	344	59,2	101	18,6	0,05	0,26	388
M12	0	19	140	195	6,2	0,5	0,26	347
M12	0	317	128	165	37,2	0,05	0,26	436
M12	0	356	135	188	18,6	0,05	0,26	480
Ψ25	0	122	19,5	16,8	5	0,05	0,26	114
Ψ25	0	122	17,7	23,1	5	0,05	0,26	120
Ψ25	0	190	24,1	12	12,4	0,05	0,26	180

Πίνακες 3,4: Ποιοτικά χαρακτηριστικά υπογείου νερού γεωτρήσεων ΙΓΜΕ 2004-2008.

Διαπιστώσεις: Δεν υπάρχουν υπερβάσεις των ανωτάτων επιτρεπτών ορίων για πόση ως προς τα Cl⁻ τα θειικά και τα νιτρικά.

	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08
Σεπ	0	0	0	39	0
Οκτ	0	14	40	164	110
Νοε	103	128	87	72	60
Δεκ	192	146	48	13	107
Ιαν	215	119	79	12	166
Φεβ	84	88	71	77	125
Μαρ	11	32	66	29	23
Απρ	0		29	21	45
Μαϊ	0	48	0	72	4
Ιουν	0	0	30	0	
Ιουλ	0	0		0	
Αυγ	0	0		0	
Σύνολο	605	575	450	499	640

Πίνακας 5: Τιμές μηνιαίου ύψους βροχής ανά έτος, για τα έτη 2003-2008, στην περιοχή μελέτης (πηγή: ΙΓΜΕ).

Παράρτημα II

Κώδικας Ορθής Γεργικής Πρακτική Άρθρα 1 έως 5:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΝΟΜΟΘΕΤΗΜΑΤΟΣ

Έτος: 2004

ΦΕΚ: Β 142 20040129

Τέθηκε σε ισχύ: 29.01.2004

Αρμόδιος Φορέας: ΟΙ ΥΠΟΥΡΓΟΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ, ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Άρθρο: 1

Ημ/νία: 29.01.2004

Τίτλος Άρθρου

Διαχείριση Εισροών

Κείμενο Άρθρου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α

ΓΕΩΡΓΙΑ

Οι γεωργοί πρέπει να τηρούν φύλλα καταγραφής χρησιμοποιούμενων εισροών μαζί με τα αντίστοιχα παραστατικά αγοράς των εισροών αυτών. Τα φύλλα καταγραφής των εισροών καθώς και τα παραστατικά πρέπει να φυλάσσονται από τον παραγωγό για δύο τουλάχιστον

χρόνια μετά την χρονιά συμπλήρωσης τους. Τα φύλλα καταγραφής εισροών θα έχουν την μορφή του Παραρτήματος Ι.

Αρθρο: 2

Ημ/νία: 29.01.2004

Τίτλος Αρθρου

Κατεργασία του εδάφους

Κείμενο Αρθρου

1. Η κατεργασία του εδάφους πρέπει να περιορίζεται όσο είναι δυνατόν, στις απαραίτητες επεμβάσεις. Η υπερβολική κατεργασία εδάφους αυξάνει την απαιτούμενη ενέργεια, επιφέρει μεγάλη και άσκοπη κατανάλωση καυσίμων, και παράλληλα προκαλεί αρνητικές συνέπειες στο έδαφος.

2. Επιβάλλεται:

- Σε εδάφη με κλίση μεγαλύτερη από 10% η άροση να γίνεται κατά τις ισοϋψείς ή διαγώνια ή να δημιουργούνται φυσικά αναχώματα κατά τις ισοϋψείς και η άροση να γίνεται διαγώνια (ακαλλιέργητες ζώνες με φυτική κάλυψη) με εύρος 1-2 μέτρα. • Η χρησιμοποίηση των γεωργικών μηχανημάτων να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην καταστρέφονται οι αγροτικοί δρόμοι.

- Να μην καταστρέφονται τα ακαλλιέργητα περιθώρια μεταξύ των αγροτεμαχίων καθώς και οι φυτοφράκτες, η φυσική βλάστηση των ρεματιών και τα γειτνιάζοντα δάση. • Η διατήρηση των φυσικών ρεμάτων. Επεμβάσεις, οι οποίες αφορούν στην αλλαγή πορείας ρεμάτων με χωματουργικά μηχανήματα γίνονται μόνο μετά από άδεια της αρμόδιας υπηρεσίας.

3. Συνιστάται:

- Οι κατεργασίες να γίνονται την κατάλληλη εποχή με τα κατάλληλα, για το έδαφος και την εργασία που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε, γεωργικά μηχανήματα. Σκόπιμο είναι να γίνονται, κατά το δυνατόν, οι λιγότερες επεμβάσεις. • Οι κατεργασίες του εδάφους να γίνονται πάντα, όταν το έδαφος βρίσκεται στο «ρόγο» του, δηλαδή μετά τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές. Σκόπιμο είναι να αποφεύγονται οι θερινές αρόσεις, στην περίπτωση που αυτές δεν θεωρούνται απαραίτητες για την καταπολέμηση πολυετών ζιζανίων.

- Να αποφεύγεται η βαθιά άροση κάτω από 40 εκατοστά, αν δεν υπάρχει ανάγκη εκρίζωσης βαθύριζων ζιζανίων και θραύσης αδιαπέραστου εδαφικού ορίζοντα. Στην περίπτωση βαθιάς άροσης, λόγω θραύσης αδιαπέραστου εδαφικού ορίζοντα δεν πρέπει να γίνεται αναστροφή του εδάφους.

- Στις περιπτώσεις που υπάρχει κίνδυνος πλημμύρων η άροση θα πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ισοπέδωση αγροτεμαχίων.

Αρθρο: 3

Ημ/νία: 29.01.2004

Τίτλος Αρθρου

Αμειψισπορά

Κείμενο Αρθρου

1. Οι παραγωγοί θα πρέπει να εφαρμόζουν κατάλληλο πρόγραμμα αμειψισποράς 1 τόσο στις αροτραίες καλλιέργειες όσο και στα κηπευτικά με στόχο: • την αύξηση της γονιμότητας του εδάφους

- τη βελτίωση της δομής του εδάφους
- τη μείωση των προβλημάτων που προκαλούνται από ζιζάνια ή/και ασθένειες.

2. Συνιστάται να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε το χωράφι να μη μένει χωρίς φυτοκάλυψη κατά την περίοδο του χειμώνα, περίοδο κατά την οποία ο κίνδυνος υδατικής διάβρωσης είναι αυξημένος. Στα ελαφρά εδάφη με περιεκτικότητα σε άμμο μεγαλύτερη από 50% (αμμώδη, πηλοαμμώδη, άμμοπηλώδη) πρέπει υποχρεωτικά να υπάρχει φυτοκάλυψη κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Για να επιτυγχάνει η αμειψισπορά τους στόχους της, πρέπει το πρόγραμμα το οποίο εφαρμόζεται να είναι κατάλληλο για τις τοπικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό οι Δ/νσεις Αγροτικής Ανάπτυξης θα καταρτίσουν υποχρεωτικά προγράμματα αμειψισποράς ανά νομό κατάλληλα προσαρμοσμένα στις συνθήκες των εκμεταλλεύσεων καθώς και τον οικονομικό προγραμματισμό αυτών.

Συγκεκριμένα για τις αροτραίες καλλιέργειες και τα κηπευτικά το ίδιο αγροτεμάχιο δεν μπορεί να καλλιεργηθεί για περισσότερο από τέσσερα χρόνια με την ίδια καλλιέργεια.

Εξαιρέση αποτελεί η καλλιέργεια του βαμβακιού όπου θα εφαρμόζονται τα διοικητικά μέτρα για το βαμβάκι όπως αυτά ισχύουν κάθε φορά και η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων και της βιομηχανικής ντομάτας όπου το ίδιο αγροτεμάχιο δεν θα μπορεί να καλλιεργείται για περισσότερο από δύο καλλιεργητικές περιόδους στην πενταετία, οι οποίες δεν πρέπει να είναι συνεχόμενες αλλά να απέχουν μεταξύ τους χρονικά κατά τρία (3) χρόνια τουλάχιστον.

3. Για να επιτευχθεί ο στόχος εναλλαγής των καλλιεργειών μπορούν να ακολουθηθούν οι παρακάτω μέθοδοι αμειψισποράς:

Μέθοδος Α: Στη διάρκεια της πενταετίας για ένα ολόκληρο έτος το αγροτεμάχιο τίθεται σε αγρανάπαυση ή αμειψισπορά.

Μέθοδος Β: Στη διάρκεια της 5ετίας το 20% τουλάχιστο του αγροτεμαχίου (βασικής καλλιέργειας) θα τίθεται σε αγρανάπαυση ή αμειψισπορά.

Στη διάρκεια της πενταετίας για κάποια αγροτεμάχια ακολουθείται η μέθοδος Α και για κάποια άλλα η μέθοδος Β. Δεν μπορεί ένα αγροτεμάχιο να καλλιεργηθεί και με τη μία μέθοδο και με την άλλη σε διάστημα μικρότερο των 5 ετών. Αλλαγή στη μέθοδο αμειψισποράς σε συγκεκριμένο αγροτεμάχιο μπορεί να γίνει μόνο όταν εξασφαλισθεί επαρκής (όχι λιγότερο από 20%) αμειψισπορά σε αυτό.

Αρθρο: 4

Ημ/νία: 29.01.2004

Τίτλος Αρθρου

Λίπανση

Κείμενο Αρθρου

Η εφαρμογή λιπασμάτων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των φυτών και πρέπει να γίνεται με το κατάλληλο για το έδαφος και την καλλιέργεια λίπασμα. Με στόχο την ορθολογική χρήση των λιπασμάτων οι παραγωγοί πρέπει: • Να εφαρμόζουν ανά καλλιέργεια και τύπο εδάφους τις βέλτιστες ποσότητες και τύπους λιπασμάτων για την κάλυψη των αναγκών θρέψης των φυτών, όπως αυτά προσδιορίζονται στα «πρακτικά λίπανσης» που εκδίδονται από τις οικείες Δ/νσεις Αγροτικής Ανάπτυξης-Γεωργίας, τα Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ και το ΕΘΙΑΓΕ.

- Να εφαρμόζουν τα αζωτούχα λιπάσματα σε δόσεις ανάλογα με το βλαστικό στάδιο των φυτών. Ειδικότερα στις δενδρώδεις καλλιέργειες σε τουλάχιστο δύο δόσεις και στις ετήσιες σε τουλάχιστον τρεις ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και τις επικρατούσες συνθήκες. Εξαιρούνται τα οργανικά λιπάσματα (κοπριάς, κόμποστ) που είναι αργής αποδέσμευσης, τα οποία θα πρέπει να εφαρμόζονται μόνο υπό την προϋπόθεση ότι είναι «χωνεμένα».
- Στα χειμερινά σιτηρά να εφαρμόζουν κατά το μέγιστο 160kgN/Ha (16 μονάδες αζώτου ανά στρέμμα) και να το χορηγούν σε τουλάχιστο δύο δόσεις. Η βασική λίπανση δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 50 kgN/Ha (5 μονάδες αζώτου ανά στρέμμα).
- Να μην κάνουν εφαρμογή λιπασμάτων σε απόσταση μικρότερη των 5 μέτρων από όχθες ποταμών και λιμνών και 0,5 μέτρων από κανάλια άρδευσης, στράγγισης, πηγάδια, γεωτρήσεις.
- Να εφαρμόζουν σε όξινα εδάφη (με PH < 6,5) φυσιολογικώς αλκαλικά λιπάσματα και να αποφεύγουν τη χρήση λιπασμάτων που συμβάλλουν σε μεγαλύτερη μείωση του pH (αύξηση της οξύτητας) όπως είναι τα αμμωνιακά λιπάσματα με την εξαίρεση της ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας. Αντιστοίχως στα αλκαλικά εδάφη να προτιμούνται τα θειικά λιπάσματα.
- Κατά την εφαρμογή των αζωτούχων λιπασμάτων να τηρούν με ιδιαίτερη προσοχή τους κανόνες που αναγράφονται στην συσκευασία (των λιπασμάτων) και να δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή χρήσης ή διασποράς των λιπασμάτων σε τοποθεσίες, όπου ο κίνδυνος επιφανειακής απορροής είναι μεγάλος και ιδιαίτερα σε εδάφη που δεν στραγγίζουν επαρκώς, ή/και εδάφη με κλίση.
- Να μη γίνεται διασπορά του λιπάσματος όταν πνέει ισχυρός άνεμος και να χρησιμοποιούνται και να συντηρούνται σωστά οι λιπασματοδιανομείς. • Κατά τη συσκευασία, μεταφορά και αποθήκευση να λαμβάνονται μέτρα (ειδικά στα υγρής μορφής λιπάσματα) για τη διασφάλιση, από τον κίνδυνο διαρροής. • Να μη τοποθετούνται σάκοι λιπασμάτων σε απόσταση μικρότερη από 5 μέτρα από υδάτινους όγκους ή υδατορέματα, γεωτρήσεις, πηγάδια.
- Ειδικά για τα υγρά λιπάσματα πρέπει να συντηρούνται επιμελώς οι δεξαμενές, σωληνώσεις, και βαλβίδες, για την αποφυγή τυχόν διαρροών.
- Να μην εγκαταλείπουν στον τόπο εφαρμογής ή σε άλλο πλην αυτού που ορίζεται τα υλικά και μέσα συσκευασίας των λιπασμάτων.

Άρθρο: 5

Ημ/νία: 29.01.2004

Τίτλος Αρθρου

Προστασία υδατικών πόρων

Κείμενο Αρθρου

1. Οι γεωργοί σαν ελάχιστη συμβολή στην αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας και την προστασία του κοινωνικού συνόλου θα πρέπει να λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία των υδατικών πόρων. Η αλόγιστη χρήση νερού με τη μορφή των υπεραρδεύσεων, της κατάκλισης γειτονικών χωραφιών και δρόμων, της χρήσης ακατάλληλων ή ελαττωματικών συστημάτων θα πρέπει να αποφεύγεται διότι είτε μειώνει τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους είτε τους καθιστά ακατάλληλους για άρδευση. Επίσης η γεωργία δεν μπορεί να ασκείται σε εκτάσεις λιμνών που αποκαλύφθηκαν από την υποχώρηση των υδάτων λιμνών και λιμνοθαλασσών. Σε κάθε άρδευση πρέπει να εφαρμόζεται τόσο νερό ώστε να κορεστεί το έδαφος σε τόσο βάθος όσο το βάθος του ριζικού συστήματος. Η βαθιά διήθηση και η επιφανειακή απορροή μπορούν να περιοριστούν με τον κατάλληλο έλεγχο:

- α. της παροχής της άρδευσης
- β. του χρόνου εφαρμογής
- γ. της κλίσης του εδάφους
- δ. του μήκους διαδρομής του νερού στον αγρό
- ε. της διηθητικότητας του εδάφους ως συνάρτηση του ρυθμού εφαρμογής του νερού
- στ. της μεθόδου άρδευσης

Για τον έλεγχο των απωλειών του νερού (βαθιά διήθηση, επιφανειακή απορροή) και την επίτευξη ορθολογικής άρδευσης, θα πρέπει οι παραγωγοί να τηρούν τις αρδευτικές πρακτικές ανά καλλιέργεια (σύνολο αναγκών σε νερό βάσει πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, δόση άρδευσης, χρόνο άρδευσης, αριθμός εφαρμογών) για κάθε σύστημα άρδευσης και για κάθε τύπο εδάφους όπως αυτές ορίζονται με απόφαση Νομάρχη που εκδίδεται από τις σχετικές υπηρεσίες.

2. Συστήματα ἄρδευσης α. Επιφανειακή άρδευση

Η επιφανειακή άρδευση δεν συνιστάται ως σύστημα άρδευσης, γιατί με το σύστημα αυτό έχουμε μεγάλη κατανάλωση νερού, έκπλυση θρεπτικών στοιχείων και ανομοιόμορφο πότισμα. Σημειώνεται ότι η εφαρμογή της επιφανειακής άρδευσης μπορεί να είναι αναγκαία εάν ο τύπος του εδάφους ή το είδος της καλλιέργειας το επιβάλλει, όπως εδάφη που εμφανίζουν προβλήματα συσσώρευσης αλάτων και καλλιέργειες όπως το ρύζι.

β. Άρδευση με καταιονισμό

Ο ρυθμός με τον οποίο γίνεται το πότισμα με καταιονισμό πρέπει να είναι ίδιος με το ρυθμό που το έδαφος απορροφά το νερό ώστε να μην έχουμε επιφανειακή απορροή. Για το σκοπό αυτό η επιλογή των εκτοξευτήρων (μπεκ), και της διάταξης αυτών, πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε η ένταση του καταιονισμού να είναι ίση με τη βασική διηθητικότητα του εδάφους και το μέσο ωριαίο ύψος καταιονισμού να είναι ανάλογο με το ύψος το οποίο αντιστοιχεί στον εδαφικό τύπο του χωραφιού, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Είδος εδάφους Μέσο ωριαίο ύψος καταιονισμού σε χιλιοστά νερού/ώρα Αμμουδερά 50

Ελαφρά 25

Μέτρια 15

Βαριά 5

Ο χρόνος εφαρμογής του νερού της άρδευσης πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να αποφεύγεται η διήθηση του νερού σε βαθύτερα στρώματα. Συνιστάται επίσης να αποφεύγεται η άρδευση με καταιονισμό κατά τις μεσημεριανές ώρες (11πμ - 3μμ), όταν οι καιρικές συνθήκες είναι ακατάλληλες (άνεμοι ισχυρότεροι των 5 βαθμών της κλίμακας Beaufort), και όταν η ποιότητα του αρδευτικού νερού δεν είναι καλή, καθώς τα άλατα από την άρδευση μένουν πάνω στα φύλλα και τους βλαστούς του φυτού.

γ. Άρδευση με σταγόνες

Η άρδευση με σταγόνες εφαρμόζεται σε μέρος του εδάφους και συγκεκριμένα στην περιοχή του ριζικού συστήματος του φυτού. Το σύστημα αυτό εξασφαλίζει: πλήρη έλεγχο της άρδευσης, μηδενική σχεδόν έκπλυση θρεπτικών στοιχείων, καλή λειτουργία σε επικλινή εδάφη και εκεί που η ποιότητα νερού είναι οριακά ανεκτή, μειωμένο κόστος εργασίας. Τέλος, δίνει τη δυνατότητα σταδιακής, κατά δόσεις, εφαρμογής υδρολίπανσης και εφαρμογής της λίπανσης.

δ. Οι παραγωγοί οφείλουν:

- Να λαμβάνουν μέριμνα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού άρδευσης με αποφυγή της επιφανειακής απορροής ή βαθιάς διήθησης. Εξαιρούνται οι περιπτώσεις, που η βαθιά διήθηση χρειάζεται, για να αντιμετωπιστούν προβλήματα αλατότητας.
- Να μην αρδεύουν με κατάκλιση ή με αυλάκια σε αγροτεμάχια με κλίση πάνω από 3% (εξαιρείται η άρδευση πολυετών καλλιεργειών με αύλακες περιμετρικά του κορμού του φυτού),
- Να τηρούν τις αρδευτικές πρακτικές ανά καλλιέργεια (συνολική ποσότητα, αριθμός εφαρμογών, δόση ανά εφαρμογή), όπως ορίζονται από τις εκάστοτε ισχύουσες πρακτικές των οικείων Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων.
- Να τηρούν τους κανονισμούς των Οργανισμών Εγγείων Βελτιώσεων και γενικά των φορέων λειτουργίας συλλογικών έργων.
- Να τηρούν τα περιοριστικά μέτρα χρήσης νερού, όπως προβλέπεται από τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης.

