



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Αξιολόγηση της ποιότητας νερού του υδατορεύματος της Ανατολικής Αττικής, στην περιοχή της Ραφήνας.

Διπλωματική Εργασία

ΤΣΙΤΣΟΠΟΥΛΟΥ ΔΑΝΑΗ

Αθήνα, Μάρτιος 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την εργασία αυτή ολοκληρώθηκε με επιτυχία ένας κύκλος σπουδών πέντε ετών. Σε αυτήν συνέβαλλαν σημαντικοί άνθρωποι τους οποίους θα ήθελα αν ευχαριστήσω, οι οποίοι με βοήθησαν και με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια, αλλά και κατά τη διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Δ. Αλεξάκη, Δρ. Γεωλόγο – Γεωχημικό και μέλος ΕΔΙΠ του Εργαστηρίου Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Σ.Α.Τ.Μ, ο οποίος συνέβαλε σε όλα τα στάδια της διπλωματικής εργασίας και κυρίως κατά τη διαδικασία των εργαστηριακών αναλύσεων. Επίσης, τον ευχαριστώ για τον χρόνο που αφιέρωσε, καθώς ήταν παρόν πολλές φορές για να με βοηθήσει με τις οποιεσδήποτε απορίες και δυσκολίες συνάντησα κατά τη διάρκεια της εργασίας μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που ήταν κοντά μου όλα αυτά τα χρόνια, τους γονείς μου, τους φίλους μου και τους ανθρώπους από το προσωπικό μου περιβάλλον, καθώς ήταν πάντα δίπλα μου και με τη στήριξή τους μου έδωσαν δύναμη να συνεχίσω, να ολοκληρώσω αυτή την εργασία με επιτυχία και να κλείσει όμορφα αυτός ο κύκλος της ζωής μου.

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	II
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	XI
ABSTRACT	XII
1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	1
1.1 Γενικά για το νερό	1
1.2 Σκοπός της εργασίας.....	2
2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΥΔΑΤΟΡΕΥΜΑΤΩΝ	5
2.1 Εισαγωγή	5
2.2 Ο κύκλος του νερού.....	5
2.3 Παράγοντες που επιδρούν στην ποιότητα του νερού	7
2.3.1 Γενικά.....	7
2.3.2 Φυσικοχημικές παράμετροι	9
2.3.2.1 Θερμοκρασία (T)	9
2.3.2.2 Ενεργός Οξύτητα (pH).....	10
2.3.2.3 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC).....	11
2.3.2.4 Αλκαλικότητα (A).....	11
2.3.2.5 Σκληρότητα (H _T).....	11
2.3.2.6 Ολικά στερεά (TS).....	12
2.3.2.7 Ολικά Αιωρούμενα Στερεά (TSS)	13
2.3.2.8 Ολικά Διαλυμένα Στερεά (TDS).....	13
2.3.2.9 Διαλυμένο Οξυγόνο (DO).....	14
2.3.3 Ανόργανες παράμετροι	14
2.3.3.1 Ιόντα Χλωρίου (Cl ⁻).....	15
2.3.3.2 Θεϊκά (SO ₄ ²⁻).....	15
2.3.3.3 Νιτρικά ιόντα (NO ₃ ⁻).....	16
2.3.3.4 Φώσφορος (P)	16
2.3.3.5 Φθόριο (F).....	17
2.3.4 Βαρέα Μέταλλα	17
2.3.4.1 Κάλιο (K ⁺).....	17
2.3.4.2 Νάτριο (Na ⁺)	18
2.3.4.3 Ασβέστιο (Ca ²⁺)	18
2.4 Κριτήρια ποιότητας αρδευτικού νερού.....	19
2.4.1 Αλατότητα.....	20
2.4.2 Νάτριο	21

2.4.3 Υπολειμματικό Ανθρακικό Νάτριο.....	21
2.4.4 Ανταλλάξιμο Νάτριο.....	21
2.5 Νομοθεσία.....	22
2.5.1 Προστασία υδατορευμάτων από τη δόμηση.....	22
2.5.2 Πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος.....	23
2.5.2.1 Οδηγία πλαίσιο 2000/60/ΕΚ.....	24
2.5.2.2 Οδηγία πλαίσιο 2008/105/ΕΚ – ΚΥΑ 51354/2641/Ε103.....	25
2.5.2.3 Νόμος 3010/2002.....	26
3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	29
3.1 Στοιχεία της περιοχής έρευνας & Προετοιμασία για τις εργασίες υπαίθρου	29
3.2 Συλλογή δεδομένων & Εργασίες υπαίθρου	31
3.3 Μετρήσεις ταχύτητας και παροχής.....	34
3.4 Προετοιμασία δειγμάτων για τις εργαστηριακές αναλύσεις.....	34
3.4.1 Αποθήκευση και συντήρηση των δειγμάτων	34
3.4.2 Διήθηση και διαχωρισμός σε υποδείγματα.....	35
3.4.3 Προετοιμασία δειγμάτων νερού για την ιοντική χρωματογραφία.....	37
3.5 Εργαστηριακές αναλύσεις	38
3.5.1 Προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων.....	38
3.5.2 Ιοντική χρωματογραφία	40
3.6.3 Φασματομετρική ανάλυση.....	42
3.6.4 Τιτλοδότηση.....	43
4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ	45
4.1 Γενικά στοιχεία της περιοχής έρευνας.....	45
4.2 Λεκάνης απορροής.....	46
4.3 Χρήσεις Γης.....	47
4.4 Λιθοστρωματογραφία	47
4.5 Δραστηριότητες πρωτογενή τομέα	48
4.5.1 Αμπελουργικός τομέας.....	49
4.5.2 Ελαιοκομικός τομέας	49
4.5.3 Λοιπές καλλιέργειες.....	50
4.5.4 Μελισσοκομία.....	50
4.5.5 Κτηνοτροφία	51
4.6 Δραστηριότητες δευτερογενή τομέα.....	52
4.7 Δραστηριότητες τριτογενή τομέα	53

5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ	55
5.1 Προσδιορισμός παροχής υδατορεύματος	55
5.2 Υπολογισμός περιγραφικών στατιστικών των συγκεντρώσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων και των κύριων ιόντων	57
5.2.1 Διαλυμένο Οξυγόνο (DO).....	57
5.2.2 Συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS)	59
5.2.3 Αλατότητα (SAL).....	60
5.2.4 Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (SPC)	62
5.2.5 Ενεργός οξύτητα (pH).....	63
5.2.6 Χλώριο (Cl ⁻).....	65
5.2.7 Φθόριο (F ⁻)	66
5.2.8 Νιτρικά (NO ₃ ⁻)	67
5.2.9 Θειικά (SO ₄ ²⁻).....	68
5.2.10 Νάτριο (Na ⁺)	69
5.2.11 Κάλιο (K ⁺).....	70
5.2.12 Ασβέστιο (Ca ²⁺)	71
5.2.13 Όξινα ανθρακικά (HCO ₃ ⁻).....	72
5.3 Καταλληλότητα του νερού για αρδευτική χρήση	74
5.3.1 Ποιοτική κατάταξη του νερού σύμφωνα με το Εργαστήριο Αλατότητας της Αμερικής (U.S.S.L.).....	74
5.3.2 Κατάταξη δειγμάτων νερού ως προς την ποιότητά τους και ως προς τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων κατά Ayers και Westcot (1985)	76
5.3.2.1 Έλεγχος κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας	78
5.3.2.2 Έλεγχος κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων διηθητικότητας	80
5.3.2.3 Έλεγχος κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας	80
5.3.2.4 Έλεγχος κινδύνου δημιουργίας ειδικών προβλημάτων σε καλλιέργειες	82
5.3.3 Τελική κατάταξη καταλληλότητας των δειγμάτων νερού	84
5.4 Σύγκριση της καταλληλότητας των δειγμάτων νερού διαφορετικών ετών κατά Ayers και Westcot (1985)	87
6ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	89
Βιβλιογραφία	91
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	93

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Ο υδρολογικός κύκλος (μετά από προσαρμογή).....	6
Εικόνα 3.1 Χάρτης απεικόνισης των τελικών σημείων δειγματοληψίας στην περιοχή έρευνας.....	32
Εικόνα 3.2 Εξαρτήματα και διαδικασία διήθησης των δειγμάτων μέσω ηθμών.....	36
Εικόνα 3.3 Διαχωρισμένα δείγματα νερού σε φιαλίδια των 50 ml.....	37
Εικόνα 3.4 Διαδικασία υπολογισμού των φυσικοχημικών παραμέτρων με πολύμετρο.....	39
Εικόνα 3.5 Πολύμετρου YSI Professional Plus.....	39
Εικόνα 3.6 Συσκευή ιοντικής χρωματογραφίας DIONEX ICS – 3000.....	41
Εικόνα 3.7 Χρωματογράφημα δείγματος νερού, όπως απεικονίζεται στην οθόνη λειτουργίας της συσκευής ιοντικής χρωματογραφίας DIONEX ICS – 3000.....	41
Εικόνα 3.8 Αριστερά το δείγμα με την προσθήκη του δείκτη bromocresol και δεξιά το δείγμα μετά την τιτλοδότηση με θειικό οξύ.....	44
Εικόνα 4.1 Λεκάνη απορροής Ανατολικής Αττικής.....	46
Εικόνα 4.2 Παραγωγή μελιού στην Ανατ. Αττική.....	51
Εικόνα 5.1 Χάρτης απεικόνισης των τιμών της παροχής για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	57
Εικόνα 5.2 Χάρτης απεικόνισης των τιμών του διαλυμένου οξυγόνου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	58
Εικόνα 5.3 Χάρτης απεικόνισης των τιμών των συνολικών διαλυμένων στερεών για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	60
Εικόνα 5.4 Χάρτης απεικόνισης των τιμών της αλατότητας για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	61
Εικόνα 5.5 Χάρτης απεικόνισης των τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας για κάθε θέση λήψης στην περιοχή έρευνας.....	63
Εικόνα 5.6 Χάρτης απεικόνισης των τιμών της ενεργού οξύτητας για κάθε θέση λήψης στην περιοχή έρευνας.....	64
Εικόνα 5.7 Ποσοστιαία αναλογία των κατηγοριών των δειγμάτων νερού.....	86
Εικόνα 5.8 Χάρτης απεικόνισης των κατηγοριών καταλληλότητας για κάθε θέση λήψης στην περιοχή έρευνας.....	86

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1 Συντεταγμένες αρχικών θέσεων δειγματοληψίας προηγούμενων ερευνών.....	30
Πίνακας 3.2 Συντεταγμένες τελικών θέσεων δειγματοληψίας (Φεβρουάριος, 2017).....	31
Πίνακα 3.3 Βάρος αιωρούμενων στερεών κάθε δείγματος της περιοχής έρευνας.....	36
Πίνακας 3.4 Φυσικοχημικές παράμετροι των θέσεων δειγματοληψίας.....	38
Πίνακας 4.1 Εκτιμώμενα στοιχεία ΔΑΟΚ Π.Ε. Ανατολικής Αττικής για το 2011.....	50
Πίνακας 4.2 Κατανομή ζωικών μονάδων ανά ζωικό κεφάλαιο για το 2013.....	52
Πίνακας 5.1 Τιμές περιστροφών ανά δευτερόλεπτο, ταχυτήτων ροής, εμβαδών διατομής και παροχών υδατορεύματος για κάθε σημείο δειγματοληψίας.....	56
Πίνακας 5.2 Πίνακας τιμών του διαλυμένου οξυγόνου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	58
Πίνακας 5.3 Πίνακας τιμών των συνολικών διαλυμένων στερεών για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	59
Πίνακας 5.4 Πίνακας τιμών της αλατότητας για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας...	61
Πίνακας 5.5 Πίνακας τιμών της ειδική ηλεκτρικής αγωγιμότητας για κάθε θέση λήψης στην περιοχή έρευνας.....	62
Πίνακας 5.6 Πίνακας τιμών των της ενεργού οξύτητας για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	64
Πίνακας 5.7 Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων του χλωρίου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	65
Πίνακας 5.8 Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων του φθορίου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	66
Πίνακας 5.9 Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων των νιτρικών για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	67
Πίνακας 5.10 Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων των θεικών για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	68
Πίνακας 5.11 Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων του νατρίου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	69
Πίνακας 5.12 Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων του καλίου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	70

Πίνακας 5.13 Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων του ασβεστίου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	71
Πίνακας 5.14 Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων των όξινων ανθρακικών για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	72
Πίνακας 5.15 Ποσοστιαία μεταβολή μέσω τιμών των συγκεντρώσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων και των κύριων ιόντων του έτους 2017 με εκείνες των ετών 2016, 2011 και 2010.....	73
Πίνακας 5.16 Κατάταξη του αρδευτικού νερού ως προς την ποιότητά του και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων (Ayers και Westcot, 1985).....	77
Πίνακας 5.17 Κατάταξη του αρδευτικού νερού ως προς την ποιότητά του και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας (Ayers και Westcot, 1985).....	78
Πίνακας 5.18 Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας.....	79
Πίνακας 5.19 Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το νάτριο και το χλώριο.....	81
Πίνακας 5.20 Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας ειδικών προβλημάτων σε ευαίσθητες καλλιέργειες από τις συγκεντρώσεις των νιτρικών και των όξινων ανθρακικών.....	83
Πίνακας 5.21 Τελικές κατηγορίες ποιότητας των δειγμάτων νερού, Φεβρουάριος 2017.....	85
Πίνακας 5.22 Ποσοστιαία αναλογία των κατηγοριών καταλληλότητας, 2017.....	85
Πίνακας 5.23 Σύγκριση της καταλληλότητας των δειγμάτων νερού διαφορετικών ετών κατά Ayers και Westcot (1985).....	87

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε έτσι ώστε να αξιολογηθεί η ποιότητα νερού του υδατορεύματος της Ανατολικής Αττικής και συγκεκριμένα στην περιοχή της Ραφήνας. Το υδατόρευμα ανήκει στην υδρολογική λεκάνη της Ραφήνας. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε την περίοδο του μήνα Φεβρουαρίου του έτους 2017. Αρχικά, ορίστηκε ένα δίκτυο 13 σημείων δειγματοληψίας, ώστε να πραγματοποιηθεί συλλογή δειγμάτων νερού σε αυτές τις θέσεις, να προσδιορισθούν οι φυσικοχημικές παράμετροι και συγχρόνως να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες μετρήσεις, με σκοπό τον προσδιορισμό της παροχής του υδατορεύματος. Στη συνέχεια, τα δείγματα νερού μεταφέρθηκαν και αποθηκεύτηκαν σε συνθήκες ψύξης στο Εργαστήριο Εγγειοβελτιωτικών Έργων της Σ.Α.Τ.Μ. και αργότερα προετοιμάστηκαν για τις εργαστηριακές αναλύσεις. Η πρώτη διαδικασία που πραγματοποιήθηκε ήταν ο υπολογισμός των φυσικοχημικών παραμέτρων με Πολύμετρο YSI Professional Plus. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η διήθηση των δειγμάτων και ο διαχωρισμός τους σε υποδείγματα. Έγινε, δηλαδή, απομόνωση των στερεών υπολειμμάτων των δειγμάτων με τη βοήθεια ηθμού, ώστε να προχωρήσουμε στις αναλύσεις των δειγμάτων. Στο επόμενο βήμα, προσδιορίσθηκε η αλκαλικότητα με τη μέθοδο της τιτλοδότησης, δηλαδή προσδιορίσθηκαν οι συγκεντρώσεις των όξινων ανθρακικών. Η τελευταία εργαστηριακή ανάλυση έγινε με την μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας, με την οποία προσδιορίσθηκαν οι συγκεντρώσεις των κύριων ιόντων για κάθε δείγμα νερού. Έπειτα, κατηγοριοποιήθηκαν τα δείγματα νερού ως προς την ποιότητα για αρδευτική χρήση σύμφωνα με το σύστημα ποιοτικής κατάταξης των νερών που αναπτύχθηκε από τους Ayers και Westcot, το 1985, στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων (FAO). Τέλος, συγκρίθηκαν οι τελικές κατηγορίες κατάταξης των δειγμάτων της παρούσας έρευνας με τις αντίστοιχες κατηγορίες που προέκυψαν σε παλαιότερες διπλωματικές εργασίες και σχολιάσθηκαν οι διαφορές, ενώ στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν.

ABSTRACT

This diploma thesis was held in order to evaluate the water quality of the Eastern Attica water stream and specifically in the area of Rafina. The water stream belongs to the water basin of Rafina. The research was conducted in February of 2017. Initially, a network of 13 sampling points was defined, in order to collect samples of water in these locations, to determine the physicochemical parameters and simultaneously to collect the necessary measurements to determine the water supply. Subsequently, the water samples were transferred and stored under cooling conditions in the Laboratory of Reclamation Works and Water Resources Management of the School of Rural and Surveying Engineering and later prepared for laboratory analyses. The first step was the calculation of physicochemical parameters with the YSI Professional Plus Multimeter. Thereafter, the infiltration of the samples was held. With this procedure, the solid residues of the samples were isolated by means of a filter, and therefore we can proceed with the sample analyses. In the next step, the alkalinity was determined by the titration method, i.e., the concentrations of HCO_3^- were determined. The last laboratory analysis was done with the ionic chromatography method, which determined the concentrations of the main ions for each sample of water. Afterwards, the samples were categorized by water quality for irrigation use according to the water quality system developed by Ayers and Westcot, in 1985 for the Food and Agricultural Organization (FAO). Finally, the final classification categories of the samples of the present research were compared with the corresponding categories that emerged in previous diploma theses and the differences were discussed, while the last chapter presents the conclusions.

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1 Γενικά για το νερό

Όπως είναι γνωστό, το νερό περιέχει πολλές φυσικοχημικές ιδιότητες που είναι κρίσιμες για τη διατήρηση της ζωής, γεγονός που το καθιστά ένα τόσο σημαντικό συστατικό για τη ζωή στον πλανήτη μας. Όσον αφορά το ποσοστό του νερού στους ζωντανούς οργανισμούς, κυμαίνεται από 55-78% (κατά βάρος), ενώ φθάνει μέχρι και το 90% εκείνου των κυττάρων. Στην επιφάνεια της Γης το νερό καλύπτει το 72%, ενώ η συνολική ποσότητα νερού έχει εκτιμηθεί στα 1360 εκατομμύρια km³. Μόνο το 2,48% είναι γλυκό και το 99,67% του πόσιμου νερού βρίσκεται στα παγοκαλύμματα και στα υπόγεια ύδατα. Λιγότερο από 0,33% του γλυκού νερού της Γης βρίσκεται σε ποτάμια, λίμνες και στην ατμόσφαιρα και είναι άρα διαθέσιμο προς χρήση. Συγκεκριμένα (Τσακίρης, 2006):

- ✓ Το 97,52% των υδατικών αποθεμάτων είναι αλμυρό νερό
- ✓ Το 2,17% αποτελούν οι πάγοι
- ✓ Το 0,31% τα υπόγεια γλυκά νερά
- ✓ Το 0,01% είναι λίμνες και οι ποταμοί
- ✓ Το 0,001% υπάρχει στην ατμόσφαιρα υπό μορφή υδρατμών
- ✓ Το γλυκό νερό είναι το 2,48% της συνολικής ποσότητας

Το νερό βρίσκεται παντού και χωρίς αυτό δεν μπορεί να υπάρξει ζωή. Σε κάθε περιοχή του πλανήτη, όπου υπάρχει ζωή, υπάρχει και νερό και το συναντάμε σε τρεις μορφές. Το νερό υπάρχει σε αέρια κατάσταση (υδρατμός), σε στερεή κατάσταση (πάγος) και σε υγρή κατάσταση. Χάρη στην βασική του ιδιότητα να διαλύει διάφορες ουσίες, ονομάστηκε "παγκόσμιος διαλύτης". Είναι άγευστο και άοσμο, άχρωμο και διαυγές, αλλά όταν βρίσκεται σε βαθιά στρώματα παίρνει τόνους του μπλε. Το μόριο του νερού αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου (H) και ένα άτομο οξυγόνου (O) και ο μοριακός του τύπος είναι H₂O. Το νερό στη Γη κινείται συνεχόμενα μέσω του «κύκλου του νερού». Η διαδικασία αυτής της φυσικής ανακύκλωσης περιλαμβάνει την εξάτμιση, τη μεταφορά της υγρασίας, τη συμπύκνωση, την κατακρήμνιση (με βροχή, χιόνι, χαλάζι, κ.ά.) και την αποστράγγιση με την οποία το μεγαλύτερο ποσοστό επιστρέφει στις θάλασσες. Το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού των

υδρατμών πάνω από τους ωκεανούς επιστρέφει στους ωκεανούς, αλλά οι άνεμοι μεταφέρουν το υπόλοιπο ποσοστό πάνω από την ξηρά με τον ίδιο ρυθμό με την αποστράγγιση του επιφανειακού ύδατος στη θάλασσα. Ένα ποσοστό των κατακρημνίσεων συσσωρεύεται σε ρυάκια ή και σε χείμαρρους που τελικά ενώνονται σε ποταμούς και από τους οποίους κάποιο ποσοστό χρησιμοποιείται μέσω της άρδευσης στις αγροτικές εκμεταλλεύσεις. Ακόμα, κάποιο ποσοστό του βρόχινου νερού συσσωρεύεται σε λίμνες και κάποιο διηθείται από το έδαφος.

Οι υδατικοί πόροι είναι διαθέσιμες πηγές νερού που είναι χρήσιμες για τον άνθρωπο και την οικονομία του. Οι ανθρώπινες χρήσεις νερού περιλαμβάνουν τη γεωργία, τη βιομηχανία, την οικιακή χρήση και την αναψυχή. Είναι ξεκάθαρο δηλαδή, ότι όλες οι ανθρώπινες χρήσεις απαιτούν γλυκό νερό. Παρότι το γλυκό νερό είναι ένας ανανεώσιμος πόρος, η παγκόσμια προμήθεια καθαρού γλυκού νερού σταθερά μειώνεται. Εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού της Γης, της μαζικής κατανάλωσης, της κατάχρησης των φυσικών πόρων, της ρύπανσης και μόλυνσης του νερού η διαθεσιμότητα του πόσιμου νερού δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της σύγχρονης εποχής. Για το λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει μια εκστρατεία για την ευαισθητοποίηση των πολιτών για την προστασία της ποιότητας των υδατικών πόρων και τη σωστή διαχείρισή τους. Τέλος, είναι σαφές ότι το πόσιμο νερό χρειάζεται καλύτερη διαχείριση και λογική χρήση, ώστε να αποφευχθούν μελλοντικές άσχημες καταστάσεις.

1.2 Σκοπός της εργασίας

Η σημερινή κατάσταση της ποιότητας των υδατικών πόρων έχει γεννήσει την ανάγκη προστασίας και διαχείρισής τους, τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε Παγκόσμιο επίπεδο. Ολοένα και περισσότεροι φορείς αναζητούν εκείνους τους υδατικούς πόρους που μπορούν να εξασφαλίσουν καλή ποιότητα ύδατος.

Έτσι, προκύπτει ο βασικός σκοπός της παρούσας εργασίας που είναι «Η αξιολόγηση της ποιότητας νερού του υδατορεύματος της Ανατολικής Αττικής, στην περιοχή της Ραφήνας, την περίοδο του Φεβρουαρίου 2017». Ο κύριος σκοπός που αναφέρθηκε υλοποιήθηκε, αφού καταγράφηκε και αξιολογήθηκε η ποιότητα του νερού για αρδευτική χρήση με βάση το σύστημα ποιοτικής κατάταξης, όπως αναπτύχθηκε από

τους Ayers και Westcot (1985) στα πλαίσια του παγκόσμιου οργανισμού τροφίμων (FAO).

Ακόμα, είναι σαφές ότι με την πάροδο του χρόνου η φυσική ποιότητα των υδατικών συστημάτων παρουσιάζει έντονες μεταβολές από την επίδραση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και χρήσεων του νερού. Θα πρέπει, λοιπόν, να γίνονται πολλαπλές μελέτες και συλλογή δεδομένων σε βάθος χρόνου, ώστε να συγκρίνονται τα διάφορα δεδομένα και να προκύπτουν σωστά και ασφαλή αποτελέσματα. Έτσι, για να έχει ουσία η παρούσα εργασία, θα πρέπει η ποιοτική κατάσταση του Φεβρουαρίου 2017 να συγκριθεί με άλλες παλαιότερων εργασιών. Διαθέσιμες έρευνες προηγούμενων ετών που διαθέτουμε είναι για το μήνα Απρίλιο: Κουρής 2011, Πανώριος 2013 και Τσέρμος 2017. Επομένως, ένας ακόμα στόχος της εργασίας είναι 'Η σύγκριση της σημερινής ποιοτικής κατάστασης με εκείνες προηγούμενων ετών', ώστε να προκύψουν ουσιαστικά συμπεράσματα για το υδατόρευμα της Ανατολικής Αττικής και να βοηθήσει μελλοντικές μελέτες.

2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΥΔΑΤΟΡΕΥΜΑΤΩΝ

2.1 Εισαγωγή

Πρέπει να υπενθυμίσουμε, ότι το νερό είναι ένας από τους πιο σημαντικούς ανανεώσιμους φυσικούς πόρους και απαραίτητο στοιχείο για τη ζωή στον πλανήτη και την επιβίωση όλων των ζωντανών οργανισμών.

Η αξιοποίηση των υδατικών πόρων μιας περιοχής προϋποθέτει τη γνώση της ποσότητας του νερού που είναι διαθέσιμη για διάφορες χρήσεις του νερού σε αυτήν την περιοχή. Όμως, η έντονη χωροχρονική διακύμανση των ποσοτήτων του νερού, καθώς και οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις διαφοροποιούν τη χωροχρονική κατανομή του νερού, αλλά και την ποιοτική κατάστασή του (Τσακίρης, 2006).

Έτσι, τα τελευταία χρόνια, εκτός από τη μελέτη των ποσοτικών μεταβολών των επιφανειακών υδάτων πραγματοποιούνται μελέτες και για την ανάλυση της ποιότητας του νερού. Ο όρος “Ποιότητα Νερού” υπόκειται πρακτικά και εννοιολογικά σε συνεχείς μεταβολές και επομένως γεννάται η ανάγκη να μελετάται σε σχέση με τις διαφορετικές χρήσεις του νερού. Προκειμένου να γίνει εκτίμηση της ποιότητας του νερού απαιτείται να γίνει λεπτομερής ανάλυση των ποιοτικών απαιτήσεων των διαφορετικών χρήσεων των νερών (Αντωνόπουλος, 2001).

Η ποιοτική κατάσταση των επιφανειακών υδατικών πόρων μεταβάλλεται λόγω των μεγάλων ποσοτήτων ρύπων που δέχονται τυχαία ή με ανθρώπινη παρέμβαση. Η ποιότητα του νερού των υδατικών συστημάτων στα κατάντη επηρεάζεται από τις υδροδυναμικές συνθήκες μεταφοράς και ανάμιξης νερού, αλλά και από τις χημικές, βιολογικές και φυσικές συνθήκες. Επομένως, απαιτείται η μελέτη αυτών των παραγόντων, ώστε να εκτιμηθεί η χημική και οικολογική κατάσταση των υδάτινων οικοσυστημάτων (Τσακίρης, 2013).

2.2 Ο κύκλος του νερού

Το νερό, με εξαίρεση τους μόνιμους πάγους στους πόλους της Γης, κινείται συνεχώς ανάμεσα στην ατμόσφαιρα, στην υδρόσφαιρα, στη λιθόσφαιρα και στο εσωτερικό των ζωντανών οργανισμών. Η κίνηση του νερού και οι συνεχείς αλλαγές της μορφής

του (υγρή, στερεή, αέρια κατάσταση) αναφέρονται ως υδρολογικός κύκλος ή κύκλος του νερού, κινητήρια δύναμη του οποίου είναι η ηλιακή ενέργεια (Miller T. G., 1999).

Το νερό εξατμίζεται από τους ωκεανούς, τις θάλασσες, τις λίμνες, τα ποτάμια και από κάθε άλλη ελεύθερη υδάτινη επιφάνεια, από το έδαφος και τους ζωντανούς οργανισμούς (εξάτμιση και διαπνοή). Οι υδρατμοί ανέρχονται σε ψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, ψύχονται, συμπυκνώνονται και υγροποιούνται, σχηματίζουν σύννεφα και επιστρέφουν στην επιφάνεια της Γης με τη μορφή βροχής, υγρασίας, χιονιού, χαλαζιού, πάχνης ή ακόμη και ομίχλης (Miller T. G., 1999).

Ένα μέρος του νερού που φτάνει στη Γη εμπλουτίζει τις θάλασσες, τους ωκεανούς, τις λίμνες και τα ποτάμια άμεσα ή έμμεσα (ως αποτέλεσμα επιφανειακής ροής). Ένα άλλο μέρος των κατακρημνισμάτων απορροφάται από το έδαφος απ' όπου είτε εξατμίζεται, είτε χρησιμοποιείται από τα φυτά, είτε τροφοδοτεί τα υπόγεια νερά διαπερνώντας την επιφάνεια του εδάφους. Εκτιμάται ότι η συχνότητα ανακύκλωσης του νερού είναι 30 φορές ανά έτος (Miller T. G., 1999).

Η κίνηση του νερού από την επιφάνεια της Γης στην ατμόσφαιρα και πάλι στην επιφάνεια καθορίζει το κλίμα και είναι πολύ σημαντική για την οικολογική ισορροπία του πλανήτη (Miller T. G., 1999).



Εικόνα 2.1: Ο υδρολογικός κύκλος (μετά από προσαρμογή) (U.S.G.S, 2010)

2.3 Παράγοντες που επιδρούν στην ποιότητα του νερού

2.3.1 Γενικά

Η ποιότητα του νερού που καταλήγει στο τελικό σημείο διάθεσης εξαρτάται από την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας του νερού, την κατάσταση λειτουργίας του δικτύου ύδρευσης και την ποιότητα του νερού στο σημείο υδροληψίας. Η ποιότητα των επιφανειακών υδάτων μεταβάλλεται συνεχώς εξαιτίας των φυσικών παραγόντων, αλλά και λόγω των ανθρωπογενών παραγόντων. Τα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού ταξινομούνται σε τρεις ομάδες (Τσακίρης, 2010):

- *Οργανοληπτικές παράμετροι*, οι οποίοι έχουν σχέση με τα αισθητικά χαρακτηριστικά του νερού (Χρώμα, Γεύση/Οσμή, Θολρότητα).
- *Χημικές παράμετροι*, οι οποίοι αποτελούνται από τις φυσικοχημικές, τις ανόργανες και τις οργανικές παραμέτρους.
- *Μικροβιολογικές παράμετροι*, δηλαδή μικροοργανισμοί που βρίσκονται μέσα στο νερό (Ιοί, Βακτήρια, Μύκητες, Φύκη, Πρωτόζωα).

Παρακάτω θα αναλύσουμε από τις χημικές παραμέτρους, τις φυσικοχημικές και τις ανόργανες, καθώς και πως η καθεμία συμβάλει στο τελικό αποτέλεσμα για τον χαρακτηρισμό του νερού σε καλής ή κακής ποιότητας. Συγκεκριμένα, λόγω της φύσης της εργασίας και των δυσκολιών που αντιμετωπίστηκαν, οι οργανικές παράμετροι, καθώς και κάποια μέταλλα από τις ανόργανες παραμέτρους, δεν ήταν εφικτό να προσδιοριστούν στην παρούσα εργασία και γι αυτό αναφέρονται βιβλιογραφικά παρακάτω.

Οι οργανικές ενώσεις που απαντούν στο νερό έχουν κυρίως ανθρωπογενή προέλευση, όπως αγροτική, βιομηχανική ή αστική, αλλά μπορεί να προέρχονται και από την αποσύνθεση της οργανικής ύλης είτε αυτή είναι ζωικής ή φυτικής προέλευσης. Οι κυριότερες οργανικές ενώσεις ανθρωπογενούς προέλευσης είναι οι Διοξίνες και οι Φαινόλες. Οι διοξίνες δεν διαλύονται στο νερό, αλλά μεταφέρονται μέσω αυτού ή του αέρα και δεσμεύονται στον λιπαρό ιστό ψαριών και ζώων και έτσι εισέρχονται και στην τροφική αλυσίδα. Έχουν την δυνατότητα να αντέχουν σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες και έχουν συγχρόνως χαμηλό ρυθμό βιοαποικοδόμησης. Όσον αφορά τις φαινόλες προέρχονται από την αποσύνθεση της λιγνίτης (ένωση η οποία απαντά σε προϊόντα αποσύνθεσης της φυτικής ύλης), από την αποικοδόμηση αγροχημικών

προϊόντων, όπως φυτοφάρμακα, παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα. Όμως οι σημαντικότερες πηγές ρύπανσης του νερού είναι τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Όταν η φαινόλη αντιδράσει με διάλυμα τριχλωριούχου σιδήρου (FeCl_3), σχηματίζεται ένα έντονα χρωματισμένο σε πορφυροβιολετί διάλυμα.

Τα μέταλλα που είναι σημαντικά για τον προσδιορισμό της ποιότητας νερού, αλλά δεν μπόρεσαν να προσδιορισθούν στην συγκεκριμένη έρευνα ήταν το μαγνήσιο, ο σίδηρος, ο χαλκός και το χρώμιο.

Το μαγνήσιο είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα στοιχεία στον στερεό φλοιό της Γης, και συνεπώς και των φυσικών νερών, καθώς αποτελεί το 2.1% του φλοιού. Βρίσκεται στα σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά και στα ανθρακικά πετρώματα. Τα πιο πολλά άλατα του μαγνησίου είναι υδατοδιαλυτά και μαζί με τα άλατα του ασβεστίου αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού. Ακόμα, αποτελεί κύριο δομικό στοιχείο των οστών και των δοντιών. Τέλος, η κατανάλωση νερού με μεγάλη συγκέντρωση μαγνησίου οδηγεί σε καθαρτικά και διουρητικά αποτελέσματα, αφού η επιτρεπτή συγκέντρωσή του στο πόσιμο νερό είναι 4-40 mg/L (Τσακίρης, 2010).

Ο σίδηρος αποτελεί απαραίτητο συστατικό στοιχείο για την ανάπτυξη των οργανισμών, όταν αυτός βρίσκεται σε μικρές ποσότητες. Ο σίδηρος δίνει γεύση στο νερό και μπορεί να ανιχνευθεί σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Το γεγονός ότι τα υπόγεια νερά διέρχονται από πετρώματα πλούσια σε άλατα σιδήρου, αυξάνει τις συγκεντρώσεις σιδήρου σε αυτά. Όσον αφορά το πόσιμο νερό, η συνεχής κατανάλωσή του με αυξημένη περιεκτικότητα σε σίδηρο μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο βλάβες στους ιστούς, δηλαδή αιμοχρωμάτωση, και ειδικότερα στα παιδιά (Sawyer & McCarty 1978). Ακόμα, από το σίδηρο δημιουργείται πρόβλημα στους αγωγούς διανομής νερού, καθώς σε πλυντήρια και υφαντήρια, όπου δημιουργεί λεκέδες στα υφάσματα. Κύρια πηγή σιδήρου είναι τα απόβλητα των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων και των μονάδων επιφανειακής κατεργασίας μετάλλων, δηλαδή αποξείδωση σιδηρούχων επιφανειών (Λοϊζίδου, 2006).

Ο χαλκός αποτελεί, σε μικρές ποσότητες, σημαντικό στοιχείο για τον ανθρώπινο μεταβολισμό, καθώς συντελεί στην παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων. Ακόμα, βοηθάει στην σωστή λειτουργία του νευρικού συστήματος και την ανάπτυξη των οστών, καθώς και στην απελευθέρωση του σιδήρου που βρίσκεται στους ιστούς. Αντίθετα, η χρόνια έλλειψη χαλκού προκαλεί δυσλειτουργία στην σύνθεση

ντοπαμίνης, με συνέπεια την εμφάνιση κατάθλιψης και άλλων συμπτωμάτων. Η ημερήσια συνιστώμενη ποσότητα για τους ενήλικες είναι τα 2 mg (Χαραλάμπους, 2006). Στο πόσιμο νερό αυξημένες ποσότητες χαλκού βρίσκονται λόγω της διάβρωσης των χάλκινων σωληνώσεων. Αποτέλεσμα αυτού είναι το χρώμα που δίνει στο νερό και η στυπτική γεύση, όμως δεν προκαλεί προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου (Sawyer & McCarty 1978).

Το χρώμιο περιέχεται στα απόβλητα βιομηχανικών δραστηριοτήτων, αφού χρησιμοποιείται ως συστατικό κραμάτων, προστατευτικό διάβρωσης μετάλλων, στην επεξεργασία δερμάτων και στην παρασκευή χρωμάτων. Ακόμα, προστίθεται και στο νερό ψύξης ως αντιδιαβρωτικό στη βιομηχανία. Στα φυσικά νερά η παρουσία του συνδέεται κυρίως με ανθρωπογενείς δραστηριότητες και απαντάται συνήθως με τη μορφή εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) (Τσακίρης, 2010). Το τρισθενές χρώμιο είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο αφού σε συγκεντρώσεις της τάξης των 10 mg/kg βάρους προκαλεί νέκρωση ιστών και νεφρική ανεπάρκεια (Χαραλάμπους, 2006).

2.3.2 Φυσικοχημικές παράμετροι

Οι φυσικοχημικές παράμετροι που αναλύονται παρακάτω είναι μια ομάδα των χημικών παραμέτρων και αποτελούνται από τις παραμέτρους Θερμοκρασία, Ενεργός Οξύτητα, Αγωγιμότητα, Ηλεκτρική Αγωγιμότητα, Αλκαλικότητα, Σκληρότητα, Ολικά Στερεά, Ολικά διαλυμένα στερεά, Ολικά Εναιωρούμενα Στερεά, Διαλυμένο Οξυγόνο και Οξίνα ανθρακικά ιόντα.

2.3.2.1 Θερμοκρασία (T)

Ο ρόλος της θερμοκρασίας είναι πολύ σημαντικός για την ομαλή λειτουργία ενός οικοσυστήματος, όπως μιας λίμνης. Η μεταβολή της θερμοκρασίας θα επηρεάσει τη διαλυτότητα του οξυγόνου, το μεταβολισμό των οργανισμών που ζουν σ' αυτή και τη διαδικασία διάσπασης των οργανικών ουσιών που υπάρχουν. Η θερμοκρασία, δηλαδή, επηρεάζει σημαντικά όλες τις χημικές αντιδράσεις των υδατικών συστημάτων. Επομένως, αύξηση της θερμοκρασίας του νερού συνεπάγεται μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου και της πυκνότητάς του. Η γεύση του

νερού αλλοιώνεται όταν η θερμοκρασία του υπερβεί τους 25°C, αφού η επιθυμητή για ανθρώπινη κατανάλωση κυμαίνεται από 7-11 °C (Τσακίρης, 2010).

Προκύπτει, λοιπόν, το φαινόμενο της θερμικής ρύπανσης. Η αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων από την αποχέτευση θερμού νερού που χρησιμοποιείται ως νερό ψύξης βιομηχανικών εγκαταστάσεων οδήγησε στην όξυνση του φαινομένου. Ως αποτέλεσμα της θερμικής ρύπανσης είναι η μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου και του διαλυμένου οξυγόνου, ενώ συγχρόνως δημιουργείται θερμική στρωμάτωση του νερού που συγκρατεί το ελαφρύτερο θερμότερο νερό στην επιφάνεια.

2.3.2.2 Ενεργός Οξύτητα (pH)

Το pH εκφράζει τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου (H^+) που περιέχεται σε ένα υδατικό διάλυμα. Ορίζεται ως η αρνητική λογαριθμική συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου στο διάλυμα ($pH = -\log[H^+]$). Το pH αποτελεί μέτρο οξύτητας ή αλκαλικότητας μιας χημικής ουσίας, και γι' αυτό αναφέρεται ως ενεργός οξύτητα. Στους 25°C, η κλίμακα pH κυμαίνεται από 0 έως 14 και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της οξύτητας ενός διαλύματος. Το νερό χαρακτηρίζεται ως ουδέτερο όταν στους 25°C έχει τιμή $pH=7.0$. Για τιμές του pH μικρότερες από 7.0 το νερό χαρακτηρίζεται όξινο, ενώ για τιμές άνω του 7.0 ως αλκαλικό. Η τιμή του pH στο νερό (Τσακίρης, 2010):

- ✓ Ρυθμίζει τους μηχανισμούς των αντιδράσεων που ελέγχουν την ποιότητα του νερού
- ✓ Καθορίζει την χημική μορφή με την οποία ένα στοιχείο εμφανίζεται στο νερό
- ✓ Παρεμποδίζει ή επιταχύνει τις βιοχημικές διεργασίες, π.χ. τα κύτταρα ζώντων οργανισμών επιβιώνουν σε τιμές pH 5.0-9.0.

2.3.2.3 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει μέσα από κάποιο υλικό σώμα και η τιμή της το χαρακτηρίζει ως αγωγό, μονωτή ή ημιαγωγό. Η αγωγιμότητα όγκου νερού ίσου με 1 cm^3 , στην θερμοκρασία των 25°C , ονομάζεται ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Είναι το αντίστροφο της ηλεκτρικής αντίστασης και μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι το microSiemens ανά cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Φαίνεται, λοιπόν, ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Ένας άλλος παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η θερμοκρασία. Σημειώνεται ότι αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C προκαλεί αύξηση της αγωγιμότητας κατά 2% περίπου (Τσακίρης, 2010).

2.3.2.4 Αλκαλικότητα (A)

Η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει μια ορισμένη ποσότητα υδρογονοκατιόντων (H^+) ονομάζεται αλκαλικότητα. Η αλκαλικότητα προσδιορίζεται με τιτλοδότηση του δείγματος με πρότυπο διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) και εκφράζεται σε ολική αλκαλικότητα και αλκαλικότητα φαινολοφθαλεΐνης. Η ολική αλκαλικότητα αντιστοιχεί στην ποσότητα του οξέος που απαιτείται για την εξουδετέρωση μέχρι την τιμή pH 4.3, όπου αλλάζει χρώμα ο δείκτης ηλιανθίνης. Όσον αφορά την αλκαλικότητα φαινολοφθαλεΐνης, αντιστοιχεί στην ποσότητα του οξέος που απαιτείται για την εξουδετέρωση μέχρι την τιμή pH 8.3, όπου αλλάζει χρώμα ο δείκτης φαινολοφθαλεΐνης (Τσακίρης, 2010).

2.3.2.5 Σκληρότητα (H_T)

Η σκληρότητα προέρχεται από τη διάλυση στο νερό αλάτων μαγνησίου (Mg) και ασβεστίου (Ca). Τα ιόντα μαγνησίου, ασβεστίου και τα ιόντα σιδήρου και στρονίου αντιδρούν με το σαπούνι σχηματίζοντας ίζημα. Η σκληρότητα του νερού προσδιορίζεται από το σύνολο των συγκεντρώσεων του ασβεστίου και του μαγνησίου και εκφράζεται σε ποσότητα CaCO_3 , δηλαδή σε $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ νερού. Η σκληρότητα διακρίνεται σε μόνιμη και παροδική, ενώ η ολική σκληρότητα είναι το άθροισμα της παροδικής και της μόνιμης. Η παροδική ή ανθρακική σκληρότητα οφείλεται στα όξινα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου, τα οποία μετά από βρασμό

μεταπίπτουν σε ουδέτερα και καθιζάνουν. Αντίθετα, η μόνιμη ή μη ανθρακική σκληρότητα οφείλεται στα χλωριούχα και θειικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου, τα οποία δεν καθιζάνουν μετά το βρασμό. Η ολική σκληρότητα (H_T) εκφράζεται σε $\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$ και υπολογίζεται με βάση τις συγκεντρώσεις, οι οποίες εκφράζονται σε mg L^{-1} των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου σύμφωνα με τη Σχέση 2.1 (Τσακίρης, 2010):

$$H_T = 2.5 \text{ Ca} + 4.1 \text{ Mg} \quad (2.1)$$

Το νερό ανάλογα με την τιμή της ολικής σκληρότητας (H_T), σύμφωνα με τους Sawyer et.al. (1994) χαρακτηρίζεται ως:

1. Μαλακό : H_T 0-75 mg/L CaCO_3
2. Μέτρια σκληρό : H_T 76-150 mg/L CaCO_3
3. Σκληρό : H_T 150-300 mg/L CaCO_3
4. Πολύ σκληρό : H_T >300 mg/L CaCO_3

Το σκληρό νερό είναι ακατάλληλο για οικιακή και βιομηχανική χρήση λόγω του σχηματισμού ανθρακικών αλάτων στις σωληνώσεις, στις οικιακές συσκευές και στους λέβητες.

2.3.2.6 Ολικά στερεά (TS)

Τα ολικά στερεά που υπάρχουν σε ένα δείγμα νερού ή υγρού είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να προσδιορισθεί. Πρόκειται για το στερεό υπόλειμμα ορισμένου όγκου δείγματος νερού, το οποίο προσδιορίζεται με ζύγιση μετά από εξάτμιση του νερού σε θερμοκρασία 103 – 105 °C. Επομένως, από τη διαφορά του απόβαρου της κάψας με το μικτό βάρος της κάψας και του στερεού υπολείμματος προκύπτει το βάρος του στερεού υπολείμματος (Τσακίρης, 2010).

Ο προσδιορισμός των ολικών στερεών σε ένα δείγμα νερού πραγματοποιείται για να μας δώσει πληροφορίες για το επίπεδο επιβάρυνσης του αποδέκτη. Μια απότομη αύξηση παρουσιάζει εκροή αστικών λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων η οποία μπορεί να αποδειχτεί και παράνομη (Χαραλάμπους, 2004).

2.3.2.7 Ολικά Αιωρούμενα Στερεά (TSS)

Τα ολικά αιωρούμενα στερεά είναι η ξηρή μάζα των σωματιδίων που παγιδεύεται από ένα φίλτρο (ηθμό) και πρόκειται για λεπτόκοκκο υλικό. Είναι όλα τα στερεά σωματίδια τα οποία κατακρατούνται από ηθμό που αποτελείται από γυάλινες ίνες οπής διαμέτρου 1μm και παραμένουν μετά από ξήρανση του ηθμού σε θερμοκρασία 103 – 105 °C. Τα ολικά αιωρούμενα στερεά δεν καθιζάνουν από το νερό υπό τις επικρατούσες συνθήκες και έχουν την ιδιότητα να προσροφούν στην επιφάνεια τους διαλυτές ανόργανες και οργανικές ενώσεις επηρεάζοντας την χημική του σύσταση. Η παρουσία των ολικών αιωρούμενων στερεών προκαλεί θολότητα, η οποία συνεπάγεται αισθητική υποβάθμιση του νερού (Τσακίρης, 2010).

2.3.2.8 Ολικά Διαλυμένα Στερεά (TDS)

Τα ολικά διαλυμένα στερεά εκφράζουν την συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων χλωριούχων, θειικών, νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών αλάτων. Είναι όλα τα σωματίδια τα οποία διέρχονται από ηθμό που αποτελείται από γυάλινες ίνες οπής διαμέτρου 1μm και παραμένουν μετά από ξήρανση του ηθμού σε θερμοκρασία 180°C. Η συνολική συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων παρέχει πληροφορίες για τις συνθήκες ανανέωσης του υπόγειου νερού, τον χρόνο παραμονής του στο υπέδαφος και για τις συνθήκες κίνησής του. Η υποβάθμιση της ποιότητας του υπόγειου νερού εκτιμάται από την τιμή του TDS, η οποία αντανακλά την απόπλυση ή διάλυση αλάτων από το νερό κατά την κίνησή του. Ανάμεσα στα ολικά διαλυμένα στερεά και την αγωγιμότητα υπάρχει η παρακάτω Σχέση 2.2 (Τσακίρης 2010):

$$TDS = k_e * EC \quad (2.2)$$

όπου $k_e = 0.55 - 0.80 \mu S \text{ cm}^{-1}$ στους 25°C και TDS σε mg/L

Η μέτρηση της EC αποτελεί προσεγγιστική μέθοδο για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών ενός δείγματος νερού.

2.3.2.9 Διαλυμένο Οξυγόνο (DO)

Το διαλυμένο οξυγόνο είναι ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό του υδάτινου φορέα, απαραίτητο για την καλή ισορροπία ενός υδάτινου αποδέκτη και η συγκέντρωσή του μετριέται σε mg/L. Χρησιμοποιείται ως παράμετρος για να χαρακτηριστεί αν η ποιότητα του νερού είναι καλή ή όχι. Το οξυγόνο έχει μικρή διαλυτότητα στο νερό που μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, τη μείωση την καθαρότητάς του και τη μείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Το DO είναι παράμετρος ελέγχου ρύπανσης των υδάτινων φορέων και πρέπει να είναι πάνω από ορισμένα επίπεδα σύμφωνα με κανονισμούς και ανάλογα με τη χρήση του νερού (Κούγκολος, 2007).

Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου στα επιφανειακά ύδατα εξαρτάται από την θερμοκρασία, την ποσότητα των ιζημάτων, την ποσότητα που καταναλώνεται από τους υδρόβιους οργανισμούς, την ποσότητα που προκύπτει από τη φωτοσύνθεση, την ταχύτητα του νερού και τον αερισμό του. Συγκεκριμένα, πρόκειται για το οξυγόνο το οποίο δεσμεύεται από την ατμόσφαιρα, στην οποία υπάρχει σε ποσοστό 20.95%. Η οξυγόνωση του νερού είναι αποτέλεσμα της επαφής του με την ατμόσφαιρα. Νερό το οποίο έχει μεγάλη τιμή DO που φθάνει την τιμή κορεσμού (95-100%) δείχνει νερό το οποίο δεν είναι σε επαφή με οργανική ύλη. Αντίθετα, νερό το οποίο έχει μικρή τιμή DO (<70%) δείχνει ότι το νερό δεν ανανεώνεται ή ότι το νερό βρίσκεται σε επαφή με οργανική ύλη βιολογικής προέλευσης, η οξείδωση της οποίας καταναλώνει το οξυγόνο. Επίσης, η μικρή τιμή DO σε αναερόβια νερά ίσως οφείλεται σε παρουσία υδρόθειου (H₂S), μεθανίου (CH₄) ή αμμωνίας (NH₃) (Hounslow, 2000).

2.3.3 Ανόργανες παράμετροι

Όσον αφορά τις ανόργανες παραμέτρους, πρόκειται για τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία τα οποία παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Στην παρούσα εργασία, προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις του χλωρίου, των θεικών, των νιτρικών ιόντων και του φθορίου, οι οποίες αναφέρονται παρακάτω.

2.3.3.1 Ιόντα Χλωρίου (Cl⁻)

Τα ιόντα χλωρίου είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση σαν άλατα νατρίου, καλίου και ασβεστίου και προέρχονται από τη διάβρωση των βράχων. Επειδή δεν θεωρείται σαν μία παράμετρος που σχετίζεται με την υγεία, δεν έχει καθορισθεί ανώτατο επίπεδο στο πόσιμο νερό. Επειδή όμως επηρεάζει την αισθητική του πόσιμου νερού, που σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν γλυφή γεύση, έχει προσδιοριστεί η επιθυμητή τιμή. Όμως τα ιόντα χλωρίου πρέπει να ελέγχονται και σαν λειτουργική παράμετρος στον βαθμό που επιταχύνουν την διαδικασία της διάβρωσης. Τέλος, επειδή τα χλωριούχα συνδέονται με τα βιομηχανικά και τα αστικά απόβλητα, χρησιμοποιούνται ως ένδειξη για τη ρύπανση και ως μέτρηση της έκτασης της διασποράς των ρύπων στο νερό. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις στα υπόγεια ύδατα μας δείχνει ότι υπάρχει ρύπανση εξαιτίας εισροής θαλάσσιου νερού ή διοχέτευσης αστικών λυμάτων. Αποδεκτή τιμή ιόντων χλωρίου (Cl⁻) σε νερό που προορίζονται ως πόσιμο σύμφωνα με την 80/778 οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 15/07/1980 είναι τα 200 mg/L. Νερό με συγκέντρωση ιόντων χλωρίου μεγαλύτερη από 250 mg/L αποκτά αλμυρή γεύση (θαλασσινό νερό), ενώ συγκεντρώσεις σε πόσιμο νερό πάνω από 200 mg/L προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις. Για τον προσδιορισμό των χλωριόντων χρησιμοποιείται συνήθως η μέθοδος της αργυρομετρίας, ενώ η απομάκρυνση των ιόντων χλωρίου από ένα διάλυμα γίνεται μόνο με καθίζηση (Πασχαλίδης, 2005).

2.3.3.2 Θειικά (SO₄²⁻)

Τα θειικά ιόντα εισέρχονται στα φυσικά νερά από την οξείδωση θειούχων ορυκτών, όπως θειούχου σιδήρου κ.ά., ή τη διαλυτοποίηση του γύψου. Ένα από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια στην βιομηχανία είναι το θειικό οξύ, ο θειούχος σίδηρος και θειικά άλατα. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην παρουσία σημαντικών ποσοτήτων θειούχων και θειικών στα παραγόμενα απόβλητα και σε κάποιες περιπτώσεις ρυπαίνουν τα φυσικά ύδατα στα οποία καταλήγουν. Τα θειικά στα νερά είναι υπαίτια για την δυσάρεστη οσμή και γεύση του νερού (Χαραλάμπους, 2006).

Ακόμα, τα θειικά σε υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό έχουν καθαρτική δράση στον ανθρώπινο οργανισμό, είναι δυνατόν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης αδρανοποιώντας εν μέρει το απολυμαντικό χλώριο στο δίκτυο διανομής, ενώ τέλος μπορεί να συμβάλλουν στην αύξηση της διάβρωσης των

μετάλλων στο σύστημα διανομής. Η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση θεικών στο πόσιμο νερό είναι 250 mg/L (Κουϊμτζής και Σαμαρά, 1994).

2.3.3.3 Νιτρικά ιόντα (NO₃⁻)

Τα νιτρικά ιόντα είναι μια από τις κύριες μορφές του αζώτου στο νερό. Η συγκέντρωσή τους είναι μικρή στα φυσικά νερά συνήθως, όμως παρουσιάζεται αυξημένη σε κάποια υπόγεια νερά. Υπάρχουν περιπτώσεις που καταγράφονται υψηλές τιμές και στα φυσικά νερά από τα λιπάσματα, κυρίως λόγω εκπτώσεων καλλιεργούμενων εδαφών, γεγονός που δημιουργεί το παγκόσμιο πρόβλημα της νιτρορύπανσης. Ακόμα, τα νιτρικά ιόντα σχηματίζονται και ανεξάρτητα από την ανθρώπινη δραστηριότητα, καθώς βρίσκονται και στην ατμόσφαιρα και εισέρχονται στο έδαφος από τον κύκλο του νερού. Σύμφωνα με την οδηγία 98/83/EK, στη χώρα μας, η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση νιτρικών στο πόσιμο νερό είναι 50 mg/L. Όμως, παρατηρείται τοξικότητα των νιτρικών για τον άνθρωπο και αυτή οφείλεται κυρίως στην μετατροπή τους σε νιτρώδη, κάτω από ορισμένες συνθήκες, τα οποία με την σειρά τους οξειδώνουν την φυσική αιμογλοβίνη του αίματος σε μεθαιμογλοβίνη, κάτι που στα βρέφη μπορεί να οδηγήσει μέχρι και στον θάνατο (κυάνωση βρεφών).

2.3.3.4 Φώσφορος (P)

Η παρουσία φωσφόρου σε ένα υδατικό οικοσύστημα έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς ο φώσφορος συχνά αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη παραγωγικών οργανισμών, δηλαδή αλγών. Ο φώσφορος στο νερό βρίσκεται είτε διαλυτός ως ανόργανος φώσφορος, με την μορφή πολυφωσφορικών αλυσίδων και με την μορφή ορθοφωσφορικών ριζών (PO₄⁻³, HPO₄⁻², H₂PO₄⁻), είτε σωματιδιακός ως οργανικός φώσφορος. Η ρύπανση των υδάτινων σωμάτων με φωσφόρο οφείλεται συνήθως όχι τόσο στην υπερλίπανση των αγρών, αλλά κυρίως στην αποχέτευση λυμάτων. Οι σημαντικότερες πηγές φωσφόρου στα αστικά λύματα είναι οι ανθρώπινες εκκρίσεις και τα απορρυπαντικά. Σύμφωνα με την νομοθεσία το επιθυμητό όριο ορθοφωσφορικών στο πόσιμο νερό είναι 0.4 mg/L P₂O₅ ενώ το ανώτατο όριο είναι 0.7 mg/L (Κουϊμτζής και Σαμαρά, 1994).

2.3.3.5 Φθόριο (F)

Το φθόριο είναι ταξικό και διαβρωτικό. Αν η συγκέντρωση του φθορίου στο νερό είναι από 0.6 έως 1.17 mg/L, τότε συντελεί στην καλύτερη ανάπτυξη της αδαμαντίνης των δοντιών, έτσι ώστε περιορίζονται οι απώλειες των δοντιών από τερηδόνα κατά 60-65%. Όμως, σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, προσβάλλεται η αδαμαντίνη με στίγματα. Ακόμα, όταν η συγκέντρωση του φθορίου είναι πάνω από 6 mg/L τότε προκαλείται παραμόρφωση των δοντιών (Τσακίρης, 2010).

2.3.4 Βαρέα Μέταλλα

Τα μέταλλα αποτελούν μέρος των χημικών παραμέτρων και αποτελούνται από τα στοιχεία Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Fe , Cu κ.λπ. Τα παραπάνω είναι πολύ σημαντικά στοιχεία για τους ζωντανούς οργανισμούς, όμως σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξικά. Βασική πηγή των παραπάνω μετάλλων είναι οι εκροές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Επομένως, πρέπει να ελέγχονται οι τιμές αυτών για τυχόν ύπαρξη μετάλλων, ειδικά στην περίπτωση που προορίζονται για αρδευτική χρήση.

2.3.4.1 Κάλιο (K^+)

Το κάλιο είναι ένα μαλακό αργυρόλευκο μέταλλο, που οξειδώνεται τάχιστα στον ατμοσφαιρικό αέρα και αντιδρά έντονα με το νερό, παράγοντας υδρογόνο και σημαντική θερμότητα. Βρίσκεται σε όλα τα φυσικά νερά και οι συγκεντρώσεις του στοιχείου που συναντάμε στη φύση δεν υπερβαίνουν τα 20 mg/L, ενώ η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση στο πόσιμο νερό είναι τα 12 mg/L. Το ιόν του καλίου είναι πολύ σημαντικό θρεπτικό συστατικό και απαραίτητο για τη λειτουργία όλων των ζωντανών κυττάρων και γι' αυτό είναι παρόν σε όλους τους φυτικούς και ζωικούς ιστούς, καθώς έχει τη δυνατότητα να αυξάνει την ικανότητα αφομοίωσης διοξειδίου του άνθρακα. Βρίσκεται σε εξαιρετικά μεγάλες συγκεντρώσεις στο εσωτερικό των φυτικών κυττάρων και ιδιαίτερα στα φρούτα (W. Fresenius, 1988).

2.3.4.2 Νάτριο (Na⁺)

Το χημικά καθαρό νάτριο, στις συνηθισμένες συνθήκες, είναι μαλακό, αργυρόλευκο και πολύ δραστικό στερεό μέταλλο. Τα άλατα του νατρίου βρίσκονται σε όλες τις τροφές και το πόσιμο νερό. Για το λόγο αυτό, το νάτριο αποτελεί ένα πολύ βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο και τη φύση. Το νάτριο είναι το έκτο πιο άφθονο χημικό στοιχείο στη λιθόσφαιρα της Γης. Στα φυσικά νερά, οι συγκεντρώσεις του είναι από 1 έως 500 mg/L. Το γεγονός ότι το νάτριο βρίσκεται σε διάφορα πετρώματα και ορυκτά, το οδηγεί στο νερό με φυσικό τρόπο. Ακόμα, η τιμή του νατρίου ελέγχεται στα επεξεργασμένα αστικά λύματα, ώστε να αξιολογηθεί η καταλληλότητά τους για αρδευτική χρήση, καθώς έχει αρνητική επίδραση στα εδάφη και τις καλλιέργειες σε μεγάλη αναλογία του στο νερό. Τέλος, η Οδηγία 90/83/EK έχει προσδιορίσει την τιμή του νατρίου στο πόσιμο νερό στα 200 mg/L (W. Fresenius, 1988).

2.3.4.3 Ασβέστιο (Ca²⁺)

Το ασβέστιο αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τη διατροφή των ζωντανών οργανισμών, καθώς υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά. Εισέρχεται στο νερό από πετρώματα, όπως ασβεστόλιθο (CaCO₃), δολομίτη, γύψο και φθοριούχο ασβέστιο (Τσακίρης, 2010).

Η συγκέντρωση του ασβεστίου στο πόσιμο νερό κυμαίνεται από 10 έως 100 mg/L, ενώ για τιμές του ασβεστίου 40-100 mg/L το νερό χαρακτηρίζεται σκληρό έως πολύ σκληρό. Τέλος, το ασβέστιο δεν έχει παρατηρηθεί να προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και είναι απαραίτητο για τη διατροφή των ζωντανών οργανισμών.

2.4 Κριτήρια ποιότητας αρδευτικού νερού

Η άντληση νερού για τη άρδευση εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα σημαντικών ποσοτήτων καλής ποιότητας νερού. Όταν χρησιμοποιείται νερό υποβαθμισμένης ποιότητας για την άρδευση προκαλούνται προβλήματα στο έδαφος, στα φυτά, στους υδατικούς πόρους, καθώς και στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Όμως, τα τελευταία χρόνια υπάρχει ανάγκη χρήσης νερού υποβαθμισμένης ποιότητας ή αλλιώς δεύτερης ποιότητας, λόγω της πλήρης αξιοποίησης και εξάντλησης των διαθέσιμων υδατικών πόρων καλής ποιότητας, καθώς και λόγω της αυξανόμενης ρύπανσης του περιβάλλοντος και των υδατικών πόρων. Για τη χρήση του νερού στη γεωργία υπάρχουν απαιτήσεις ποιότητας, τις οποίες θα δούμε στην συνέχεια (Τσακίρης, 2006).

Το αρδευτικό νερό περιέχει διαλυμένα ιόντα και ουσίες και αιωρούμενα στερεά, τα οποία δεν εξαρτώνται από την πηγή προέλευσής του. Έτσι, κατά την άρδευση ένα μέρος αυτών συσσωρεύεται στο έδαφος. Η σημαντικότητα αυτών των ποσοτήτων αλάτων που συσσωρεύονται εξαρτάται από την περιεκτικότητα του αρδευτικού νερού, αλλά και από την πρακτική άρδευσης και στράγγισης των εδαφών. Η ποιότητα του νερού καθορίζεται από την ποσότητα των ουσιών που περιέχονται στο αρδευτικό νερό με δεδομένες περιβαλλοντικές και κλιματικές συνθήκες και δεδομένες καλλιέργειες (Τσακίρης, 2006).

Για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας του νερού χρησιμοποιούνται ως αποδεκτοί επαρκείς δείκτες η ολική περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα, η περιεκτικότητα σε ορισμένα συστατικά, η ποσότητα των αιωρούμενων στερεών και η ποσότητα των ρύπων από ανθρώπινες δραστηριότητες. Όσον αφορά την ολική περιεκτικότητα, αυτή εξαρτάται από την περιεκτικότητα των εδαφών και πετρωμάτων, από τα οποία διέρχεται το νερό, και από τις υδρολογικές και κλιματολογικές συνθήκες. Τα αιωρούμενα υλικά στο νερό προέρχονται από τη διάβρωση των εδαφών από τη βροχή ή τη ροή των υδατορευμάτων. Έτσι, βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα των υλικών αυτών είναι η σύνθεση των υλικών, των πετρωμάτων και του εδάφους, καθώς και η αιτία της διάβρωσης, όπως η ραγδαιότητα της βροχής. Ακόμα, οι ρύποι που υπάρχουν στο αρδευτικό νερό προέρχονται από τα υπολείμματα των αγροχημικών ουσιών, όπως τα ανόργανα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα, και από ουσίες των λυμάτων των βιομηχανικών και αστικών περιοχών που διατίθενται στα

υδατικά συστήματα. Οι παραπάνω παράγοντες δεν μπορούν από μόνοι τους να καθορίσουν απόλυτα την ποιότητα και την καταλληλότητα του νερού. Έτσι, για να εξαχθεί ικανοποιητικό αποτελέσματα πρέπει να καθοριστούν κάποιοι ακόμα σημαντικοί παράγοντες, όπως η αντοχή των φυτών, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, η βιολογική ισορροπία στο έδαφος, η υπάρχουσα τεχνολογία των αρδεύσεων (μέθοδος εφαρμογής) και η δυνατότητα για στράγγιση (Τσακίρης, 2006).

Παρακάτω αναλύονται οι σημαντικότερες παράμετροι που χρησιμοποιούνται ως κριτήρια για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του νερού για άρδευση.

2.4.1 Αλατότητα

Η αλατότητα μπορεί να καταγραφεί με ένα από τα παρακάτω μεγέθη (Τσακίρης, 2006):

1. τα ολικά διαλυμένα στερεά (total dissolved solids, TDS) που εκφράζονται σε mg/L ή ppm
2. την ολική αλατότητα (total salinity) που εκφράζεται σε meq/L
3. ενεργό αλατότητα (effective or potential salinity, ES) εκφρασμένη σε me/L και υπολογισμένη από τη σχέση $ES = Cl^- + \frac{1}{2} SO_4^{2-}$
4. την ηλεκτρική αγωγιμότητα (electrical conductivity, EC) που εκφράζεται σε mmhos/cm ή dS/m στους 25°C.

Για να εκτιμηθεί η επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών πρέπει να υπολογιστεί η αλατότητα του εδαφικού διαλύματος. Αυτή εκφράζεται από την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού (EC_e). Η EC_e χρησιμοποιείται γιατί είναι μία εύκολη, ταχεία και αντιπροσωπευτική μέτρηση γιατί στα περισσότερα εδάφη η περιεχόμενη υγρασία στην κορεσμένη εδαφική πάστα (θ_s) είναι μια σταθερά ανάλογη της περιεχόμενης υγρασίας στην υδατοϊκανότητα (θ_{FC}), π.χ. $\theta_s = 2\theta_{FC}$. Μια αντιπροσωπευτική εμπειρική σχέση μεταξύ της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του αρδευτικού νερού (EC_w) και του εδαφικού διαλύματος (EC_e) είναι η εξής Σχέση 2.3 (Τσακίρης, 2006):

$$EC_e = 1.5EC_w \quad (2.3)$$

2.4.2 Νάτριο

Το νάτριο επιδρά στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, όπως είναι η διαπερατότητα, η διηθητικότητα και η καταλληλότητα για γεωργική χρήση και για αυτόν το λόγο χρησιμοποιείται ως δείκτης για την καταλληλότητα του αρδευτικού νερού. Η περιεκτικότητα σε νάτριο εκφράζεται με τους παρακάτω τρόπους (Τσακίρης, 2006):

1. ως το ποσοστό επί τοις εκατό ολικών κατιόντων (percent sodium, PS) που δίνεται από τη Σχέση 2.4:

$$PS(\%) = \frac{Na^+}{Na^{++}+K^++Ca^{2+}+Mg^{2+}} \times 100 \quad (2.4)$$

2. την αναλογία του προσροφημένου νατρίου (sodium adsorption ratio, SAR) που δίνεται από τη Σχέση 2.5:

$$SAR\left(\frac{meq}{l}\right) = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+}+Mg^{2+})/2}} \quad (2.5)$$

3. από την προσαρμοσμένη αναλογία προσροφημένου νατρίου (adjusted SAR)

2.4.3 Υπολειμματικό Ανθρακικό Νάτριο

Η ποσότητα του υπολειμματικού ανθρακικού νατρίου (residual sodium carbonate, RSC) δείχνει τον κίνδυνο νατρίου λόγω της μείωσης των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου από το νερό με τις αντιδράσεις τους με τα όξινα ανθρακικά και ανθρακικά ιόντα (Τσακίρης, 2006).

Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει στη νατρίωση του εδάφους. Δηλαδή, όταν ένα νερό έχει υψηλές συγκεντρώσεις HCO_3 και CO_3 , τότε αυξάνει η περιεκτικότητα του Na , αναλογικά Ca^{2+} και Mg^{2+} . Τα περιθωριακά νερά μπορούν να βελτιωθούν με τη χρήση βελτιωτικών ουσιών και εφαρμογή ειδικών πρακτικών.

2.4.4 Ανταλλάξιμο Νάτριο

Το ποσοστό ανταλλάξιμου νατρίου (Exchangeable sodium percentage, ESP) εκφράζει το βαθμό κορεσμού των ιοντοανταλλάξιμων θέσεων του πορώδους μέσου με νάτριο. Η μαθηματική έκφραση μπορεί να υπολογισθεί από το SAR με τη Σχέση 2.6 (Τσακίρης, 2006):

$$ESP = (1.47SAR - 1.26)/[(0.0147SAR) + 0.99] \quad (2.6)$$

2.5 Νομοθεσία

2.5.1 Προστασία υδατορευμάτων από τη δόμηση

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία για την προστασία των ρεμάτων και της παραρεμάτιας ζώνης, απαγορεύεται η δόμηση εντός της όχθης των ρεμάτων ενώ οι περιορισμοί ισχύουν κατά περίπτωση και για τη δόμηση εκτός οριογραμμής. Ο καθορισμός της όχθης (οριογραμμής) των ρεμάτων, χειμάρρων ή ρυακίων υπάγεται στις αρμοδιότητες του ΥΠΕΧΩΔΕ ή κατά τόπους Περιφερειών. Σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν.3010/2002, «η οριοθέτηση συνιστάται στον καθορισμό και επικύρωση των πολυγωνικών γραμμών εκατέρωθεν της βαθιάς γραμμής του υδατορεύματος, οι οποίες περιβάλλουν τις γραμμές πλημμύρας, τις όχθες, καθώς και τα τυχόν φυσικά ή τεχνητά στοιχεία, που αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του υδατορεύματος».

Ειδικά για την Αττική, βάσει του ΦΕΚ 281Δ/93 ορίστηκαν 55 ρέματα ως διατηρητέου περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος χωρίς όμως να δίνονται κατευθύνσεις και προδιαγραφές για την αντιμετώπιση, προστασία και αξιοποίηση των ρεμάτων εν γένει κατά τον πολεοδομικό σχεδιασμό. Οι μόνες προδιαγραφές πέραν του Ν.3010 που υπάρχουν μέχρι και σήμερα είναι αυτές του κτιριοδομικού κανονισμού. Ο κτιριοδομικός κανονισμός διακρίνει τα ρέματα σε οριοθετημένα και προσωρινώς οριοθετημένα. Για τα οριοθετημένα απαγορεύεται η δόμηση εντός των οριογραμμών και επιτρέπεται σε απόσταση 10 μέτρων από αυτές ή επί αυτών αν έχουν γίνει τα έργα διευθέτησης. Για τα μη οριοθετημένα, επιτρέπεται η δόμηση σε απόσταση 20 μέτρων ή 10 μέτρων αν έχουν γίνει τα απαραίτητα τεχνικά έργα οριοθέτησης τα οποία αφορούν ιδιοκτησία ξεχωριστά.

Ο καθαρισμός από απορρίμματα και μάζα, η συντήρηση του χώρου των ρεμάτων και των ποταμών και η κατασκευή έργων αντιπλημμυρικής προστασίας εντάσσονται στις αρμοδιότητες των Δήμων και των Νομαρχιών. Σε ό,τι αφορά την Αθήνα, η ΕΥΔΑΠ είναι υπεύθυνη για τον καθαρισμό των ρεμάτων από φερτές ύλες, κάτι που πραγματοποιείται σε ετήσια βάση για τα μεγαλύτερα ρέματα (Ποδονίφτης, Πικροδάφνης, Χαλανδρίου, Σαπούς), ενώ στα μικρότερα ρέματα γίνονται παρεμβάσεις ανάλογα με τις ανάγκες που προκύπτουν.

Συνήθη είναι τα φαινόμενα καταπατήσεων και αυθαίρετης δόμησης στα ρέματα. Η διαδικασία που πρέπει να κινηθεί για την κατεδάφιση αυθαίρετων κατασκευών

εξαρτάται από την ύπαρξη αγωγών όμβριων. Στην περίπτωση που έχουν κατασκευαστεί αγωγοί όμβριων, επεμβαίνει το Τμήμα Ακίνητης Περιουσίας της ΕΥΔΑΠ. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να πραγματοποιηθεί αποτύπωση από την Τοπογραφική Υπηρεσία της ΕΥΔΑΠ, η οποία αποστέλλεται στο Πολεοδομικό Γραφείο του Δήμου ή της Νομαρχίας, μετά τις ενέργειες του οποίου προχωράει η κατεδάφιση των κατασκευών και η αποκατάσταση του ρέματος.

2.5.2 Πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος

Τα τελευταία χρόνια όλο και πιο έντονες είναι οι συζητήσεις και ο προβληματισμός για τη σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων και την προστασία της ποιότητάς τους τόσο στην επιστημονική κοινότητα όσο και στην πολιτεία. Η ποιότητα του νερού, οι πολλαπλές χρήσεις του, η οικιστική χρήση και οι αυξανόμενες πιέσεις από τη γεωργία και τη βιομηχανία αποτελούν τους βασικούς λόγους για την ανάγκη ολοκληρωμένης διαχείρισής του.

Για τους παραπάνω λόγους κρίθηκε αναγκαίο σε ευρωπαϊκό κατ' αρχήν επίπεδο να οριστεί ένα σαφές θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης και προστασίας της ποιότητας των υδάτων βάσει του οποίου τα Κράτη Μέλη θα πρέπει να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα ακολουθώντας ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και την καλή κατάσταση όλων των υδατικών πόρων.

Το 2000 εκδόθηκε η Οδηγία-Πλαίσιο 2000/06/ΕΚ για τα ύδατα, με στόχο να δώσει ένα τέλος στην υποβάθμιση των υδάτων. Επιπροσθέτως, σημαντική για ο ζήτημα που εξετάζουμε είναι η έκδοση της Οδηγίας 2008/105/ΕΚ σχετικά με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και στη συνέχεια η Κοινή Υπουργική Απόφαση το Δεκέμβριο του 2010 με την οποία καθορίστηκαν τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος και στην Ελλάδα (ΚΥΑ 5134/2641/Ε103). Τέλος, εκδόθηκε ο Ν.3010/2002 που ρύθμιζε τη διαδικασία οριοθέτησης και άλλων θεμάτων σχετικών με τα υδατορεύματα.

2.5.2.1 Οδηγία πλαίσιο 2000/60/EK

Εκδόθηκε στις 23 Οκτωβρίου του 2000 με σκοπό την αντιμετώπιση προβλημάτων που προκύπτουν από την υποβάθμιση της ποιότητας των νερών. Είχε ως αποτέλεσμα τη θέσπιση ενός πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, και δημοσιεύθηκε στην επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στις 22 Δεκεμβρίου του 2000. Σύμφωνα με αυτή, το νερό δεν αποτελεί εμπορικό προϊόν όπως όλα τα άλλα, αλλά πρόκειται για μία κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει κατάλληλης μεταχείρισης.

Γι αυτό το λόγο η Οδηγία θέτει ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία υδατικών οικοσυστημάτων και την καλή κατάσταση όλων των υδατικών πόρων με κεντρική ιδέα την ολοκληρωμένη διαχείρισή τους στη γεωγραφική κλίμακα των Λεκανών Απορροής Ποταμών. Επίσης, επαναπροσδιορίζει την έννοια της Λεκάνης Απορροής, η οποία περιλαμβάνει τα υπόγεια ύδατα, τα εσωτερικά επιφανειακά (ποταμοί, λίμνες), τα μεταβατικά (δέλτα, εκβολές ποταμών) και τα παράκτια οικοσυστήματα. Επιπλέον, αναδεικνύεται ως σημαντικός στόχος η προοδευτική μείωση της ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος, καθώς επίσης και των υπογείων υδάτων. Η εξάλειψη της απόρριψης ρυπαντικών ουσιών αποτελεί τον απώτερο σκοπό που οφείλει κάθε κράτος να επιτύχει. Ακόμα, αντιμετωπίζονται όλες οι χρήσεις και υπηρεσίες νερού συνυπολογίζοντας την αξία του νερού για το περιβάλλον, την υγεία, την ανθρώπινη κατανάλωση και την κατανάλωση σε παραγωγικούς τομείς. Πρέπει να επισημανθεί ότι αυτή η οδηγία εκτός των άλλων δημιουργεί και εισάγει νέες προσεγγίσεις στην αντιμετώπιση των κινδύνων από τις πλημμύρες και την ξηρασία. Τέλος, τίθεται ως στόχος για τα επόμενα δεκαπέντε χρόνια η επίτευξη «Καλής Οικολογικής Ποιότητας» για όλα τα ύδατα.

Το πρώτο βήμα για την εφαρμογή της Οδηγίας από κάθε κράτος μέλος είναι η ομαλή ένταξή της στο εθνικό δίκαιο, μια διαδικασία που διαφέρει σημαντικά για κάθε κράτος. Ποικίλοι παράγοντες όπως η ωριμότητα των θεσμικών υποδομών κάθε κράτους διαμορφώνουν ένα συγκεκριμένο υπόβαθρο και καθορίζουν τις συνθήκες ενσωμάτωσής τους στην εθνική νομοθεσία. Σημειώνεται δε πως όταν η Οδηγία τεθεί σε πλήρη εφαρμογή, θα αντικαταστήσει όλες τις προηγούμενες Οδηγίες που σχετίζονται με τη διαχείριση των υδάτων.

2.5.2.2 Οδηγία πλαίσιο 2008/105/EK – ΚΥΑ 51354/2641/E103

Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/EK, εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της 16^{ης} Δεκεμβρίου η Οδηγία 2008/105/EK. Η συγκεκριμένη οδηγία δημοσιεύθηκε στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις 24 Δεκεμβρίου 2008. Όπως ορίζεται στο πρώτο άρθρο της καθορίζει τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για ουσίες προτεραιότητας και ορισμένους άλλους ρύπους όπως προβλέπεται στο άρθρο 16 της οδηγίας 2000/60/EK, με στόχο την επίτευξη καλής χημικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων και σύμφωνα με τις διατάξεις και τους στόχους του άρθρου 4 της εν λόγω οδηγίας(2000/60/EK).

Με κοινή Υπουργική απόφαση των Υπουργών Εσωτερικών, Αποκέντρωσης και Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης-Οικονομίας, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας-Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής η οδηγία 2000/60/EK εντάχθηκε στην Ελληνική Νομοθεσία στις 8 Δεκεμβρίου 2010 (Αριθμός Η.Π 51354/2641/E103).

Η εν λόγω κοινή υπουργική απόφαση καθορίζει τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα. Εξαιρετικής σημασίας είναι τα τρία μέρη του παραρτήματος Ι του άρθρου 8 που αφορούν τις: α. τις ουσίες προτεραιότητας και ορισμένους άλλους ρύπους και β. ειδικούς ρύπους και απαιτούνται για την υποβοήθηση του προσδιορισμού της οικολογικής κατάστασης των συστημάτων των εσωτερικών επιφανειακών υδάτων. Επιπλέον, στο Γ μέρος του παραρτήματος Ι του άρθρου 8 αναφέρονται οι απαιτήσεις σύμφωνα με τις οποίες εφαρμόζονται τα ΠΠΠ στα συστήματα επιφανειακών υδάτων. Επισημαίνεται ακόμη, ότι μπορεί σε ορισμένες κατηγορίες επιφανειακών υδάτων να απαιτείται για τα ιζήματα ή/και τους ζώντες οργανισμούς η εφαρμογή ΠΠΠ συμπληρωματικών ή διαφορετικών από τα ΠΠΠ που ορίζονται στο μέρος Α του παραρτήματος Ι. Επίσης, η Ειδική Γραμματεία Υδάτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, κοινοποιεί στην Επιτροπή και τα άλλα κράτη μέλη, μέσω της επιτροπής του άρθρου 21 της οδηγίας 2000/60/EK, κατάλογο των ουσιών για τις οποίες ορίστηκαν ΠΠΠ, του λόγους για τη χρήση προσέγγισης αυτής, τα εναλλακτικά ΠΠΠ που έχουν οριστεί, συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων και τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, τις κατηγορίες των επιφανειακών υδάτων στα οποία θα εφαρμόζονται καθώς και την προγραμματιζόμενη συχνότητα παρακολούθησης. Επιπροσθέτως, η Ειδική Γραμματεία Υδάτων ανέλυσε τις μακροπρόθεσμες τάσεις των συγκεντρώσεων των

ουσιών προτεραιότητας που παρουσιάζονται στο Α μέρος του παραρτήματος Ι και οι οποίες τείνουν να συγκεντρώνονται σε ιζήματα ή/και ζώντες οργανισμούς. Τέλος, καθόρισε τη συχνότητα παρακολούθησής τους, ώστε να υπάρχουν αξιόπιστα δεδομένα για ανάλυση.

Στην Κοινή Υπουργική Απόφαση, περιλαμβάνονται σημαντικές παράμετροι που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την εφαρμογή των ΠΠΠ που ορίζονται στα μέρη Α και Β μέρη του Παραρτήματος Ι.

1. Για κάθε δεδομένη επιφάνεια υδάτινης μάζας, η εφαρμογή του ΕΜΣ-ΠΠΠ σημαίνει ότι, για οτιδήποτε αντιπροσωπευτικό σημείο παρακολούθησης εντός της υδάτινης μάζας, ο αριθμητικός μέσος των μετρούμενων συγκεντρώσεων σε διάφορους χρόνους κατά τη διάρκεια του έτους δεν υπερβαίνει το πρότυπο.
2. Για κάθε δεδομένη επιφάνεια υδάτινης μάζας, η εφαρμογή του ΕΜΣ-ΠΠΠ σημαίνει ότι η μετρούμενη συγκέντρωση σε οποιοδήποτε αντιπροσωπευτικό σημείο παρακολούθησης εντός της υδάτινης μάζας δεν υπερβαίνει το πρότυπο του μέρους Α του παρόντος παραρτήματος.
3. Με εξαίρεση το κάδμιο, το μόλυβδο, τον υδράργυρο και το νικέλιο, τα ΠΠΠ που ορίζονται στο παρόν παράρτημα εκφράζονται ως ολικές συγκεντρώσεις στο συνολικό δείγμα ύδατος. Στην περίπτωση του καδμίου, του μολύβδου, του υδραργύρου και του νικελίου, το ΠΠΠ αναφέρεται στην εν διαλύσει συγκέντρωση, δηλαδή την εν διαλύσει φάση δείγματος ύδατος που λαμβάνεται με διήθηση μέσω ηθμού 0,45 μm ή κάθε ισοδύναμη προεπεξεργασία.
4. Κατά την εκτίμηση των αποτελεσμάτων της παρακολούθησης σε σχέση με τα ΠΠΠ θα λαμβάνονται υπόψη πρώτον οι φυσικές συγκεντρώσεις μετάλλων σε αδιατάρακτο περιβάλλον και οι ενώσεις τους, εάν εμποδίζουν με τα σχετικά ΠΠΠ και δεύτερον η σκληρότητα, το pH ή άλλες παράμετροι ποιότητας ύδατος που επηρεάζουν τη βιοδιαθεσιμότητα των μετάλλων.

2.5.2.3 Νόμος 3010/2002

Το 2002 εκδόθηκε ο Ν.3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις οδηγίες 97/11 ΕΕ και 96/61 ΕΕ, διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορεύματα και άλλες διατάξεις» που δημοσιεύτηκε στο τεύχος Α ΦΕΚ91 στις 25

Απριλίου 2002. Ο συγκεκριμένος νόμος αποτελεί το βασικό θεσμικό πλαίσιο για τη διαδικασία οριοθέτησης των υδατορευμάτων, δηλαδή τον καθορισμό των οριογραμμών τους, διότι το άρθρο 5 αυτού αντικαθιστά τις παραγράφους 1,2,3 του άρθρου 6 του Ν. 880/79. Συγκεκριμένα τα υδατορεύματα οριοθετούνται με βάση τις διατάξεις του άρθρου 5 του Ν. 3010/2002, στον οποίο η οριοθέτηση συνιστάται στον καθορισμό και στην επικύρωση των πολυγωνικών γραμμών εκατέρωθεν της βαθιάς γραμμής του ρέματος, οι οποίες περιβάλλουν α. τις γραμμές πλημμύρας, β. τις όχθες του υδατορεύματος όπου είναι διακριτές και γ. οποιοδήποτε εδαφικό, φυσικό ή τεχνητό στοιχείο που αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του ρέματος και σημαντικό για την ομαλή λειτουργία του. Επισημαίνεται ακόμη ότι, ο κατά τα ανωτέρω καθορισμός μπορεί να γίνεται και σε τμήματα μόνο των υδατορευμάτων. Επιπλέον, ο καθορισμός της οριογραμμής γίνεται από τις αρμόδιες υπηρεσίες που μπορεί να είναι το ΥΠΕΧΩΔΕ ή η Περιφέρεια και η επικύρωσή του γίνεται με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας ή του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ. Ο έλεγχος τήρησης των κείμενων διατάξεων για τα ρέματα στα διοικητικά όρια του κάθε νομού ασκείται από τις αρμόδιες τεχνικές υπηρεσίες της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης.

3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

3.1 Στοιχεία της περιοχής έρευνας & Προετοιμασία για τις εργασίες υπαίθρου

Για να ξεκινήσουν οι εργασίες υπαίθρου και η πραγματοποίηση όλων των διαδικασιών με τα σωστά αποτελέσματα, απαραίτητο ήταν να προηγηθεί η συλλογή στοιχείων για την περιοχή μελέτης και η κατάλληλη προετοιμασία για τις εργασίες υπαίθρου. Αρχικά, δόθηκαν οι θέσεις δειγματοληψίας στο υδατόρευμα της Ανατολικής Αττικής, οι οποίες ήταν προκαθορισμένες από προηγούμενες αντίστοιχες διπλωματικές εργασίες και αυτές χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα. Όμως, όπως κανείς καταλαβαίνει, με το πέρασμα του χρόνου, καθώς και με βάση την κάθε εποχή, το φυσικό τοπίο υπέστη μετατροπές και έτσι η πρόσβαση σε όλα τα σημεία δεν ήταν εφικτή. Επομένως, οι δοσμένες θέσεις δειγματοληψίας ελέγχθηκαν ως προς την πρόσβασή τους αλλά και ως προς την διαθεσιμότητα της απαραίτητης στάθμης νερού, ώστε να πραγματοποιηθεί λήψη δείγματος νερού. Έτσι, ξεκίνησε η αναγνώριση της περιοχής μελέτης. Οι θέσεις δειγματοληψίας ήταν δοσμένες σε γεωγραφικό πλάτος και μήκος, φ και λ, και με χρήση του κατάλληλου προγράμματος στο διαδίκτυο μετατράπηκαν από μοίρες σε δεκαδικούς αριθμούς, ώστε στην συνέχεια να εισαχθούν σε πρόγραμμα πλοήγησης σε κινητό τηλέφωνο και να εντοπισθούν εύκολα τα σημεία. Αρχικά, τα δοσμένα σημεία δειγματοληψίας ήταν 20, όμως τελικά εντοπίστηκαν μόνο τα 13. Παρακάτω φαίνονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων δειγματοληψίας όπως αυτές δόθηκαν σε μοίρες και όπως αυτές μετατράπηκαν και χρησιμοποιήθηκαν σε δεκαδικούς αριθμούς (Πίνακας 3.1).

Στη συνέχεια, αφού επιλέχθηκαν τα σημεία δειγματοληψίας, συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα εργαλεία και υλικά για τις εργασίες υπαίθρου. Ο εξοπλισμός αυτός βοήθησε ώστε να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις σε κάθε σημείο, όπως για παράδειγμα να μετρηθούν τα ύψη της στάθμης του νερού, τα πλάτη της κοίτης και άλλα στοιχεία που θα αναφερθούν στη συνέχεια. Παρακάτω παρουσιάζεται ο απαραίτητος εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε:

- ✓ Μετροταινία 5 μέτρα
- ✓ Μετροταινία 30 μέτρα
- ✓ Γαλότσες
- ✓ Έντυπα μετρήσεων & τετράδιο σημειώσεων
- ✓ Μαρκαστόχοι & μολύβια
- ✓ Πλαστικά δοχεία δειγματοληψίας 1.0 λίτρου
- ✓ Κινητό τηλέφωνο για GPS, φωτογραφίες & θερμοκρασία
- ✓ Ψηφιακός Μυλίσκος Valeport

Πίνακας 3.1: Συντεταγμένες αρχικών θέσεων δειγματοληψίας προηγούμενων ερευνών.

Κωδικός Θέσης	Γεωγραφικό Πλάτος φ (° ‘ ‘’)	Γεωγραφικό Μήκος λ (° ‘ ‘’)	Γεωγραφικό Πλάτος φ	Γεωγραφικό Μήκος λ
RS1	38 01 13.3	23 55 38.9	38,020361	23,927472
RS2	38 01 31.9	23 54 40.1	38,025528	23,911139
RS3	38 01 4.90	24 00 45.0	38,018028	24,012500
RS4	38 01 4.40	24 00 14.0	38,017889	24,003889
RS5	38 01 5.30	23 59 17.0	38,018139	23,988056
RS6	38 01 46.1	23 58 37.1	38,029472	23,976972
RS7	38 01 28.1	23 58 27.1	38,024472	23,974194
RS8	37 59 28.8	23 56 11.1	37,991333	23,936417
RS9	37 59 12.3	23 56 24.4	37,986750	23,940111
RS10	38 00 23.1	23 57 25.0	38,006417	23,956944
RS11	38 02 42.4	23 54 38.9	38,045111	23,910806
RS12	38 02 46.2	23 54 30.5	38,046167	23,908472
RS13	38 00 57.6	23 52 51.6	38,016000	23,881000
RS14	37 59 23.5	23 54 2.20	37,989861	23,900611
RS15	37 59 20.7	23 54 27.9	37,989083	23,907750
RS16	37 59 39.1	23 55 48.4	37,994194	23,930111
RS17	37 59 28.5	23 55 12.0	37,991250	23,920000
RS18	37 58 46.9	23 51 25.2	37,996361	23,857000
RS19	37 59 47.2	23 51 24.6	37,996389	23,856833
RS20	37 59 45.6	23 51 35.7	37,996000	23,859917

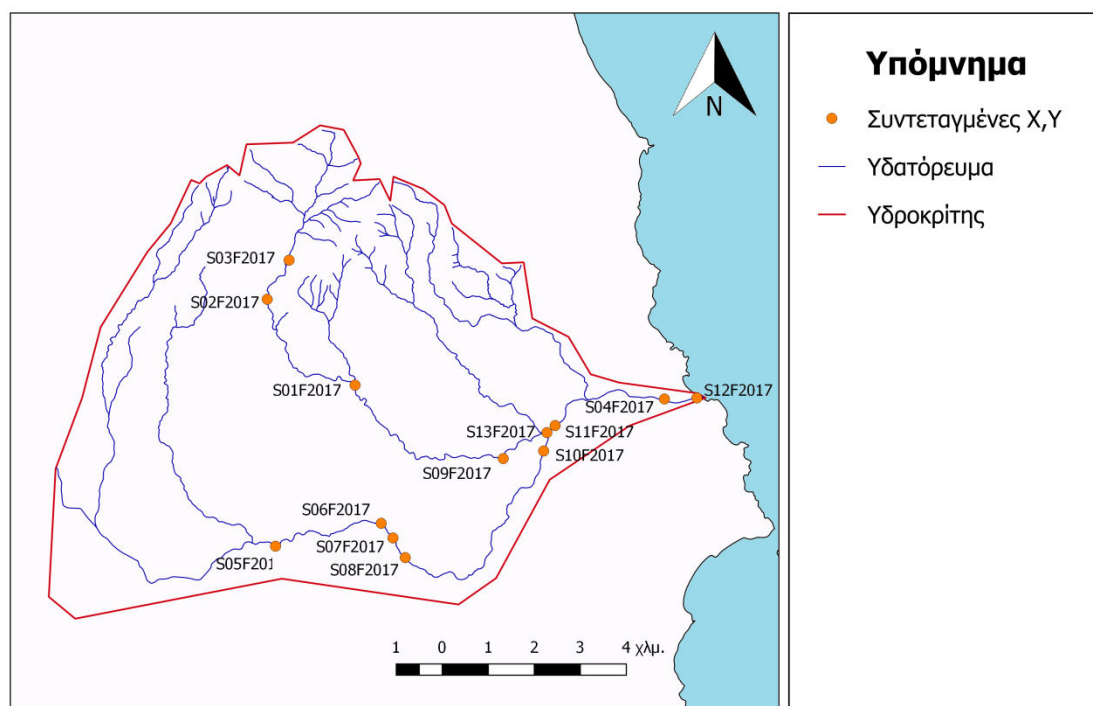
3.2 Συλλογή δεδομένων & Εργασίες υπαίθρου

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθεί η διαδικασία συλλογής των δειγμάτων και όλες οι απαραίτητες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην ύπαιθρο. Όμως, για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις και η συλλογή έπρεπε πρώτα τα σημεία δειγματοληψίας να πληρούν κάποια κριτήρια ώστε να είναι χρήσιμες οι πληροφορίες που θα έδιναν. Πρωτίστως, τα δείγματα πρέπει για να είναι αντιπροσωπευτικά της πραγματικής κατάστασης του υδατορεύματος και πρέπει να καλύπτουν ικανοποιητικά όλη την περιοχή μελέτης, κατά μήκος του υδατορεύματος. Ακόμα, κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας πρέπει τα δοχεία έχουν προετοιμαστεί κατάλληλα, ώστε να τα δείγματα να μην υφίστανται αλλοιώσεις από φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες. Τέλος, μετά τη δειγματοληψία θα πρέπει να τηρούνται τα κατάλληλα μέτρα αποθήκευσης των δειγμάτων μέχρι να πάνε στο εργαστήριο, αλλά και κατά την αποθήκευσή τους εκεί, για όσο διάστημα χρειαστεί μέχρι να ολοκληρωθούν όλες οι χημικές αναλύσεις. Τελικά, τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα εργασία φαίνονται παρακάτω στον Πίνακα 3.2 σε γεωγραφικές συντεταγμένες, φ και λ, και σε γεωδαιτικές συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ 87', σε X και Y.

Πίνακας 3.2: Συντεταγμένες τελικών θέσεων δειγματοληψίας (Φεβρουάριος, 2017).

Κωδικός Δείγματος	Ημερομηνία	Γεωγραφικό Πλάτος φ	Γεωγραφικό Μήκος λ	X	Y
S01F2017	25/2/2017	38,02058800	23,92746000	493484,13	4207814,25
S02F2017	25/2/2017	38,03736700	23,90568400	491574,66	4209677,65
S03F2017	25/2/2017	38,04502620	23,91109680	492050,47	4210527,00
S04F2017	25/2/2017	38,01790426	24,00407330	500208,73	4207514,01
S05F2017	25/2/2017	37,98906710	23,90780918	491755,84	4204318,45
S06F2017	25/2/2017	37,99356104	23,93396902	494053,32	4204815,11
S07F2017	25/2/2017	37,99069870	23,93687240	494308,03	4204497,35
S08F2017	25/2/2017	37,98686000	23,93992100	494575,45	4204071,26
S09F2017	25/2/2017	38,00624330	23,96416680	496705,39	4206220,79
S10F2017	25/2/2017	38,00772974	23,97416471	497583,15	4206385,43
S11F2017	25/2/2017	38,01270225	23,97700534	497832,66	4206937,07
S12F2017	25/2/2017	38,01811327	24,01212021	500915,06	4207537,26
S13F2017	25/2/2017	38,01133002	23,97496385	497653,41	4206784,87

Οι συντεταγμένες αυτές τοποθετήθηκαν σε αεροφωτογραφία με τη βοήθεια του λογισμικού Google Earth έτσι ώστε να προσδιοριστεί που βρίσκονται οι συγκεκριμένες θέσεις στην περιοχή μελέτης και να αποδοθεί η γενική εικόνα της κατανομής τους σε αυτή (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1: Χάρτης απεικόνισης των τελικών σημείων δειγματοληψίας στην περιοχή έρευνας.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, δεν ήταν δυνατή η πρόσβαση σε όλα τα δοσμένα σημεία δειγματοληψίας. Έτσι, η πραγματοποίηση των εργασιών υπαίθρου έγινε στα σημεία εκείνα τα οποία είχαν δυνατότητα πρόσβασης. Στην συγκεκριμένη εργασία, λόγω χειμερινής περιόδου, σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας υπήρχε επαρκής στάθμη νερού και έγινε συλλογή δείγματος και οι υπόλοιπες εργασίες. Κύριοι παράγοντες που εμπόδισαν την πρόσβαση στα υπόλοιπα σημεία ήταν η αλλαγή του φυσικού περιβάλλοντος, η ανθρώπινη παρέμβαση στην κοίτη του υδατορεύματος με κτίσματα ή περιφράξεις και τέλος η μειωμένη ασφάλεια του συνεργείου λόγω γκρεμών και άλλων εμποδίων. Στο κάθε σημείο λήφθηκαν ξανά οι συντεταγμένες με GPS κινητού τηλεφώνου ώστε να είναι ακριβέστερες οι πληροφορίες, καθώς το κάθε δείγμα λήφθηκε από ένα ευρύτερο τμήμα του υδατορεύματος, το οποίο επιλέχθηκε κάθε φορά από την ροή και τα φυσικά εμπόδια (βράχοι, φυτά κλπ). Έτσι, η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια

δοχείων 1L, τα οποία πρώτα αποστειρώνονταν με το νερό του υδατορεύματος, δηλαδή ξεπλένονταν 3-4 φορές πιο κάτω από το σημείο λήψης, με σκοπό να απομακρυνθούν τυχόν υπολείμματα που υπήρχαν στο δοχείο. Έπειτα, η λήψη γινόταν προσεκτικά, ώστε σε σημεία με χαμηλή στάθμη να μην εισχωρήσει υλικό από τον πυθμένα, το οποίο θα επηρέαζε άμεσα τις αναλύσεις.

Αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή του δείγματος κάθε φορά, ακολούθησαν οι απαραίτητες μετρήσεις υπαίθρου. Αρχικά, έγινε μέτρηση της στάθμης του νερού με τη βοήθεια των μετροταινιών, καθώς και το πλάτος της κοίτης στο σημείο δειγματοληψίας. Οι παράμετροι αυτοί μετρήθηκαν με σκοπό να προσδιορισθεί η γεωμετρία της υγρής διατομής, ώστε αργότερα γνωρίζοντας τη μέση ταχύτητα ροής να υπολογισθεί η παροχή. Οι παράμετροι αυτοί διέφεραν από σημείο σε σημείο. Όσον αφορά τη στάθμη του νερού, σε μερικά σημεία ήταν ελάχιστη, λόγω του ότι εκείνη τη περίοδο δεν είχε βρέξει αρκετά, παρόλο του χειμερινού μήνα Φεβρουαρίου. Η μεγαλύτερη στάθμη νερού μετρήθηκε στο σημείο S10F2017 με βάθος 68 cm, ενώ η χαμηλότερη στο σημείο S12F2017 με βάθος 5 cm. Το μεγαλύτερο πλάτος κοίτης μετρήθηκε στο σημείο S12F2017 με πλάτος 16.5 cm, ενώ το μικρότερο στο σημείο S03F2017 με πλάτος 0.72 m.

Επόμενη και τελευταία διαδικασία στην ύπαιθρο ήταν η μέτρηση των στροφών ανά λεπτό, ώστε να υπολογισθεί η ταχύτητα ροής. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του ψηφιακού μιλίσκου Valport, εργαστηριακού τύπου. Ο μιλίσκος αποτελεί το σύνηθες όργανο μέτρησης ροής σε μικρά ρέματα, ο οποίος αποτελείται από έναν αισθητήρα στερεάς κατάστασης, μία συσκευή ελέγχου με οθόνη και ένα βαθμονομημένο κοντάρι. Σε σημεία με μικρή στάθμη νερού, ο μιλίσκος τοποθετήθηκε περίπου στο 60% του βάθους από την επιφάνεια του υδατορεύματος, καθώς όπως προκύπτει από συστηματικές παρατηρήσεις στο βάθος αυτό προσδιορίζεται απευθείας η μέση ταχύτητα ροής, ενώ σε σημεία με μεγαλύτερο βάθος, ο μιλίσκος τοποθετήθηκε στο 20% και 80% του βάθους, για πιο ακριβή αποτελέσματα. Ακόμα, μετρήσεις έγιναν σε παραπάνω από ένα σημεία, στις περιπτώσεις όπου το πλάτος της κοίτης ήταν μεγάλο. Παρακάτω αναλύεται η διαδικασία υπολογισμού της παροχής με την βοήθεια των παραμέτρων που μετρήθηκαν στην ύπαιθρο.

3.3 Μετρήσεις ταχύτητας και παροχής

Η παροχή του υδατορεύματος, σε κάθε σημείο δειγματοληψίας, συμβάλει στον προσδιορισμό των ποιοτικών παραμέτρων του νερού και εξαρτάται από το εμβαδόν της υγρής διατομής της κοίτης και τη μέση ταχύτητα. Για τον υπολογισμό της χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση της συνεχείας που φαίνεται στην παρακάτω Σχέση 3.1:

$$Q = V_{\text{μέσο}} \times A \quad (3.1)$$

Όπου $V_{\text{μέσο}}$ είναι η μέση ταχύτητα ροής του υδατορεύματος και A είναι το εμβαδόν της υγρής διατομής του κάθε σημείου.

Επομένως, για τον υπολογισμό της παροχής είναι απαραίτητη η γνώση της γεωμετρίας της υγρής διατομής στα σημεία μέτρησης και η μέση ταχύτητα ροής σ' αυτά. Για τον προσδιορισμό της διατομής χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις του βάθους και του πλάτους της κοίτης που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε σημείο και με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD υπολογίστηκε τελικά το εμβαδόν. Τέλος, για τον προσδιορισμό της μέσης ταχύτητας ροής στα σημεία δειγματοληψίας χρησιμοποιήθηκε όπως αναφέρθηκε ο ψηφιακός μιλίσκος Valeport. Λόγω του ότι σε κάθε σημείο πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον δύο μετρήσεις με τον μιλίσκο, ως μέση ταχύτητα ροής χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος αυτών των μετρήσεων.

3.4 Προετοιμασία δειγμάτων για τις εργαστηριακές αναλύσεις

3.4.1 Αποθήκευση και συντήρηση των δειγμάτων

Αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των δειγμάτων και οι μετρήσεις υπαίθρου, τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ. Εκεί, τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε ειδικό ψυγείο του εργαστηρίου σε συνθήκες ψύξης, ώστε να διατηρηθούν αναλλοίωτα μέχρι την πραγματοποίηση όλων των εργαστηριακών αναλύσεων.

3.4.2 Διήθηση και διαχωρισμός σε υποδείγματα

Επόμενη διαδικασία ήταν η διήθηση των δειγμάτων και ο διαχωρισμός τους σε υποδείγματα. Το βήμα αυτό πραγματοποιήθηκε ώστε να προχωρήσουμε στις αναλύσεις των δειγμάτων. Επομένως, πραγματοποιήθηκε η απομόνωση των στερεών υπολειμμάτων των δειγμάτων με τη βοήθεια φίλτρου-ηθμού. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν ηθμοί με πόρους διαμέτρου 0.45 μm και διαμέτρου επιφάνειας 47 mm. Με τη διαδικασία αυτή, όλα τα δείγματα πέρασαν από τους ηθμούς, με σκοπό να κατακρατηθούν σε αυτούς όλα τα αιωρούμενα στερεά του κάθε δείγματος. Πριν τη διήθηση προηγήθηκε η μέτρηση του βάρους του ηθμού, ενώ μετά μετρήθηκε ο όγκος νερού του κάθε δείγματος που είχε απομείνει και τα δείγματα επανατοποθετήθηκαν στο ψυγείο για διατήρηση. Έπειτα, αφού πέρασε αρκετό χρονικό διάστημα ώστε να στεγνώσουν οι ηθμοί, μετρήθηκε πάλι το βάρος τους. Έτσι, υπολογίστηκε η διαφορά βάρους των ηθμών πριν και μετά τη διήθηση και το αποτέλεσμα που δόθηκε ήταν το βάρος των στερεών υπολειμμάτων των δειγμάτων. Το βάρος των στερεών υπολειμμάτων χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με τον όγκο του κάθε δείγματος για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των στερεών υπολειμμάτων σε κάθε δείγμα νερού. Τα αποτελέσματα της διήθησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3 που φαίνεται στη συνέχεια.

Ακόμα, στην Εικόνα 3.2 φαίνεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο ώστε να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της διήθησης. Στα αριστερά φαίνεται το δοχείο στο οποίο τοποθετήθηκε το δείγμα, ενώ στα δεξιά φαίνεται ο ηθμός μέσω του οποίου έγινε η απομόνωση των στερεών υπολειμμάτων των δειγμάτων.

Πίνακα 3.3: Βάρος αιωρούμενων στερεών κάθε δείγματος της περιοχής έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Βάρος Ηθμού Πριν (gr)	Βάρος Ηθμού Μετά (gr)	Όγκος Δείγματος (ml)	Συγκέντρωση Αιωρούμενων Στερεών (mg/L)
S01F2017	0,0778	0,0786	1000	0,8000
S02F2017	0,0789	0,0795	1010	0,5940
S03F2017	0,0787	0,0801	1000	1,4000
S04F2017	0,0788	0,0824	900	4,0000
S05F2017	0,0776	0,0804	980	2,8571
S06F2017	0,0793	0,0805	1020	1,1765
S07F2017	0,0779	0,0792	1000	1,3000
S08F2017	0,0789	0,0804	1000	1,5000
S09F2017	0,0790	0,0827	980	3,7755
S10F2017	0,0790	0,0800	1000	1,0000
S11F2017	0,0788	0,0799	1000	1,1000
S12F2017	0,0789	0,0820	1010	3,0693
S13F2017	0,0792	0,0800	1010	0,7921



Εικόνα 3.2: Εξαρτήματα και διαδικασία διήθησης των δειγμάτων μέσω ηθμών.

3.4.3 Προετοιμασία δειγμάτων νερού για την ιοντική χρωματογραφία

Η διαδικασία της διήθησης ήταν απαραίτητη ώστε να απαλλαγούν τα δείγματα από τα στερεά υπολείμματα και να είναι καθαρά για να πραγματοποιηθούν οι εργαστηριακές αναλύσεις. Για τη διαδικασία της ιοντικής χρωματογραφίας χρειάστηκε να τοποθετηθούν τα δείγματα σε ειδικά φιαλίδια των 50 ml, ώστε να μπουνε στο μηχάνημα. Σε κάθε φιαλίδιο γράφτηκε ο κωδικός θέσης του κάθε δείγματος με ανεξίτηλο μαρκαδόρο. Έπειτα, τοποθετήθηκαν σε ειδική βάση, το κάθε δείγμα στην θέση που είχε καθοριστεί με τον κωδικό θέσης, ώστε να γνωρίζουμε ποιο δείγμα είναι που, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.3. Τέλος, τα δείγματα αποθηκεύτηκαν πάλι στο ψυγείο σε συνθήκες ψύξης μέχρι να μπουν στην ειδική συσκευή ιοντικής χρωματογραφίας DIONEX ICS – 3000 για τον προσδιορισμό των κύριων ιόντων. Τα υπόλοιπα δείγματα νερού αποθηκεύθηκαν και αυτά στο ψυγείο και χρησιμοποιήθηκαν αργότερα για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των όξινων ανθρακικών με τη διαδικασία της τιτλοδότησης.



Εικόνα 3.3: Διαχωρισμένα δείγματα νερού σε φιαλίδια των 50 ml.

3.5 Εργαστηριακές αναλύσεις

3.5.1 Προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων

Οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού του υδατορεύματος πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο με τη βοήθεια του πολύμετρου YSI Professional Plus. Το όργανο αυτό είναι ένας φορητός πολυπαραμετρικός μετρητής που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων, όπως θερμοκρασία, διαλυμένο οξυγόνο, αγωγιμότητα, ειδική αγωγιμότητα, αλατότητα, συνολικά διαλυμένα στερεά και ενεργός οξύτητα του νερού του υδατορεύματος. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας των μετρήσεων σε κάθε θέση δειγματοληψίας (Πίνακας 3.4). Στην Εικόνα 3.4 φαίνεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε στο εργαστήριο για τον υπολογισμό των φυσικοχημικών παραμέτρων με πολύμετρο, ενώ στην Εικόνα 3.5 φαίνεται το πολύμετρο που χρησιμοποιήθηκε.

Πίνακας 3.4: Φυσικοχημικές παράμετροι των θέσεων δειγματοληψίας.

Κωδικός Δείγματος	Διαλυμένο Οξυγόνο DO (mg/L)	Ειδική Αγωγιμότητα SPC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Αγωγιμότητα C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Συνολικά Διαλυμένα Στερεά TDS (mg/L)	Αλατότητα SAL (ppt)	Ενεργός Οξύτητα pH
S01F2017	10,76	835	533	546	0,41	8,83
S02F2017	9,78	753	488	490	0,37	8,81
S03F2017	11,37	719	473	467	0,35	8,81
S04F2017	13,92	1121	742	728	0,56	8,77
S05F2017	11,73	900	621	585	0,45	8,83
S06F2017	10,76	1067	758	696	0,53	8,87
S07F2017	12,60	1059	728	689	0,53	8,79
S08F2017	12,77	1048	726	683	0,52	8,81
S09F2017	11,20	521	372	338	0,25	8,68
S10F2017	10,25	1203	876	780	0,60	8,66
S11F2017	10,75	1042	737	676	0,52	8,69
S12F2017	8,82	4578	3350	2984	2,47	8,64
S13F2017	10,60	540	371	351	0,26	8,67



Εικόνα 3.4: Διαδικασία υπολογισμού των φυσικοχημικών παραμέτρων με πολύμετρο.



Εικόνα 3.5: Πολύμετρον YSI Professional Plus

3.5.2 Ιοντική χρωματογραφία

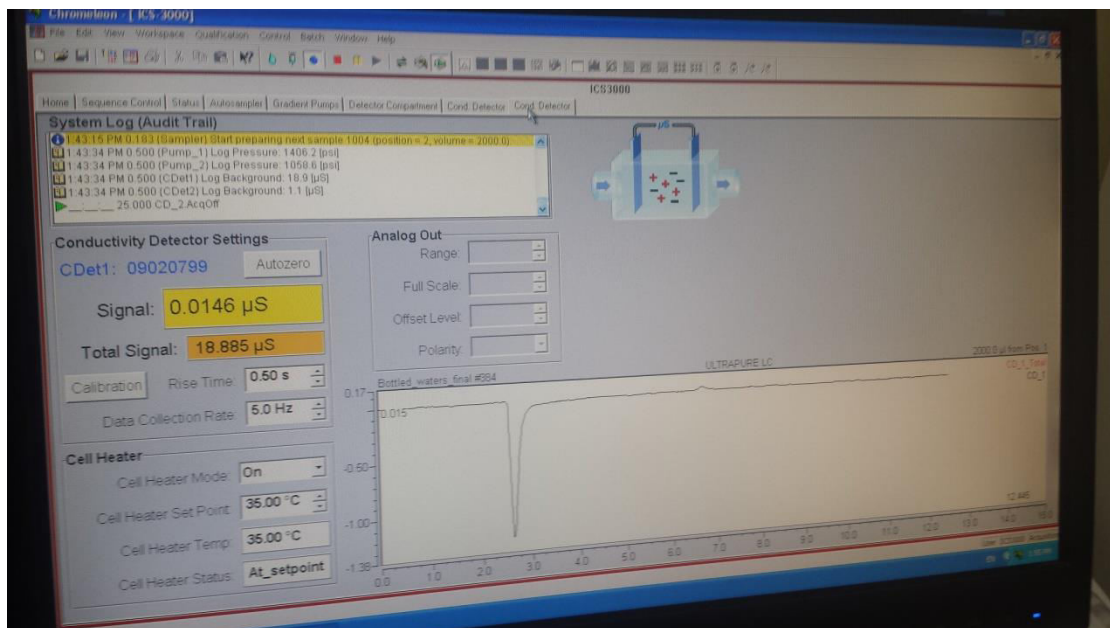
Η Ιοντική χρωματογραφία είναι μια από τις νεώτερες και δυναμικότερες αναλυτικές τεχνικές για ποιοτική και ποσοτική ανάλυση μείγματος ανόργανων και οργανικών ιόντων. Προήλθε από επιτυχή συνδυασμό ιονανταλλαγής με υγροχρωματογραφία υψηλής απόδοσης και την αγωγιμομετρία. Η χρωματογραφία γενικά είναι μέθοδος διαχωρισμού χημικών ουσιών, η οποία στηρίζεται στην διαφορετική κατανομή των συστατικών ενός μείγματος μεταξύ μιας κινούμενης και μιας στατικής φάσης. Ανάλογα με την αρχή της φάσης, η χρωματογραφία χαρακτηρίζεται ως αέριος ή υγρή. Τέλος ανάλογα με την τεχνική συγκράτησης της στατικής φάσης, έχουμε χρωματογραφία στήλης, λεπτής στιβάδας και χαρτοχρωματογραφία.

Πιο αναλυτικά στη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιείται εναλλάκτης ιόντων χαμηλής ικανότητας ως στατική φάση και συνήθως υδατικά διαλύματα αλάτων ασθενών μονοβασικών και διβασικών οξέων ως κινητές φάσεις και αποτελούν το διάλυμα έκλουσης. Το διάλυμα έκλουσης που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα έχει σύσταση 4.5 mM Na_2CO_3 και 0.8 mM NaHCO_3 . Στην διαδικασία της ιοντικής χρωματογραφίας χρησιμοποιείται ένας ανιχνευτής με μία διάταξη καταστολής αγωγιμότητας, όπου επιτυγχάνουν μείωση της αγωγιμότητας του διαλύματος έκλουσης και καταφέρνουν να μετατρέψουν τα ανιόντα που διαχωρίζονται στα αντίστοιχά τους οξέα. Ο συνδυασμός που περιγράφηκε παραπάνω υπάρχει στη συσκευή ιοντικής χρωματογραφίας DIONEX ICS – 3000, που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη διαδικασία και η οποία φαίνεται στην Εικόνα 3.6.

Όσον αφορά την αναγνώριση και τον προσδιορισμό των ιόντων, δημιουργείται μια καμπύλη βαθμονόμησης μέσω σύγκρισης των χρόνων κατακράτησης με τους χρόνους που γνωρίζουμε για τα μεικτά πρότυπα διαλύματα. Αυτός είναι και ο ποιοτικός προσδιορισμός. Στην διαδικασία της ανάλυσης των δειγμάτων της συγκεκριμένης έρευνας, η απόκλιση των χρόνων κατακράτησης που παρατηρούνται για το κάθε ένα από τα ιόντα δεν θα έπρεπε να ξεπερνά το 10%. Ακόμα, για τον ποσοτικό προσδιορισμό, οι χρόνοι κατακράτησης που εξετάζονται μπορεί να εξαρτώνται από τη συγκέντρωση και τη σύσταση του δείγματος, ενώ το εμβαδόν της κορυφής που λαμβάνεται από τα χρωματογραφήματα (Εικόνα 3.7) είναι ανάλογο της συγκέντρωσης του ανιόντος.



Εικόνα 3.6: Συσκευή ιοντικής χρωματογραφίας DIONEX ICS – 3000



Εικόνα 3.7: Χρωματογράφημα δείγματος νερού, όπως απεικονίζεται στην οθόνη λειτουργίας της συσκευής ιοντικής χρωματογραφίας DIONEX ICS – 3000

3.6.3 Φασματομετρική ανάλυση

Η φασματομετρική ανάλυση είναι ένας τύπος φασματομετρίας της μάζας, η οποία είναι ικανή να ανιχνεύει μέταλλα και άλλα μη μέταλλα σε πάρα πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Η διαδικασία με την οποία πραγματοποιείται η φασματομετρική ανάλυση γίνεται με ιονισμό ενός επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος και, χρησιμοποιώντας ένα φασματόμετρο μάζας διαχωρίζει αυτά τα ιόντα και προσδιορίζει την ποσότητά τους. Ο προσδιορισμός των ιχνοστοιχείων πραγματοποιείται με τη φασματομετρία ατομικών μαζών σε επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα.

Για τη λειτουργία της τεχνικής ICP-MS ακολουθούνται ορισμένα βήματα. Αρχικά, γίνεται εισαγωγή του υγρού δείγματος στο σύστημα του πλάσματος και ο ιοντισμός, ενώ χρησιμοποιείται ρεύμα αερίου αργού για τη μεταφορά. Στη συνέχεια, γίνεται ο διαχωρισμός των παραγόμενων ιόντων με βάση το λόγο μάζα / φορτίο σε αναλυτή μαζών και τελικά, υπολογίζεται η ένταση που αντιστοιχεί για κάθε λόγο μάζας/φορτίου με τη βοήθεια ηλεκτρονικού πολλαπλασιαστή / ανιχνευτή.

Στην παρούσα εργασία, η παραπάνω μέθοδος δεν πραγματοποιήθηκε. Επομένως, εξαιτίας της έλλειψης ορισμένων ιχνοστοιχείων, όπως είναι οι παράμετροι του χρωμίου (Cr), κοβαλτίου (Co), νικελίου (Ni) και άλλων, δεν μπόρεσε να πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση και ο έλεγχος της ποιότητας του νερού του υδατορεύματος της ανατολικής Αττικής με βάση τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος τα οποία ενσωματώθηκαν στην ελληνική νομοθεσία (ΦΕΚ 1909/08-12-2010) από την αντίστοιχη ευρωπαϊκή (οδηγίες 2000/60/EK και 2008/105/EK).

3.6.4 Τιτλοδότηση

Η τιτλοδότηση είναι μια εργαστηριακή μέθοδος για την ποσοτική ανάλυση ενός δείγματος. Σε μια τιτλοδότηση αναμειγνύονται δύο αντιδραστήρια, ένα γνωστής συγκέντρωσης και ένα άγνωστης συγκέντρωσης. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να αντιληφθούμε πότε τα δύο αντιδραστήρια έχουν αντιδράσει πλήρως μεταξύ τους, και έτσι να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση του άγνωστου διαλύματος. Το τέλος της αντίδρασης σε πειράματα τιτλοδότησης μπορούμε να το αντιληφθούμε είτε με αλλαγή του pH, είτε χρησιμοποιώντας δείκτες, οπότε με την αλλαγή του χρώματος του δείκτη καταλαβαίνουμε έμμεσα την αλλαγή του pH και κατά συνέπεια το τέλος της αντίδρασης. Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στην αντίδραση πλήρους εξουδετέρωσης ενός οξέος από μια βάση ή αντίστροφα. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης γίνεται με τη μέτρηση του όγκου του διαλύματος του αντιδρώντος γνωστής συγκέντρωσης που απαιτείται για να αντιδράσει πλήρως με συγκεκριμένη ποσότητα διαλύματος του άλλου αντιδρώντος.

Υπάρχουν τρία είδη τιτλοδότησης, η τιτλοδότηση οξέος – βάσεως, οι οξειδοαναγωγικές τιτλοδοτήσεις και οι τιτλοδοτήσεις συμπλοκοποίησης. Για να μπορούμε να προσδιορίσουμε την αλκαλικότητα του δείγματος, δηλαδή της ικανότητάς του να εξουδετερώνει οξέα, υλοποιήθηκε η μέθοδος τιτλοδότησης HACH–Method 8203, που εφαρμόζεται για εύρος συγκεντρώσεων 10-4000 mg/L ως CaCO_3 . Η διαδικασία που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο παρουσιάζεται παρακάτω.

Αρχικά, μετρήθηκε σε ογκομετρικό κύλινδρο ποσότητα 100 ml από το κάθε δείγμα και έπειτα τοποθετήθηκε σε κατάλληλο κωνικό δοχείο. Στη συνέχεια, με χρήση του δείκτη bromocresol μέσα στο δείγμα παρατηρήθηκε αλλαγή του χρώματος του μείγματος σε χρώμα πετρόλ, όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 3.8. Αφού έγινε σταθεροποίηση αυτού του χρώματος, άρχισε η διαδικασία της τιτλοδότησης με χρήση θεικού οξέος, ώστε να γίνει αποχρωμάτιση του διαλύματος. Σημειώθηκε, λοιπόν, ο απαιτούμενος όγκος θεικού οξέος που χρησιμοποιήθηκε για να αποχρωματιστεί το διάλυμα και να μετατραπεί σε χρώμα ανοιχτό μωβ – ροζ (Εικόνα 3.8). Γνωρίζουμε τότε ότι το pH του δείγματος είναι περίπου 4.7. Ο συνολικός όγκος θεικού οξέος που χρησιμοποιήθηκε για κάθε δείγμα, μας προσδιορίζει τελικά και την αλκαλικότητα του κάθε δείγματος.



Εικόνα 3.8: Αριστερά το δείγμα με την προσθήκη του δείκτη bromocresol και δεξιά το δείγμα μετά την τιτλοδότηση με θειικό οξύ.

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1 Γενικά στοιχεία της περιοχής έρευνας

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε στο υδατόρευμα της Ανατολικής Αττικής, στη περιοχή της Ραφήνας. Όμως, η ευρύτερη περιοχή έρευνας εκτείνεται από γεωγραφικό πλάτος $37^{\circ} 55'$ έως $38^{\circ} 06'$ και από γεωγραφικό μήκος $23^{\circ} 48'$ έως $24^{\circ} 02'$. Στην περιοχή έρευνας συμπεριλαμβάνονται οι δήμοι Ραφήνας-Πικερμίου, Πεντέλης και Παλλήνης. Στο υδατόρευμα της μελέτης, καταλήγουν τα νερά από τις παραπάνω περιοχές, καθώς και τμήματος του δήμου Σπατών-Αρτέμιδος. Ουσιαστικά, η περιοχή ενδιαφέροντος είναι η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής του ρέματος της Ραφήνας και τα όριά της ορίζονται από τον υδροκρίτη, που ξεκινάει από τα νοτιοανατολικά της Πεντέλης, βόρεια του δήμου Σπατών-Αρτέμιδος και καταλήγει ανατολικά στο Νότιο κομμάτι του Ευβοϊκού κόλπου, στον κόλπο των Πεταλίων, όπου και εκβάλλει το υδατόρευμα, στην παραλία της Ραφήνας. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το Πρόγραμμα Καλλικράτης (ελληνικός νόμος 2852/2010), με το οποίο μεταρρυθμίστηκε η διοικητική διαίρεση της Ελλάδας το 2011, η λεκάνη απορροής της Ραφήνας περιλαμβάνει του ακόλουθους δήμους: δήμος Ραφήνας-Πικερμίου (όλος ο δήμος), δήμος Πεντέλης (μέρος του δήμου), δήμος Παλλήνης (σχεδόν όλο το δήμο), δήμος Παιανίας (μέρος του δήμου), δήμος Σπατών-Αρτέμιδος (μέρος του δήμου) και ένα πολύ μικρό μέρος του δήμου Μαραθώνα. Η περιοχή του ρέματος Ραφήνας περιλαμβάνει ουσιαστικά όλη τη νότια Πεντέλη, το ΒΑ τμήμα Υμηττού και τα βόρεια Μεσόγεια μέχρι το νέο αεροδρόμιο των Σπάτων. Τα ρέματα της περιοχής αυτής είναι μεγάλα και διέρχονται από αναπτυγμένες, αλλά και ραγδαία αναπτυσσόμενες περιοχές (Γέρακας, Ανθούσα, Πικέρμι, Γλυκά Νερά, Ραφήνα, Παιανία, Σπάτα κλπ).

4.2 Λεκάνης απορροής

Με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από πηγές, η έκταση της λεκάνης απορροής είναι περίπου 150 km². Το ρέμα της Ραφήνας είναι ο κύριος αποδέκτης όλης της λεκάνης. Η λεκάνη επλήγη από τις πυρκαγιές τόσο του 1995 όσο και του 1998. Τα γενικά στοιχεία της λεκάνης απορροής φαίνονται παρακάτω (Λαζαρίδης - Ναλμπάντης, 2004):

- ✓ Έκταση λεκάνης απορροής: ~150 km²
- ✓ Μήκος κύριας μισογάγγειας: ~ 25 km²
- ✓ Μέγιστο υψόμετρο λεκάνης: ~ +674 μ.υ.θ.



Εικόνα 4.1: Λεκάνη απορροής Ανατολικής Αττικής (Λαζαρίδης - Ναλμπάντης, 2004)

4.3 Χρήσεις Γης

Η περιοχή παρουσιάζει μεγάλη αστική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια τόσο στον οικισμό της Ραφήνας όσο και στους ανάντη οικισμούς εντός της υπολεκάνης, όπως Ντράφι, Πικέρμι και Σπάτα. Η λεκάνη απορροής της Ραφήνας καλύπτεται από διάφορες χρήσεις γης. Συγκεκριμένα, στις ανάντη περιοχές κυριαρχούν δάση, λιβάδια, χαμηλή βλάστηση και καλλιεργήσιμες εκτάσεις, ενώ στις κατάντη περιοχές παρατηρούνται αστικές ζώνες, δηλαδή κατοικημένες περιοχές, δρόμοι, κλπ. Όμως, το μεγαλύτερο κομμάτι της περιοχής αποτελείται από καλλιέργειες και δάση, ενώ υπάρχει έντονη αστική ανάπτυξη στο μικρότερο ανατολικό τμήμα της περιοχής. Έτσι, στο αστικό τμήμα παρατηρείται ύπαρξη μικτών χρήσεων γης. Εκτός από τις κατοικίες διακρίνονται οικονομικές δραστηριότητες του πρωτογενούς, του δευτερογενούς και του τριτογενούς τομέα. Στο αστικό τμήμα, συνυπάρχουν κατοικίες, γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες, εμπορικά καταστήματα, ενώ παρατηρείται ακόμα ύπαρξη βιομηχανικών και εμπορικών εγκαταστάσεων στον δήμο Πικερμίου, όπου υπάρχει η μονάδα παραγωγής αρτοποιημάτων Elbisco και το μεγάλο εμπορικό κέντρο MacArthurGlen Athens.

4.4 Λιθοστρωματογραφία

Η Λιθοστρωματογραφία αποτελεί μέθοδο έρευνας της στρωματογραφίας που έχει σκοπό την ταξινόμηση των στρωμένων πετρωμάτων σε ενότητες, με βάση τα λιθολογικά τους χαρακτηριστικά, όπως σύσταση, χρώμα, στρώσεις, υφή, δομές και φάσεις στρωμάτων. Όσον αφορά τη περιοχή μελέτης, στη Βορειοανατολική πλευρά της Αττικής, παρατηρούνται οι λιθοστρωματογραφικοί ορίζοντες, από τα χαμηλότερα προς τα ανώτερα επίπεδα, που είναι (Μέττος, 1992):

- ✓ Μάρμαρα Πεντέλης
- ✓ Σχιστόλιθοι Διονύσου
- ✓ Μάρμαρα Γραμματικού
- ✓ Σχιστόλιθοι Μαραθώνα
- ✓ Σχιστόλιθοι Ραμνούνας
- ✓ Μάρμαρα Αγίας Μαρίνας

Στη Νότια Πεντέλη επικρατούν τα κροκαλοπαγή, που έχουν αρκετά μεγάλο πάχος και μεταβαίνουν πλευρικά και προς τα πάνω στα καστανόχρωμα υλικά, μέσα στα οποία βρέθηκε η πικερμική πανίδα. Τα καστανόχρωμα αυτά υλικά μεταβαίνουν προς τα πάνω σε υπόλευκες – υποκίτρινες μάργες, που εναλλάσσονται με πλακώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους. Μέσα σε αυτά τα ιζήματα αποτέθηκαν κοιτάσματα λιγνιτών στη Ραφήνα, που στο παρελθόν έχουν υποστεί εκμετάλλευση. Τα ιζήματα των μαργών, μαργαϊκών ασβεστόλιθων και τραβερτινών έχουν αποθεθεί κυρίως στο κέντρο της λεκάνης των Μεσογείων. Τα υλικά αυτά αποτέθηκαν σε μικρές λεκάνες, όπως διαπιστώνεται από τη μορφολογία της περιοχής. Η λιγνιτοφόρος περιοχή της Ραφήνας ανήκε στην κατηγορία αυτή των λεκανών, ενώ στην ευρεία περιοχή αναπτύχθηκαν μεγαλύτερες λεκάνες με ευνοϊκότερες συνθήκες ανάπτυξης λιγνιτικών κοιτασμάτων. Σε ολόκληρη την περιοχή των Μεσογείων, εκτός από τη Ραφήνα, καταγράφονται μόνο λιγνιτικά στρώματα πάχους μερικών εκατοστών (Μέττος, 1992).

4.5 Δραστηριότητες πρωτογενή τομέα

Πρωτογενής παραγωγή στην Οικονομική Επιστήμη ονομάζεται ο παραγωγικός τομέας δραστηριοτήτων με αντικείμενο την απόκτηση ή απόσπαση αγαθών, πρώτων υλών, άμεσης ή έμμεσης κατανάλωσης, κατ' ευθείαν από την φύση, όπως γεωργία, αλιεία, κτηνοτροφία, μελισσοκομία, δασοκομία, θήρα, εξόρυξη μεταλλευμάτων κλπ. Αυτός ο τομέας απασχόλησης αποτελεί πηγή εισοδήματος για μεγάλο τμήμα του παγκόσμιου πληθυσμού. Με βάση τα στοιχεία της Eurostat, ο πρωτογενής τομέας συμβάλλει στο Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ) κατά 2,9%, ενώ ταυτόχρονα καλύπτει το 14% της απασχόλησης. Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 1,2% και 5%. Όσον αφορά την περιοχή μελέτης, ο πρωτογενής τομέας στην Ανατολική Αττική περιορίζεται στην αμπελουργία-ελαιοκομία, λοιπές καλλιέργειες, μελισσοκομία και κτηνοτροφία.

4.5.1 Αμπελουργικός τομέας

Η αμπελουργία αποτελεί σημαντικό κομμάτι του πρωτογενούς τομέα στην Ανατολική Αττική. Συγκεκριμένα, η έκταση που καλύπτεται με οινοποιήσιμες ποικιλίες αμπέλου είναι περίπου 49.000 στρέμματα (Αμπελουργικό Μητρώο, για το έτος 2011). Η κυριότερη ποικιλία παραγωγής είναι το Σαββατιανό, ενώ ακόμα σε μικρότερες εκτάσεις καλλιεργούνται οι ποικιλίες Cabernet Sauvignon, Αγιωργίτικο, Ροδίτης, Ασύρτικο κ.α.

Η διαχείριση του Δυναμικού παραγωγής των οινοποιήσιμων ποικιλιών αμπέλου ορίζεται στα άρθρα 85-97 του Καν.(ΕΚ)479/2008 του Συμβουλίου, στα άρθρα 55-66 και 74-75 του Καν.(ΕΚ)555/2008 της Επιτροπής, καθώς και στην αρ. πρωτ. 286839/02-04-2009 ΚΥΑ των Υπ. Οικονομίας & Οικονομικών και Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων. Η ανωτέρω νομοθεσία αφορά στις κάτωθι δράσεις του Αμπελουργικού Τομέα:

- ✓ Τήρηση Αμπελουργικού Μητρώου
- ✓ Χορήγηση Δικαιωμάτων Αναφύτευσης
- ✓ Αμπελώνων –Μεταβίβαση
- ✓ Εθνικό Αποθεματικό
- ✓ Παράνομες Φυτεύσεις
- ✓ Υποβολή Δηλώσεων Συγκομιδής

4.5.2 Ελαιοκομικός τομέας

Εκτός από την οικονομική της διάσταση, η ελαιοκαλλιέργεια έχει για τη χώρα μας, τεράστια κοινωνική και περιβαλλοντική σημασία αφού συμβάλει καθοριστικά στην βιωσιμότητα μειονεκτικών περιοχών, στη διατήρηση της κοινωνικής συνοχής σε αυτές καθώς και στην προστασία των εδαφών από τη διάβρωση και στη διατήρηση του φυσικού κάλλους του ελληνικού τοπίου. Υποχρέωση των παραγωγών είναι η καταγραφή των ελαιοτεμαχίων στη βάση του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών Ελαιοκομικού Τομέα - Αμπελουργικού Μητρώου. Η τήρηση και επικαιροποίηση του ελαιοκομικού μητρώου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την κατοχύρωση της ιδιότητας του ελαιοπαραγωγού. Στην περιοχή της Ανατολικής Αττικής, η έκταση που καλύπτεται με ελαιώνες είναι περίπου 133.000 στρέμματα, με πάνω από ένα εκατομμύριο δέντρα. Τα παραπάνω στοιχεία εξήχθησαν από το

Ελαιοκομικό Μητρώο, για το έτος 2011. Καταλαβαίνει κανείς ότι τα πραγματικά στοιχεία είναι κατά πολλή περισσότερα, περί το 15-20%, καθώς είναι αρκετοί οι οποίοι έχουν εκτάσεις και παραγάγουν για προσωπική χρήση, ενώ δεν είναι επαγγελματίες αγρότες.

4.5.3 Λοιπές καλλιέργειες

Στην Ανατολική Αττική, εκτός από τις ιδιαιτέρως σημαντικές για την περιοχή καλλιέργειες της αμπέλου και της ελιάς που αναπτύχθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, σημαντική θέση κατέχουν και οι λοιπές καλλιέργειες που καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.1: Εκτιμώμενα στοιχεία ΔΑΟΚ Π.Ε. Ανατολικής Αττικής για το 2011

(Πηγή: Υ.Π.Α.Α.Τ, ΕΛΣΤΑΤ, RICA, ΔΑΟΚ)

ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα)
Θερμοκήπια για άνθη	918
Θερμοκήπια για κηπευτικά	1.623
Κηπευτικά Υπαίθρου	29.474
Φιστικιές	6.444
Συκιές Νωπών	515
Λοιπές Δενδροκαλλιέργειες	500
Σίτος σκληρός	17.524
Κριθάρι	2.287

4.5.4 Μελισσοκομία

«Τέσσερα χρόνια ζωής για το ανθρώπινο είδος σε περίπτωση που εξαφανιστούν οι μέλισσες» είχε υπολογίσει ο Albert Einstein το 1940, αναδεικνύοντας την μελισσοκομία σε μια δραστηριότητα απόλυτα συνδεδεμένη με την ισορροπία του πλανήτη Γη.

Η μελισσοκομία παίζει σημαντικό ρόλο στην Ευρωπαϊκή γεωργία. Στην Ελλάδα παράγεται το 8,5% της παραγωγής της Ε.Ε. Η Ελλάδα κατέχει την δεύτερη θέση της ΕΕ με βάση τον αριθμό των κυψελών. Στην Ελλάδα υπάρχουν περίπου 20.000 μελισσοκόμοι που κατέχουν 1,5 εκατομμύρια κυψέλες. Μολονότι το ελληνικό μέλι καλύπτει το 90% των εγχώριων αναγκών, η Ελλάδα είναι ελλιπής στα υπόλοιπα προϊόντα μέλισσας, με διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση. Στην Ανατολική Αττική είναι καταγεγραμμένοι 673 μελισσοκόμοι, με συνολικό αριθμό κυψελών 27.000. Η μέση παραγωγή μελιού για τη νομαδική μελισσοκομία ανέρχεται στα 20-25 κιλά ανά κυψέλη και για τη σταθερή μελισσοκομία στα 10 κιλά ανά κυψέλη. Η μέση συνολική ετήσια παραγωγή μελιού για την Ανατολική Αττική είναι περίπου 502.630 κιλά μέλι και καλύπτει το 3.4% της χώρας, για το έτος 2011, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.1.



Εικόνα 4.2: Παραγωγή μελιού στην Ανατ. Αττική (Πηγή ΔΑΟΚ ΠΕ Ανατολικής Αττικής)

4.5.5 Κτηνοτροφία

Το σύνολο του ζωικού κεφαλαίου της χώρας να ανέρχεται στις 2.139.247 ζωικές μονάδες (ΖΜ) για το 2012, ενώ για την Ανατολική Αττική για αιγοπρόβατα, χοίρους και βοοειδή το ζωικό κεφάλαιο ανέρχεται στις 88.252 ζωικές μονάδες (ΖΜ) για το 2013 και κατανέμεται όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 4.2 (Πηγή: Αρχείο ΔΑΟΚ ΠΕΑΑ, 2013):

Πίνακας 4.2: Κατανομή ζωικών μονάδων ανά ζωικό κεφάλαιο για το 2013

ΖΩΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ	ΖΩΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ
Βοοειδή	586
Χοίροι	11.803
Πρόβατα	70.868
Αίγες	16.798
Σύνολο:	88.252

Ακόμα, στην Ανατολική Αττική η δυναμικότητα των θαλάμων εκτροφής ορνίθων κρεοπαραγωγής και ωοπαραγωγής ανέρχεται στις 1.149.833 θέσεις. Οι 1.063.200 θέσεις αντιστοιχούν σε κρεοπαραγωγές όρνιθες και οι 86.633 θέσεις σε ωοπαραγωγές όρνιθες (ΔΑΟΚ ΠΕΑΑ, 2013).

4.6 Δραστηριότητες δευτερογενή τομέα

Ο δευτερογενής τομέας αξιοποιεί τον πρωτογενή τομέα, με την μεταποίηση των πρώτων υλών στη μορφή, στη χρησιμότητα και τις ιδιότητες. Ανάλογα με τα μέσα και τον τρόπο που χρησιμοποιείται για την μεταποίηση των αγαθών, υπάρχουν τρεις κλάδοι που απαρτίζουν τον δευτερογενή τομέα, οι οποίοι φαίνονται παρακάτω:

- ✓ Χειροτεχνία
- ✓ Βιοτεχνία, δηλαδή οι μηχανές βοηθούν τους ανθρώπους
- ✓ Βιομηχανία, όπου τα αγαθά παράγονται κυρίως με σύγχρονα μηχανήματα, η παραγωγή είναι μαζική και εφαρμόζονται διαρκώς νέα συστήματα παραγωγής.

Ο δευτερογενής τομέας περιλαμβάνει τις δραστηριότητες επεξεργασίας και μεταποίησης των προϊόντων. Στο δευτερογενή τομέα περιλαμβάνονται οι παραγωγικές μονάδες παστεριωμένου γάλακτος, τοματοπολτού, πλαστικών, επίπλων, ενδυμάτων, χαρτιού κ.τ.λ. Στην Περιφερειακή Ενότητα Ανατολικής Αττικής δραστηριοποιούνται οι παρακάτω κατηγορίες μεταποιητικών επιχειρήσεων αγροτικών προϊόντων φυτικής προέλευσης:

1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- ✓ Ελαιοτριβεία
- ✓ Οινοποιεία
- ✓ Βιοτεχνίες επεξεργασίας ξηρών καρπών
- ✓ Κονσερβοποιία οπωρολαχανικών (κομπόστες, τουρσιά κλπ)

2. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ – ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

- ✓ Συσκευαστήρια ελαιολάδου
- ✓ Συσκευαστήρια βρώσιμων ελιών
- ✓ Συσκευαστήρια αρωματικών φυτών – μπαχαρικών
- ✓ Συσκευαστήρια νωπών οπωρολαχανικών

3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

- ✓ Χειροποίητα ζυμαρικά
- ✓ Γλυκά κουταλιού – Μαρμελάδες

4. ΆΛΛΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

- ✓ Παραγωγή αναψυκτικών
- ✓ Επεξεργασία καφέ
- ✓ Σαλάτες κομμένες
- ✓ Γκοφρέτες
- ✓ Φρυγανιές
- ✓ Τσίπς (επεξεργασία πατατών)

4.7 Δραστηριότητες τριτογενή τομέα

Η παροχή υπηρεσιών είναι οικονομικός όρος που αναφέρεται με τον χαρακτήρα του αγαθού που παρέχεται από επιχειρήσεις τριτογενούς παραγωγής, δηλαδή από επιχειρήσεις που δεν προσφέρουν κάποιο υλικό προϊόν, πρωτογενές ή μεταποιημένο π.χ. αγροτικό, βιοτεχνικό ή βιομηχανικό προϊόν, αλλά παρέχουν στους πελάτες τους υπηρεσίες. Τέτοιες υπηρεσίες ενδεικτικά είναι οι παρεχόμενες από ελεύθερους επαγγελματίες καθώς και οι επιχειρησιακά οργανωμένες π.χ. διαφημιστικές, εκπαιδευτικές, οικοδομικές, τροφοδοσίας και καθαρισμού, κτηματομεσιτικές, μεταφορικές, τουριστικές, τραπεζικές υπηρεσίες, υγείας κλπ., όπως επίσης και όλο το εμπόριο διανομής αγαθών χονδρικού και λιανικού εμπορίου.

5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

5.1 Προσδιορισμός παροχής υδατορεύματος

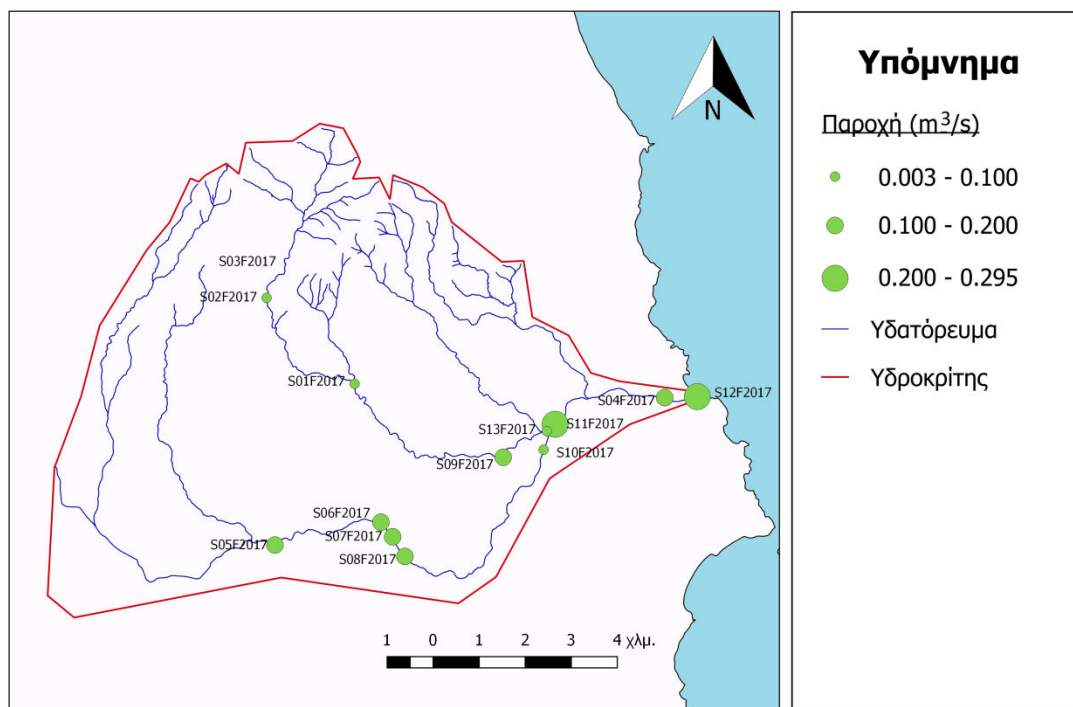
Στην ενότητα αυτή θα περιγραφεί ο τρόπος για τον προσδιορισμό της παροχής του υδατορεύματος σε κάθε σημείο δειγματοληψίας και θα σχολιαστούν τα αποτελέσματα. Για να προσδιορισθεί η παροχή, απαραίτητα στοιχεία είναι η ταχύτητα ροής και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κοίτης. Οι παράμετροι αυτοί προέκυψαν από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στην ύπαιθρο. Πιο συγκεκριμένα, ο ψηφιακός μιλίσκος βοήθησε στον υπολογισμό της ταχύτητας ροής, καθώς μετρήθηκαν οι στροφές ανά λεπτό, n/min , οι οποίες μετατράπηκαν σε στροφές ανά δευτερόλεπτο, n/sec , και με χρήση του τύπου $u = a \times n + b$ (m/sec) υπολογίστηκε τελικά η ταχύτητα ροής. Οι συντελεστές a και b προέκυψαν μετά από βαθμονόμηση του οργάνου σε ελεγχόμενες συνθήκες και δόθηκαν ίσες με $a = 0.2529$ και $b = 0.007$ (Thiel, 1989). Σε σημεία όπου το βάθος ροής ήταν μεγάλο, πραγματοποιήθηκαν παραπάνω από μία μέτρηση για τον υπολογισμό της ταχύτητας ροής. Σε δύο σημεία, S03F2017 και S10F2017, που ο μιλίσκος δεν μπορούσε να πάρει μέτρηση θεωρήθηκε ότι το υδατόρευμα σε αυτά τα σημεία έχει την ελάχιστη ταχύτητα ροής που θα μπορούσε να καταγράψει ο μιλίσκος, ίση με $0.007 \text{ m}/\text{sec}$. Ακόμα, οι μετρήσεις του πλάτους και του βάθους της κοίτης χρειάστηκαν ώστε να υπολογισθεί η γεωμετρία της κοίτης. Ο σχεδιασμός της διατομής της κοίτης έγινε σε υπολογιστικό πρόγραμμα AutoCad και έπειτα υπολογίστηκε το εμβαδόν της βρεχόμενης επιφάνειας. Οι δύο αυτές παράμετροι, η ταχύτητα ροής και το εμβαδόν διατομής, υπολογίστηκαν ώστε να εισαχθούν στην εξίσωση $Q = \bar{V} \times A$ και να υπολογισθεί τελικά η παροχή του υδατορεύματος σε κάθε σημείο δειγματοληψίας. Η μικρότερη τιμή παροχής υπολογίστηκε στο σημείο S03F2017, ίση με $0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$, ενώ η μεγαλύτερη παροχή υπολογίστηκε στο σημείο S11F2017 με τιμή $0,295 \text{ m}^3/\text{s}$. Παρατηρήθηκε ότι στο σημείο S11F2017 η παροχή είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις τιμές των σημείων S09F2017, S10F2017 και S13F2017, τα οποία βρίσκονται ακριβώς πριν από το S11F2017, διότι αυτά βρίσκονται σε κλάδους οι οποίοι καταλήγουν στο τμήμα του υδατορεύματος που βρίσκεται το σημείο S11F2017. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι η αυξημένη παροχής σε αυτό το σημείο είναι φυσιολογική. Το σημείο S04F2017, το οποίο βρίσκεται στην συνέχεια του

υδατορεύματος μετά το σημείο S011F2017 και κοντά στην εκβολή, παρατηρείται σημαντική μείωση της παροχής, κυρίως λόγω αρδεύσεων για τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις που βρίσκονται ανάμεσα στα δύο αυτά σημεία, αλλά και λόγω απωλειών ποσοτήτων νερού που καταλήγουν στον υπόγειο υδροφόρο. Στον παρακάτω Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των περιστροφών ανά δευτερόλεπτο, των ταχυτήτων ροής, των εμβαδών διατομής της κοίτης και των τελικών παροχών για κάθε σημείο δειγματοληψίας.

Πίνακας 5.1: Τιμές περιστροφών ανά δευτερόλεπτο, ταχυτήτων ροής, εμβαδών διατομής και παροχών υδατορεύματος για κάθε σημείο δειγματοληψίας.

Κωδικός Δείγματος	Περιστροφές n/sec	Ταχύτητα $U = a*n+b$ (m/s)	Εμβαδόν Διατομής A (m²)	Παροχή $Q = U * A$ (m³/s)
S01F2017	0,642	0,169	0,130	0,022
S02F2017	0,658	0,173	0,128	0,022
S03F2017	0,000	0,007	0,037	0,000
S04F2017	1,067	0,277	0,467	0,129
S05F2017	0,850	0,222	0,581	0,129
S06F2017	0,378	0,103	1,280	0,131
S07F2017	0,942	0,245	0,640	0,157
S08F2017	0,728	0,191	0,660	0,126
S09F2017	1,017	0,264	0,400	0,106
S10F2017	0,000	0,007	3,000	0,021
S11F2017	1,237	0,320	0,923	0,295
S12F2017	0,838	0,219	0,940	0,206
S13F2017	0,775	0,203	0,130	0,026

Ακόμα δημιουργήθηκε χάρτης που παρουσιάζει τις τιμές της παροχής για κάθε δείγμα στην περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1: Χάρτης απεικόνισης των τιμών της παροχής για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας

5.2 Υπολογισμός περιγραφικών στατιστικών των συγκεντρώσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων και των κύριων ιόντων

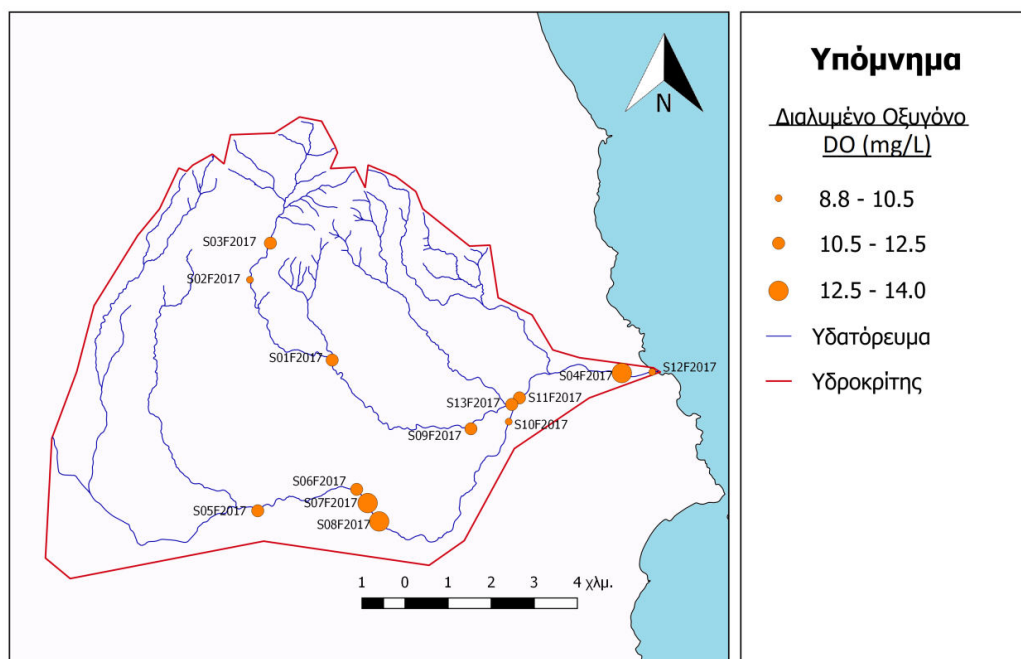
5.2.1 Διαλυμένο Οξυγόνο (DO)

Οι τιμές για το διαλυμένο οξυγόνο που προέκυψαν για την παρούσα εργασία κυμαίνονται από 8.82 mg/L έως 13.92 mg/L. Η χαμηλότερη τιμή εντοπίστηκε στο σημείο S12F2017 και η υψηλότερη στο σημείο S04F2017, ενώ η μέση τιμή υπολογίστηκε ίση με 11.18 mg/L, η οποία προέκυψε ως μέσος όρος και από τα δεκατρία δείγματα νερού. Η τιμή αυτή δεν διαφέρει από εκείνη που υπολογίστηκε στην εργασία του Πανώριου (2013) ίση με 11.03 mg/L. Οι τιμές για το διαλυμένο οξυγόνο των δειγμάτων της παρούσας μελέτης φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 5.2.

Ακόμα δημιουργήθηκε χάρτης που παρουσιάζει τις τιμές του διαλυμένου οξυγόνου για κάθε δείγμα στην περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας (Εικόνα 5.2).

Πίνακας 5.2: Πίνακας τιμών του διαλυμένου οξυγόνου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας

Κωδικός Δείγματος	Διαλυμένο Οξυγόνο DO (mg/L)
S01F2017	10,76
S02F2017	9,78
S03F2017	11,37
S04F2017	13,92
S05F2017	11,73
S06F2017	10,76
S07F2017	12,60
S08F2017	12,77
S09F2017	11,20
S10F2017	10,25
S11F2017	10,75
S12F2017	8,82
S13F2017	10,60
Μέση Τιμή	11,18



Εικόνα 5.2: Χάρτης απεικόνισης των τιμών του διαλυμένου οξυγόνου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας

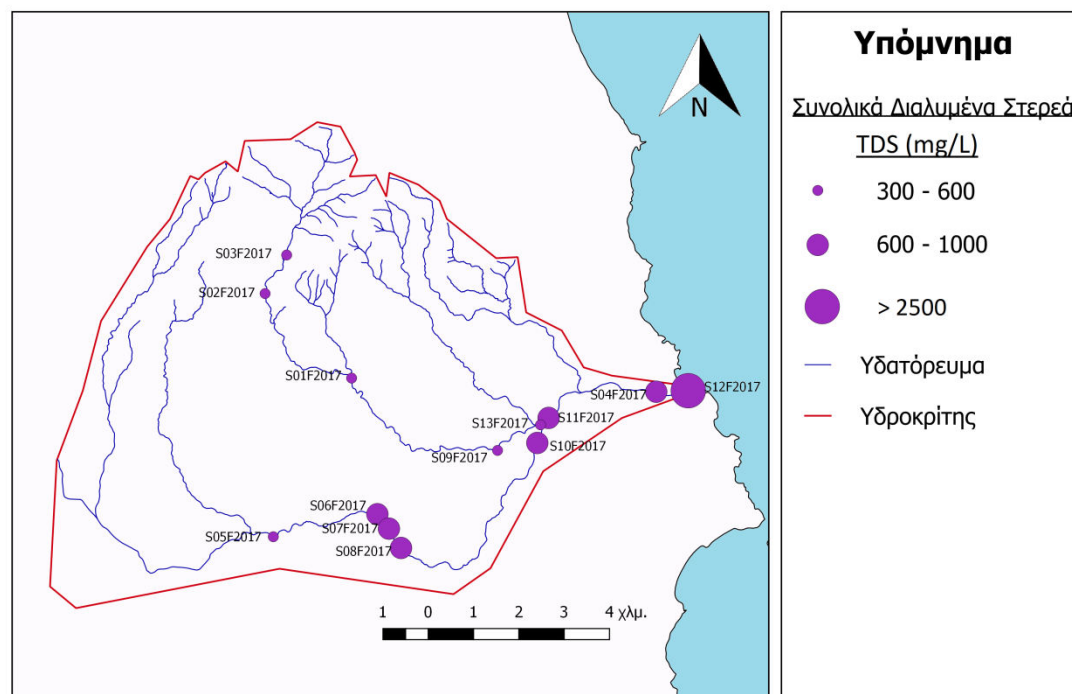
5.2.2 Συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Η χαμηλότερη τιμή των συνολικών διαλυμένων στερεών βρέθηκε στο σημείο S09F2017 ίση με 338.0 mg/L και η μεγαλύτερη στο σημείο S12F2017 ίση με 2983.5 mg/L. Όμως, το σημείο S12F2017 δεν λήφθηκε υπόψη στη μέση τιμή, λόγω της μεγάλης διαφοράς στην τιμή, η οποία οφείλεται στην θέση του σημείου στην εκβολή του ποταμού. Επομένως, ως μεγαλύτερη τιμή για τα συνολικά διαλυμένα στερεά ήταν στο σημείο S10F2017 με τιμή 780.0 mg/L. Η μέση τιμή, χωρίς το σημείο S12F2017, υπολογίστηκε 585.7mg/L. Ακόμα, η μέση τιμή που προέκυψε στην παρούσα εργασία διαφέρει αρκετά με αυτές από προηγούμενες εργασίες. Μεγαλύτερη διαφορά έχει με του Πανώριου (2013) και Κουρή (2011) οι οποίες ήταν 743.6 mg/L και 717.0 mg/L αντίστοιχα, ενώ μικρότερη ήταν η διαφορά με του Τσέρμου (2017) όπου η μέση τιμή ήταν 615.58 mg/L. Ο λόγος των διαφορών αυτών προέκυψε πιθανόν λόγω της περιεκτικότητας των υδάτων σε μαγνήσιο και ιόντων ασβεστίου. Στον Πίνακα 5.3 φαίνονται όλες τις τιμές για την παράμετρο της μέσης τιμής για την παρούσα εργασία, οι οποίες προέκυψαν από τις εργαστηριακές αναλύσεις.

Πίνακας 5.3: Πίνακας τιμών των συνολικών διαλυμένων στερεών για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Συνολικά Διαλυμένα Στερεά TDS (mg/L)
S01F2017	546,0
S02F2017	490,1
S03F2017	466,7
S04F2017	728,0
S05F2017	585,0
S06F2017	695,5
S07F2017	689,0
S08F2017	682,9
S09F2017	338,0
S10F2017	780,0
S11F2017	676,0
S12F2017	2983,5
S13F2017	351,0
Μέση Τιμή	585,68

Ακόμα, δημιουργήθηκε χάρτης που παρουσιάζει τις τιμές των συνολικών διαλυμένων στερεών για κάθε δείγμα στην περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας (Εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3: Χάρτης απεικόνισης των τιμών των συνολικών διαλυμένων στερεών για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας

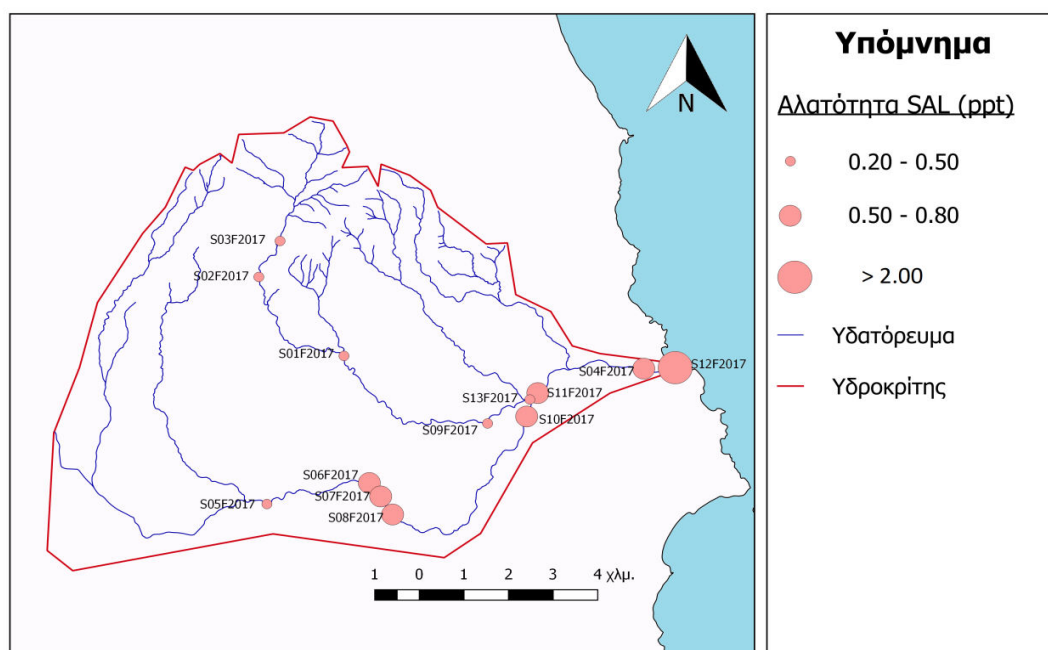
5.2.3 Αλατότητα (SAL)

Όπως προέκυψε από τους εργαστηριακούς προσδιορισμούς, η χαμηλότερη τιμή της αλατότητας εμφανίστηκε στο σημείο S09F2017 ίση με 0.25 ppt, ενώ η υψηλότερη στο σημείο S12F2017 ίση με 2.47 ppt, η οποία παρουσιάζει μεγάλο σφάλμα και δεν λαμβάνεται υπόψη. Έτσι, ως μεγαλύτερη τιμή λαμβάνεται η τιμή 0.60 ppt στο σημείο S10F2017. Ακόμα, υπολογίστηκε η μέση τιμή από τις δώδεκα τιμές και βρέθηκε 0.45 ppt. Συγκρίνοντας την μέση τιμή της αλατότητας της παρούσας εργασίας με παλαιότερων εργασιών, φαίνεται να διαφέρει λίγο με εκείνες των Κουρή (2011) και Πανώριου (2013) που ήταν 0.55 και 0.57 ppt αντίστοιχα, ενώ διαφέρει ελάχιστα με εκείνη που προέκυψε στην εργασία του Τσέρμου (2017) η οποία ήταν 0.48 ppt. Έτσι, δεν καταγράφηκε σημαντική διαφορά όσον αφορά τη συγκέντρωση στην παράμετρο της αλατότητας. Παρακάτω φαίνεται ο Πίνακας 5.4, όπου συγκεντρώνονται οι τιμές της αλατότητας για όλα τα σημεία δειγματοληψίας της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 5.4: Πίνακας τιμών της αλατότητας για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Αλατότητα SAL (ppt)
S01F2017	0,41
S02F2017	0,37
S03F2017	0,35
S04F2017	0,56
S05F2017	0,45
S06F2017	0,53
S07F2017	0,53
S08F2017	0,52
S09F2017	0,25
S10F2017	0,60
S11F2017	0,52
S12F2017	2,47
S13F2017	0,26
Μέση Τιμή	0,45

Ακόμα δημιουργήθηκε χάρτης που παρουσιάζει τις τιμές της αλατότητας για κάθε δείγμα στην περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας (Εικόνα 5.4).



Εικόνα 5.4: Χάρτης απεικόνισης των τιμών της αλατότητας για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας

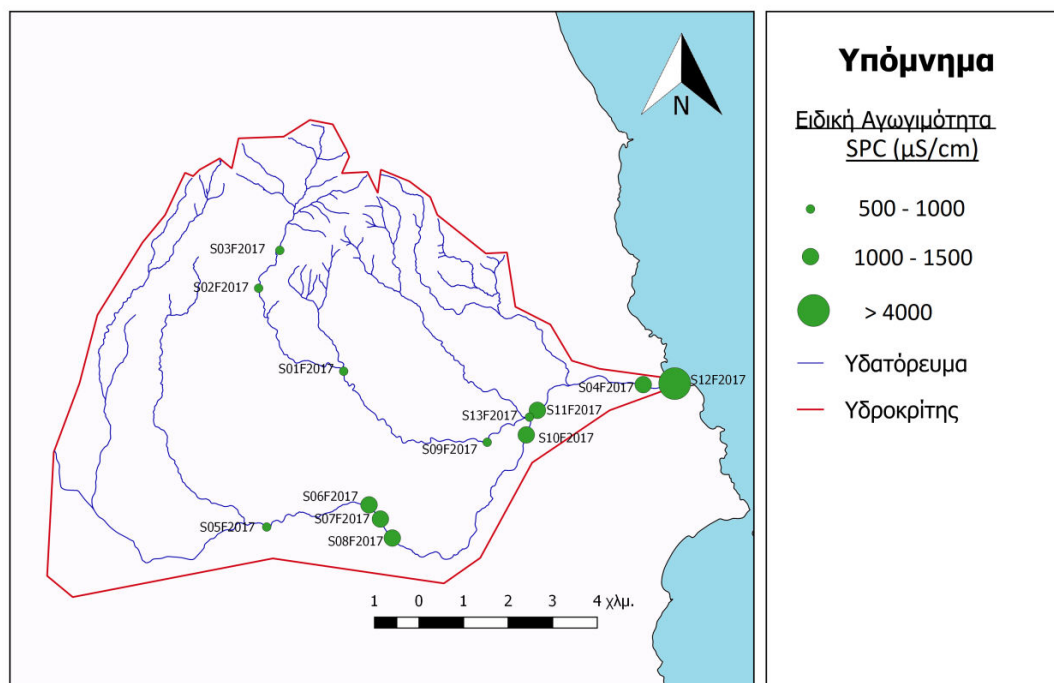
5.2.4 Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (SPC)

Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα παρουσίασε σημαντικές διακυμάνσεις στα διάφορα σημεία λήψης. Η μικρότερη τιμή βρέθηκε στο σημείο S09F2017 ίση με 521 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και η μεγαλύτερη στο σημείο S12F2017 ίση με 4578 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Παρόλα αυτά, το σημείο S12F2017 δεν λαμβάνεται υπόψη στα συμπεράσματα διότι βρίσκεται στις εκβολές του ρέματος και πολύ κοντά στην θάλασσα. Έτσι, λόγω της υψηλής τιμής της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας συμπεραίνεται ότι έχει γίνει ανάμειξη του νερού του δείγματος με το θαλασσινό νερό. Επομένως, η μεγαλύτερη τιμή για την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα σημειώθηκε στο σημείο S10F2017 ίση με 1203 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Τελικά, η μέση τιμή της ειδικής αγωγιμότητας για τις δώδεκα θέσεις δειγματοληψίας υπολογίστηκε ότι είναι 900.65 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Παρακάτω φαίνεται ο Πίνακας 5.5 με τις δεκατρείς τιμές για την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, όπως αυτές προέκυψαν από τις εργαστηριακές αναλύσεις.

Πίνακας 5.5: Πίνακας τιμών της ειδική ηλεκτρικής αγωγιμότητας για κάθε θέση λήψης στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Ειδική Αγωγιμότητα SPC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
S01F2017	835
S02F2017	753,2
S03F2017	718,6
S04F2017	1121
S05F2017	900
S06F2017	1067
S07F2017	1059
S08F2017	1048
S09F2017	521
S10F2017	1203
S11F2017	1042
S12F2017	4578
S13F2017	540
Μέση Τιμή	900,65

Ακόμα δημιουργήθηκε χάρτης που παρουσιάζει τις συγκεντρώσεις της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας για κάθε δείγμα στην περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας (Εικόνα 5.5).



Εικόνα 5.5: Χάρτης απεικόνισης των τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας για κάθε θέση λήψης στην περιοχή έρευνας

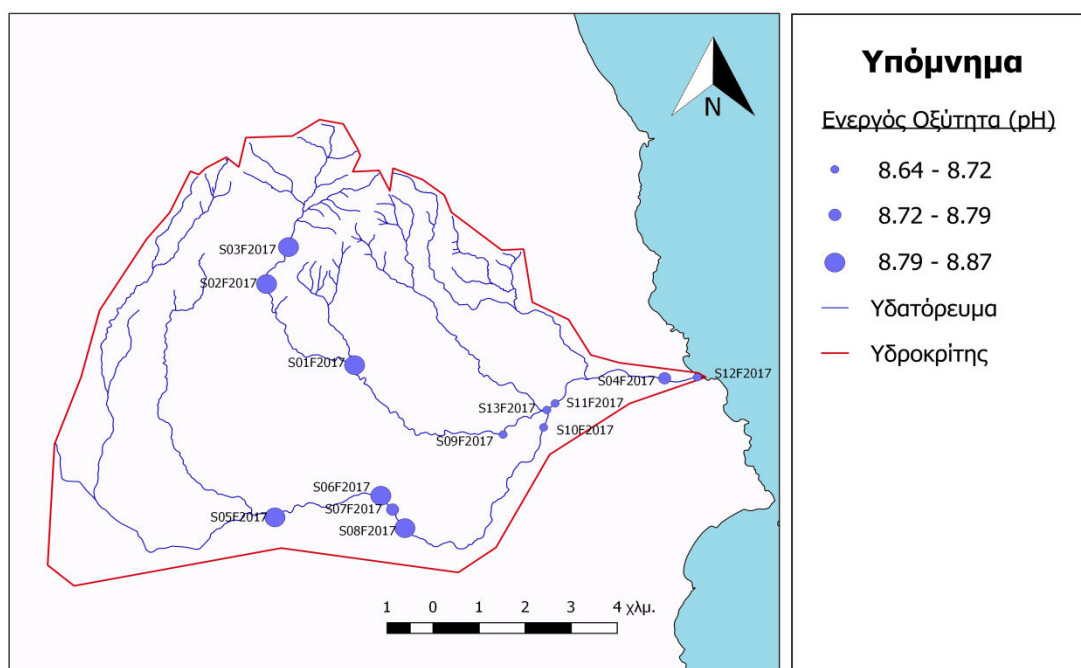
5.2.5 Ενεργός οξύτητα (pH)

Η μεγαλύτερη τιμή της ενεργού οξύτητας βρέθηκε στο σημείο S06F2017 ίση με 8.87, ενώ η μικρότερη στο σημείο S12F2017 ίση με 8.64. Στην περίπτωση της ενεργού οξύτητας δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ των δειγμάτων και έτσι για την μέση τιμή αξιοποιήθηκαν οι τιμές από όλα τα δείγματα και τελικά υπολογίσθηκε ίση με 8.76. Συγκρίνοντας ξανά την μέση τιμή της ενεργού οξύτητας με τις αντίστοιχες προηγούμενων ερευνών, φαίνεται να αποκλίνει ελάχιστα από του Κουρή (2011) που ήταν 8.81 και λίγο περισσότερο με εκείνες του Πανώριου (2013) και Τσέρμου (2017) που ήταν 8.94 και 8.10, αντίστοιχα. Τελικά, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στην παράμετρο της ενεργού οξύτητας στην περίοδο μεταξύ 2010 και 2017. Ο Πίνακας 5.6 με τις τιμές της ενεργού οξύτητας, όπως αυτές προέκυψαν από τις εργαστηριακές αναλύσεις για την παρούσα εργασία, παρουσιάζεται παρακάτω.

Πίνακας 5.6: Πίνακας τιμών των της ενεργού οξύτητας για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Ενεργός Οξύτητα pH
S01F2017	8,83
S02F2017	8,81
S03F2017	8,81
S04F2017	8,77
S05F2017	8,83
S06F2017	8,87
S07F2017	8,79
S08F2017	8,81
S09F2017	8,68
S10F2017	8,66
S11F2017	8,69
S12F2017	8,64
S13F2017	8,67
Μέση Τιμή	8,76

Ακόμα δημιουργήθηκε χάρτης που παρουσιάζει τις τιμές της ενεργού οξύτητας για κάθε δείγμα στην περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας (Εικόνα 5.6).



Εικόνα 5.6: Χάρτης απεικόνισης των τιμών της ενεργού οξύτητας για κάθε θέση λήψης στην περιοχή έρευνας

5.2.6 Χλώριο (Cl⁻)

Η μεγαλύτερη τιμή για το χλώριο ήταν στη θέση S12F2017, ίση με 307 mg/L. Η τιμή αυτή προέκυψε μετά από αραιώση του δείγματος με προσθήκη 6 mL υπερκάθαρου νερού, λόγω του ότι βρίσκεται αρκετά κοντά στη θάλασσα και στο δείγμα περιέχονται θαλάσσια στοιχεία. Παρόλα αυτά, και πάλι το αποτέλεσμα για το χλώριο στο σημείο αυτό είναι αρκετά μεγαλύτερο από τα υπόλοιπα και δεν λήφθηκε υπόψη, διότι έτσι θα εισερχόταν μεγάλο σφάλμα στη μέση τιμή. Έτσι, ως μεγαλύτερη τιμή λήφθηκε για το σημείο S10F2017 ίση με 127 mg/L και η μικρότερη τιμή για το χλώριο βρέθηκε στη θέση λήψης S09F2017 ίση με 38 mg/L. Η μέση τιμή όπως προέκυψε από τα δώδεκα σημεία δειγματοληψίας ήταν 87.41 mg/L. Η μέση τιμή που υπολογίστηκε διαφέρει αρκετά από αυτές που προέκυψαν σε προηγούμενες εργασίες, στις οποίες ήταν 116, 110.5 και 107.2 mg/L των Κουρή (2011), Πανώριου (2013) και Τσέρμου (2017). Παρακάτω φαίνεται ο Πίνακας 5.7 με τις τιμές του χλωρίου για την παρούσα εργασία.

Πίνακας 5.7: Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων του χλωρίου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Χλώριο (mg/L)
<i>Detection Limit</i>	<i>1</i>
S01F2017	75
S02F2017	62
S03F2017	67
S04F2017	112
S05F2017	79
S06F2017	115
S07F2017	115
S08F2017	111
S09F2017	38
S10F2017	127
S11F2017	105
S12F2017 (X4)	307
S13F2017	41
Μέση Τιμή	87,41

5.2.7 Φθόριο (F)

Αρχικά, σημειώνεται ότι για την τιμή του φθορίου το κατώτατο όριο το οποίο υπολογίζει η συσκευή ιοντικής χρωματογραφίας είναι 0.05 mg/L. Στα δείγματα εκείνα όπου η τιμή είναι κάτω από το όριο εμφανίζεται η ένδειξη bdl και στη συγκεκριμένη περίπτωση εμφανίζεται μόνο στο σημείο S11F2017, το οποίο λαμβάνεται ως μηδέν. Οι τιμές του φθορίου, όπως αυτές προέκυψαν μετά από τις εργαστηριακές αναλύσεις, κυμαίνονται από 0.06 μέχρι 0.31 mg/L, στα σημεία S12F2017 και S10F2017 αντίστοιχα, ενώ η μέση τιμή υπολογίσθηκε ίση με 0.12 mg/L. Τέλος, σε σύγκριση της μέσης τιμής της παρούσας εργασίας με εκείνη του Κουρή (2011) η οποία ήταν 0.22 mg/L, φαίνεται μια μικρή απόκλιση. Οι τιμές του φθορίου για τα δείγματα της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 5.8.

Πίνακας 5.8: Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων του φθορίου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Φθόριο (mg/L)
<i>Detection Limit</i>	<i>0,05</i>
S01F2017	0,11
S02F2017	0,09
S03F2017	0,11
S04F2017	0,19
S05F2017	0,13
S06F2017	0,15
S07F2017	0,21
S08F2017	0,10
S09F2017	0,07
S10F2017	0,31
S11F2017	bdl
S12F2017 (X4)	0,06
S13F2017	0,09
Μέση Τιμή	0,12

5.2.8 Νιτρικά (NO₃)

Σημειώνεται πάλι ότι το κατώτατο όριο για την τιμή των νιτρικών, το οποίο υπολογίζει η συσκευή ιοντικής χρωματογραφίας, είναι 0.5 mg/L και τα δείγματα τα οποία έχουν τιμή χαμηλότερη από το όριο αυτό εμφανίζουν την ένδειξη bdl. Η ένδειξη αυτή εντοπίστηκε στα τρία πρώτα σημεία της μελέτης, δηλαδή στα S01F2017, S02F2017 και S03F2017. Όσον αφορά τα υπόλοιπα σημεία, η μικρότερη τιμή βρέθηκε στο σημείο S12F2017 ίση με 5.4 mg/L και η μεγαλύτερη στο σημείο S06F2017 ίση με 27.6 mg/L. Παρατηρούμε σημαντική διασπορά των δειγμάτων και η μέση τιμή προέκυψε ίση με 11.7 mg/L, η οποία και παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από τις αντίστοιχες προηγούμενων εργασιών. Του Κουρή (2011) η μέση τιμή των νιτρικών ήταν 18.5 mg/L, του Πανώριου (2013) ήταν 21.9 mg/L και του Τσέρμου (2017) ήταν 22.1 mg/L. Οι τιμές των νιτρικών που προσδιορίστηκαν αντανακλούν πιθανή υποβάθμιση του νερού του υδατορεύματος λόγω απόθεσης λυμάτων, η οποία αποδίδεται σε αγροτικές δραστηριότητες. Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας τιμών για τα νιτρικά των δειγμάτων της παρούσας μελέτης (Πίνακας 5.9).

Πίνακας 5.9: Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων των νιτρικών για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Νιτρικά (mg/L)
<i>Detection Limit</i>	0,5
S01F2017	bdl
S02F2017	bdl
S03F2017	bdl
S04F2017	10,2
S05F2017	26,9
S06F2017	27,6
S07F2017	26,5
S08F2017	23,9
S09F2017	5,8
S10F2017	10,9
S11F2017	9,1
S12F2017 (X4)	5,4
S13F2017	5,7
Μέση Τιμή	11,70

5.2.9 Θεϊκά (SO_4^{2-})

Η τιμή των θεϊκών στην συγκεκριμένη μελέτη κυμαίνεται από 33 έως 89 mg/L και εντοπίζονται στα σημεία S03F2017 και S10F2017 αντίστοιχα. Η μέση τιμή υπολογίσθηκε ίση με 57.99 mg/L, η οποία παρουσιάζει κάποιες διαφορές με παλαιότερων εργασιών. Στην εργασία του Κουρή (2011) η μέση τιμή βρέθηκε ίση με 77 mg/L, του Πανώριου (2013) ίση με 67.6 mg/L και του Τσέρμου (2017) ίση με 65.2 mg/L. Η μείωση αυτή της τάξης των 10-20 mg/L που παρατηρήθηκε, πιθανόν οφείλεται στην συνεχή αύξηση της χρήσης διαφόρων λιπασμάτων και εδαφοβελτιωτικών ($CaSO_4$) στην περιοχή μελέτης. Οι τιμές για τα δείγματα της παρούσας εργασίας φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 5.10.

Πίνακας 5.10: Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων των θεϊκών για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Θεϊκά (mg/L)
<i>Detection Limit</i>	<i>1</i>
S01F2017	37
S02F2017	34
S03F2017	33
S04F2017	79
S05F2017	62
S06F2017	75
S07F2017	72
S08F2017	62
S09F2017	33
S10F2017	89
S11F2017	76
S12F2017 (X4)	53
S13F2017	51
Μέση Τιμή	58

5.2.10 Νάτριο (Na⁺)

Η μικρότερη τιμή για το νάτριο που βρέθηκε στα δείγματα νερού, μετά από τις εργαστηριακές αναλύσεις, ήταν στο σημείο S09F2017 ίση με 16.97 mg/L, ενώ η μεγαλύτερη τιμή ήταν 130.44 mg/L στο σημείο S12F2017. Όμως, στο σημείο αυτό παρατηρούμε μεγάλες διαφορές σε σχέση με τις συγκεντρώσεις νατρίου που βρέθηκαν σε όλα τα υπόλοιπα δείγματα και επομένως δε συμπεριλήφθη στους περαιτέρω υπολογισμούς. Ως μεγαλύτερη τιμή, τελικά, σημειώθηκε στο σημείο S10F2017 ίση με 72.51 mg/L. Η μέση τιμή υπολογίστηκε από τα δώδεκα δείγματα ίση με 43.62 mg/L και σε σύγκριση με τις αντίστοιχες του Κουρή (2011), Πανώριου (2013) και Τσέρμου (2017) που ήταν 76.4 mg/L, 84.4 mg/L και 63.3 mg/L, αντίστοιχα, βλέπουμε σημαντική μείωση, σχεδόν η μισή στην περίπτωση του 2013. Παρακάτω παρουσιάζεται ο αντίστοιχος Πίνακας 5.11 με τις τιμές για το νάτριο.

Πίνακας 5.11: Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων του νατρίου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Νάτριο (mg/L)
<i>Detection Limit</i>	<i>0,05</i>
S01F2017	27,04
S02F2017	31,00
S03F2017	45,00
S04F2017	67,00
S05F2017	48,00
S06F2017	61,50
S07F2017	59,80
S08F2017	60,40
S09F2017	16,97
S10F2017	72,51
S11F2017	58,84
S12F2017 (X4)	130,44
S13F2017	18,94
Μέση Τιμή	43,62

5.2.11 Κάλιο (K⁺)

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις του καλίου που προέκυψαν μετά από τις εργαστηριακές αναλύσεις, για το σημείο S11F2017 δεν μπόρεσε να δοθεί αποτέλεσμα καθώς ήταν κάτω από το ελάχιστο όριο 0.05 mg/L, στο οποίο εμφανίζεται η ένδειξη bdl και πήρε την τιμή μηδέν. Η μικρότερη τιμή, λοιπόν, για το κάλιο βρέθηκε στη θέση S01F2017 ίση με 0.15 mg/L και η μεγαλύτερη, εξαιρώντας πάλι το σημείο S12F2017 που έδωσε αρκετά μεγαλύτερη τιμή, ήταν τελικά στο σημείο S07F2017 ίση με 1.46 mg/L. Επομένως, η μέση τιμή για το κάλιο, από τα δώδεκα δείγματα νερού, υπολογίσθηκε στα 0.58 mg/L. Η τιμή αυτή δεν διαφέρει σημαντικά από την αντίστοιχη του Τσέρμου, 2016, που ήταν 1.02 mg/L, ενώ μεγαλύτερη είναι η διαφορά με του Κουρή και Πανώριου, 2010 και 2011, 1.91 mg/L και 2.05 mg/L αντίστοιχα. Παρόλα αυτά δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά των συγκεντρώσεων του καλίου σε σχέση με τις προηγούμενες χρονιές. Ο Πίνακας 5.12 που φαίνεται παρακάτω δείχνει τις συγκεντρώσεις του καλίου για όλα τα δείγματα της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 5.12: Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων του καλίου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Κάλιο (mg/L)
<i>Detection Limit</i>	<i>0,05</i>
S01F2017	0,15
S02F2017	0,15
S03F2017	0,19
S04F2017	1,29
S05F2017	0,49
S06F2017	1,19
S07F2017	1,46
S08F2017	0,82
S09F2017	0,38
S10F2017	0,25
S11F2017	bdl
S12F2017 (X4)	3,51
S13F2017	0,64
Μέση Τιμή	0,58

5.2.12 Ασβέστιο (Ca²⁺)

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τις συγκεντρώσεις του ασβεστίου στα σημεία δειγματοληψίας προέκυψε ότι οι τιμές κυμαίνονται από 1.02 έως 13.64 mg/L, όπου η χαμηλότερη και υψηλότερη τιμή ήταν στις θέσεις S12F2017 και S13F2017 αντίστοιχα. Η μέση τιμή υπολογίσθηκε 7.28 mg/L. Στην περίπτωση του ασβεστίου παρατηρήθηκε πολύ μεγάλη διαφορά με εκείνες αντίστοιχων παλαιότερων μελετών. Στην εργασία του Κουρή (2011) η μέση τιμή ήταν 80.02 mg/L, του Πανώριου (2013) ήταν 73.7 mg/L και του Τσέρμου (2017) ήταν ίση με 61.8 mg/L. Παρακάτω παρουσιάζεται ο σχετικός Πίνακας 5.13 με τις τιμές για το ασβέστιο, όπως αυτές προέκυψαν έπειτα από τις εργαστηριακές αναλύσεις.

Πίνακας 5.13: Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων του ασβεστίου για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Ασβέστιο (mg/L)
<i>Detection Limit</i>	<i>0,05</i>
S01F2017	3,09
S02F2017	6,41
S03F2017	12,15
S04F2017	1,68
S05F2017	12,95
S06F2017	1,92
S07F2017	1,94
S08F2017	10,70
S09F2017	11,05
S10F2017	10,12
S11F2017	7,97
S12F2017 (X4)	1,02
S13F2017	13,64
Μέση Τιμή	7,28

5.2.13 Όξινα ανθρακικά (HCO_3^-)

Η μικρότερη τιμή για τα όξινα ανθρακικά βρέθηκε στο δείγμα του σημείου S09F2017 με τιμή 120 mg/L, ενώ η μεγαλύτερη στο σημείο S12F2017 με τιμή 250 mg/L. Η μέση τιμή υπολογίσθηκε ίση με 183.15 mg/L. Σε σύγκριση της μέσης τιμής, που βρέθηκε στην παρούσα μελέτη, με εκείνες από παλαιότερες εργασίες παρατηρήθηκε μεγάλη διαφορά από του Κουρή (2011) που ήταν 290 mg/L και του Πανώριου (2013) η οποία ήταν 303.2 mg/L και τέλος μικρότερη διαφορά από του Τσέρμου (2017) ίση με 216.77 mg/L. Παρακάτω φαίνεται ο σχετικός Πίνακας 5.14 με τις συγκεντρώσεις των όξινων ανθρακικών.

Πίνακας 5.14: Πίνακας τιμών των συγκεντρώσεων των όξινων ανθρακικών για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

Κωδικός Δείγματος	Όξινα Ανθρακικά (mg/L)
S01F2017	191
S02F2017	163
S03F2017	141
S04F2017	236
S05F2017	191
S06F2017	195
S07F2017	196
S08F2017	186
S09F2017	120
S10F2017	209
S11F2017	163
S12F2017 (X4)	250
S13F2017	140
Μέση Τιμή	183,15

Τέλος, για όλες τις παραπάνω παραμέτρους υπολογίσθηκε η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ των τιμών της παρούσας εργασίας, Φεβρουάριος 2017, με εκείνες του Κουρή (2011), του Πανώριου (2013) και του Τσέρμου (2017). Παρακάτω παρουσιάζεται ο Πίνακας 5.15 με τις μεταβολές των μέσων τιμών των συγκεντρώσεων των κύριων ιόντων και των φυσικοχημικών παραμέτρων.

Πίνακας 5.15: Ποσοστιαία μεταβολή μέσων τιμών των συγκεντρώσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων και των κύριων ιόντων του έτους 2017 με εκείνες των ετών 2016, 2011 και 2010.

Χημικές Παράμετροι	Μέση τιμή (2017)	Μέση τιμή (2016)	Μέση τιμή (2011)	Μέση τιμή (2010)	Διαφορά ετών 2017- 2016	Διαφορά ετών 2017- 2011	Διαφορά ετών 2017- 2010
Ειδική Αγωγιμότητα SPC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	901	960	1139	1100	-6,2	-20,9	-18,1
Συνολικά Διαλυμένα Στερεά TDS (mg/L)	586	616	744	717	-4,9	-21,3	-18,3
Αλατότητα SAL (ppt)	0,45	0,48	0,57	0,55	-7,1	-21,8	-18,9
Ενεργός Οξύτητα pH	8,76	8,10	8,94	8,81	8,1	-2,0	-0,6
Χλώριο (Cl) (mg/L)	87,4	107,2	110,0	116,0	-18,5	-20,5	-24,6
Νιτρικά (NO) mg/L)	11,7	22,1	20,4	20,3	-47,1	-42,6	-42,4
Θειικά (SO) (mg/L)	58,0	65,2	67,6	77,0	-11,1	-14,2	-24,7
Όξινα ανθρακικά (HCO) (mg/L)	183	217	303	294	-15,5	-39,6	-37,7
Νάτριο (Na) (mg/L)	43,6	63,3	84,4	76,4	-31,1	-48,3	-42,9
Κάλιο (K) (mg/L)	0,58	1,02	2,05	1,91	-42,7	-71,5	-69,4
Ασβέστιο (Ca) (mg/L)	7,3	61,8	73,7	80,2	-88,2	-90,1	-90,9

5.3 Καταλληλότητα του νερού για αρδευτική χρήση

Με τη πάροδο των χρόνων χρησιμοποιήθηκαν διάφορες μέθοδοι ποιοτικής κατάταξης του αρδευτικού νερού. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνταν μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '50 βασίζονταν στο ποσοστό του νατρίου και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (Van Schilfgaarde 1974, Christiancen κ.ά. 1977, Ayers 1977, Maas και Hofman 1977).

Όμως, το Εργαστήριο Αλατότητας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (U.S.D.A., 1954) παρουσίασε ένα ευρύτερα αποδεκτό σύστημα κατάταξης των νερών με βάση την περιεκτικότητά τους σε άλατα και νάτριο. Όμως, στην παρούσα διπλωματική εργασία, η ποιοτική κατάταξη των δειγμάτων του νερού πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το σύστημα των Ayers και Westcot (1985) που έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων (FAO), το οποίο ερμηνεύει τους εργαστηριακούς προσδιορισμούς που προέκυψαν σε σχέση με τα εξής τέσσερα γενικά προβλήματα που αφορούν την ποιότητα του εδάφους και την ανάπτυξη των φυτών (Τσακίρης, 2006):

1. Την αλατότητα του εδάφους
2. Τη διηθητικότητα ή διαπερατότητα του εδάφους
3. Την τοξικότητα ορισμένων ιόντων στα φυτά
4. Ειδικά προβλήματα σε σχέση με την ανάπτυξη των φυτών

5.3.1 Ποιοτική κατάταξη του νερού σύμφωνα με το Εργαστήριο Αλατότητας της Αμερικής (U.S.S.L.)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το σύστημα κατάταξης των νερών για αρδευτική χρήση του Εργαστηρίου Αλατότητας της Αμερικής (U.S.Salinity Laboratory), στηρίχτηκε στην περιεκτικότητα τους σε άλατα και νάτριο. Το σύστημα αυτό στηρίζεται στον προσδιορισμό της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε $\mu\text{mhos/cm}$ και την περιεκτικότητα του νερού σε Na, Ca και Mg σε me/L και στον υπολογισμό της αναλογίας προσροφημένου νατρίου, SAR. Ο δείκτης προσροφημένου νατρίου, SAR, προσδιορίζεται από την Σχέση 5.1 (Τσακίρης, 2006):

$$SAR\left(\frac{\text{meq}}{\text{L}}\right) = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2}} \quad (5.1)$$

Με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα, EC_w , και του προσροφημένου νατρίου, SAR, το νερό μπορεί να καταταγεί σε μια από τις τέσσερις κατηγορίες αγωγιμότητας που λέγονται και περιπτώσεις κινδύνου αλάτωσης (salinity hazard) και σε μια από τις τέσσερις κατηγορίες νατρίου που λέγονται και περιπτώσεις κινδύνου νατρίου ή αλκαλίωσης (sodium hazard). Οι κατηγορίες αυτές φαίνονται παρακάτω (Τσακίρης, 2006):

1. Κατηγορίες αγωγιμότητας ή κινδύνου αλάτωσης

- ✓ C₁ νερό χαμηλής αλατότητας με μικρό κίνδυνο αλάτωσης
 $EC_w < 250 \mu\text{S/cm}$
- ✓ C₂ νερό μέσης αλατότητας με μέσο κίνδυνο αλάτωσης
 $250 < EC_w < 750 \mu\text{S/cm}$
- ✓ C₃ νερό υψηλής αλατότητας με μεγάλο κίνδυνο αλάτωσης
 $750 < EC_w < 2250 \mu\text{S/cm}$
- ✓ C₄ νερό πολύ υψηλής αλατότητας με πολύ μεγάλο κίνδυνο αλάτωσης
 $EC_w > 2250 \mu\text{S/cm}$

Τα νερά της κατηγορίας C₂ και C₃ μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά, με την προϋπόθεση της εφαρμογής εκπλύσεων που είναι μεγαλύτερη σε πιο αλατούχα νερά, την καλή στράγγιση των εδαφών και τη χρησιμοποίηση φυτών από μέτριας ανθεκτικότητας μέχρι και ανθεκτικών σε άλατα.

2. Κατηγορίες νατρίου ή κινδύνου αλκαλίωσης

- ✓ S₁ νερό χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο με μικρό κίνδυνο αλκαλίωσης

$$\text{SAR} < 10$$

- ✓ S₂ νερό μέσης περιεκτικότητας σε νάτριο με μέσο κίνδυνο αλκαλίωσης

$$10 < \text{SAR} < 18$$

- ✓ S₃ νερό υψηλής περιεκτικότητας σε νάτριο με μεγάλο κίνδυνο αλκαλίωσης

$$18 < \text{SAR} < 26$$

- ✓ S₄ νερό πολύ υψηλής περιεκτικότητας σε νάτριο με πολύ μεγάλο κίνδυνο αλκαλίωσης

$$\text{SAR} > 26$$

Στην παρούσα εργασία, κατά τις εργαστηριακές αναλύσεις, υπολογίσθηκαν οι συγκεντρώσεις του νατρίου και του ασβεστίου, αλλά όχι εκείνες του μαγνησίου. Το γεγονός αυτό εμποδίζει τον υπολογισμό του δείκτη προσροφημένου νατρίου, SAR. Επομένως, δεν μπορεί να γίνει η κατηγοριοποίηση των δειγμάτων ως προς τον κίνδυνο αλκαλίωσης. Έτσι, δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί ποιοτική κατάταξη του νερού του υδατορεύματος της Ραφήνας, σύμφωνα με το Εργαστήριο Αλατότητας της Αμερικής (U.S.S.L.)

5.3.2 Κατάταξη δειγμάτων νερού ως προς την ποιότητά τους και ως προς τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων κατά Ayers και Westcot (1985)

Οι Ayers και Westcot (1985) στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων (FAO), ανέπτυξαν το πιο πρόσφατο και ευρύτατα χρησιμοποιούμενο σύστημα ποιοτικής κατάταξης του αρδευτικού νερού. Το σύστημα αυτό βασίζεται στον έλεγχο του νερού ως προς τον κίνδυνο εμφάνισης μίας από τις τέσσερις ομάδες πιθανών προβλημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω, της αλατότητας, διηθητικότητας, τοξικότητας και ειδικών προβλημάτων, με τις τιμές των αντίστοιχων μετρημένων συγκεντρώσεων και παραμέτρων του νερού. Για κάθε

ομάδα πιθανών προβλημάτων περιλαμβάνει τρεις διαβαθμίσεις του κινδύνου να δημιουργηθούν προβλήματα. Οι διαβαθμίσεις αυτές είναι (Τσακίρης, 2006):

1. Καλή ποιότητα – χωρίς προβλήματα
2. Αύξηση του κινδύνου προβλημάτων από τη συνεχή χρήση του νερού
3. Ακατάλληλη ποιότητα – σοβαρά προβλήματα

Στην πρώτη κατηγορία << Καλή ποιότητα – χωρίς προβλήματα >> περιλαμβάνεται το νερό που οι ποιοτικές παράμετροι έχουν τιμές μικρότερες από αυτές που δίνονται στον Πίνακα 5.3 και η χρήση του νερού αυτού δεν δημιουργεί κινδύνους για προβλήματα στο έδαφος και τα φυτά. Αντίθετα, στην Τρίτη κατηγορία <<Ακατάλληλη ποιότητα – σοβαρά προβλήματα >> η χρήση του νερού με αυτά τα χαρακτηριστικά επιφέρει σοβαρά προβλήματα στο έδαφος και τις καλλιέργειες. Στον παρακάτω Πίνακα 5.16 δίνεται η κατάταξη των νερών για άρδευση ως προς την ποιότητα για κάθε μια ποιοτική παράμετρο, σύμφωνα με τους Ayers και Westcot (1985).

Πίνακας 5.16: Κατάταξη του αρδευτικού νερού ως προς την ποιότητά του και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων (Ayers και Westcot, 1985)

Potential irrigation problems	Units	None	Degree of restriction slight-moderate	Severe
Salinity				
EC _w ¹	dS m ⁻¹	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TDS	mg L ⁻¹	<450	450-2000	>2000
Infiltration				
SAR ₂ = 0-3 and EC _w		>0.7	0.7-0.2	>.2
3-6		>1.2	1.2-0.3	>0.3
6-2		>1.9	1.9-0.5	>0.5
12-20		>2.9	2.9-1.3	>1.3
20-40		>5.0	5.0-2.9	>2.9
Specific ion toxicity				
Sodium (Na)	SAR	<3	3-9	>9
Chloride (Cl)	me L ⁻¹	<4	4-10	>10
Boron (B)	mg L ⁻¹	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Miscellaneous effects				
Nitrogen (NO ₃ -N) ³	mg L ⁻¹	<5	5-30	>30
Bocarbonate (HCO ₃)	me L ⁻¹	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH		Normal range = 6.5-8.4		

5.3.2.1 Έλεγχος κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας

Το πρόβλημα της αλατότητας παρουσιάζεται όταν τα άλατα που συσσωρεύονται στη ζώνη των ριζών προκαλούν μείωση της απόδοσης των φυτών. Η συσσώρευση των αλάτων στο ριζόστρωμα των αρδευόμενων εκτάσεων μπορεί να προέλθει είτε από αλατούχο υψηλής στάθμης υπόγειο νερό είτε από τα άλατα του εφαρμοζόμενου νερού, το οποίο και μας ενδιαφέρει στην συγκεκριμένη μελέτη. Η μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών επέρχεται όταν τα φυτά χάσουν την ικανότητα απορρόφησης ικανοποιητικών ποσοτήτων νερού από το αλατούχο εδαφικό διάλυμα. Τα άλατα που προκαλούν τα προβλήματα αλατότητας είναι ευδιάλυτα και κινούνται γρήγορα με το νερό. Η έκπλυση είναι το κλειδί που ρυθμίζει το πρόβλημα της αλατότητας. Σε μία χρονική περίοδο, τα άλατα που απομακρύνονται με την έκπλυση πρέπει να είναι περισσότερα ή ίσα με εκείνα που προστίθενται με το νερό εφαρμογής (Τσακίρης, 2006).

Η πρώτη ομάδα πιθανών προβλημάτων είναι η δημιουργία προβλημάτων αλατότητας και για την κατηγοριοποίηση των δειγμάτων νερού χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές για την ηλεκτρική αγωγιμότητα, EC_w , που προέκυψαν για κάθε σημείο δειγματοληψίας. Παρακάτω φαίνεται ο Πίνακας 5.17 με τις τρεις κατηγορίες των δειγμάτων ως προς την ποιότητα και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας.

Πίνακας 5.17: Κατάταξη του αρδευτικού νερού ως προς την ποιότητά του και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας (Ayers και Westcot, 1985)

Αλατότητα	Καλή ποιότητα (1)	Αυξανόμενα Προβλήματα (2)	Ακατάλληλη ποιότητα (3)
EC_w (mmhos/cm)	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
TDS mg/L	< 450	450 – 2000	> 2000

Επομένως, συγκρίθηκαν οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που βρέθηκαν στην παρούσα εργασία με τις δοσμένες του προηγούμενου πινάκα και ταξινομήθηκαν τα δείγματα στην αντίστοιχη κατηγορία, όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 5.18.

Πίνακας 5.18: Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας

Κωδικός Δείγματος	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα EC (μS/cm)	Κατηγορία ποιότητας νερού και κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας
S01F2017	533	1
S02F2017	488	1
S03F2017	473	1
S04F2017	742	2
S05F2017	621	1
S06F2017	758	2
S07F2017	728	2
S08F2017	726	2
S09F2017	372	1
S10F2017	876	2
S11F2017	737	2
S12F2017 (X4)	3350	3
S13F2017	371	1

Ο παραπάνω πίνακας κάνει φανερό ότι η πλειοψηφία των δειγμάτων νερού ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία που αφορά νερά των οποίων η συνεχής χρήση τους μπορεί να προκαλέσει αυξανόμενα προβλήματα αλατότητας. Μόνο δύο δείγματα νερού, τα S09F2017 και S13F2017, ανήκουν στην πρώτη κατηγορία νερών καλής ποιότητας, χωρίς προβλήματα, η χρήση των οποίων δεν επιφέρει ζημιές στο έδαφος και τα φυτά. Τέλος, το σημείο S12F2017 ταξινομήθηκε στην τρίτη κατηγορία νερών ακατάλληλης ποιότητας, όπου η χρήση τους δημιουργεί σημαντικά προβλήματα και δεν προβλέπεται για συνεχόμενη χρήση. Το γεγονός ότι το σημείο αυτό βρίσκεται αρκετά κοντά στη θάλασσα και τα νερά της θάλασσας έρχονται σε επαφή με αυτά του υδατορεύματος, εξηγεί την αυξημένη τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και των συνολικών διαλυμένων στερεών και συνεπώς της αλατότητας. Παρόλα αυτά, το σημείο S12F2017, λόγω της θέσης του στην εκβολή του υδατορεύματος, δεν επηρεάζει τα εδάφη της περιοχής.

5.3.2.2 Έλεγχος κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων διηθητικότητας

Τα προβλήματα διηθητικότητας εμφανίζονται όταν η φυσική διηθητικότητα του νερού εφαρμογής ή της βροχής μειώνεται αρκετά και το νερό παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους για αρκετό χρονικό διάστημα ή η διήθηση γίνεται πιο αργά. Οι δύο πιο βασικοί παράγοντες της ποιότητας του νερού που επηρεάζουν τη διηθητικότητα είναι η αλατότητα και η αναλογία του νατρίου προς το άθροισμα ασβεστίου και μαγνησίου. Η υψηλή αλατότητα του νερού αυξάνει την διηθητικότητα, ενώ η χαμηλή αλατότητα ή η υψηλή αναλογία νατρίου μειώνει τελικά την διηθητικότητα (Τσακίρης, 2006).

Η δεύτερη ομάδα πιθανών προβλημάτων είναι η δημιουργία προβλημάτων διηθητικότητας και τα κριτήρια ποιότητας του νερού ως προς τη διηθητικότητα βασίζονται στις εκτιμήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, EC_w , του κάθε δείγματος και του δείκτη προσροφημένου νατρίου, SAR. Όμως, κατά τις εργαστηριακές αναλύσεις, υπολογίσθηκαν οι συγκεντρώσεις του νατρίου και του ασβεστίου, αλλά όχι εκείνες του μαγνησίου. Το γεγονός αυτό εμποδίζει τον υπολογισμό του δείκτη προσροφημένου νατρίου, SAR. Επομένως, δεν μπορεί να γίνει η κατηγοριοποίηση των δειγμάτων νερού ως προς τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων διηθητικότητας και έτσι δεν θα συνυπολογισθεί στην τελική κατάταξη των δειγμάτων νερού ως προς την ποιότητά τους και ως προς τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων κατά Ayers και Westcot (1985).

5.3.2.3 Έλεγχος κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας

Τα προβλήματα τοξικότητας παρουσιάζονται όταν κάποια ιόντα του εδάφους ή του νερού προσλαμβάνονται από τα φυτά συσσωρεύονται σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλώντας βλάβες ή μείωση των αποδόσεων τους. Τα ιόντα που προκαλούν τοξικά προβλήματα είναι εκείνα του χλωρίου, του νατρίου και του βορίου. Ακόμα, βλάβες προκαλούνται όταν τα τοξικά ιόντα προσροφώνται σε σημαντικές ποσότητες από τις ρίζες και κατά τη μεταφορά τους συσσωρεύονται στα φύλλα με τη διαπνοή. Τοξικότητα μπορεί να προκληθεί και από την προσρόφιση των τοξικών ιόντων από τα φύλλα κατά τη διαβροχή τους με το νερό από τους εκτοξευτήρες. Το νάτριο και το χλώριο είναι από τα κυριότερα ιόντα που προσροφώνται από τα φύλλα (Τσακίρης, 2006).

Επομένως, στην τρίτη ομάδα προβλημάτων τοξικότητας, η κατηγοριοποίηση των δειγμάτων νερού, γίνεται βάσει των συγκεντρώσεων του νατρίου και του χλωρίου. Τα δείγματα, λοιπόν, κατηγοριοποιούνται σε δύο επιμέρους ομάδες, σε αυτή του κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το νάτριο και αυτή του κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το χλώριο.

Στον επόμενο Πίνακα 5.19 φαίνεται η κατηγοριοποίηση των δειγμάτων νερού της συγκεκριμένης εργασίας ως προς την τοξικότητα εξαιτίας του νατρίου και του χλωρίου, αντίστοιχα.

Πίνακας 5.19: Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το νάτριο και το χλώριο.

Κωδικός Δείγματος	Νάτριο Na ⁺ (meq/L)	Κατηγορία ποιότητας νερού και κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το νάτριο		Κατηγορία ποιότητας νερού και κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το χλώριο	
				Χλώριο Cl ⁻ (mg/L)	
S01F2017	1,18	1		75	1
S02F2017	1,35	1		62	1
S03F2017	1,96	1		67	1
S04F2017	2,91	1		112	1
S05F2017	2,09	1		79	1
S06F2017	2,67	1		115	1
S07F2017	2,60	1		115	1
S08F2017	2,63	1		111	1
S09F2017	0,74	1		38	1
S10F2017	3,15	2		127	1
S11F2017	2,56	1		105	1
S12F2017 (X4)	5,67	2		307	2
S13F2017	0,82	1		41	1

Από τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται ότι τα δείγματα νερού ανήκουν στις ίδιες κατηγορίες και ως προς τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το νάτριο και ως προς τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το χλώριο, με εξαίρεση το δείγμα στη θέση S10F2017, το οποίο ως προς νάτριο ταξινομήθηκε στην δεύτερη κατηγορία, αυξανόμενα προβλήματα, ενώ ως προς το χλώριο στην πρώτη κατηγορία, καλή ποιότητα. Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι τα περισσότερα δείγματα εντάχθηκαν στην πρώτη κατηγορία, καλή ποιότητα χωρίς προβλήματα τοξικότητας, και ως προς το νάτριο και ως προς το χλώριο, ενώ μόνο το δείγμα της θέσης δειγματοληψίας S12F2017 ταξινομήθηκε στην δεύτερη κατηγορία, αυξανόμενα προβλήματα, και ως προς το νάτριο και ως προς το χλώριο, όπου θα υπάρξει αύξηση του κινδύνου προβλημάτων τοξικότητας από τη συνεχή χρήση του νερού.

5.3.2.4 Έλεγχος κινδύνου δημιουργίας ειδικών προβλημάτων σε καλλιέργειες

Η ειδική αυτή ομάδα προβλημάτων περιλαμβάνει προβλήματα ανάπτυξης των καλλιεργειών, τα οποία οφείλονται κατά κύριο λόγο στην ποιότητα του νερού άρδευσης, όπως είναι η υπερβολική ανάπτυξη των καλλιεργειών, η καθυστέρηση της ωρίμανσης ως αποτέλεσμα της παρουσίας αζώτου στο νερό, οι λευκές αποθέσεις στα φρούτα και τα φύλλα που οφείλονται στην άρδευση με ψεκασμό νερού υψηλής περιεκτικότητας σε όξινα ανθρακικά. Ακόμα, μπορεί να υπάρξουν προβλήματα σε σχέση με το pH, την υψηλή οξύτητα ή αλκαλικότητα. Οι τρεις κατηγορίες νερού ταξινομούνται ανάλογα με τις συγκεντρώσεις του νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου, των όξινων ανθρακικών και της ενεργούς οξύτητας. Επιπλέον ειδικά προβλήματα μπορεί να εμφανιστούν όταν οι υδατικοί πόροι, που είναι διαθέσιμοι για άρδευση, ρυπαίνονται από αστικά, βιομηχανικά ή γεωργικά απόβλητα. Τα προβλήματα αυτά είναι ιδιαίτερα έντονα και απαιτούν κατάλληλους χειρισμούς για την αντιμετώπισή τους, όταν τα επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται για άρδευση καλλιεργούμενων εκτάσεων και δημόσιων χώρων (Τσακίρης, 2006).

Επομένως, στην τέταρτη ομάδα ειδικών προβλημάτων, η ταξινόμηση των δειγμάτων νερού πραγματοποιήθηκε σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των όξινων ανθρακικών, των νιτρικών και της αμμωνίας, όπως αυτές προέκυψαν από τις εργαστηριακές αναλύσεις. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας

ήταν κάτω από το κατώτατο όριο για όλες τις θέσεις δειγματοληψίας και έτσι ως προς την παράμετρο της αμμωνίας, το σύνολο των δειγμάτων ταξινομείται στην πρώτη κατηγορία που αφορά νερά καλής ποιότητας – χωρίς προβλήματα. Σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των όξινων ανθρακικών και των νιτρικών, τα δείγματα ταξινομήθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 5.20.

Πίνακας 5.20: Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας ειδικών προβλημάτων σε ευαίσθητες καλλιέργειες από τις συγκεντρώσεις των νιτρικών και των όξινων ανθρακικών.

Κωδικός Δείγματος	Νιτρικά NO ₃ (mg/L)	Κατηγορία ποιότητας νερού λόγω νιτρικών	Όξινα Ανθρακικά HCO ₃ (mg/L)	Κατηγορία ποιότητας νερού λόγω όξινων ανθρακικών
S01F2017	bdl	1	191	2
S02F2017	bdl	1	163	2
S03F2017	bdl	1	141	2
S04F2017	10,2	2	236	2
S05F2017	26,9	2	191	2
S06F2017	27,6	2	195	2
S07F2017	26,5	2	196	2
S08F2017	23,9	2	186	2
S09F2017	5,8	2	120	2
S10F2017	10,9	2	209	2
S11F2017	9,1	2	163	2
S12F2017 (X4)	5,4	2	250	2
S13F2017	5,7	2	140	2

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5.20 παρατηρήθηκε ότι τα περισσότερα δείγματα νερού εντάχθηκαν στην δεύτερη κατηγορία ποιότητας νερού, όσον αφορά τα ειδικά προβλήματα σε ευαίσθητες καλλιέργειες από την παρουσία νιτρικών, και ο κίνδυνος εμφάνισης προβλημάτων στα εδάφη και τις καλλιέργειες αυξάνεται με την αδιάκοπη χρήση των νερών αυτών. Μόνο οι τρεις πρώτες θέσεις δειγματοληψίας, S01F2017, S02F2017 και S03F2017, έδωσαν δείγματα νερού με μικρές συγκεντρώσεις νιτρικών και ταξινομήθηκαν στην πρώτη κατηγορία νερού καλής ποιότητας χωρίς εμφάνιση προβλημάτων στις ευαίσθητες καλλιέργειες.

Στην περίπτωση των συγκεντρώσεων των όξινων ανθρακικών στα δείγματα νερού για την παρούσα μελέτη, διαπιστώθηκε ότι όλα ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία, που αφορά νερά με συγκεντρώσεις όξινων ανθρακικών των οποίων η αδιάκοπη χρήση θα δημιουργήσει προβλήματα σε ευαίσθητες καλλιέργειες.

5.3.3 Τελική κατάταξη καταλληλότητας των δειγμάτων νερού

Όπως προέκυψε από τις παραπάνω κατηγοριοποιήσεις των δειγμάτων νερού, με βάση τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας, τοξικότητας και ειδικών προβλημάτων σε ευαίσθητες καλλιέργειες, τα δείγματα νερού για κάθε θέση δειγματοληψίας της συγκεκριμένης μελέτης, ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες καταλληλότητας. Στον παρακάτω Πίνακα 5.21 παρουσιάζεται η κατάταξη του αρδευτικού νερού σύμφωνα με τη μέθοδο των Ayers και Westcot, 1985, για την περίοδο Φεβρουάριος 2017.

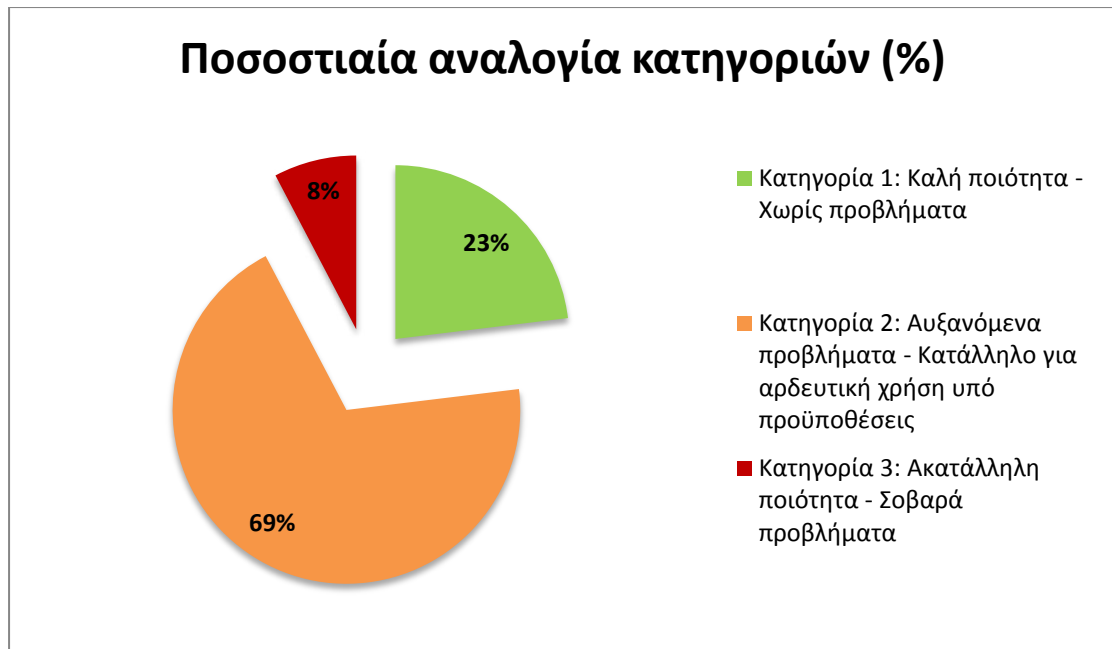
Ακόμα, δημιουργήθηκε σχετικό γράφημα (Εικόνα 5.7), όπου φαίνεται η ποσοστιαία αναλογία των δειγμάτων νερού στις κατηγορίες καταλληλότητας 1,2 και 3, όπως φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 5.22.

Πίνακας 5.21: Τελικές κατηγορίες ποιότητας των δειγμάτων νερού, Φεβρουάριος 2017

Κωδικός Δείγματος	Τελική κατάταξη ποιότητας των δειγμάτων νερού, Φεβρουάριος 2017
S01F2017	1
S02F2017	1
S03F2017	1
S04F2017	2
S05F2017	2
S06F2017	2
S07F2017	2
S08F2017	2
S09F2017	2
S10F2017	2
S11F2017	2
S12F2017 (X4)	3
S13F2017	2

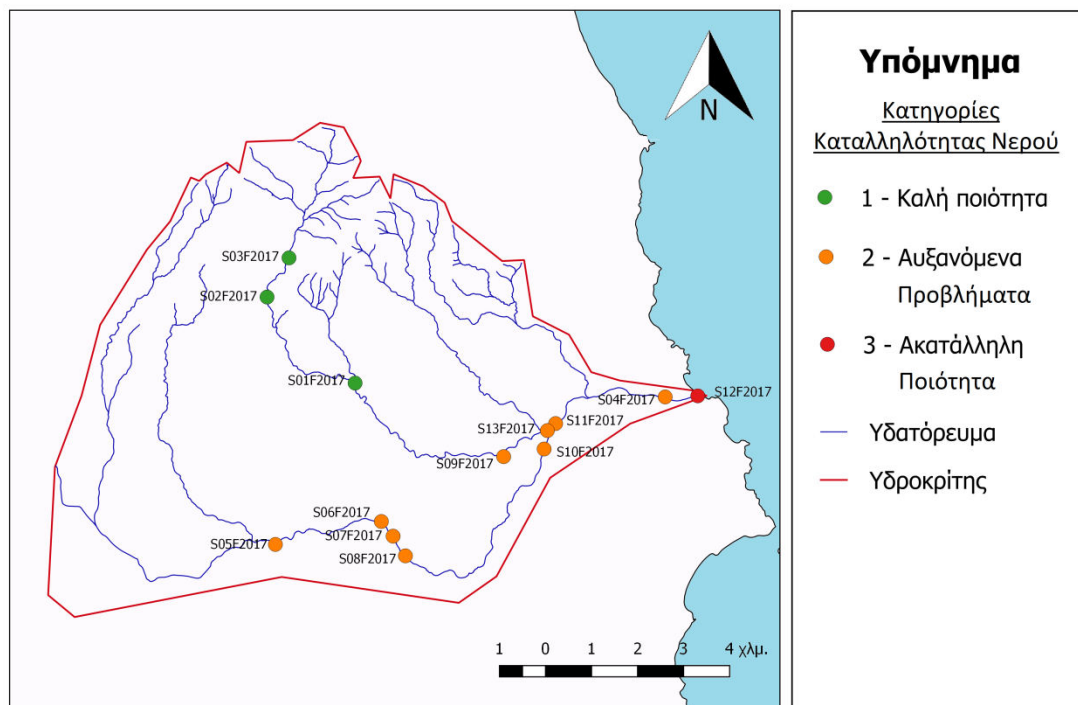
Πίνακας 5.22: Ποσοστιαία αναλογία των κατηγοριών καταλληλότητας, 2017

Κατηγορίες καταλληλότητας	Ποσοστιαία αναλογία κατηγοριών (%)
Κατηγορία 1: Καλή ποιότητα - Χωρίς προβλήματα	23
Κατηγορία 2: Αυξανόμενα προβλήματα - Κατάλληλο για αρδευτική χρήση υπό προϋποθέσεις	69
Κατηγορία 3: Ακατάλληλη ποιότητα - Σοβαρά προβλήματα	8



Εικόνα 5.7: Ποσοστιαία αναλογία των κατηγοριών των δειγμάτων νερού

Ακόμα δημιουργήθηκε χάρτης που παρουσιάζει τις κατηγορίες ποιότητας νερού για κάθε θέση δειγματοληψίας στην περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας (Εικόνα 5.8).



Εικόνα 5.8: Χάρτης απεικόνισης των κατηγοριών καταλληλότητας για κάθε θέση λήψης στην περιοχή έρευνας

5.4 Σύγκριση της καταλληλότητας των δειγμάτων νερού διαφορετικών ετών κατά Ayers και Westcot (1985)

Τελευταίο στάδιο για την αξιολόγηση της ποιότητας νερού του υδατορεύματος, πριν τα τελικά συμπεράσματα, ήταν η σύγκριση των κατηγοριών των δειγμάτων νερού για κάθε θέση δειγματοληψίας της παρούσας μελέτης με τις αντίστοιχες κατηγορίες καταλληλότητας των δειγμάτων νερού που συλλέχθηκαν στις διπλωματικές εργασίες του Κουρή (2011), του Πανώριου (2013) και του Τσέρμου (2017). Οι παραπάνω κατηγορίες προέκυψαν από την κατάταξη του νερού του υδατορεύματος ως προς την ποιότητα του νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων κατά Ayers και Westcot (1985). Ο Πίνακας 5.23 που φαίνεται παρακάτω παρουσιάζει την κατάταξη του αρδευτικού νερού για τα δείγματα της παρούσας εργασίας και για τα προηγούμενα έτη, από τον οποίο προκύπτει η σύγκριση της καταλληλότητας νερού.

Πίνακας 5.23: Σύγκριση της καταλληλότητας των δειγμάτων νερού διαφορετικών ετών κατά Ayers και Westcot (1985)

Κωδικός Δείγματος 2017	Κατάταξη νερού 2017	Κωδικός Δείγματος 2016	Κατάταξη νερού 2016	Κωδικός Δείγματος 2011	Κατάταξη νερού 2011	Κωδικός Δείγματος 2010	Κατάταξη νερού 2010
S01F2017	1	S01	2	RS1	2	S15	2
S02F2017	1	S02	2	RS2	2	S14	2
S03F2017	1	S03	2	RS11	2	S13	2
S04F2017	2	S04	2	RS4	2	S19	2
S05F2017	2	S05	3	RS15	3	S6	2
S06F2017	2	S06	3	RS16	3	S8	3
S07F2017	2	S07	3	RS8	3	S9	3
S08F2017	2	S08	3	RS9	3	S10	3
S09F2017	2	S09	2	RS10	2	S16	2
S10F2017	2	S10	2	RS7	2	S11	2
S11F2017	2	S11	2	RS6	2	S17	2
S12F2017	3	S12	3	RS3	3	S20	3
S13F2017	2	S13	2				

Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα είναι ότι η ποιότητα του νερού για τις περισσότερες θέσεις λήψης έχει βελτιωθεί. Αρχικά, για τα τρία πρώτα σημεία, S01F2017, S02F2017 και S03F2017, η κατηγορία κατάταξης για την παρούσα εργασία είναι η πρώτη, καλής ποιότητας νερό – χωρίς προβλήματα, ενώ όλων των προηγούμενων ετών ήταν η δεύτερη. Στη δεύτερη κατηγορία, η οποία εμφανίζει αυξανόμενα προβλήματα και αναφέρεται σε αρδευτική χρήση υπό όρους, παρέμειναν και στην παρούσα εργασία τα σημεία S04F2017, S09F2017, S10F2017, S11F2017 και S13F2017. Ακόμα, τέσσερα επιπλέον σημεία, τα S05F2017, S06F2017, S07F2017 και S08F2017, πέρασαν από την κατηγορία 3, Ακατάλληλη ποιότητα για αρδευτική χρήση, στην κατηγορία 2, αυξανόμενα προβλήματα - Κατάλληλο για αρδευτική χρήση υπό προϋποθέσεις. Τέλος, στην τρίτη κατηγορία ταξινομήθηκε μόνο το σημείο S12F2017, το οποίο δεν άλλαξε κατηγορία με την πάροδο των ετών. Αξίζει να σημειωθεί ότι στα τέσσερα σημεία, τα οποία από την τρίτη κατηγορία τα προηγούμενα έτη ταξινομήθηκαν στην παρούσα μελέτη στην δεύτερη κατηγορία, η αλλαγή αυτή οφείλεται στην μείωση των νιτρικών, καθώς η συγκέντρωσή τους ήταν από 10 mg/L μέχρι 27 mg/L η ανώτερη, δηλαδή κάτω από 30 mg/L που είναι το όριο για την αλλαγή της κατηγορίας. Αυτή η μείωση πιθανόν να οφείλεται στην διαφορά της εποχής, καθώς η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε Φεβρουάριο, ενώ οι υπόλοιπες το μήνα Απρίλιο.

6ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο τελευταίο αυτό κεφάλαιο, εξάγονται και εξηγούνται ορισμένα συμπεράσματα, τα οποία προέκυψαν έπειτα από όλες τις διεργασίες και μελέτες που πραγματοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Το βασικό κριτήριο για τα συμπεράσματα ήταν η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, 2017, με εκείνα παλαιότερων ετών, 2010, 2011 και 2016, των Κουρή, Πανώριου, και Τσέρμου, αντίστοιχα. Η σύγκριση πραγματοποιήθηκε κυρίως με τις μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των κύριων ιόντων και των φυσικοχημικών παραμέτρων που μετρήθηκαν για τις ίδιες θέσης δειγματοληψίας, όπου και παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές με την πάροδο του χρόνου σε αρκετά μεγέθη. Η μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή παρουσιάστηκε στη συγκέντρωση του ασβεστίου, όπου παρατηρήθηκε μείωση της τάξεως του 90%, σε σχέση με τα προηγούμενα έτη. Ακόμα, όσον αφορά τις συγκεντρώσεις του καλίου, η μείωση σε σχέση με το έτος 2016 ήταν της τάξης του 40%, ενώ με τα έτη 2010 και 2011 ήταν 70%. Σημαντική μεταβολή στο χρόνο παρατηρήθηκε επίσης στην παράμετρο των νιτρικών, της τάξεως του 45%. Μείωση της τάξης του 45% σημειώθηκε και στις συγκεντρώσεις του νατρίου με τα έτη 2010 και 2011, ενώ με το έτος 2016 ήταν 30%. Τέλος, μια ακόμα σημαντική μεταβολή ήταν στην παράμετρο των όξινων ανθρακικών, όπου μειώθηκε σε σχέση με το έτος 2016 κατά 16% ενώ με τα έτη 2010 και 2011, η μεταβολή ήταν της τάξης του 40%. Για τα υπόλοιπα στοιχεία η μεταβολή στον χρόνο κυμάνθηκε από 5 έως 25 %. Τέλος, σημειώνεται ότι αύξηση της μέσης τιμής παρατηρήθηκε μόνο στην παράμετρο της ενεργούς οξύτητας σε σύγκριση με το έτος 2016 της τάξης του 8%.

Οι παραπάνω ποσοστιαίες μεταβολές στις μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των κύριων ιόντων και των φυσικοχημικών παραμέτρων, εξηγούν και την τελική κατάταξη των δειγμάτων νερού του ρέματος της Ραφήνας για αρδευτική χρήση ως προς την ποιότητά τους και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων, σε σχέση με την κατηγοριοποίηση των δειγμάτων παλιότερων ετών. Στην παρούσα εργασία, το 23% των δειγμάτων νερού κατατάχθηκε στην πρώτη κατηγορία, η οποία αφορά σε νερά καλής ποιότητας, χωρίς προβλήματα, και είναι κατάλληλα για αρδευτική χρήση. Τα δείγματα που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία συγκεντρώνονται στο βόρειο τμήμα του ανάντη κλάδου του υδατορεύματος. Το μεγαλύτερο μέρος των δειγμάτων νερού

ανήκει στην δεύτερη κατηγορία ποιότητας νερού, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αρδευτική χρήση υπό όρους και το ποσοστό τους είναι 69%. Μόνο ένα σημείο, με ποσοστό 8%, ταξινομήθηκε στην τρίτη κατηγορία που αφορά νερά ακατάλληλης ποιότητας, η οποία επιφέρει σοβαρά προβλήματα κατά την άρδευση. Όμως, το σημείο αυτό βρίσκεται στην εκβολή του ρέματος και έτσι δεν επηρεάζει την άρδευση, καθώς η άντληση δεν θα πραγματοποιηθεί κοντά στην εκβολή.

Τέλος, έπειτα από την κατηγοριοποίηση των δειγμάτων νερού του υδατορεύματος για αρδευτική χρήση ως προς την ποιότητά του και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων κατά Ayers και Westcot (1985) προκύπτει ότι η ποιότητα του νερού έχει βελτιωθεί σημαντικά για αρκετές θέσεις δειγματοληψίας, σε σύγκριση με τα προηγούμενα έτη, 2010, 2011 και 2016. Για τα τρία πρώτα σημεία, η ποιότητα νερού βελτιώθηκε σημαντικά, καθώς κατατάχθηκαν στην πρώτη κατηγορία, καλής ποιότητας νερού – χωρίς προβλήματα, ενώ στις προηγούμενες μελέτες ήταν στην δεύτερη κατηγορία. Επομένως, από τα σημεία αυτά μπορεί να γίνει άντληση για άρδευση, χωρίς προβλήματα για τα εδάφη και τις καλλιέργειες. Ακόμα, τα τέσσερα πρώτα σημεία του κατάντη κλάδου, ταξινομήθηκαν από την τρίτη κατηγορία που ήταν τα προηγούμενα έτη, στην δεύτερη κατηγορία που αφορά σε νερά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αρδευτική χρήση υπό προϋποθέσεις. Τέλος, σε όλες τις υπόλοιπες θέσεις η ποιότητα νερού και ο κίνδυνος δημιουργίας προβλημάτων διατηρήθηκαν σταθερά με την πάροδο των χρόνων και τα περισσότερα σημεία λήψης ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία ποιότητας νερού, ενώ μόνο το σημείο στις εκβολές του υδατορεύματος είναι ακατάλληλο για αρδευτική χρήση. Συμπερασματικά, η κατάσταση έχει βελτιωθεί σημαντικά και με τη συνεχή λήψη κατάλληλων μέτρων στα επόμενα έτη, θα μπορεί να πραγματοποιηθεί άντληση από το υδατόρευμα της Ανατολικής Αττικής, στην περιοχή της Ραφήνας, για αρδευτική χρήση υπό όρους.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Αντωνόπουλος, Β., 2001. Ποιότητα και Ρύπανση Υπόγειων Νερών, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Κουρής, Ν., 2011. Καταγραφή και Αξιολόγηση ποιότητας νερού υδατορευμάτων: Η περίπτωση του ρέματος Ραφήνας, Αττικής, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα.

Μέττος, Α., 1992. Γεωλογική και Παλαιογραφική Μελέτη των Ηπειρωτικών Νεογενών και Τεταρτογενών Σχηματισμών ΒΑ/κης Αττικής ΝΑ/κης Βοιωτίας, Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ).

Νόμος 3010/02 «Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11 Ε.Ε και 96/61 Ε.Ε, διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορευμάτα και άλλες διατάξεις», ΦΕΚ 91/Α/25-04-02, Αθήνα.

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 «Για τη Θέσπιση Πλαισίου Κοινοτικής Δράσης στον Τομέα της Πολιτικής των Υδάτων».

Οδηγία 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2008 «Σχετικά με τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος στον Τομέα της Πολιτικής των Υδάτων καθώς και σχετικά με την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ, 83/513/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την τροποποίηση της οδηγίας 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου».

Κούγκολος, Α. Γ., 2007. Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Κουϊμτζής, Θ., Σαμαρά, Κ., 1994. Έλεγχος Ρύπανσης Περιβάλλοντος, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Λαζαρίδης, Λ., Ναλμπάντης, Ι., 2004. Αντιπλημμυρική προστασία λεκάνης ρέματος Ραφήνας. Ημερίδα: Αντιπλημμυρική Προστασία Αττικής, ΤΕΕ, Αθήνα.

Λοϊζίδου, Μ., 2006. Διενέργεια δειγματοληψιών, μετρήσεων και αναλύσεων σε ύδατα και υγρά απόβλητα, Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα.

Πανώριος, Σ., Α., 2013. Παρακολούθηση και Αξιολόγηση ποιότητας νερού του ρέματος Ραφήνας στην ανατολική Αττική, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα.

Πασχαλίδης, Ι., 2005. Σημειώσεις Εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας, Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Τσακίρης, Γ., 2006. Υδραυλικά Έργα – Σχεδιασμός και Διαχείριση (Τόμος ΙΙ): Εγγειοβελτιωτικά Έργα, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Τσακίρης, Γ., 2010. Υδραυλικά Έργα – Σχεδιασμός και Διαχείριση (Τόμος Ι): Αστικά Υδραυλικά Έργα, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Τσακίρης, Γ., 2013. Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία & Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Τσέρμος, Δ., 2017. Παρακολούθηση και αξιολόγηση της ποιότητας νερού στο υδατόρευμα της Ραφήνας (Ανατολική Αττική), Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα.

Χαραλάμπους, Α., 2004. Παράμετροι ποιότητας νερού, Ρύπανση και Ποιότητα Περιβάλλοντος, ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα.

Χαραλάμπους, Α., 2006. Υδατικό Περιβάλλον, Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος Περιβαλλοντικής Επιστήμης, Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα.

Miller, T. G., 1999. Βιώνοντας στο Περιβάλλον Ι, Αρχές Περιβαλλοντικών Επιστημών, Ίων, 9η έκδοση, Αθήνα.

Ξενογλωσσες

Ayers, R.S and Westcot, D.W., 1985. Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage paper, FAO, Rome.

W. Fresenius, K.E. Quentin, W. Schneider (Eds), “Water Analysis” Springer – Verlag, 1988.

Hounslow, A. W., 2000. Water Quality Data Analysis and Interpretation, Lewis Publishers. A CRC Press Company, Florida.

Sawyer, C.N., McCarty, P.L., Parkin, G.F., 1994. Chemistry for Environmental Engineering, 4th Ed., McGraw-Hill, Inc., New York.

Thiel, 1989. Operating Instructions: OTT C 2 Small Current Meter. Reference No: 10.150.005.B.E.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Π 1.1: Σημείο Δειγματοληψίας S01F2017

Το σημείο S01F2017 βρίσκεται κοντά στους οικισμούς Δαμασάρι και Διώνη, ενώ δυτικά αυτού βρίσκεται ο οικισμός Ντράφι και απέχει περίπου 2.5 km από το Πικέρμι. Στο σημείο αυτό βρίσκεται γέφυρα από την οποία διέρχονται αυτοκίνητα και στην οποία έχει τοποθετηθεί υδρομετρικός σταθμός του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την μέτρηση της παροχής του υδατορεύματος. Ακόμα, παρατηρείται πυκνή βλάστηση και ανθρακικό υλικό από τα μάρμαρα της Πεντέλης. Τέλος, η κοίτη είναι διαβρωμένη από την δυτική πλευρά, υπάρχει έντονη βλάστηση και παρουσία άλγης.



Εικόνα ΠΙ.1: Απεικόνιση του σημείου S01F2017 και του υδρομετρικού σταθμού στη γέφυρα.

Π1.2: Σημείο Δειγματοληψίας S02F2017

Το δεύτερο σημείο δειγματοληψίας βρίσκεται στον οικισμό Ντράφι, στον καταρράκτη Ντράφι-Πεντέλης. Στο σημείο αυτό παρατηρήθηκαν μάρμαρα και σχιστόλιθοι, γεγονός που δηλώνει ότι το υπόβαθρο είναι ανθρακικό. Ακόμα, σημειώνεται η ύπαρξη μεγάλου αριθμού βατράχων σε προνυμφική μορφή (γυρίνοι).



Εικόνα Π1.2: Απεικόνιση του σημείου S02F2017.

Π1.3: Σημείο Δειγματοληψίας S03F2017

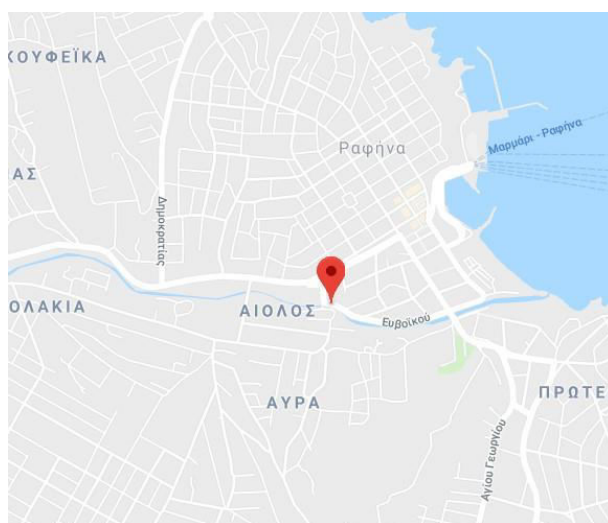
Το σημείο δειγματοληψίας S03F2017 βρίσκεται στο φράγμα του υδατορεύματος της Ανατολικής Αττικής και βόρεια του οικισμού Ντράφι. Η βλάστηση ήταν έντονη και η στάθμη του νερού ήταν χαμηλή, με αποτέλεσμα ο μυλίσκος να μην δώσει ένδειξη στροφών. Παρατηρήθηκαν μάρμαρα, μοσχοβιτικοί σχιστόλιθοι και υπερβασικά πετρώματα πλούσια σε χρώμιο, νικέλιο και μαγγάνιο. Ακόμα, στην περιοχή υπήρχαν μελίτσια.



Εικόνα Π1.3: Απεικόνιση του σημείου S03F2017

Π1.4: Σημείο Δειγματοληψίας S04F2017

Το σημείο αυτό βρίσκεται στον οικισμό της Ραφήνας και σε απόσταση από την θάλασσα περίπου ενός χιλιομέτρου. Η μια πλευρά του υδατορεύματος είναι διευθετημένη με ψηλό τοίχο, ενώ η άλλη παρουσιάζει υψηλή βλάστηση και εμφανίζεται διάβρωση. Υπάρχει ακόμα μια πεζογέφυρα και κάτω από αυτή εκβάλλουν κατά περιόδους απόνερα και λύματα από μεγάλα καταστήματα που βρίσκονται ανάντη (σουπερμάρκετ κ.ά.). Τέλος, υπάρχουν κροκάλες μαρμάρου μικρού μεγέθους, λόγω της μικρής μεταφορικής ικανότητας του υδατορεύματος και ψαμμιτική άμμος.



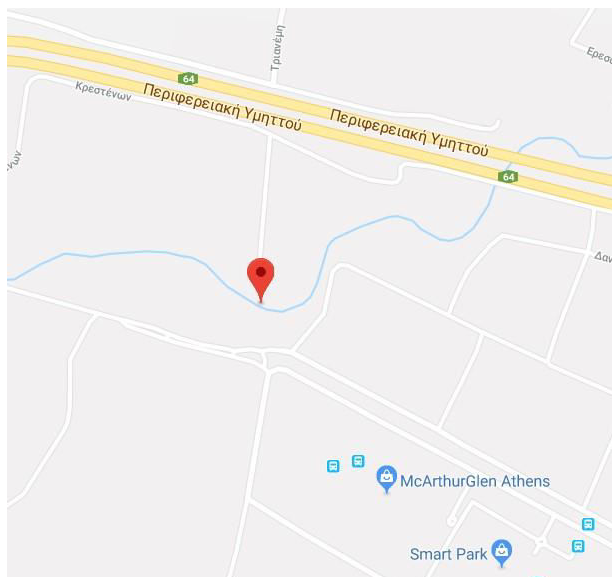
Εικόνα Π1.4: Απεικόνιση του σημείου S04F2017 μέσω Google maps.



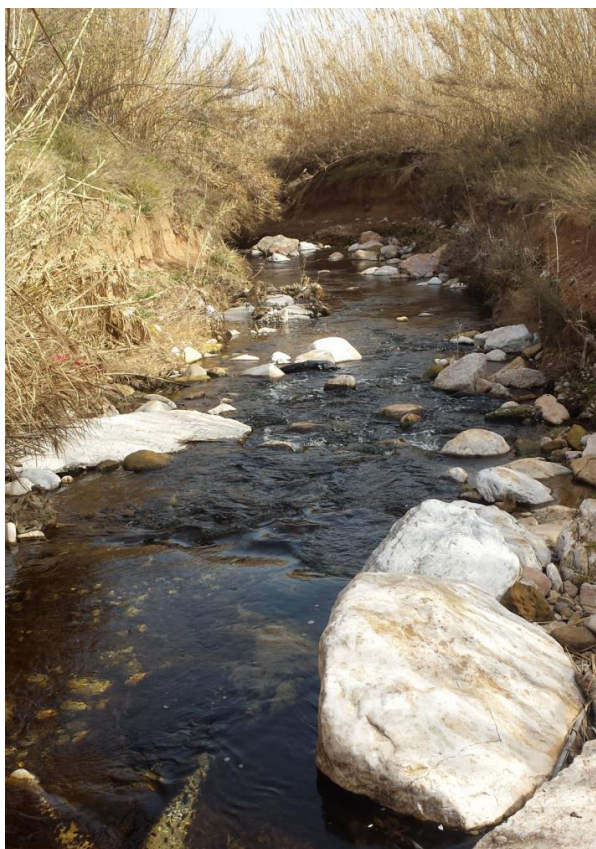
Εικόνα Π1.5: Απεικόνιση της μεταλλικής γέφυρας και της διευθετημένης πλευράς.

Π1.5: Σημείο Δειγματοληψίας S05F2017

Το πέμπτο σημείο δειγματοληψίας, S05F2017, βρίσκεται στην περιοχή Πικέρμι και σε αρκετά κοντινή απόσταση βρίσκεται ο αυτοκινητόδρομος "Αττική Οδός". Στο σημείο παρατηρήθηκαν αρκετά μπάζα και ποσότητα άλγης. Η βλάστηση και πάλι ήταν έντονη σε όλη την έκταση.



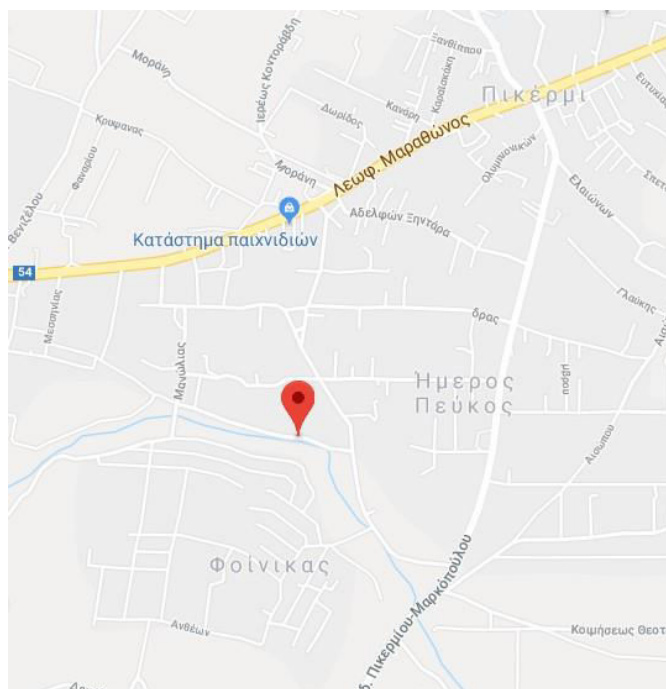
Εικόνα Π1.6: Απεικόνιση του σημείου S05F2017 μέσω Google maps.



Εικόνα Π1.7: Απεικόνιση του σημείου S05F2017.

Π1.6: Σημείο Δειγματοληψίας S06F2017

Το σημείο δειγματοληψίας, S06F2017, βρίσκεται εξίσου στην περιοχή Πικέρμι και κοντά στην Λεωφόρο Μαραθώνος. Στο σημείο παρατηρήθηκε βλάστηση και καλάμια, ενώ η παρουσία άγλης ήταν εμφανής. Κοντά στη περιοχή υπήρχε αγροτική δραστηριότητα και πιθανές πηγές ρύπανσης. Η διάβρωση ήταν μεγάλη και η μεταφορική ικανότητα έντονη. Παρατηρήθηκαν πολλές κροκάλες και ότι η σύσταση του εδάφους είναι ασβεστολιθική.



Εικόνα Π1.8: Απεικόνιση του σημείου S06F2017 μέσω Google maps.



Εικόνα Π1.9: Απεικόνιση του σημείου S06F2017.

Π1.7: Σημείο Δειγματοληψίας S07F2017

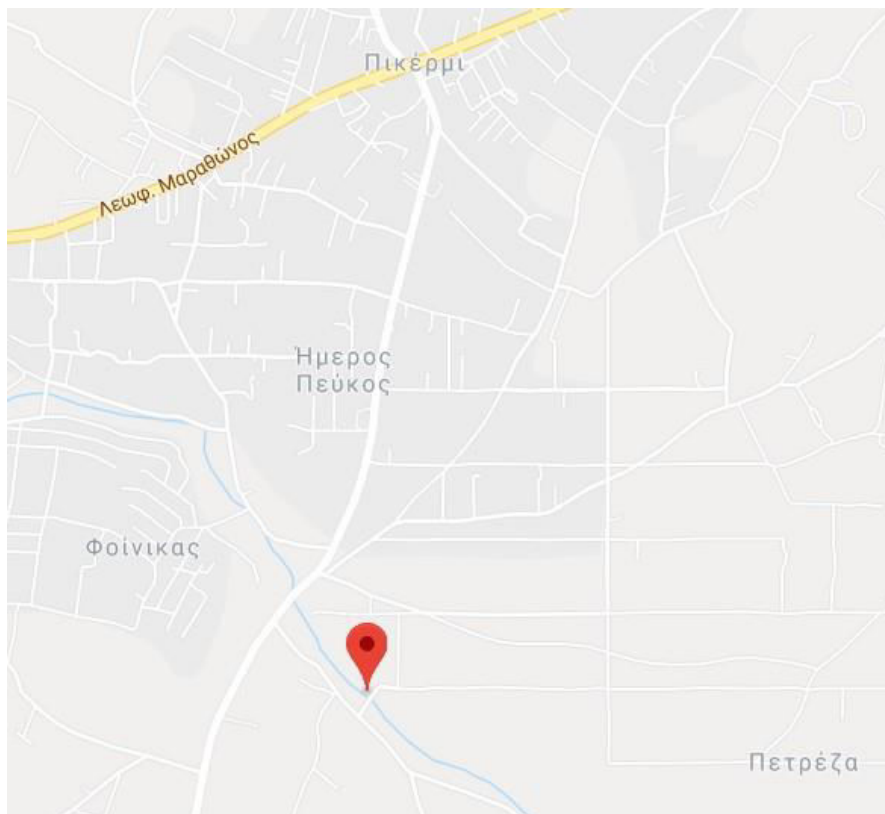
Το σημείο S07F2017 βρίσκεται αρκετά κοντά με το προηγούμενο σημείο και ανήκει στον οικισμό Φοίνικα, νότια του οικισμού Πικερμίου. Πολύ κοντά από το ρέμα διέρχεται χωματόδρομος, γεγονός που καθιστά εύκολη την πρόσβαση στο συγκεκριμένο σημείο. Ακόμα, η κοίτη παρουσιάζει έντονα στοιχεία διάβρωσης και βλάστησης. Στην περιοχή παρατηρήθηκαν καλάμια και καλλιέργειες.



Εικόνα Π1.10: Απεικόνιση του σημείου S07F2017.

Π1.8: Σημείο Δειγματοληψίας S08F2017

Το σημείο αυτό βρίσκεται ανάμεσα στους οικισμούς Φοίνικας και Πετρέζα και νότια του οικισμού Πικερμίου. Κοντά στο σημείο υπάρχει καλλιεργημένη περιοχή. Σημειώνεται διάβρωση και ανομοιομορφία πλάτους, χωρίς διευθέτηση του υδατορεύματος σε καμία πλευρά. Τέλος, παρατηρήθηκε παρουσία άλγης και βλάστησης.



Εικόνα Π1.11: Απεικόνιση του σημείου S08F2017 μέσω Google maps.

Π1.9: Σημείο Δειγματοληψίας S09F2017

Το σημείο δειγματοληψίας S09F2017 βρίσκεται αρκετά κοντά της Λεωφόρου Μαραθώνος και ανάμεσα από τους οικισμούς Πικέρμι και Βουνόπολη. Παρατηρήθηκε σημαντική διάβρωση στην κοίτη και πολλές εναποθέσεις κροκάλων. Η βλάστηση ήταν πυκνή και το πλάτος νερού δεν ήταν ίδιο σε όλο το μήκος του ρέματος. Τέλος, αξ σημειωθεί ότι το σημείο βρίσκεται κοντά σε διάφορες πηγές ρύπανσης.



Εικόνα Π1.12: Απεικόνιση του σημείου S09F2017.



Εικόνα Π1.13 Απεικόνιση του δρόμου που διέρχεται από το σημείο S09F2.

Π1.10: Σημείο Δειγματοληψίας S10F2017

Η θέση του σημείου αυτού βρίσκεται και πάλι αρκετά κοντά στην Λεωφόρο Μαραθώνος και ανάντη των οικισμών Βουνόπολη και Αγία Τριάδα. Επίσης, το σημείο δειγματοληψίας βρίσκεται κάτω από μεταλλική γέφυρα από την οποία υπάρχει συχνή διέλευση οχημάτων. Η πρόσβαση στο συγκεκριμένο σημείο ήταν αρκετά δύσκολη, λόγω της πυκνής βλάστησης και της παρουσίας καλαμιών. Το βάθος ήταν αρκετό και ο μυλίσκος σε αυτή τη θέση δεν έδωσε μέτρηση, διότι η παροχή ήταν μικρότερη από το κατώτατο όριο που μπορεί να καταγράψει το όργανο. Τέλος, το υδατόρευμα δεν είναι διευθετημένο και παρατηρήθηκε παρουσία άλγης και βατράχων.



Εικόνα Π1.14: Απεικόνιση του σημείου S10F2017.



Εικόνα ΠΙ.15: Απεικόνιση συλλογής δείγματος νερού και της μεταλλικής γέφυρας στο σημείο S10F2017.

Π1.11: Σημείο Δειγματοληψίας S011F2017

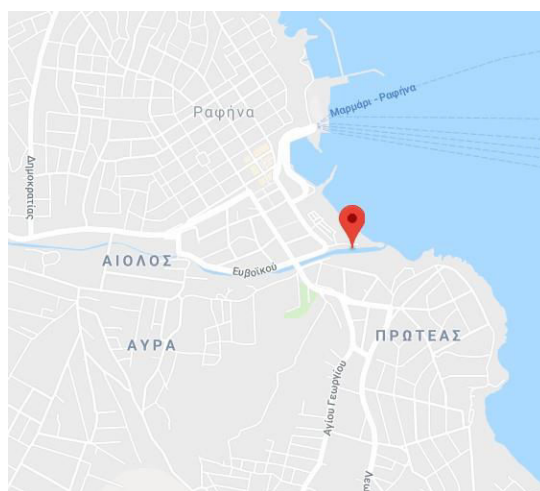
Το σημείο S011F2017 βρίσκεται περίπου 100 μέτρα από τη Λεωφόρο Μαραθώνος, γεγονός που το καθιστά εύκολα προσβάσιμο. Η μια πλευρά του υδατορεύματος είναι διευθετημένη, ενώ στην άλλη υπάρχει πυκνή βλάστηση. Η διάβρωση της κοίτης είναι πολύ έντονη και το νερό δεν καλύπτει όλο το πλάτος του ρέματος. Τέλος, σημειώθηκαν μάζα και κροκάλες, καθώς και άλγη στην κοίτη.



Εικόνα Π1.16: Απεικόνιση του σημείου S11F2017 μέσω Google maps.

Π1.12: Σημείο Δειγματοληψίας S012F2017

Το σημείο S12F2017 βρίσκεται στην εκβολή του υδατορεύματος στη θάλασσα, στην παραλία της Ραφήνας, και μέσα στον οικισμό. Σε αυτό το σημείο το ρέμα είναι διευθετημένο με ορθογωνική διατομή και στις δύο πλευρές υπάρχει ψηλός τοίχος. Το πλάτος του είναι αρκετά μεγαλύτερο σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία, ενώ το βάθος αρκετά χαμηλό. Στον πυθμένα εντοπίστηκε άμμος και λάσπη, ενώ έντονη ήταν η παρουσία άλγης και απορριμμάτων, εντός και εκτός του ρέματος. Τέλος, τα ύδατα σε αυτό το σημείο είναι μεταβατικά καθώς μπλέκονται με αυτά τις θάλασσας, γεγονός που προκάλεσε αλλοιώσεις στις μετρήσεις μας και το σημείο αυτό δεν συμπεριλήφθηκε σε διάφορες μετρήσεις επειδή δεν ήταν αντιπροσωπευτικό.



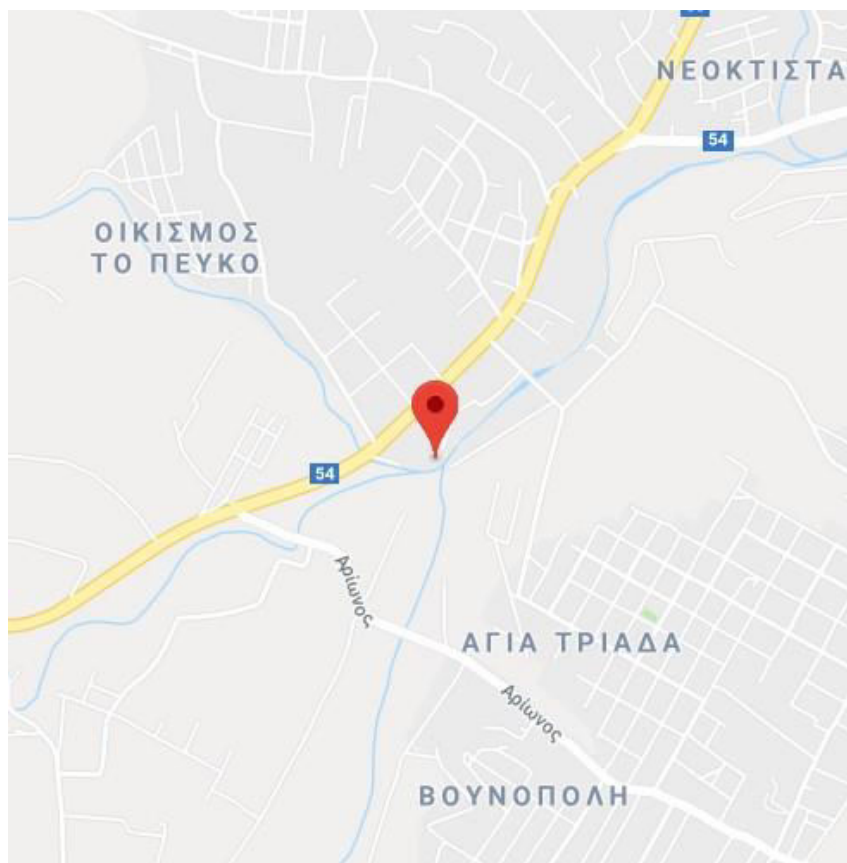
Εικόνα Π1.17: Απεικόνιση του σημείου S12F2017 μέσω Google maps.



Εικόνα Π1.18: Απεικόνιση του σημείου στην εκβολή του υδατορεύματος, της διευθετημένης κοίτης και της πεζογέφυρας.

Π1.13: Σημείο Δειγματοληψίας S013F2017

Το σημείο αυτό βρίσκεται ανάντη των οικισμών Βουνόπολη και Αγία Τριάδα, καθώς και αρκετά κοντά στο σημείο S011F2017. Η Λεωφόρος Μαραθώνος βρίσκεται στα 50 μέτρα. Το ρέμα δεν είναι διευθετημένο σε καμία πλευρά, ενώ η βλάστηση ήταν και πάλι έντονη. Παρατηρήθηκε παρουσία κροκάλων και βατράχων. Τέλος, το νερό δεν καλύπτει όλο το πλάτος κατά μήκος του υδατορεύματος.



Εικόνα Π1.19: Απεικόνιση του σημείου S13F2017 μέσω Google maps.