



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ
ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑ

ΥΠΟ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟ ΠΑΠΠΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΝΙΚΗΤΑΣ ΜΥΛΟΠΟΥΛΟΣ

ΒΟΛΟΣ, 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διπλωματική εργασία αυτή σηματοδοτεί το τέλος μιας προσπάθειας. Η προσπάθεια αυτή, όσο επαρκής και αν κρίνεται, δεν θα ήταν από μόνη της αποτελεσματική, αν δεν συνέβαλλαν για την πραγματοποίησή της φίλοι και συνεργάτες.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Νικήτα Μυλόπουλο, καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Ευχαριστώ επίσης και τα υπόλοιπα μέλη της κριτικής επιτροπής.

Στην συνέχεια, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω και στον υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος μας, Άγγελο Αλαμάνο, του οποίου η βοήθεια ήταν καταλυτική. Χωρίς την στήριξη του, τις συμβουλές του και την καθοδήγηση του, θα ήταν αδύνατη η εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Παρά του φόρτου εργασίας του, αφιέρωσε πολύτιμο χρόνο και παρείχε το απαραίτητο υλικό για την ανάπτυξη και διαμόρφωση του θέματος της εργασίας. Του οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ. Επιπρόσθετη βοήθεια παρείχε και ο Γιώργος Τζιάτζιος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου αλλά και τους φίλους μου, οι οποίοι ήταν δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια, μου έδειξαν εμπιστοσύνη και με βοήθησαν να επιτύχω τους στόχους μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο 1^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται συνοπτικά η έννοια της διαχείρισης υδατικών πόρων, δηλαδή το σύνολο των μέτρων και των δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στην κάλυψη των υδατικών αναγκών, αποζητώντας παράλληλα τα περιβαλλοντικά οφέλη. Οι βασικές πτυχές είναι: η διαχείριση της ζήτησης, δηλαδή η μείωση της ζήτησης μέσω διαχείρισης που είναι ισοδύναμη με την αύξηση της προσφοράς και η μόνη λύση πλέον για τη βιωσιμότητα των υδατικών πόρων, η βιώσιμη διαχείριση, δηλαδή η κάλυψη των αναγκών του παρόντος με διασφάλιση και της μελλοντικής τους ικανοποίησης και η ολοκληρωμένη διαχείριση, δηλαδή η κάλυψη των αναγκών με περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο ορισμός της ποιότητας του νερού καθώς και οι νομοθεσίες που την διέπουν. Η παρούσα εργασία θα περιγράψει το πρόβλημα της ποιοτικής υποβάθμισης των υδατικών πόρων που χρησιμοποιούνται για άρδευση. Θα προσεγγιστεί με την έννοια της περιβαλλοντικής υποβάθμισης η οποία είναι έντονη και χρήζει άμεσης προσοχής. Στο επόμενο Κεφάλαιο, το 2^ο Κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στην περιοχή μελέτης, η οποία είναι η λεκάνη απορροής της Κάρλας. Παρουσιάζονται ιστορικά στοιχεία καθώς και έργα που έχουν γίνει και αναλύεται η ποιοτική κατάσταση των υδάτων της. Στο 3^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων της λεκάνης. Αυτή περιλαμβάνει τη διαδικασία συλλογής και ομαδοποίησης των ρύπων ανά υδατικό σώμα, η σύγκρισή τους με τα επιτρεπόμενα όρια και η εξέταση της ποσοτικής αναπλήρωσης των υδάτων στην ποιότητά τους, μέσω αραίωσης. Στη συνέχεια στο 4^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για κάθενα από τα 3 υδάτινα σώματα. Επιπλέον παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα από της αραίωσης και γίνεται σύγκριση των συγκεντρώσεων των ρύπων πριν και μετά. Τέλος, στο 5^ο Κεφάλαιο εξάγονται κάποια συμπεράσματα από την άνωθεν μελέτη, αναφέρονται οι δυσκολίες που προέκυψαν ενώ γίνονται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ABSTRACT

In Chapter 1, it is presented briefly the meaning of managing the water resources, that is all measures and the activities which are aiming to cover the water resources needs and simultaneously have environmental benefits. The most crucial aspects are firstly the demand of management for example, the reduction of demanding in a way of handling which will be equal with the increasing of offering and the only solution finally for the sustainability of the water resources, secondly the viability of management, which means all the needs must be covered not only for the present but for the future too and thirdly an integrated management which will cover all the needs with environmental, economic and social benefits. In addition to, it is presented the meaning of the quality of the water will all the applications of the law. This project will describe and analyse the problem of degradation in water resources quality for irrigation by approaching the importance of environmental degradation which is intense and we must pay attention to. In the next Chapter, chapter 2, there is a reference in the region of studying, which is the basin of Karla and in the historical knowledge and works which have been done. It is also analysed the water's quality of it. In Chapter 3, it is developed the method which is used for the evolution of the quality of the waters of basin. This method includes the process of the collection and grouping of pollutant in each water sources, their comparison with the permitted limit and the examination of water's quantity substitution in their quality through dilution. Moreover, in the Chapter 4, it is reported and commented the results that turns out for each of the three water sources. Furthermore it is presented the results of dilution and compare the concentrations' pollutants before and after. Finally, in Chapter 5, the are some results from above project, it is mentioned the difficulties which turned out and it is also proposed for the future.

Πίνακας Περιεχομένων

1	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1	Η σημασία του νερού για τον άνθρωπο.....	7
1.2	Η κατανομή του νερού σε παγκόσμια κλίμακα.....	9
1.3	Το πρόβλημα της ανισοκατανομής των υδατικών πόρων	10
1.4	Η έννοια της διαχείρισης των υδατικών πόρων	12
1.4.1	Ολοκληρωμένη διαχείριση.....	15
1.4.2	Βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη.....	16
1.4.3	Διαχείριση της ζήτησης	16
1.5	Ποιότητα νερού	17
1.6	Νομοθεσίες για το νερό	18
1.6.1	Η υγειονομική διάταξη για το <<πόσιμο>> νερό (1986).....	18
1.6.2	Κριτήρια ποιότητας νερού	20
1.7	Γεωργία και αρδύσεις στην Ελλάδα.....	21
2	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	24
2.1	Το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας.....	24
2.2	Λεκάνη απορροής λίμνης Κάρλας	25
2.3	Ιστορικά στοιχεία.....	26
2.4	Χρήσεις γης.....	30
2.5	Εγγειοβελτιωτικά έργα.....	31
2.6	Ποιοτική κατάσταση των υδατικών πόρων της λεκάνης απορροής της Κάρλας.....	32
2.7	Αρμόδιες –διαχειριστικές αρχές της περιοχής μέλετης.....	33
2.8	Γεωργική χρήση γης στη Θεσσαλία.....	34
3	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	37
3.1	Δεδομένα Υπόγειου Υδροφορέα.....	44
3.2	Δεδομένα Ταμιευτήρα Κάρλας.....	45
3.3	Δεδομένα Πηνειού.....	47
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	48
4.1	Αποτελέσματα Υπόγειου υδροφορέα.....	48
4.2	Αποτελέσματα Λίμνης Κάρλας.....	65
4.3	Αποτελέσματα Πηνειού	74
4.4	Αποτελέσματα αραίωσης	80
4.4.1	Αποτελέσματα Υπόγειου Υδροφορέα.....	80

4.4.2	Αποτελέσματα Πηνείου.....	88
5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	92
5.1	Υπερεκμετάλλευση υπόγειων νερών	93
5.2	Εντατικοποίηση Γεωργίας.....	94
5.2.1	Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.....	94
5.2.2	Επιπτώσεις στο περιβάλλον	95
5.3	Μέτρα.....	95
5.3.1	Εκπαιδευτικά μέτρα.....	96
5.3.2	Έλεγχοι εκπομπής ρύπων	96
5.3.3	Επαναχρησιμοποίηση	97
5.3.4	Κεντρικός και ολοκληρωμένος έλεγχος.....	97
5.4	Προτάσεις βελτίωσης και περαιτέρω έρευνα	97

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η σημασία του νερού για τον άνθρωπο

«Δεν έχει σημασία ποιοι είμαστε, πού ζούμε, τι κάνουμε, όλοι εξαρτόμαστε απ' το νερό. Το χρειαζόμαστε κάθε μέρα, με πάρα πολλούς τρόπους. Το χρειαζόμαστε για να είμαστε υγιείς, το χρειαζόμαστε για να παράγουμε την τροφή μας, για τις μεταφορές, την άρδευση και τη βιομηχανία. Το χρειαζόμαστε για τα ζώα και τα φυτά, για να αλλάζουν οι εποχές και τα χρώματα. Ωστόσο, παρά τη σημασία των αποθεμάτων του νερού για τη ζωή και την ύπαρξή μας, δείχνουμε μια συνεχώς αυξανόμενη έλλειψη σεβασμού για τα αποθέματα αυτά. Τα σπαταλούμε, τα λεηλατούμε, τα μολύνουμε, ξεχνώντας πόσο απαραίτητα είναι για την επιβίωσή μας». (Από την ανακήρυξη του 2003, σαν παγκόσμιου έτους για τα Νερά, από τον Ο.Η.Ε.)

Η ανθρωπότητα και όλες οι άλλες μορφές ζωής της Γης εξελίχθηκαν στην παρουσία άφθονων ποσοτήτων νερού. Οι υδάτινοι πόροι έχουν μελετηθεί για χιλιετίες. Ξεκινώντας ακόμη πριν από τους αρχαίους Έλληνες φιλοσόφους – Πλάτωνα (428 - 348 π.Χ.), Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.) και Αρχιμήδη (287-212 π.Χ.) – οι Αιγύπτιοι και οι Ασσύριοι είχαν προγραμματίσει, σχεδιάσει και κατασκευάσει μεγάλες υποδομές υδάτινων πόρων σε όλη τη Μέση Ανατολή. Οι Ρωμαίοι πήραν τις ελληνικές ανησυχίες σχετικά με τη λειτουργία των δικτύων νερού και τη δημόσια υγεία, του έδωσαν πρακτική εφαρμογή και τις επέκτειναν σε όλη τη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία. Η πόλη της Ρώμης με τα 16 μεγάλα υδραγωγεία ήταν ένα θαύμα της μηχανικής και της διαχείρισης των υδάτων, με την κατά κεφαλή διαθεσιμότητα του νερού να είναι ισοδύναμη με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές. Στους επόμενους αιώνες, έχουμε τη θεωρία, την ανάλυση και την κατά προτεραιότητα διάθεση του νερού. Οι μεγάλοι επιστήμονες και μηχανικοί από την Αναγέννηση μέχρι το τέλος του δέκατου ένατου αιώνα, (Γαλιλαίος, Da Vinci, Torricelli, Pascal, D.Bernoulli, Darcy, κ.ά.), έκαναν σημαντικές ανακαλύψεις που ακόμα διέπουν τη διαχείριση των υδάτων.

Οι Έλληνες φιλόσοφοι περιέγραψαν ένα φυσικό κόσμο που αποτελείται από τέσσερα στοιχεία: γη, νερό, φωτιά και αέρα. Σχεδόν τρεις χιλιάδες χρόνια αργότερα, η αντίληψη αυτή δεν έχει αλλάξει, με τη διαφορά ότι τώρα αυτά τα στοιχεία αναφέρονται με τους όρους οικοσύστημα (γη), νερό (νερό), ενέργεια (φωτιά) και ατμόσφαιρα (αέρας). Πλέον ο άνθρωπος γνωρίζει καλύτερα από ποτέ ότι τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για τη ζωή πάνω στη Γη. Από την αρχαία Ελλάδα έως σήμερα ο ανθρώπινος πληθυσμός έχει πολλαπλασιαστεί κατά 700 φορές, με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζει μεγάλες κρίσεις όσον αφορά αυτά τα στοιχεία. Μέχρι τα τελευταία χρόνια ο αέρας και το νερό θεωρούνταν τόσο άφθονα ώστε δεν υπήρχε καμία ανησυχία για την εξάντλησή τους. Ωστόσο, άρχισαν να παρατηρούνται προβλήματα μόλυνσης του νερού, της ατμόσφαιρας και κυρίως ότι η εύρεση νέων πηγών αυτών των πόρων άρχισε

να γίνεται ολοένα και πιο δύσκολη. Επιπρόσθετα, στο τέλος του εικοστού αιώνα παρατηρήθηκε ότι η σπάταλη χρήση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα έθετε σε κίνδυνο την ατμόσφαιρα με τρόπους που απειλούσαν την επιβίωση πολλών ειδών, μαζί και του ανθρώπινου, με αποτέλεσμα, τα δύο πιο εμφανή παγκόσμια ζητήματα που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα, να είναι η ενέργεια και οι υδατικοί πόροι.

Αν και είναι δύσκολο να δοθεί ακριβής ορισμός στον όρο υδατικός πόρος, γενικά θεωρείται η οποιαδήποτε θέση κυκλοφορίας του νερού στη φύση, όπου συναντάται σε τέτοια μορφή ώστε να είναι δυνατή η χρησιμοποίησή του από τεχνική και οικονομική άποψη, χωρίς να δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον.

Το νερό είναι ένα ξεχωριστό αγαθό, με πολλά ιδιόμορφα χαρακτηριστικά. Το σύνολο αυτών των χαρακτηριστικών του προσδίδουν έναν ιδιαίτερο χαρακτήρα. Το νερό είναι απαραίτητο γιατί χωρίς αυτό δεν υπάρχει ζωή, περιβάλλον και οικονομική ανάπτυξη. Έχει πρωταρχική σημασία σε κάθε είδους δραστηριότητα, αστική, βιομηχανική ή αγροτική. Η άνιση χρονική και χωρική κατανομή του νερού σε συνδυασμό με τη συνεχώς επιδεινούμενη ποιότητα του, καθιστούν τους υδατικούς πόρους αγαθό σε ανεπάρκεια. Η ελεύθερα διαθέσιμη ποσότητα νερού περιορίζεται στην ποσότητα που κυκλοφορεί διαμέσου της ατμόσφαιρας, σε ετήσια βάση. Όλο το διαθέσιμο προς χρήση νερό προέρχεται από τις κατακρημνίσεις. Η ποσότητα της βροχής που πέφτει στη γη είναι πεπερασμένη και δεν είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί ολόκληρη. Το νερό είναι αναντικατάστατο γιατί, σε αντίθεση με όλα τα υπόλοιπα οικονομικά αγαθά, δεν έχει υποκατάστατα. Είναι επίσης δημόσιο αγαθό, αφού δεν μπορεί να ανήκει σε κανέναν. Είναι ευθύνη του κάθε κράτους να φροντίζει για την ασφαλή πρόσβαση σ' αυτό για κάθε χρήση και για την αποφυγή κάθε καταστροφής απ' αυτό. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του νερού που το καθιστά τόσο πολύπλοκο, είναι η οικονομική του αντιμετώπιση, με την έννοια ότι η αγορά του νερού δεν είναι ομοιογενής. Άλλοι χρήστες, που καταναλώνουν μικρές ποσότητες, είναι πρόθυμοι να πληρώσουν, άλλοι που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες, όπως οι αγρότες, δεν είναι πρόθυμοι να πληρώσουν, ενώ άλλοι, όπως το περιβάλλον ή οι φτωχοί, δεν έχουν την δυνατότητα να πληρώσουν. Παρόλο που το νερό είναι το ίδιο, η ζήτησή του εξαρτάται από την ποιότητα, την ποσότητα και την αξιοπιστία της παροχής. Οι ανταλλαγές μεταξύ αυτών των κατηγοριών των χρηστών πρέπει να καθορίζονται από πολιτικές αποφάσεις και όχι μέσω της αγοράς. Υπάρχουν μακροοικονομικές αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των διαφόρων χρήσεων του νερού. Αφού το νερό επηρεάζει όλες τις οικονομικές δραστηριότητες, οι σχέσεις αυτές είναι πολύπλοκες μεταξύ τους.

1.2 Η κατανομή του νερού σε παγκόσμια κλίμακα

Το νερό είναι αναμφίβολα απαραίτητο για την ύπαρξη της ζωής στη γη. Είναι δύσκολο να φανταστεί κανείς έστω και μία μορφή ζωής, που θα μπορούσε να επιβιώσει χωρίς νερό. Η Γη φαίνεται να είναι κατάμεστη με νερό, μιας και ο συνολικός όγκος του ισούται περίπου με 325 εκατομμύρια κυβικά μίλια, ενώ καλύπτει τα δύο τρίτα της επιφάνειάς της. Αυτή η εικόνα οδηγεί στην εύκολη διαπίστωση ότι το νερό είναι υπεραρκετό και ανεξάντλητο. Αυτή η ψευδαίσθηση της αφθονίας δυσκολεύει τη συνειδητοποίηση της πραγματικής κατάστασης, ότι δηλαδή το γλυκό νερό είναι ένα αγαθό σε ανεπάρκεια. Λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή του νερού στη φύση, θα διαπιστώναμε ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής ποσότητας του νερού στον πλανήτη είναι γλυκό νερό, άρα και εκμεταλλεύσιμο από τον άνθρωπο. Από το συνολικό όγκο του νερού στον πλανήτη, περίπου το 97,5% είναι αλμυρό νερό το οποίο βρίσκεται στους ωκεανούς και τις θάλασσες, ενώ το υπόλοιπο 2,5% είναι το λεγόμενο γλυκό νερό, του οποίου η περιεκτικότητα σε αλάτι είναι μικρότερη από 0,1% (1000 ppm). Το γλυκό νερό είναι αυτό από το οποίο εξαρτώνται σχεδόν όλα οικοσυστήματα και φυσικά, οι άνθρωποι. Ποσότητα ίση με τα 71% του γλυκού νερού είναι δεσμευμένη στα παγόβουνα, στους παγετώνες στους δύο πόλους, καθώς και σε μόνιμο χιόνι στις κορυφές των βουνών, που είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθεί, επομένως μόνο το 0,77% του συνολικού όγκου του νερού βρίσκεται στις λίμνες, τα ποτάμια, το έδαφος, το υπέδαφος και την ατμόσφαιρα. Από αυτό το γλυκό νερό που απομένει, το υπόγειο νερό καταλαμβάνει το 0,63%, όπου το μισό βρίσκεται σε οικονομικά ασύμφορα βάθη. Τελικά από το συνολικό όγκο νερού που υπάρχει μόνο το 0,02% είναι το επιφανειακό, το οποίο κάθε άλλο παρά ανεξάντλητο είναι (Μυλόπουλος Ν., 2001). Το υπόγειο νερό που βρίσκεται σε βάθος μικρότερο των 800 m αποτελεί σήμερα το μεγαλύτερο μέρος του εν δυνάμει εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού, ενώ σε πολλές περιπτώσεις ιδιαίτερα αξιόλογη είναι η συνεισφορά του επιφανειακού νερού, του νερού, δηλαδή των λιμνών, των ποταμών και των τεχνητών ταμιευτήρων, το οποίο απορρέοντας στην επιφάνεια του εδάφους κινείται ή συγκεντρώνεται στις υδάτινες αυτές μάζες (Λατινόπουλος, 1999, Τολίκας, 1999).

Η κατανομή των υδατικών πόρων στη γη ρυθμίζεται από τον υδρολογικό κύκλο, δηλαδή από το σύστημα διαρκούς κυκλοφορίας του νερού από την ατμόσφαιρα μέχρι τα βαθιά υπόγεια στρώματα και από τα ποτάμια μέχρι τη θάλασσα. Κάθε χρήση νερού επηρεάζει ολόκληρο τον υδρολογικό κύκλο.

Το νερό στις διάφορες φάσεις του (στερεή, υγρή και αέρια) δεν κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλες τις περιοχές της γης. Η χωρική ανισοκατανομή των υπόγειων νερών που καταλαμβάνουν τεράστιες εκτάσεις, σε σχέση με τα επιφανειακά νερά που εμφανίζονται τοπικά ή ακολουθούν συγκεκριμένη πορεία, είναι έντονη. Σημαντικό ρόλο στην άνιση χωρική κατανομή των υδατικών πόρων – είτε υπόγειων, είτε επιφανειακών – παίζει η μεταβλητότητα

των κλιματικών συνθηκών, δηλαδή η ένταση των βροχοπτώσεων, η θερμοκρασία και κατ' επέκταση η εξατμισοδιαπνοή σε κάθε τόπο, αλλά και η ανθρώπινη παρέμβαση στη φύση. Υπάρχουν περιοχές με μεγάλους ποταμούς, λίμνες και πλούσια υδατικά αποθέματα και άλλες που αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο ή την πραγματικότητα της λειψυδρίας. Εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι η μεταβολή των μετεωρολογικών συνθηκών κατά τη διάρκεια του έτους, που ρυθμίζει την ένταση των βροχοπτώσεων και το μέγεθος της θερμοκρασίας. Σε αντίθεση με τα επιφανειακά νερά που παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα στην ποσότητα τους, κατά τη διάρκεια του έτους, τα υδατικά αποθέματα που αποθηκεύονται ή κινούνται στο έδαφος δεν παρουσιάζουν τέτοιες είδους μεταβολές στην ποσότητα και έτσι είναι περισσότερο αξιόπιστα για την κάλυψη των αναγκών σε διάφορες χρονικές περιόδους.

Καθώς το γλυκό νερό συνεχώς επανατροφοδοτείται μέσω του υδρολογικού κύκλου, θα μπορούσαμε να πούμε ότι αυτό αποτελεί ανανεώσιμο πόρο (Wright, 2005). Όμως, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι εκτός από ανανεώσιμο, το νερό αποτελεί, πλέον, και περιορισμένο πόρο σε πολλά μέρη του πλανήτη, ενώ είναι βέβαιο ότι η κατάσταση θα επιδεινωθεί με την πάροδο των ετών.

Η Αειφόρος ή αλλιώς Βιώσιμη Ανάπτυξη, για την οποία γίνεται λόγος στη συνέχεια, προβάλλει σαν αρχή τη διατήρηση και τη συνέχιση της ζωής στον πλανήτη. Σύμφωνα με αυτήν, η συνολική ποσότητα του διαθέσιμου γλυκού νερού γίνεται ακόμη μικρότερη. Το νερό δηλαδή στο οποίο θα πρέπει να προσβλέπει η ανθρωπότητα μακροπρόθεσμα, είναι ένα ακόμη μικρότερο τμήμα του συνόλου, καθώς αποτελεί ένα μικρό μόνο μέρος των συνολικών αποθεμάτων του γλυκού νερού και είναι αυτό που αντιστοιχεί στα ανανεώσιμα αποθέματα του νερού στη γη.

1.3 Το πρόβλημα της ανισοκατανομής των υδατικών πόρων

Οι περισσότερες χώρες παγκοσμίως αντιμετωπίζουν σοβαρές δυσκολίες ως προς την κάλυψη των υδατικών τους αναγκών. Μια σειρά τέτοιων προβλημάτων πλήττουν και την πλειονότητα των Ευρωπαϊκών χωρών, είτε λόγω μείωσης και υποβάθμισης της προσφοράς, είτε λόγω κακής διαχείρισης στη ζήτηση του νερού (Engelman, 1993).

Η λειψυδρία, με την κάθε είδους μορφή εξάντλησης υδατικών πόρων, αλόγιστης χρήσης, άνιση κατανομής τους στις επιμέρους χρήσεις και την ποιοτική υποβάθμιση, προκαλεί τα σημαντικότερα προβλήματα διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων (Baldock, 2000). Οι λανθασμένες πολιτικές αντιμετώπισής τους μέχρι πρόσφατα χαρακτηρίζονταν από τη νοοτροπία ότι το νερό αποτελεί μη εξαντλήσιμο αγαθό και ότι η συνεχής επιδίωξη αύξησης της προσφοράς του δεν έχει σημαντικές επιδράσεις στο περιβάλλον.

Από την άλλη πλευρά, η υπερκατανάλωση των υδατικών αποθεμάτων, η κακή κατανομή του πόρου, μεταξύ ανταγωνιστικών χρήσεων, και ποιοτικά (με τη χρήση άριστης ποιότητας νερού, ανεξαρτήτως χρήσης), καθώς και η απουσία εργαλείων ελέγχου, οδηγούν στα σημαντικότερα προβλήματα διαχείρισης της ζήτησης νερού. Τέτοια προβλήματα γίνονται πιο αισθητά μέσω της δυσκολίας ποσοτικής και ποιοτικής αναπλήρωσης των υφιστάμενων αποθεμάτων.

Το κόστος ανάπτυξης νέων υδατικών πόρων θα ακριβύνει σημαντικά στο προσεχές μέλλον και αυτό διότι έχουν ήδη αξιοποιηθεί οι υδατικοί πόροι που προσφέρονταν για εκμετάλλευση τεχνικά και οικονομικά. Το γεγονός ότι ο πληθυσμός της γης αυξάνεται σημαντικά και κατά συνέπεια μεγιστοποιούνται οι ανάγκες σε νερό, οδηγεί στην διαρκή αύξηση των κατά κεφαλήν απαιτήσεων λόγω της ανόδου του βιοτικού επιπέδου και της τεχνολογικής εξέλιξης (Maddocks et al, 2015).

Τα προβλήματα αυτά είναι εντονότερα στις χώρες της νότιας Ευρώπης και της Μεσογείου, λόγω του θερμότερου κλίματος και των αυξημένων υδατικών απαιτήσεων. Ακόμα και χώρες που δε χαρακτηρίζονται άνυδρες ή δε βρίσκονται σε κατάσταση κρίσης νερού είναι δυνατόν να αντιμετωπίζουν προβλήματα λόγω ανισοκατανομής και ποιοτικής υποβάθμισης του πόρου.

Στον όρο ανισοκατανομή περιλαμβάνονται (Briscoe J., 1996):

- Χωρική ανισοκατανομή, π.χ. ψηλά βουνά με υδατικά αποθέματα και πεδινές ή νησιωτικές περιοχές με ελλειμματικά υδατικά ισοζύγια
- Χρονική ανισοκατανομή, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα εύκρατα κλίματα με υγρούς χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια, και
- Ανισοκατανομή της ζήτησης μεταξύ ανταγωνιστικών χρήσεων.

Στον όρο ποιοτική υποβάθμιση περιλαμβάνονται:

- Υφαλμύρωση των υδροφορέων των παράκτιων περιοχών λόγω εντατικών αντλήσεων
- Υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, είτε λόγω ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων, είτε ως αποτέλεσμα της εντατικοποίησης των καλλιεργειών.

Ειδικότερα, η Ελλάδα από υδρολογικής άποψης θα μπορούσε να χαρακτηριστεί μέτρια ή ελαφρώς πλούσια. Αυτό οφείλεται στην εναλλαγή ορεινών και πεδινών περιοχών σε συνδυασμό με άγονα εδάφη. Μεγάλες περίοδοι έλλειψης βροχοπτώσεων έχουν ως αποτέλεσμα μεγάλες περιόδους ξηρασίας σε πολλά μέρη της χώρας (Baldock et al., 2000). Οι κατακρημνίσεις στη δυτική Ελλάδα ξεπερνούν ετησίως τα 1000 mm, ενώ στη βόρεια Ελλάδα ρέουν οι διασυνοριακοί ποταμοί Αξιός, Νέστος, Στρυμόνας και Έβρος που μεταφέρουν νερό από λεκάνες απορροής εκτός των συνόρων της Ελλάδας και συνεισφέρουν στην ενδυνάμωση του υδατικού δυναμικού της περιοχής.

Σήμερα γίνεται αντιληπτό, ότι η Ελλάδα αντιμετωπίζει όλα τα προαναφερθέντα προβλήματα, συν την απουσία ελέγχου και ορθολογικής διαχείρισης σε θέματα νερού. Το αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερα εμφανές στον αγροτικό τομέα, το μεγαλύτερο καταναλωτή νερού στη χώρα, και συνοψίζεται σε τρεις συνιστώσες (Κουτσογιάννης, 2007) :

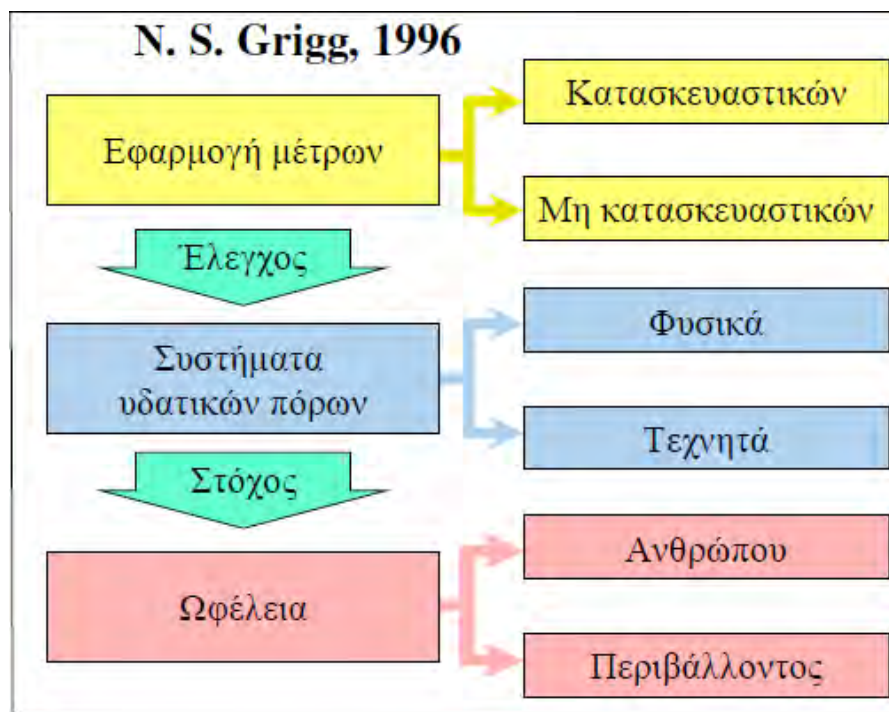
- **Τη φυσική λειψυδρία**, με την έννοια ότι οι διαθέσιμοι πόροι είναι συχνά ανεπαρκείς. Αυτό συνεπάγεται περιβαλλοντική υποβάθμιση, μειούμενη προσφορά νερού από ποταμούς, πτώση της στάθμης υπόγειων υδροφορέων και αδυναμία κάλυψης υδατικών αναγκών.
- **Οικονομική λειψυδρία**, με την έννοια ότι οι επενδύσεις που απαιτούνται για να συμβαδίσουν με την αυξανόμενη ζήτηση νερού περιορίζονται λόγω των περιορισμένων οικονομικών, ανθρώπινων ή θεσμικών ικανοτήτων. Τα δύο μεγαλύτερα προβλήματα οικονομικής λειψυδρίας είναι η ανεπαρκής ανάπτυξη υποδομών και η ενσωμάτωση της πλήρους αξίας του νερού στο κόστος παραγωγής, όπως επιτάσσει η ευρωπαϊκή Οδηγία-Πλαίσιο Περί Υδάτων 2000/60/ΕΚ. Ιδιαίτερα το δεύτερο αποτελεί αντικείμενο έρευνας όλο και περισσότερο, καθώς ο επιμερισμός του σε συνιστώσες και ο υπολογισμός τους διχάζει και προκαλεί πολλές ενστάσεις από όλες τις εμπλεκόμενες ειδικότητες.
- **Την ποιοτική υποβάθμιση επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων**. Η συνεχής χρήση τους, η διάθεση αποβλήτων, η εντατική χρήση λιπασμάτων, η υφαλμύρωση λόγω υπεράντλησης και η επιστροφή ροών άρδευσης δημιουργούν ένα φαύλο κύκλο ρύπανσης κάθε είδους υδατικού αποθέματος. Σε συνδυασμό με τον αργό ρυθμό εμπλουτισμού των υπόγειων υδάτων, τη μη αξιοποίηση των ανανεώσιμων επιφανειακών υδάτων και την ανεπαρκή υποδομή και τεχνογνωσία έχουν καταστροφικές περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες.

Η παρούσα εργασία θα περιγράψει το πρόβλημα της ποιοτικής υποβάθμισης των υδατικών πόρων που χρησιμοποιούνται για άρδευση, προσεγγίζοντάς το με την έννοια της περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

1.4 Η έννοια της διαχείρισης των υδατικών πόρων

Με τον όρο "Διαχείριση των Υδατικών Πόρων" εννοούμε το σύνολο των μεθόδων και δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την ορθολογική αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού, με στόχο την πληρέστερη δυνατή κάλυψη των αναγκών σε νερό. Πρακτικά, στη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων συμπεριλαμβάνονται τόσο οι επιστημονικές μέθοδοι και τεχνικές, όσο και οι επιχειρησιακές επεμβάσεις και τα διοικητικά μέτρα, που στοχεύουν στη μετατροπή της κατάστασης των υδατικών συστημάτων, προκειμένου να προκύπτει το μέγιστο δυνατό όφελος από την εκμετάλλευσή τους, σύμφωνα με τα κριτήρια, τις προτεραιότητες και τους στόχους που έχουν προκαθοριστεί (Σημειώσεις ΔΥΠ, Μυλόπουλος).

Τα παράπανω μπορούν να επιτευχθούν μέσω κατασκευαστικών και μη κατασκευαστικών μέτρων για τη ρύθμιση φυσικών και τεχνητών υδατικών συστημάτων προς όφελος του ανθρώπου και του περιβάλλοντος και παρουσιάζονται συνοπτικά στην παρακάτω Σχήμα 1.4-1 (Grigg ,1996).



Σχήμα 1.4-1 : Σύστημα μέτρων και διαστηριοτήτων για την κάλυψη αναγκών σε νερό(Grigg, 1996)

Με τον όρο Κατασκευαστικά μέτρα εννοούνται οι τεχνικές κατασκευές και εγκαταστάσεις που σκοπό έχουν την ποσοτική και ποιοτική ρύθμιση του νερού.

Επιπλέον, με τον όρο μη κατασκευαστικά μέτρα εννοούνται τα διαχειριστικά σχέδια και δράσεις που δεν απαιτούν τεχνικές κατασκευές. Παραδείγματα τέτοιου είδους μέτρων και ρυθμίσεων είναι τα τιμολογιακά σχέδια, η ζωνοποίηση περιοχών, η θέσπιση κινήτρων, οι δημόσιες σχέσεις, οι διακανονισμοί, τα ασφαλιστήρια κλπ.

Τέλος, με τον όρο σύστημα υδατικών πόρων εννοείται ένας συνδυασμός μέσων ρύθμισης νερού και περιβαλλοντικών στοιχείων που συνεργάζονται με σκοπό την διαχείριση των υδάτων. Διακρίνεται σε φυσικό υδατικό σύστημα αλλά και σε τεχνητό υδατικό σύστημα. Το φυσικό υδατικό σύστημα περιλαμβάνει ένα σύστημα υδρολογικών στοιχείων του φυσικού περιβάλλοντος όπως την ατμόσφαιρα, τις λεκάνες απορροής, τους υπόγειους υδροφορείς, τις λίμνες, θάλασσες κ.α. Από την άλλη το τεχνητό υδατικό σύστημα περιλαμβάνει τεχνικά έργα που ρυθμίζουν τη ροή του νερού και τη ποιότητα του. Περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις για την ύδρευση και επεξεργασία λυμάτων, αποστραγγιστικά έργα και έργα ανάσχεσης πλημμύρων και

κατασκευές για την ρύθμιση του νερού στα ποτάμια, τους ταμιευτήρες και τους υπόγειους υδροφορείς.

Η όλο και εντονότερη ανάπτυξη των συστημάτων υδατικών πόρων σε παγκόσμια κλίμακα, ταυτόχρονα με τα συνεχώς αυξανόμενα ελλείμματα, έχει κάνει επιτακτική την ανάγκη για την εφαρμογή ολοκληρωμένων μεθόδων σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων. Η επιστήμη των συστημάτων υδατικών πόρων είναι αυτή που κλήθηκε να εφαρμόσει αυτές τις μεθόδους σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα, για να δώσει λύσεις στα σχετιζόμενα με το νερό προβλήματα της ανθρώπινης κοινωνίας. Αυτό γιατί το νερό είναι βασικό στοιχείο όλων των περιβαλλοντικών και κοινωνικών διαδικασιών. Το νερό είναι κύριο συστατικό του οικολογικού κύκλου και υπήρξε ιστορικά ένας βασικός μοχλός της οικονομικής, κοινωνικής και πολιτισμικής ανάπτυξης των χωρών. Η σημασία του νερού, ιδιαίτερα στην Ελλάδα, είναι τεράστια, όχι μόνο ως αγαθό, αλλά και ως περιοριστικού παράγοντα για την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη. Η εκτίμηση, η πρόβλεψη, ο σχεδιασμός και η διαχείριση των υδατικών πόρων είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης, ενώ η προστασία, η ορθολογική διαχείριση και η αξιοποίηση των υδατικών πόρων, αποτελούν κομβικά σημεία πολιτικής στρατηγικού σχεδιασμού σε εθνικό επίπεδο.

Ανάλογα με το είδος της διαχείρισης το νερό μπορεί να θεωρηθεί ως φυσικός πόρος, ως οικονομικό αγαθό και ως περιβαλλοντικό στοιχείο. Σε σχέση πάντως με άλλους φυσικούς πόρους και με άλλα οικονομικά αγαθά έχει μία ιδιαιτερότητα: είναι μοναδικό και αναντικατάστατο, αφού αποτελεί προϋπόθεση της ανθρώπινης ύπαρξης και ζωής στον πλανήτη και δεν έχει υποκατάστατο στην ανάπτυξη. Η βιώσιμη (αειφόρος) διαχείριση των υδατικών πόρων είναι η βασική παράμετρος της βιώσιμης ανάπτυξης. Οι υδατικοί πόροι δεν είναι απεριόριστοι. Μάλιστα σε πολλές περιοχές του κόσμου δεν είναι επαρκείς και η ανεπάρκειά τους αυτή συνιστά μέγιστο εμπόδιο στην ανάπτυξη. Σε παγκόσμιο επίπεδο η κατανάλωση νερού για διάφορες χρήσεις (αστική, βιοτεχνική, βιομηχανική, αρδευτική) αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς. Η προσφορά, όμως, είναι δεδομένη, είναι ορισμένη, έχει κάποια ανώτερα όρια. Πέραν αυτού στην Ελλάδα, στις άλλες παραμεσόγειες χώρες και σε πολλές άλλες χώρες του κόσμου, σε ενδοετήσιο κύκλο, η ζήτηση του νερού είναι η μέγιστη (το καλοκαίρι), όταν η προσφορά του (η διαθεσιμότητά του) στη φύση είναι η ελάχιστη. Δηλαδή, ο ενδοετήσιος κύκλος ζήτησης νερού, είναι ακριβώς αντίστροφος με αυτόν της φυσικής προσφοράς (διαθεσιμότητας). Με άλλα λόγια η χρονική κατανομή της προσφοράς και ζήτησης είναι αντίστροφες. Και επί πλέον πολύ συχνά σε περιοχές με μικρή προσφορά (διαθεσιμότητα) νερού, δηλαδή με φτωχό ή μέτριο υδατικό δυναμικό, υπάρχει μεγάλη ζήτηση νερού, δηλαδή μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα και έντονη οικονομική δραστηριότητα, ενώ, αντίθετα, σε περιοχές με πλούσιο υδατικό δυναμικό, δηλαδή με μεγάλη προσφορά (διαθεσιμότητα) νερού, υπάρχει μικρή ζήτηση. Με άλλα λόγια η χωρική κατανομή της προσφοράς και ζήτησης είναι επίσης

αντίστροφες. Εξαιτίας αυτής της αντιστρόφως ανάλογης κατανομής, προκύπτει το πρόβλημα της διαχείρισης των υδατικών πόρων (Σούλιος Γ, 2002).

Κλείνοντας την υποενότητα αυτή, η Διαχείριση Υδατικών Πόρων, ως η επιστήμη της ορθολογικής αξιοποίησης των υδατικών πόρων, πρέπει να συναντήσει την επιστήμη του Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού των Υδατικών Συστημάτων, με κοινό στόχο, εκτός από την αξιοποίηση των υδατικών πόρων και την ικανοποίηση των αναγκών σε νερό, την προστασία και τη διατήρηση του υδατικού περιβάλλοντος. Μέχρι τώρα επικρατεί η άποψη ότι το περιβάλλον πρέπει να προσαρμόζεται στην τεχνολογική εξέλιξη και να προσφέρει σε αυτό τις πρώτες ύλες που χρειάζεται. Ο άνθρωπος, δηλαδή, αντιμετωπίζει τα φυσικά υδατικά συστήματα με νοοτροπία κατακτητή, εκμεταλλευόμενος το νερό σε όποιο βαθμό του επιτρέπει η τεχνογνωσία της μηχανικής. Η χρησιμοθηρική προσέγγιση, που μας οδήγησε στο σημερινό αδιέξοδο, συνδέεται με την τεχνοκρατική αντίληψη για τη ζωή και το μέλλον αυτού του πλανήτη (Μιμίκου, 1994).

1.4.1 Ολοκληρωμένη διαχείριση

Η ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων στην ουσία είναι η διαδικασία που προάγει τη συντονισμένη ανάπτυξη και διαφύλαξη των υδάτινων πόρων, με στόχο τη δίκαιη μεγιστοποίηση της κοινωνικής και οικονομικής ευημερίας, χωρίς συμβιβασμούς προς τη βιωσιμότητα των ζωτικών οικοσυστημάτων. Με λίγα λόγια η ολοκληρωμένη διαχείριση σημαίνει ότι όλες οι διαφορετικές χρήσεις των υδατικών πόρων εξετάζονται από κοινού. Η κατανομή του νερού και οι διοικητικές αποφάσεις εξετάζουν τις επιπτώσεις κάθε χρήσης στις άλλες. Δηλαδή η ολοκληρωμένη διαχείριση πρέπει να λαμβάνει υπόψιν όλες τις υδρολογικές, κοινωνικές, οικονομικές, παραγωγικές και κλιματικές παραμέτρους που σχετίζονται με τις αποφάσεις που αφορούν τους υδατικούς πόρους.

Έτσι, η διαχείριση των υδατικών πόρων είναι αποτελεσματική εάν :

- Ενθαρρύνει το σχεδιασμό και την υλοποίηση σχεδίων μέσω μιας δυναμικής διαδικασίας, που να προσαρμόζεται σε διαρκώς μεταβαλλόμενες συνθήκες (περιβαλλοντικές, κλιματικές).
- Επιφέρει ισορροπία στις ανταγωνιστικές χρήσεις νερού μέσω ενός αποδοτικού σχεδίου κατανομής, το οποίο συμπεριλαμβάνει οικονομικά μεγέθη, περιβαλλοντικά οφέλη και κόστη, καθώς και κοινωνικές αξίες.

Το βασικό υπόβαθρο για την επίτευξη αποτελεσματικής διαχείρισης, αποτελεί το ανθρώπινο δυναμικό και η τεχνολογική υποδομή (Λέκκας, 1996, Τσακίρης, 2001).

Ο συνδυασμός της Ολοκληρώμενης Διαχείρισης, της Βιώσιμης ανάπτυξης αλλά και της διαχείρισης της Ζήτησης αποτελούν τη λύση στο πρόβλημα που προαναφέρθηκε.

1.4.2 Βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη

Μια λύση στο πρόβλημα αποτελεί η παραδοχή της Βιώσιμης ή Αειφόρου Ανάπτυξης, σύμφωνα με την οποία η προσπάθεια για κάλυψη των σημερινών αναγκών δεν υπονομεύει την αντίστοιχη προσπάθεια και των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες.

Η Βιώσιμη ή Αειφόρος Ανάπτυξη ως έννοια, σε συνδυασμό με τη λέξη ανάπτυξη, καλείται να διατηρήσει μία κατάσταση, η οποία αντιτίθεται σε μια άλλη ανεπιθύμητη κατάσταση. Με λίγα λόγια, να μπορεί ο άνθρωπος να πετύχει την «εκμετάλλευση» των υδατικών φυσικών πόρων, χωρίς όμως, να καταστρέφει το περιβάλλον και την οποιαδήποτε μορφή ζωής αυτού και φυσικά χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι επόμενες γενιές θα αντιμετωπίζουν οποιαδήποτε συνέπεια αυτών των πράξεων είτε στην περίπτωση καταστροφής του περιβάλλοντος είτε με παντελή έλλειψη του νερού.

1.4.3 Διαχείριση της ζήτησης

Υπολογίζεται ότι διεθνώς η ζήτηση σε νερό αυξάνεται τρεις φορές πιο γρήγορα απ' ό,τι αυξάνεται ο πληθυσμός της γης (Μυλόπουλος Γ., Ε. Κολοκυθά, 1997). Συγχρόνως, η συνολική ποσότητα του νερού που διαθέτει κάθε χώρα παραμένει, ετησίως, περίπου σταθερή. Γίνεται λοιπόν φανερό το περιβαλλοντικό οικονομικό αδιέξοδο της πολιτικής της συστηματικής αναζήτησης διαρκώς νέων υδατικών αποθεμάτων προς αξιοποίηση. Οι υδατικοί πόροι είναι ούτως ή άλλως πεπερασμένοι και αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν, ενώ το κόστος εκμετάλλευσης κάθε νέου κυβικού μέτρου νερού εκτιμάται ότι θα στοιχίζει στο εξής τρεις φορές περισσότερο από ότι στο παρελθόν (Μυλόπουλος, 2006). Οι διαπιστώσεις αυτές δείχνουν την ανάγκη για επαναπροσδιορισμό των αρχών και των μεθόδων της διαχείρισης των υδατικών πόρων με την ανάγκη για τη διαχείριση της ζήτησης να είναι επιτακτική, με έμφαση στη χρήση και την εφαρμογή οικονομικών κινήτρων και μεθόδων. Αυτός είναι ένας ιδιαίτερα αποτελεσματικός τρόπος ελέγχου των χρήσεων και προσανατολισμού των αναγκών στην κατεύθυνση της εξοικονόμησης και της προστασίας της ποιότητας του νερού. Πλέον, οι ανάγκες σε νερό δεν θεωρούνται δεδομένες και τα υδατικά αποθέματα ανεξάντλητα αλλά αντίθετα, η προσπάθεια έχει στόχο την προσαρμογή των αναγκών στα διαθέσιμα υδατικά αποθέματα (Μυλόπουλος, 1996).

Ως διαχείριση της ζήτησης νερού ορίζεται το σύνολο των δράσεων που αποσκοπούν στη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας του νερού σε κάθε χρήση του με τη χρησιμοποίηση της μικρότερης δυνατής ποσότητας νερού. Οι δράσεις αυτές:

- είτε μειώνουν τη ζήτηση του νερού,
- είτε βελτιώνουν την αποδοτικότητα των χρήσεων νερού, και, σε κάθε περίπτωση,
- προστατεύουν τους υδατικούς πόρους από υποβάθμιση.

Η μείωση της ζήτησης μέσω της διαχείρισης θεωρείται ισοδύναμη με αύξηση της προσφοράς νερού και, μάλιστα, ως η πρώτη επιλογής λύση όταν οι πλέον εύκολα εκμεταλλεύσιμοι (κοντινοί) υδατικοί πόροι έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί πλήρως και οι διαθέσιμες λύσεις έχουν μεγάλο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος.

Έχει ελεγχθεί (Tate, 2001) ότι η διαχείριση της ζήτησης, είναι η μόνη λύση για βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων σε πλανητική κλίμακα. Η διαχείριση της ζήτησης του νερού πρέπει να στοχεύει σε ένα συνδυασμό αύξησης της κοινωνικής ευημερίας που σχετίζεται με το νερό, και ελάττωσης της χρήσης του. Έχει δηλαδή ως σκοπό να καλύψει όσο το δυνατόν περισσότερες ανάγκες νερού διατηρώντας το ισοζύγιο των υδατικών αποθεμάτων.

1.5 Ποιότητα νερού

Ο όρος «ποιότητα νερού» περιγράφει τις φυσικές, χημικές, βιολογικές και αισθητικές ιδιότητες του νερού οι οποίες καθορίζουν την καταλληλότητά του για διάφορες χρήσεις, ενώ παράλληλα προστατεύεται η υγεία και η βιωσιμότητα των υδατικών οικοσυστημάτων. Πολλές από αυτές τις ιδιότητες καθορίζονται ή επηρεάζονται από στοιχεία τα οποία είτε διαλυτοποιούνται είτε βρίσκονται εν αιωρήσει στο νερό. Τα «πρότυπα ποιότητας του νερού» περιλαμβάνουν αριθμητικές παραμέτρους οι οποίες έχουν καθοριστεί διεθνώς (νόμοι ή διατάγματα) για τον έλεγχο την ποιότητας του νερού και την περαιτέρω διαχείρισή του (www.prodosol.gr).

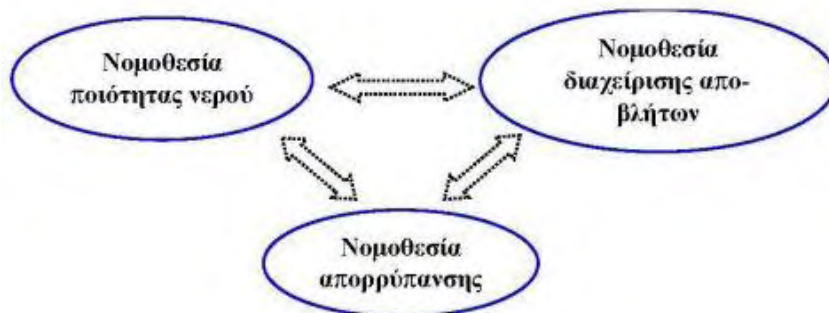
Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντώνται διάφορα κριτήρια και οδηγίες όσον αφορά στον έλεγχο της ποιότητας του νερού. Για παράδειγμα, ορισμένες οδηγίες ορίζουν τις μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων των στοιχείων ώστε να είναι κατάλληλα για διάφορες χρήσεις, ενώ άλλες οδηγίες έχουν ως στόχο τον καθορισμό της ιδανικής συγκέντρωσης ενός στοιχείου λαμβάνοντας υπόψη κάποιους παράγοντες ασφαλείας (Vandas, 2002).

Τα πιο κοινώς χρησιμοποιούμενα πρότυπα όσον αφορά στην εκτίμηση της ποιότητας του νερού σχετίζονται με τη διασφάλιση της ποιότητας του πόσιμου

νερού και την υγεία των οικοσυστημάτων. Τα πρότυπα αυτά καθορίζονται με βάση τις επιτρεπτές οριακές ποσότητες διαφόρων συστατικών, τα οποία περιέχονται στο νερό και θεσπίζονται με ρυθμιστικές διατάξεις με στόχο την προστασία της υγείας των ανθρώπων.

Τα πρότυπα για την διασφάλιση της ποιότητας του νερού είναι συνήθως πιο αυστηρά σε σχέση με άλλα πρότυπα και περιλαμβάνουν παραμέτρους οι οποίες δεν εντάσσονται σε συγκεκριμένους περιορισμούς σε άλλες περιπτώσεις. Τα πρότυπα αυτά γίνονται όλο και πιο αυστηρά, καθώς υπάρχει καλύτερη τεχνογνωσία και χρήση νέων εξελιγμένων τεχνικών που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων διαφόρων στοιχείων καθώς και με την επίδραση των στοιχείων αυτών στην υγεία των ανθρώπων.

Η ιδανική μέθοδος θέσπισης προτύπων περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια: - επιστημονικό προσδιορισμό των κινδύνων ή των οφελών για την υγεία των ανθρώπων - ποσοτική εκτίμηση του κόστους για την επίτευξη των στόχων σχετικά με την ποιότητα του νερού - ρυθμιστικές/πολιτικές αποφάσεις που προσδιορίζουν τα οφέλη και τα κόστη πριν την θέσπιση των προτύπων.



Σχήμα 1.5-1 Μέθοδος θέσπισης προτύπων (Πηγή: <http://www.prosodol.gr>)

1.6 Νομοθεσίες για το νερό

1.6.1 Η υγειονομική διάταξη για το <<πόσιμο>> νερό (1986)

Η πρώτη σπουδαία υγειονομική διάταξη για το «πόσιμο νερό» εκδόθηκε στη χώρα μας το 1986 (Α5/288/23.1.1986 ΦΕΚ 53 / Τεύχος Β' / 20.2.86) με σκοπό την εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας με την 80/778 Οδηγία του Συμβουλίου της ΕΟΚ της 15/7/80. Στη διάταξη αυτή ορίζεται ως «πόσιμο νερό» το νερό που χρησιμοποιείται για ανθρώπινη χρήση, είτε μετά από προηγούμενη επεξεργασία είτε όχι, οποιαδήποτε και αν είναι η προέλευσή του.

Το πόσιμο νερό διατίθεται για ανθρώπινη κατανάλωση και χρησιμοποιείται σε εργοστάσια και βιοτεχνίες παρασκευής τροφίμων και ποτών. Από τη διάταξη εξαιρέθηκαν τα φυσικά μεταλλικά και τα ιαματικά νερά.

Οι επιτρεπόμενες τιμές για τις ποιοτικές παραμέτρους, οι οποίες προσδιορίζουν την καταλληλότητα του πόσιμου νερού, και χαρακτηρίζονται σαν :

- οργανοληπτικές,
- φυσικο-χημικές,
- παράμετροι που αφορούν ανεπιθύμητες ουσίες,
- παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες,
- μικροβιολογικές,

πρέπει να είναι οπωσδήποτε κατώτερες ή ίσες με τις τιμές της «Ανώτατης παραδεκτής συγκέντρωσης» και να προσεγγίζουν τις τιμές που αναφέρονται σαν «Ενδεικτικό επίπεδο». Στον Πίνακα 1.6-1 που ακολουθεί δίνονται οι τιμές ορισμένων ποιοτικών παραμέτρων για το πόσιμο νερό, όπως αυτές προτείνονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Εφημ. Ευρωπ. Κοιν. 30-8-1980).

Παράμετρος (μονάδα)	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατο παραδεκτό επίπεδο
Φυσικές Παράμετροι		
Χρώμα (mg/l Pt/Co)	1	20
Θολρότητα (mg/l SiO ₂)	1	10
Οσμή (Ποσοστό διαλύσεως)	0	2 μέχρι 12°C
		3 μέχρι 25°C
Γεύση (Ποσοστό διαλύσεως)	0	2 μέχρι 12°C
		3 μέχρι 25°C
Φυσικο-χημικές Παράμετροι		
Θερμοκρασία (°C)	12	25
pH	6,5<pH<8,5	
Αγωγιμότητα (μS/cm έως 20 °C)	<400	
Χλώριο (mg/l)	<25	
Θειικά (mg/l)	25	250
Ασβέστιο (mg/l)	<100	
Μαγνήσιο (mg/l)	30	50
Νάτριο (mg/l)	20	175
Βαθμός κορεσμού σε οξυγόνο	>75%	
Νιτρικά (mg/l)	25	50
Νιτρώδη (mg/l)	0,1	
Αμμώνιο (mg/l)	0,05	0,5
Κάδμιο (μg/l)	5	
Υδράργυρος (μg/l)	1	
Μικροβιολογικές Παράμετροι		
Ολικά Κολοβακτηριοειδή (Αρ./100 ml)	0	0

Πίνακας 1.6-1 Κριτήρια ποιότητας ενδεικτικών παραμέτρων για το πόσιμο νερό
(Hydromentor, 2015)

Η καθημερινή μέτρηση όλων των παραμέτρων για την ποιότητα του νερού δεν είναι πάντα δυνατή αλλά ούτε και αναγκαία. Σύμφωνα με την υγειονομική διάταξη ο έλεγχος των παραμέτρων για την ποιότητα του νερού περιλαμβάνει τον ελάχιστο έλεγχο, τον έλεγχο ρουτίνας, τον περιοδικό καθώς και τον έκτακτο έλεγχο.

1.6.2 Κριτήρια ποιότητας νερού

Αξίζει να αναφερθούν και τα κριτήρια ποιότητας νερού που χρησιμοποιούνται σήμερα. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι κριτηρίων ή προτύπων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ποιότητας και ρύπανσης του νερού. Ο ένας τύπος αναφέρεται στην ποιότητα του νερού του υδάτινου αποδέκτη, όπως ποταμού, λίμνης, εκβολών ποταμού, ανοιχτής θάλασσας και υπογείων νερών που λέγονται πρότυπα ποταμών ή αποδεκτών. Ο άλλος τύπος αναφέρεται στην ποιότητα και το είδος των αποβλήτων που παροχετεύονται από δεδομένη πηγή και λέγονται πρότυπα αποβλήτων (Τσακίρης, 1995). Τα σπουδαιότερα είναι τα πρότυπα της ποιότητας του αποδέκτη που βρίσκονται στις οριακές τιμές ορισμένων ουσιών και παραμέτρων στο νερό και εξαρτώνται από τη χρήση του νερού. Τα κριτήρια ποιότητας του νερού καθορίζονται σε σχέση με τη χρήση του νερού. Οι χρήσεις αυτές μπορεί να είναι αστική, βιομηχανική, γεωργική και κτηνοτροφική χρήση, χρήση νερού για αναψυχή, διατήρηση υδάτινου οικοσυστήματος ή οικολογική χρήση, ιχθυοκαλλιέργειες, ναυσιπλοΐα και παραγωγή ενέργειας. Η σχετική σπουδαιότητα αυτών των χρήσεων του νερού εξαρτάται από την οικονομία της περιοχής και τις απαιτήσεις των κατοίκων.

Σύμφωνα με το Άρθρο 8 της Οδηγία Πλαίσιο Υδάτων, ορίζεται υποχρέωση για «... την κατάρτιση προγραμμάτων για την παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτων, ώστε να υπάρχει συνεκτική και συνολική εικόνα της κατάστασης των υδάτων σε κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού:

- για τα επιφανειακά ύδατα, τα προγράμματα καλύπτουν:
 - τον όγκο και τη στάθμη ή τη ροή, στο μέτρο που αφορά την οικολογική και τη χημική τους κατάσταση και το οικολογικό τους δυναμικό·
 - την οικολογική και τη χημική τους κατάσταση και το οικολογικό τους δυναμικό,
- για τα υπόγεια ύδατα, τα προγράμματα καλύπτουν την παρακολούθηση της χημικής και της ποσοτικής τους κατάστασης,
- για τις προστατευόμενες περιοχές, τα προγράμματα συμπληρώνονται με

τις προδιαγραφές που περιέχονται στην κοινοτική νομοθεσία με την οποία έχουν καθοριστεί οι επιμέρους προστατευόμενες περιοχές.»

Τα υδατικά συστήματα που υφίστανται εντός της περιοχής μελέτης, όπως αυτή οριοθετήθηκε σε προηγούμενη παράγραφο περιλαμβάνουν επιφανειακά και υπόγεια υδάτινα σώματα.

Ο οικολογικός-περιβαλλοντικός προσανατολισμός της εξειδικεύεται στην Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα στο άρθρο 4 όπου αναφέρονται οι περιβαλλοντικοί στόχοι που είναι οι εξής:

- επιφανειακά νερά: εξασφάλιση της καλύτερης δυνατής οικολογικής και χημικής κατάστασης (τουλάχιστον καλής μέχρι το 2015)
- υπόγεια νερά: εξασφάλιση της καλύτερης δυνατής ποσοτικής και χημικής κατάστασης (τουλάχιστον καλής μέχρι το 2015)
- προστατευόμενες περιοχές: συμμόρφωση με όλα τα εκάστοτε ισχύοντα πρότυπα και στόχους μέχρι το 2015.

1.7 Γεωργία και αρδύσεις στην Ελλάδα

Όπως συμβαίνει και στις περισσότερες μεσογειακές χώρες έτσι και στην Ελλάδα η γεωργία αποτελεί έναν πολύ σημαντικό τομέα της οικονομίας της. Πιο συγκεκριμένα η συνεισφορά της γεωργίας στο ΑΕΠ της χώρας ανέρχεται στο 7% που αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα ποσοστά στις χώρες που ανήκουν στο Διεθνή Οργανισμό Οικονομικής Συνεργίας και ανάπτυξης (ΟΟΣΑ). Η αρδευόμενη έκταση στον Ελλαδικό χώρο ανέρχεται στο 40% της συνολικής αγροτικής γης και στο 10% της συνολικής έκτασης της χώρας (Latinopoulos, 2005).

Είναι γνωστό ότι η αρδευόμενη γεωργία αποτελεί παγκοσμίως το μεγαλύτερο καταναλωτή νερού. Ειδικότερα στην Ελλάδα η γεωργία καταλαμβάνει το 80% της συνολικής κατανάλωσης νερού, δεύτερη σε σπουδαιότητα είναι η αστική χρήση ενώ τελευταία η βιομηχανία (OECD, 2000). Το 60% του αρδευτικού νερού προέρχεται από επιφανειακά νερά και το υπόλοιπο από υπόγειους υδροφορείς (Latinopoulos, 2005). Επιπλέον στο 92% των αρδευόμενων εκτάσεων της χώρας η άρδευση γίνεται με συστήματα καταιονισμού και τεχνικές υψηλών απωλειών, μεγαλύτερες του 50 % (Καλλία, 2008). Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας, το 36,8% των συλλογικών αρδευτικών έργων αφορά συστήματα επιφανειακής άρδευσης, το 53% τεχνητής βροχής και μόλις το 10,2% στάγδην άρδευσης και άλλων συστημάτων μικρο-αρδύσεων. Η αύξηση της ζήτησης του νερού από τη γεωργία κατά τη διάρκεια της θερμής και ξηρής περιόδου συνοδεύεται από την αύξηση της ζήτησης του νερού για οικιακή χρήση λόγω του τουρισμού. Η γεωμορφολογία της περιοχής, η γεωλογική της δομή, η άρρυθμη κατανομή βροχοπτώσεων στο χώρο και στο

χρόνο και η μείωση των βροχοπτώσεων συντελούν αθροιστικά στην έλλειψη νερού κατά τη διάρκεια περιόδων αιχμής (Baldock et al., 2000).

Μέσω της αρδευόμενης γεωργίας, οι υδατικοί πόροι χρησιμοποιούνται ως μέσο αύξησης της γεωργικής παραγωγής. Με τον τρόπο αυτό, αποτελούν πηγή εισοδήματος σε μια ευρύτερη κοινωνική ομάδα που απασχολείται με την παραγωγή, επεξεργασία, διακίνηση και πώληση των αγροτικών προϊόντων. Συντελούν επομένως, στην ενδυνάμωση του πρωτογενή τομέα και του εμπορίου αλλά και στην κοινωνική ευημερία στις αγροτικές περιοχές καθώς και στην επιτευξη ενός θετικού ισοζυγίου εισαγωγών και εξαγωγών στη χώρα μας.

Βέβαια παρά τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν, προκύπτουν προβλήματα στο περιβάλλον και στους υδατικούς πόρους. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής (Badlock, 2000) :

- Στους υδατικούς πόρους (τόσο στην ποσότητα όσο και στην ποιότητά τους, επηρεάζοντας τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά)
- Στα εδάφη – τόσο στην ποιότητα (πχ. ρύπανση) όσο και στην ποσότητα (πχ. διάβρωση)
- Στα οικοσυστήματα και στο τοπίο με τον εκτοπισμό υφιστάμενων βιοτόπων και τη δημιουργία νέων, την υποβάθμιση οικοσυστημάτων, τη διαφοροποίηση της βιοποικιλότητας αλλά και τη μεταβολή του τοπίου.

Φαίνεται λοιπόν, ότι η γεωργία ενώ έχει τον μικρότερο διαχειριστικό έλεγχο από ότι οι άλλες χρήσεις, υπάρχουν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον από την όλο και αυξανόμενη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, και κατά συνέπεια τη ρύπανση των υδροφορέων από νιτρικά και φωσφορικά ιόντα που είναι ανεξέλεκτη. Το να μετρηθούν τα πραγματικά αποτελέσματα και τις συνέπειες από τη χρήση των λιπασμάτων, είναι δύσκολο, αφού ένα ποσοστό των θρεπτικών στοιχείων που περιέχουν, αποθηκεύονται στο έδαφος με φυσικές διαδικασίες. Ουσιαστικά δε γίνεται να μετρηθεί η πραγματική ποσότητα νιτρικών και φωσφορικών στο έδαφος (Gardner, 1996). Όμως τις περισσότερες φορές η προσθήκη λιπασμάτων στο έδαφος από τους γεωργούς υπερβαίνει κατά πολύ τις πραγματικές ανάγκες των φυτών. Το αποτέλεσμα είναι ότι το ισοζύγιο του αζώτου στο έδαφος γίνεται πλεονασματικό και μέσω των βροχοπτώσεων και των αρδεύσεων παρασύρεται και συγκεντρώνεται στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Τέλος, στους ρύπους της γεωργίας περιλαμβάνονται και τοξικά μέταλλα καθώς και μικροοργανισμοί που μπορούν να αποτελέσουν απειλή για τον άνθρωπο ή για τον υδρόβιο μικρόκοσμο.

Κλείνοντας αυτό το κεφάλαιο, η παρούσα εργασία θα περιγράψει το πρόβλημα της ποιοτικής υποβάθμισης των υδατικών πόρων που χρησιμοποιούνται για άρδευση. Θα προσεγγιστεί με την έννοια της περιβαλλοντικής υποβάθμισης η οποία είναι έντονη και χρήζει άμεσης προσοχής. Στη συνέχεια θα γίνει συλλογή

δεδομένων ποιοτικής κατάστασης των υδάτων και σχολιασμός των αποτελεσμάτων. Τέλος θα συγκριθούν οι μετρήσεις με τις μετρήσεις που θα είχαμε αν δεν είχαμε αρνητικό ισοζύγιο. Η παραπάνω διαδικασία θα εφαρμοστεί στη λεκάνη απορροής της λίμνης Κάρλας.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας

Το Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας περιλαμβάνει τις Λεκάνες Απορροής Πηνειού (GR 16) και Αλμυρού-Πηλίου (GR 17), όπως προσδιορίσθηκαν κατά την εφαρμογή του Άρθρου 3 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Η συνολική επιφάνεια του είναι ίση με 13.136 km² και συμπίπτει σχεδόν με το αντίστοιχο γεωγραφικό διαμέρισμα. Περιλαμβάνει το νομό Λάρισας σχεδόν στο σύνολό του, πολύ μεγάλο μέρος των νομών Μαγνησίας, Καρδίτσας και Τρικάλων και μικρά τμήματα των νομών Πιερίας, Γρεβενών (στα βόρεια) και Φθιώτιδας (στα νότια).

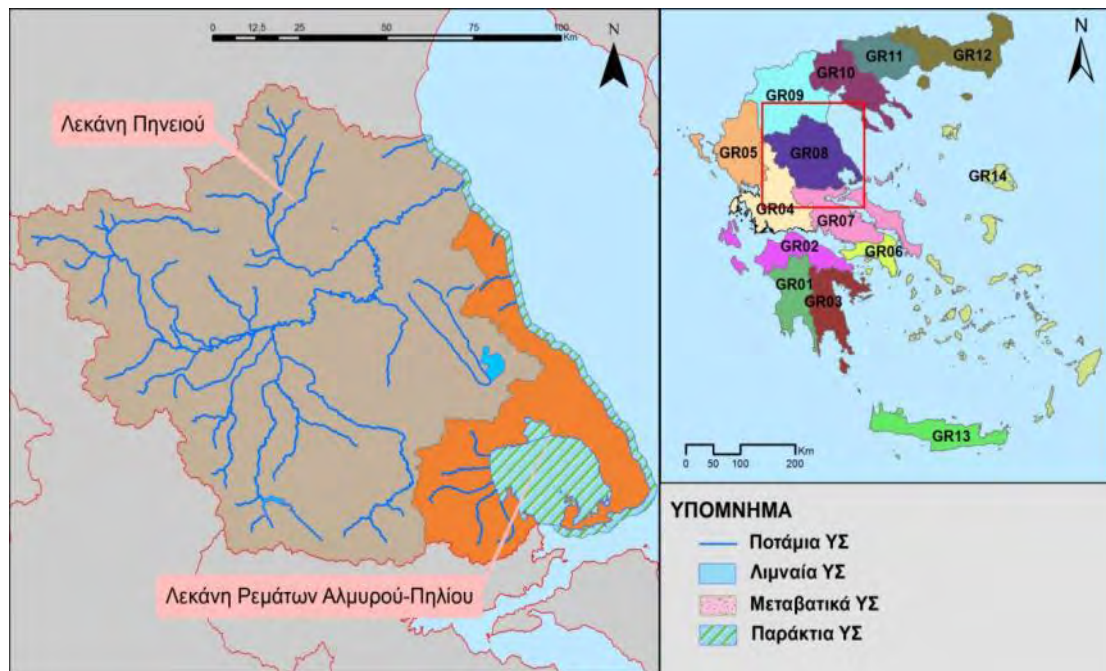
Η περιοχή παρουσιάζει απλή γεωμορφολογική εικόνα με τα ορεινά τμήματά του στις περιφερειακές περιοχές και τα πεδινά τμήματα στις κεντρικές. Το Θεσσαλικό πεδίο είναι ένα τεκτονικό βύθισμα που περιβάλλεται από τις οροσειρές Ολύμπου – Καμβουνίων στα βόρεια, Πίνδου στα δυτικά, Όθρυος στα νότια και Πηλίου – Όσσας στα ανατολικά. Χωρίζεται από τα μικρά Χαλκηδόνια όρη στις πεδινές εκτάσεις της Δυτικής και Ανατολικής Θεσσαλίας, οι οποίες θεωρούνται ανεξάρτητες από υδρογεωλογική άποψη. Από υδρολογική άποψη η μέση ετήσια κατακρήμνιση στη Θεσσαλία υπολογίζεται ίση με 686.8 mm (για την περίοδο 1980-81 έως 2000-01), με μικρότερα κατακρημνίσματα να καταγράφονται στα κεντρικά πεδινά αυξανόμενα προς την ορεινή περιφέρεια, κυρίως όμως προς τα Δυτικά.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται στους 16 με 17°C, ενώ το ετήσιο θερμομετρικό εύρος ξεπερνά τους 22°C. Πιο θερμοί μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος και πιο ψυχροί ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος και ο Δεκέμβριος. Συχνοί είναι οι παγετοί και εμφανίζονται κατά την περίοδο Νοεμβρίου-Απριλίου.

Το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι σχετικά μεγάλο στα δυτικά, μειώνεται στο πεδινό κεντρικό τμήμα και αυξάνεται ξανά στο ανατολικό ορεινό τμήμα. Ενδεικτικές τιμές της ετήσια βροχόπτωσης είναι 468mm στο σταθμό Λάρισας, 550mm στο σταθμό Τυρνάβου και 1142mm στον πιο ορεινό σταθμό του Μουζακίου. Συνολικά για το Υδατικό Διαμέρισμα η μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση εκτιμάται στα 678mm . Οι πιο βροχεροί μήνες είναι οι Οκτώβριος, Νοέμβριος, Δεκέμβριος και Ιανουάριος ενώ οι πιο ξηροί ο Ιούλιος και ο Αύγουστος (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Η κύρια υδρολογική λεκάνη του Υδατικού Διαμερίσματος είναι εκείνη του Πηνειού, με επιφάνεια στη θέση Πυργετός, κοντά στις εκβολές, περίπου ίση με 9.500 km². Κυριότεροι παραπόταμοι του Πηνειού είναι προς τα νότια ο Ενιπέας, ο Φαρσαλιώτης, ο Σοφαδίτης (στον οποίο κατασκευάστηκε το φράγμα Σμοκόβου) και ο Καλέντζης (που δέχεται τα νερά από την εκτροπή

του π. Ταυρωπού μέσω του ταμιευτήρα Πλαστήρα), προς τα δυτικά το Μαλακασιώτικο, ο Πορταϊκός και ο Πάμισος (Πλιούρης) και προς τα βόρεια ο Ληθαίος (που διασχίζει την πόλη των Τρικάλων), ο Νεοχωρίτης και ο Τιταρήσιος. Στο Υδατικό Διαμέρισμα βρίσκεται ακόμα και η κλειστή λεκάνη της Λίμνης Κάρλας (ή Αλμυρού-Πηλίου), το σύστημα της οποίας βρίσκεται υπό διαμόρφωση, με ένα σύστημα τάφρων αμφίδρομης ροής προς και από τον Πηνειό για αντιπλημμυρική προστασία των πεδινών καλλιεργημένων εκτάσεων (ΥΠΕΚΑ, 2011).



Σχήμα 2.1-1 : Θέση, όρια και κύριες λεκάνες του ΥΔ Θεσσαλίας

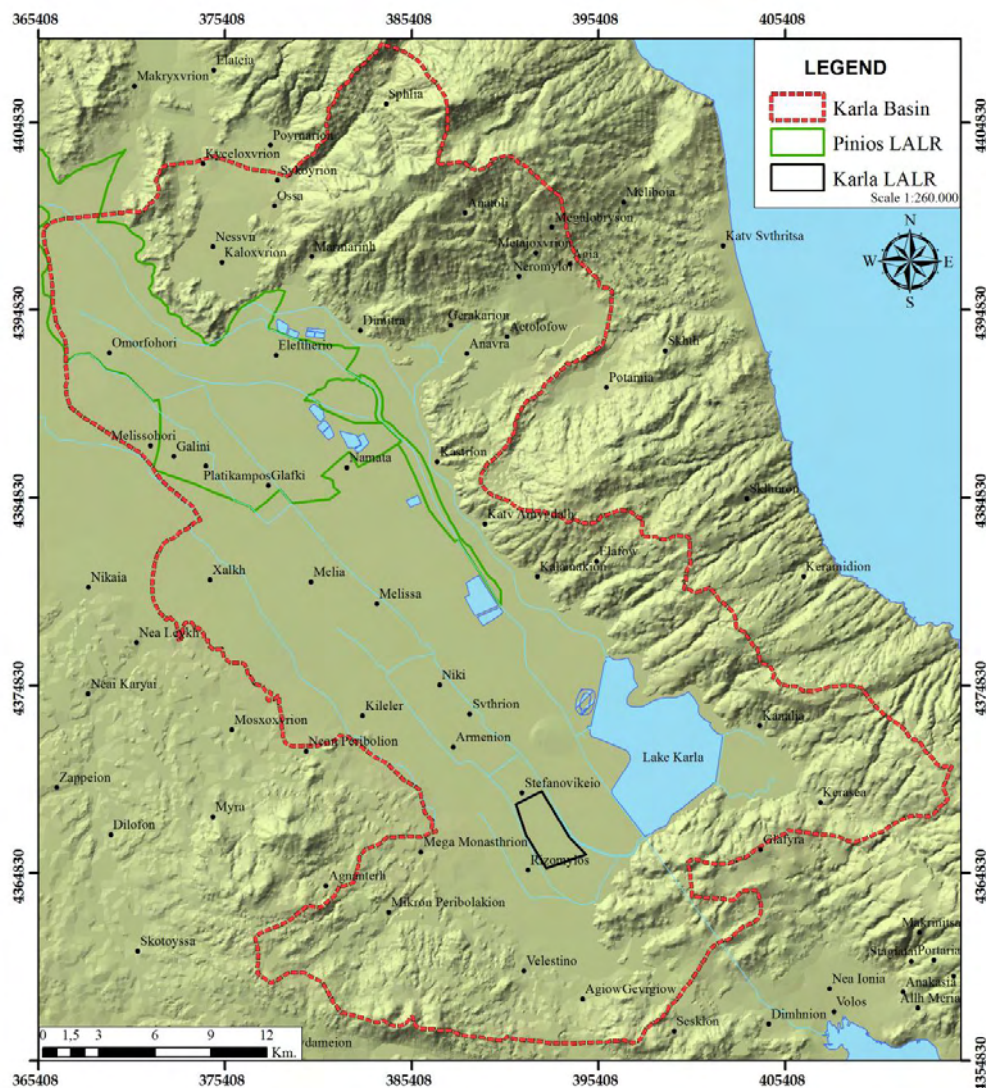
2.2 Λεκάνη απορροής λίμνης Κάρλας

Όπως αναφέρθηκε στο τέλος του προηγούμενου κεφαλαίου η περιοχή μελέτης είναι η λίμνη Κάρλα.

Η λεκάνη Κάρλας βρίσκεται στο νότιο-ανατολικό τμήμα της Θεσσαλίας και καταλαμβάνει όλη της περιοχή δυτικά της Όσσας-Μαυροβουνίου και Πηλίου μέχρι τα μικρά Καληιδόνια όρη και τους λόφους της Ταουσάνης και εκτείνεται νότια μέχρι το Πήλιο και βόρεια την Λάρισα και τον οδικό άξονα Λάρισας-Συκουρίου. Η έκταση που καταλαμβάνει η λεκάνη αυτή, όπως ορίστηκε από την ομάδα του έργου, ανέρχεται σε 1662,72 km².

Η λεκάνη ανήκει στο Υδατικό διαμέρισμα GR08 Θεσσαλίας και στην λεκάνη απορροής GR16 Πηνειού σύμφωνα με το ΦΕΚ 1383/Β/2-9-2010. Η λεκάνη Κάρλας, διοικητικά ανήκει στο μεγαλύτερο ποσοστό στο Ν. Λάρισας και ένα μικρό τμήμα στο Ν. Μαγνησίας. Τα περισσότερα αστικά κέντρα βρίσκονται περίπου περιμετρικά της λεκάνης με τα Κανάλια, Καλαμάκι, Καστρί και Ελευθεροχώρι στα ανατολικά, Καλοχώρι, Ομορφοχώρι και Λάρισα στα

Βόρεια, Νίκαια, Νέα Λεύκη, Νέες Καρυές, Μοσχοχώρι, Μεγάλο Μοναστήρι και Ριζόμυλο στα Δυτικά και Στεφανοβίκειο, Αρμένιο, Νίκη, Αχείλιο, Κιλερέρ, Λοφίσκο, Χάλκη, Πλατύκαμπο, και Μελισσοχώρι περίπου στον κεντρικό άξονα της λεκάνης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ένα σημαντικό ποσοστό της έκτασης της λεκάνης της Κάρλας καταλαμβάνεται από ταμιευτήρες νερού και ειδικότερα τους μεγαλύτερους, όπως είναι οι δυο ταμιευτήρες Καλαμακίου και φυσικά νοτιότερα από τον ταμιευτήρα Καναλίων που είναι ο μεγαλύτερος και που καταλαμβάνει περίπου την έκταση της αποξηραθείσας λίμνης Κάρλας (Παπαζαφειρίου, 1984).



Σχήμα 2.2-1 Απόσπασμα χάρτη όπου φαίνονται τα όρια λεκάνης απορροής της Κάρλας. (Πηγή : Hydromentor, 2015)

2.3 Ιστορικά στοιχεία

Η λίμνη κατέλαβε τη μεγαλύτερη έκταση κατά τον χειμώνα του 1920-1921, εξαιτίας των μεγάλων πλημμυρών του ποταμού Πηνειού την περίοδο αυτή.

Η δεύτερη σε μέγεθος μεγαλύτερη έκταση που κατέλαβε η λίμνη ήταν αυτή κατά τη διάρκεια του χειμώνα 1930-1931, όταν η επιφάνειά της ανήλθε στα 49,25 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και είχε έκταση 145.000 στρέμματα. Την περίοδο 1936-1940 έγιναν τα πρώτα αντιπλημμυρικά αναχώματα. Η κατασκευή των νέων αντιπλημμυρικών έργων προκάλεσε πτώση στη στάθμη της λίμνης κατά 3 μέτρα, από 5,5 μέτρα πριν το 1940 σε 2,5 μέτρα μετά. Τα αντιπλημμυρικά έργα δεν ολοκληρώθηκαν λόγω διενέξεων (ΤΕΕ Μαγνησίας, 1999, Valaoras and Stathakis 1997) και η περιοχή πλημμύρισε ξανά το χειμώνα 1954-1955.

Η λίμνη Κάρλα σκέπαζε το νότιο μέρος της λεκάνης που βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας. Τα όριά της καθορίζονταν στα βορειοανατολικά από τους πρόποδες του όρους Μαυροβουνίου, στα νότια από τους πρόποδες του όρους Πηλίου, ενώ δεν υπήρχαν σαφή όρια στα βορειοδυτικά, δυτικά και νοτιοδυτικά. Η έκταση που κατελάμβανε δεν ήταν σταθερή, αλλά μεταβαλλόταν ανάλογα με τις εισροές και τις εκροές του νερού. Οι εισροές του νερού προέρχονταν κυρίως από τη βροχόπτωση και τις πλημμύρες του ποταμού Πηνειού και δευτερευόντως από τις πηγές του Βελεστίνου κι από το ρεύμα Ασμάκι που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της λίμνης. Οι εκροές νερού από τη λίμνη οφείλονταν κυρίως στην εξάτμιση και τη βαθιά διήθηση από τον πυθμένα της.

Η λίμνη Κάρλα αποξηράνθηκε το 1962 με την κατασκευή σήραγγας (Σχήμα 2.3-1) που διοχέτευσε τα νερά της στον Παγασητικό κόλπο και ο ταμιευτήρας έπειτα θα συντηρούνταν από την απορροή της λεκάνης και με αντλίες από τον Πηνειό. Οι λόγοι για την αποξήρανση ήταν η πλημμυρική προστασία και η δημιουργία περισσότερων καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Τα ανταποδοτικά έργα που προβλεπόταν με την αποξήρανση δεν κατασκευάστηκαν και έτσι εμφανίστηκε μια σειρά προβλημάτων.



Σχήμα 2.3-1: Η σήραγγα αποστράγγισης σήμερα

Τα κυριότερα προβλήματα που προκλήθηκαν στην ευρύτερη περιοχή ήταν η σημαντική υποβάθμιση της υδρόβιας βλάστησης και του ιχθυοπληθυσμού και απουσία μεταναστευτικών και παρυδάτιων πουλιών, η εξάντληση των αποθεμάτων του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα λόγω υπεράντλησης για κάλυψη των αρδευτικών απαιτήσεων και η επιβάρυνση της ποιότητας των υπογείων νερών λόγω εντατικοποίησης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων στην περιοχή της πρώην λίμνης. Ακόμα εμφανίστηκαν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα και την ποσότητα των επιφανειακών υδάτων οι οποίες οδήγησαν και σε επιπτώσεις στην ποιότητα των νερών του Παγασητικού Κόλπου, ο οποίος δέχονταν το σύνολο του ρυπαντικού φορτίου από την περιοχή Κάρλας. Υπήρξε επίσης σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας των εδαφικών πόρων (ρηγματώσεις, καθιζήσεις, παθογενή εδάφη, κλπ). Τέλος παρατηρήθηκε όξυνση ακραίων κλιματικών φαινομένων, όπως για παράδειγμα η συχνή εμφάνιση πλημμύρων εξαιτίας της σήραγγας που κατασκευάστηκε για να μεταφέρει τα νερά στον Παγασητικό κόλπο όπου και η κατασκευή αυτή χαρακτηρίστηκε αναποτελεσματική (Παπακώστα, 2010).

Λόγω της αποξήρανσης της λίμνης το 1962, και των συνεπειών που προκλήθηκαν για το περιβάλλον της περιοχής της λίμνης και γύρω από αυτή, όπως προαναφέρθηκε, κρίθηκε αναγκαία η επανασύσταση της. Εκπληρώνοντας το σχέδιο αποκατάστασης Ramsar και Natura 2000, ένα εθνικό πρόγραμμα έχει δημιουργηθεί για τη αποκατάσταση της λίμνης Κάρλας να είναι από τις πρώτες προτεραιότητες. Η μερική αποκατάσταση της πρώην λίμνης Κάρλας είναι ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά έργα στην Ελλάδα που έχει προγραμματιστεί να αντιστρέψει τις δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες, που προκαλείται από την αποξήρανση της λίμνης. Το σχέδιο αποκατάστασης περιελάμβανε τη δημιουργία ενός Φορέα Διαχείρισης για την περιοχή, ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή του σχεδίου αποκατάστασης, το πρόγραμμα παρακολούθησης, καθώς και την εφαρμογή των αρχών διαχείρισης, προσαρμόσιμη ανάλογα με τις τοπικές ανάγκες. Το 1995 κατά τη σύνταξη της μελέτης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων διαπιστώθηκε ότι παρουσιάζεται μια μοναδική ευκαιρία για μερική αποκατάσταση του βιοτόπου της Κάρλας. Έτσι οι προσπάθειες εστιάστηκαν σε ένα έργο πολλαπλής σκοπιμότητας, που θα λειτουργήσει σταδιακά με βάση τις αρχές της αειφορίας προς όφελος τόσο του φυσικού, όσο και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (Μαργαρίτη, 2015).

Το σύνολο των εγγειοβελτιωτικών έργων που κατασκευάστηκαν κατά την αποξήρανση απαρτίζεται από έργα άρδευσης, αποστράγγισης και αντιπλημμυρικής προστασίας (Σχήμα 2.3-2).

με μήκος 38 χλμ, πλάτος 15-17 μ. και μέσο βάθος 3μ. Στο αρχικό τμήμα της τάφρου συμβάλλουν οι τάφροι 8Τ και 9Τ. Η τάφρος αυτή κατασκευάστηκε μεταγενέστερα από την τάφρο 2Τ και οι διαστάσεις της κοίτης αποδείχθηκαν επαρκείς για την εκπλήρωση των σκοπών της. Υπέστη διευθέτηση σε πολλά τμήματά της για τις ανάγκες της ανασύστασης της λίμνης. Χρησιμοποιείται και για την τροφοδοσία των αρδευτικών ταμιευτήρων.

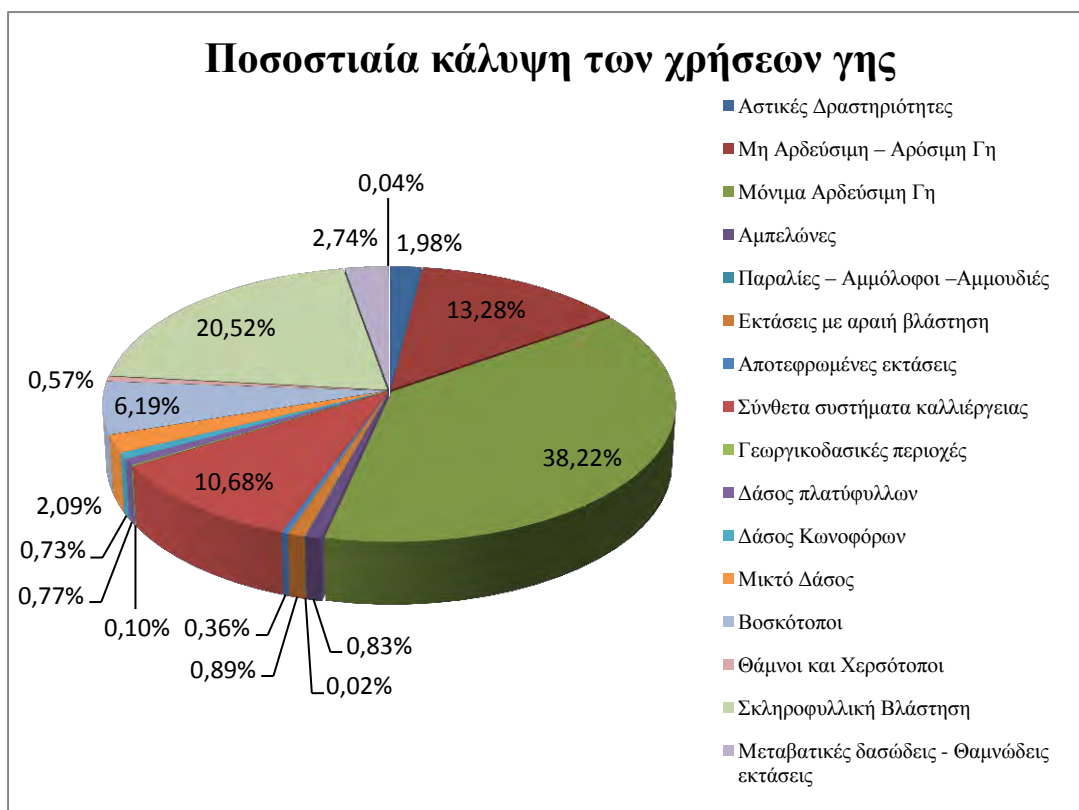
- Τάφρος 2Τ: Η τάφρος 2Τ συλλέγει τα νερά των δυτικών κεντρικών και νότιων εκτάσεων της πεδιάδας, συνολικής έκτασης 178 τε. χλμ και τα οδηγούσε πριν την ανασύσταση της λίμνης στη σήραγγα Κάρλας. Σε αυτήν καταλήγουν οι τάφροι 3Τ, 4Τ, 5Τ και 7Τ που συλλέγουν τα νερά των δυτικότερων τμημάτων της λεκάνης. Αποτελεί συνέχεια της 7Τ και ξεκινά ανάμεσα από τους οικισμούς Γλαύκη και Πρόδρομος και πριν την κατάληξη της στον ταμιευτήρα συνενώνεται με το νέο συλλεκτήρα Σ4. Σήμερα καταλήγει στον ταμιευτήρα της Κάρλας και αποτελεί την τάφρο μεταφοράς των πλημμυρικών απορροών του Πηνειού στην Κάρλα.
- Συλλεκτήρας Σ1: Ο συλλεκτήρας Σ1 συλλέγει τα νερά των περισσότερων ρεμάτων της νοτιοδυτικής λεκάνης και τα κατευθύνει στον Πηνειό, στις βόρειες παρυφές της Λάρισας.

Τέλος, οι υπόλοιπες μικρές τάφροι 6Τ, 5Τ, 4Τ, 3Τ βρίσκονται ανάμεσα στο συλλεκτήρα Σ1 και την 2Τ και παροχετεύουν τα νερά τους στην 2Τ. Η 7Τ αποτελεί το ανάντι τμήμα της 2Τ. Ξεκινά από το ύψος του ρέματος Ασμακίου και συνεχίζει ως 2Τ.

Σήμερα έχουν ολοκληρωθεί όλα τα προβλεπόμενα έργα και αναμένεται η λειτουργία της λίμνης.

2.4 Χρήσεις γης

Η λεκάνη της Κάρλας, έχει πεδινό ανάγλυφο με ελάχιστο ποσοστό λοφώδους ανάγλυφου που βρίσκεται κυρίως περιμετρικά της λεκάνης. Η κύρια αγροτική δραστηριότητα σχετίζεται με την γεωργία και κτηνοτροφία. Οι κύριες καλλιέργειες της λεκάνης Κάρλας είναι το βαμβάκι, σιτηρά, κτηνοτροφικά φυτά και σε μικρότερο ποσοστό αραβόσιτος, τεύτλα, λαχανικά και δενδρώδεις καλλιέργειες (ΥΠΕΚΑ, 2012). Παρακάτω παρατίθενται οι χρήσεις γης σύμφωνα με μελέτες που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος Corine Land Cover (1995).



Σχήμα 1.6.2.4-1 Ποσοστιαία κάλυψη των χρήσεων γης (Corine land Cover, 1995)

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της περιοχής μελέτης (62% αυτής) καλύπτεται από μόνιμα αρδευόμενη γη και από μη αρδευόμενη αρόσιμη γη. Ακολουθεί η σκληροφυλλική βλάστηση (με ποσοστό 20,52%) ενώ αρκετά χαμηλότερα βρίσκονται οι βοσκότοποι (6,19%).

2.5 Εγγειοβελτιωτικά έργα

Η κύρια πηγή νερού στην λεκάνη απορροής της λίμνης Κάρλας είναι ο υπόγειος υδροφόρος, που εξυπηρετεί όλες τις χρήσεις, και βρίσκεται υπό καθεστώς υπερεκμετάλλευσης.

Η κύρια πηγή επιφανειακού αρδευτικού νερού στην λεκάνη της Κάρλας προέρχεται από τον Πηνειό ποταμό μέσω του δυτικού και ανατολικού αντλιοστασίου/ρυθμιστικού φράγματος, από το οποίο τροφοδοτούνται διώρυγες με νερό του Πηνειού που μεταφέρεται στην λεκάνη Κάρλας. Σύμφωνα με τα διαχειριστικά σχέδια υδατικών πόρων (ΥΠΕΚΑ, 2012) στην λεκάνη Κάρλας λειτουργούν τρία αποκλειστικά αρδευτικά δίκτυα, του Μακρυχωρίου (12.147 στρέμματα), του ΤΟΕΒ Κάρλας (116.107 στρέμματα) και το αρδευτικό έργο Καναλιών με 9.783 στρέμματα. Επίσης, ένα σημαντικό τμήμα της λεκάνης Κάρλας καλύπτεται από τον ΤΟΕΒ Πηνειού (179.862 στρέμματα).

2.6 Ποιοτική κατάσταση των υδατικών πόρων της λεκάνης απορροής της Κάρλας

Η ταξινόμηση των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ αποτελεί τη διαδικασία προσδιορισμού της ποιοτικής κατάστασης στην οποία βρίσκεται κάθε υδάτινο σώμα μέσω της αξιοποίησης δεδομένων παρακολούθησης. Σύμφωνα με την Οδηγία η ποιοτική κατάσταση ενός επιφανειακού υδάτινου σώματος καθορίζεται από δύο βασικούς επιμέρους συντελεστές: την οικολογική κατάσταση και τη χημική κατάσταση. Στόχος της ΟΠΥ για τα επιφανειακά υδατικά συστήματα είναι η καλή κατάσταση. Ως «καλή κατάσταση επιφανειακών υδάτων» ορίζεται η κατάσταση επιφανειακού υδατικού συστήματος που χαρακτηρίζεται τουλάχιστον «καλή», τόσο από οικολογική όσο και από χημική άποψη.

Σύμφωνα με το παράρτημα ΙΙΙ της οδηγίας 2000/60ΕΚ οι παραμέτρου προσδιορισμού της χημικής κατάστασης (ποιότητας) των υπογείων υδάτων είναι οι συγκεντρώσεις των ρύπων και η αγωγιμότητα. Η καλή χημική κατάσταση των υπογείων υδάτων ορίζεται με βάση, τη χημική σύνθεση των υπόγειων υδάτων, όπου οι συγκεντρώσεις των ρύπων είναι τέτοιες που δεν εμφανίζουν επιπτώσεις εισροής αλμυρού νερού ή άλλων υλών, δεν υπερβαίνουν τα πρότυπα ποιότητας (σύμφωνα με το άρθρο 14 της οδηγίας 2000/60) και δεν οδηγούν σε μη επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων του άρθρου 4 για τα συνδεδεμένα επιφανειακά ύδατα, ούτε σε σημαντική επιδείνωση της οικολογικής ή χημικής ποιότητας των συστημάτων, ούτε σε σημαντική βλάβη των χερσαίων οικοσυστημάτων που εξαρτώνται άμεσα από το σύστημα υπογείων υδάτων.

Η κύρια πηγή ρύπανσης των υδατοσυστημάτων της λεκάνης Κάρλας σε βαρέα μέταλλα αλλά και γεωργικά φάρμακα βρίσκεται στο νερό τροφοδοσίας του Πηνειού. Επίσης η ρύπανση λόγω αστικών αποβλήτων τόσο μέσω του νερού τροφοδοσίας του Πηνειού αλλά και από την επιπλέον αύξηση του φορτίου των επιφανειακών νερών από την απόρριψη υγρών αστικών αποβλήτων από τους παρακείμενους Δήμους και Κοινοτικά διαμερίσματα της λεκάνης επιβεβαιώνεται από τις υψηλές συγκεντρώσεις όπου βρέθηκαν στα επιφανειακά ύδατα της λεκάνης.

Σύμφωνα με το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και τροφίμων εντοπίστηκαν πολλές σημειακές πηγές που οφείλονται σε ανεξέλεγκτη ρύπανση προκαλούμενη από αγρότες που πλένουν ψεκαστήρες σε ρέματα και τάφρους. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις γεωργικών φαρμάκων στα επιφανειακά νερά βρέθηκαν για τα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια βάμβακος και σε μικρότερο βαθμό από τα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια αραβοσίτου και άλλες καλλιέργειες.

Σε διάχυτες πηγές γεωλογικής φύσης οφείλεται η αύξηση της αλατότητας, αγωγιμότητας και TDS των επιφανειακών νερών του νοτίο-ανατολικού τμήματος της λεκάνης συμπεριλαμβανομένων και των ταμιευτήρων της Κάρλας (Καλαμακίου και Καναλίων) όπως και των υπόγειων νερών της ίδιας περιοχής.

2.7 Αρμόδιες –διαχειριστικές αρχές της περιοχής μελέτης

Στη λεκάνη της Κάρλας υφίστανται δύο δίκτυα άρδευσης, την χρήση των οποίων έχουν οι Τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) Πηνειού και Κάρλας, αντίστοιχα. Η περιγραφή των αρδευτικών εκτάσεων γίνεται με βάση τους (ΤΟΕΒ), καθένας από τους οποίους εποπτεύει τη λειτουργία των εγγειοβελτιωτικών έργων σε μια δεδομένη περιοχή. Οι οργανισμοί αυτοί, που εποπτεύονται από έναν Γενικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων (ΓΟΕΒ), όπου υπάρχει, ή τη Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων (ΔΕΒ) της οικείας Νομαρχίας, συνήθως υδροδοτούνται από μία συγκεκριμένη πηγή.

Αρχικά, Ο ΤΟΕΒ Πηνειού ανήκει στη Λεκάνη Απορροής Πηνειού του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας. Έχει την έδρα του στη Λάρισα και εποπτεύεται από τον Δήμο Λάρισας. Η έκταση δικαιοδοσίας του εκτείνεται στα 192.116,6 στρέμματα περίπου και καταλαμβάνει εκτάσεις των Καλλικρατικών Δήμων: Λαρισαίων, Τεμπών, Κιλελέρ και Αγιάς. Το βασικό δίκτυο του ΤΟΕΒ Πηνειού εξυπηρετεί μια έκταση 154.000 στρεμμάτων, μέσω των ταμιευτήρων άρδευσης, καταλαμβάνοντας το βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης. Πηγή τροφοδοσίας των ταμιευτήρων αποτελεί ο Πηνειός σε μεγάλο ποσοστό και σε μικρότερο ποσοστό τα υπόγεια ύδατα, με τις επιφανειακές απορροές. Η έκταση που εξυπηρετείται από το εν λόγω δίκτυο, ποικίλει από χρονιά σε χρονιά και αυτό εξαρτάται από το επιφανειακό υδατικό δυναμικό του Πηνειού, καθιστώντας την άρδευση ελλειμματική σε χρονιές ανομβρίας. Το δίκτυο αποτελείται από ανοιχτές χωμάτινες τάφρους με αρκετή βλάστηση και ελλιπή συντήρηση, καθιστώντας τις απώλειες ύδατος σημαντικές. Τέλος, η διοίκηση του Οργανισμού πραγματοποιείται από τη Γενική Συνέλευση των αντιπροσώπων και από το επταμελές Διοικητικό Συμβούλιο που προκύπτει από αυτή.

Παράλληλα, το δίκτυο του ΤΟΕΒ Κάρλας εξυπηρετεί μια μικρή έκταση καλλιεργειών, η οποία ίσα που φτάνει τα 10.000 στρέμματα, ανάμεσα στους οικισμούς Στεφανοβίκειο και Ριζόμυλο και στις τάφρους 3Τ και 2Τ. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει δίκτυο διανομής του νερού, όπως του ΤΟΕΒ Πηνειού, αλλά ο ΤΟΕΒ Κάρλας έχει στην κυριότητά του έναν αριθμό αρδευτικών γεωτρήσεων με την κάθε μία να εξυπηρετεί μια συγκεκριμένη έκταση καλλιεργειών γύρω από αυτήν. Ο ΤΟΕΒ Κάρλας, μελλοντικά θα υδροδοτείται από τη Λίμνη Κάρλα, ώστε να σταματήσει η άντληση του αρδευτικού νερού από τον υπόγειο υδροφόρο. Με τον τρόπο αυτό θα εμπλουτιστεί ο υπόγειος υδροφόρος ώστε τουλάχιστον να ανακοπεί η ποιοτική υποβάθμιση του υδροφόρου από την είσοδο της θάλασσας. Η συντριπτική πλειονότητα των καλλιεργειών είναι το βαμβάκι, ενώ μεγάλο ποσοστό των καλλιεργειών (8000

στρέμματα) αρδεύονται από το στραγγιστικό δίκτυο. Η έκταση που εξυπηρετείται από το κλειστό δίκτυο αγωγών υπό πίεση είναι μόνο 1500 στρέμματα (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008).

2.8 Γεωργική χρήση γης στη Θεσσαλία

Η αρδευόμενη γεωργία είναι ο μεγαλύτερος χρήστης και καταναλωτής νερού στις ξηρές και ημίξηρες ζώνες της γης, και ειδικότερα στη Θεσσαλία. Η ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση καθορίζεται από το είδος και την ποσότητα των διαλυμένων αλάτων και ουσιών που περιέχονται. Τα σπουδαιότερα διαλυμένα ιόντα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον είναι τα κατιόντα ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου και καλίου και από τα ανιόντα όξινα τα ανθρακικά, τα θειικά, και τα χλωριόντα. Σε ορισμένες περιπτώσεις και κάποιες άλλες διαλυμένες ουσίες, όπως τα νιτρικά, τα αμμωνιακά, τα ανθρακικά, το βόριο, και ορισμένα ιχνοστοιχεία μπορεί να έχουν μεγάλη σημασία. Εκτός από τα ιόντα απαραίτητα για το καθορισμό της ποιότητας του αρδευτικού νερού είναι ο προσδιορισμός ορισμένων παραμέτρων που καθορίζουν τις σχέσεις των ιόντων μεταξύ τους. Οι παράμετροι που προσδιορίζονται με βάση τα δεδομένα της χημικής ανάλυσης του νερού, είναι:

1. Η ολική αλατότητα του νερού που εκφράζεται με τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) εκφρασμένα σε mg/l ή meq/l και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECw) εκφρασμένη σε mmhos/cm ή $\mu\text{S/cm}$ στους 25°C ,

2. Η αναλογία προσροφημένου νατρίου (SAR) που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\left(\frac{Ca + Mg}{2}\right)}} \quad \text{και,}$$

3. Η προσαρμοσμένη αναλογία νατρίου (SAR_{adj}) που είναι η αναλογία προσροφημένου νατρίου του εδαφικού διαλύματος μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας που ακολουθεί την άρδευση μεταξύ του αρδευτικού νερού και της αρχικής σύνθεσης του εδαφικού διαλύματος. Όσο υψηλότερη είναι η αναλογία νατρίου ως προς το ασβέστιο και το μαγνήσιο, τόσο υψηλότερο θα είναι το SAR.

Τα προβλήματα που μπορεί να προκαλούνται στα φυτά και στο έδαφος λόγω χρήσης νερού κακής ποιότητας είναι τα εξής: α) αλατότητα του εδάφους, β) υποβάθμιση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους, όπως της δομής του, της διηθητικότητας και κυρίως της περατότητας του και γ) προσθήκη διάφορων ποσοτήτων τοξικών στοιχείων σε βάρος του εδάφους και των φυτών.

Δεδομένων των πιθανών συνεπειών που μπορεί να έχει η χρήση του αρδευτικού νερού, καθίσταται αναγκαίος ο προσεκτικός έλεγχος της ποιότητας του, πριν ή χρησιμοποιηθεί για αρδευτικούς σκοπούς. Έτσι, μπορούν να αποτραπούν πολλά προβλήματα, που θα είχαν ενδεχομένως δυσμενείς επιπτώσεις στις καλλιέργειες και το έδαφος καθώς και στην Αγροτική Οικονομία και στο περιβάλλον γενικότερα. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας κατάταξης του αρδευτικού νερού ως προς την ποιότητα του και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων.

Κατηγορία κινδύνου και ποιοτική παράμετρος (μονάδες)	I	II	III
1) Αλατότητα			
EC _w (μS/cm)	<700	700-3000	>3000
TDS (mg/l)	<450	450-2000	>2000
2) Διηθητικότητα			
SAR και EC _w (μS/cm)	SAR=0-3 EC _w >700	SAR=0-3 EC _w =700-200	SAR=0-3 EC _w <200
	SAR=3-6 EC _w >1200	SAR=3-6 EC _w =1200-300	SAR=3-6 EC _w <300
	SAR=6-12 EC _w >1900	SAR=6-12 EC _w =1900-500	SAR=6-12 EC _w <500
	SAR=12-20 EC _w >2900	SAR=12-20 EC _w =2900-1300	SAR=12-20 EC _w <1300
	SAR=20-40 EC _w >5000	SAR=20-40 EC _w =5000-2900	SAR=20-40 EC _w <2900
3) Τοξικότητα			
A) Τοξικότητα ιόντων από προσρόφηση από τις ρίζες			
Νάτριο (mg/l)	<69	69-207	>207
Χλώριο (mg/l)	<142	142-355	>355
Βόριο (mg/l)	<0,7	0,7-3	>3
B) Τοξικότητα ιόντων από προσρόφηση από τα φύλλα κατά τον ψεκασμό			
Νάτριο (mg/l)	<69	-	>69
Χλώριο (mg/l)	<106	-	>106
4) Ειδικά προβλήματα			
Αμμώνιο και Νιτρικά (mg/l)	<22	22-133	>133

Διττανθρακικά (mg/l) *	<90	90-520	>520
pH	6,5-8,4		

Πίνακας 1.6.2.8-1: Κατάταξη του αρδευτικού νερού ως προς την ποιότητα του και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων (Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1985)

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στο παρόν Κεφάλαιο παρουσιάζεται η συλλογή στοιχείων ρύπανσης με σκοπό την αξιολόγηση της ποιότητας των επιφανειακών και των υπόγειων υδατικών πόρων σε κάθε χρήση. Αυτό γίνεται αφού δεν μπορούν να απομονωθούν οι ρύποι και έτσι παρατηρείται το αποτέλεσμα της ρύπανσης συλλογικά, το οποίο προέρχεται από όλες τις χρήσεις του νερού.

Συνολικά, οι ρύποι για τους οποίους βρέθηκαν στοιχεία και μελετήθηκαν είναι οι παρακάτω :

Αγωγιμότητα: Η αγωγιμότητα ενός διαλύματος είναι μια μαθηματική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Αγωγιμότητα G είναι το ρεύμα I προς την διαφορά δυναμικού E που εφαρμόζεται σε δυο ηλεκτρόδια μέσα σε ένα διάλυμα. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, το σθένος τους, την κινητικότητά τους, τη συγκέντρωσή τους, τη θερμοκρασία και το ιξώδες του διαλύματος, καθώς και το μέγεθος της διαφοράς δυναμικού, με την οποία γίνεται η μέτρηση. Σε ένα υδατικό διάλυμα, η αγωγιμότητα είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στο υγρό. Έτσι λοιπόν, όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση των αλάτων τόσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα (www.hannagreece.gr)

Χλωριούχα (Cl⁻): Αλλοιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του νερού. Διαβρώνουν τις επιφάνειες, και έχουν βλαβερές συνέπειες στην ανάπτυξη των φυτών. Προκαλούν προβλήματα (σε συγκεντρώσεις > 200 ppm) στα άτομα που πάσχουν από καρδιακές ή νεφρικές ασθένειες. Οφείλονται σε ρύπανση από οικιακά λύματα ή από εισροή θαλασσινού νερού. Δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή γεύση. Η ρύπανση πρέπει να επιβεβαιωθεί και με άλλες μετρήσεις (μικροβιολογικές, αμμωνία, νιτρώδη).

Ασβέστιο: Υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά και προέρχεται από τα πετρώματα (ασβεστόλιθος, δολομίτης, γύψος) δια μέσου των οποίων διέρχεται το νερό. Η συγκέντρωση ασβεστίου κυμαίνεται από μηδέν μέχρι μερικές εκατοντάδες mg/l ανάλογα με την προέλευση του νερού και συμβάλλει στην ολική σκληρότητα του. Δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

Μαγνήσιο: Είναι σε αφθονία στη φύση και είναι από τα συνηθισμένα συστατικά των φυσικών νερών. Τα άλατά του μαζί με του ασβεστίου αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού και όταν θερμανθούν σχηματίζουν επικαθίσματα στις σωληνώσεις και τους λέβητες. Νερά με συγκεντρώσεις μαγνησίου μεγαλύτερες από 125 mg/l μπορεί να έχουν καθαρικές και διουρητικές ιδιότητες.

Νάτριο (Na): Είναι βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Τα άλατα νατρίου βρίσκονται σε όλες τις τροφές και το πόσιμο νερό. Το νάτριο (κυρίως η αναλογία

του προς τα άλλα κατιόντα στο νερό) έχει μεγάλη σημασία για τη γεωργία και την ανθρώπινη παθολογία. Η διαπερατότητα του εδάφους επηρεάζεται αρνητικά από μεγάλη αναλογία νατρίου στο νερό. Άτομα που πάσχουν από χρόνιες καρδιακές παθήσεις χρειάζονται νερό με χαμηλή περιεκτικότητα σε νάτριο. Οφείλεται στα πετρώματα, το μικρό βάθος γεώτρησης, το θαλασσινό νερό και τη ρύπανση από λιπάσματα.

Κάλιο (K): Είναι το έβδομο στοιχείο σε αφθονία στη φύση. Επομένως βρίσκεται σε όλα τα φυσικά νερά.. Σπάνια όμως η περιεκτικότητα των πόσιμων νερών φθάνει τα 20 mg/l σε κάλιο. Δεν έχουν αναφερθεί αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. Ανάλογα με την προέλευση του νερού (απαντάται στα υφάλμυρα νερά και γεωτρήσεις μικρού βάθους). Επηρεάζεται από ορυκτά, λιπάσματα και θαλασσινό νερό.

Αμμωνιακά (NH₄): Τα υπόγεια νερά περιέχουν συνήθως αμμωνία σε χαμηλές συγκεντρώσεις (περίπου 0,2 mg/l). Τα αμμωνιακά δίνουν δυσάρεστη γεύση στο νερό και αποτελούν ένδειξη μόλυνσης. Προέρχονται από αποσύνθεση οργανισμών και οργανικών ουσιών, από μόλυνση, ρύπανση πιθανότατα από ποιμνιοστάσια, βουστάσια, λιπάσματα, ή από αναγωγή των νιτρικών αλάτων. Επίσης, συμβάλλουν στο σχηματισμό νιτρώδων αλάτων στα συστήματα ύδρευσης.

Νιτρώδη (NO₂): Τα νιτρώδη οφείλονται σε ρύπανση νερού από οργανικές ουσίες των οποίων το άζωτο άρχισε να οξειδώνεται, δεν έγινε πλήρης οξειδωση και πραγματοποιείται βακτηριδιακή δράση. Μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο του στομάχου από τις σχηματιζόμενες νιτροζαμίνες.

Νιτρικά (NO₃): Τα νιτρικά προέρχεται από αζωτούχες ενώσεις (λιπάσματα, λύματα ή απόβλητα) που κατεισδύουν στο νερό. Υπάρχουν ακόμη και στον αέρα, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με αποτέλεσμα να παρασύρονται από τη βροχή ή να αποτίθενται στο έδαφος. Αξίζει να αναφερθεί ότι μεγάλες ποσότητες νιτρικών δημιουργούν προβλήματα στο αίμα των παιδιών και των εγκύων (μεθαιμοσφαιρίνωση). Τέλος, συνδέονται με τον σχηματισμό νιτροζαμινών και τον καρκίνο του στομάχου.

Σίδηρος (Fe): Ο σίδηρος προέρχεται κυρίως από τη διάλυση ορυκτών, ενώσεων σιδήρου κλπ. Από απόβλητα βιομηχανιών ή από μετανάστευση σιδηρούχων υλικών αποθήκευσης και μεταφοράς νερού (δεξαμενές, σωληνώσεις κλπ). Προσδίδει στο νερό χαρακτηριστική γεύση και οσμή και η πρόσληψη υψηλών ποσοτήτων μπορεί να προκαλέσει βλάβες στους ιστούς.

Μαγγάνιο (Mn): Οφείλεται σε διάλυση ορυκτών. Προσδίδει και αυτό στο νερό χαρακτηριστική γεύση και οσμή και σχηματίζει θολώματα και αποθέσεις. Ακόμα, επιδρά στην ανάπτυξη μικροοργανισμών στις δεξαμενές και τα δίκτυα ύδρευσης. Μεταφέρεται στο πλάσμα του αίματος με τη μορφή τρανσμαγγανίτης και θεωρείται τοξικό καθώς δημιουργεί ερεθισμό στο αναπνευστικό σύστημα.

Θειικά (SO_4^{2-}): Οι αυτότροφοι αλλά και πολλοί ετερότροφοι μικροοργανισμοί προσλαμβάνουν θείο από τα θειικά ιόντα (SO_4^{2-}) του νερού. Κύρια πηγή των θειικών ιόντων στα φυσικά νερά είναι το νερό της βροχής. Άλλες πιθανές πηγές θειικών ιόντων είναι τα ιζηματογενή πετρώματα που περιέχουν θειικό ασβέστιο ή θειικό πυρίτιο. Σε κλειστές λίμνες όπου υπάρχουν αποθέσεις κρυστάλλων θειικού νατρίου (Na_2SO_4) η συγκέντρωση των θειικών ιόντων μπορεί να φτάνει τα 60 g/lit. Στο υπολίμνιο των περισσότερων λιμνών και κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου η μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου προκαλεί μείωση των πληθυσμών των αερόβιων αποικοδομητικών οργανισμών. Στις παραπάνω συνθήκες η ανοργανοποίηση των οργανικών ουσιών με τη συμμετοχή αναερόβιων βακτηρίων δεν οδηγεί στο σχηματισμό νερού (H_2O) και διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), αλλά ενώσεων όπως το μεθάνιο (CH_4) το υδρόθειο (H_2S). Όσον αφορά την κατακόρυφη κατανομή του θείου, παρατηρείται αύξησή της σε συνάρτηση με την αύξηση του βάθους του υδάτινου αποδέκτη.

Όξινα ανθρακικά (HCO_3^-): Τα όξινα ανθρακικά συμβάλλουν στη διατήρηση της οξύτητας του πεπτικού συστήματος και διευκολύνουν την πέψη

Φωσφορικά (PO_4^{3-}): Οφείλονται στην αποσύνθεση οργανικών ουσιών, στη ρύπανση από φωσφορικά λιπάσματα ή αστικά λύματα. Είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία ευτροφισμού στα ύδατα. Τέλος, σε μεγάλες ποσότητες μειώνουν το ασβέστιο στο αίμα.

Θερμοκρασία: Η θερμοκρασία είναι καθοριστικός παράγοντας στη λειτουργία του οικοσυστήματος της λίμνης επειδή επηρεάζει τη διαλυτότητα του οξυγόνου και άλλων συστατικών, το μεταβολισμό των υδρόβιων οργανισμών αλλά και τη διαδικασία διάσπασης των οργανικών ουσιών που υπάρχουν. Ανάλογα με τη θερμοκρασία μπορούν να ευνοηθούν συνθήκες για ανάπτυξη της σαλμονέλας και άλλων βλαβερών ασθενειών.

Διαλυμένο οξυγόνο: Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό αποτελεί αναμφισβήτητο δείκτη της κατάστασης και της βιωσιμότητας του λιμναίου οικοσυστήματος. Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου στα επιφανειακά νερά εξαρτάται από την θερμοκρασία, την ποσότητα των ιζημάτων, την ποσότητα που καταναλώνεται από τους υδρόβιους οργανισμούς, την ποσότητα που προκύπτει από την φωτοσύνθεση, την ταχύτητα ροής του νερού καθώς και τον αερισμό του.

pH: Το pH ενός δείγματος ισούται με την αρνητική λογαριθμική συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο δείγμα ($-\log[\text{H}^+]$). Η κλίμακα μέτρησης του pH είναι από 0 ως 14. Η τιμή 7 αντιστοιχεί σε ουδέτερα δείγματα. Τιμές μικρότερες του 7 υποδεικνύουν υπεροχή υδρογονίωντων (οξύτητα) στο δείγμα, ενώ τιμές μεγαλύτερες από 7 αντιστοιχούν σε αλκαλικά δείγματα (υπεροχή υδροξυλίωντων).

Ολικός φώσφορος: ονομάζεται το σύνολο του ανόργανου και οργανικού φώσφορου. Ο φώσφορος αποτελεί συνήθως περιοριστικό παράγοντα της πρωτογενούς παραγωγής και ως εκ τούτου έχει καθοριστική σημασία για την αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας σε έναν υδάτινο αποδέκτη. Η μεγαλύτερη ποσότητα ανόργανου φωσφόρου οφείλεται στα αστικά λύματα και προέρχεται από τη διάσπαση των πρωτεϊνών κατά τον μεταβολισμό. Επίσης, υπάρχει σε πολλά απορρυπαντικά και στα φωσφορικά λιπάσματα. Μικρά ποσά φωσφορικών εισέρχονται στα δίκτυα από την επεξεργασία του νερού, όπου χρησιμοποιούνται για να εμποδιστεί η διάβρωση στις σωληνώσεις και οι επικαθήσεις στους λέβητες. Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό είναι η θερμοκρασία, το pH και η συγκέντρωση των νιτρικών και των νιτρικών ιόντων. Δεν έχουν αναφερθεί επιπτώσεις στην υγεία.

Χλωροφύλλη-α: Η χλωροφύλλη -α είναι από τους πιο διαδεδομένους δείκτες για τον καθορισμό της τροφικής κατάστασης ενός υδάτινου οικοσυστήματος. Η χλωροφύλλη -α αποτελεί κυρίως, το δείκτη φυτοπλαγκτονικής βιομάζας. Όταν η μέγιστη συγκέντρωση της είναι μεγαλύτερη από 20 mg/m^3 θεωρούμε ότι το υδάτινο οικοσύστημα είναι εύτροφο.

Δίσκος secchi: Ο όρος διαύγεια-διαφάνεια αναφέρεται στη μέτρηση του βάθους στο οποίο έχεις την δυνατότητα να δεις μέσα στο νερό. Βέβαια διαφέρει από μέρα σε μέρα και εξαρτάται από τον παρατηρητή. Ο δίσκος του Secchi είναι ένα απλό όργανο που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του βάθους αυτού. Αποτελείται από ένα καλοζυγισμένο στρόγγυλο δίσκο διαμέτρου περίπου 20 cm που κρεμάτε από ένα κρίκο στο κέντρο του με σχοινί. Ο δείκτης secchi όπως ονομάζεται, είναι ένας δείκτης μέτρησης της θολότητας.

Η διαύγεια μπορεί να μας βοηθήσει στον υπολογισμό της εύφωτης ζώνης. Το βάθος που παίρνουμε με το δίσκο του Secchi μας δίνει το βάθος της εύφωτης ζώνης αν το πολλαπλασιάσουμε με κάποιο συντελεστή. Συνήθως ο συντελεστής αυτός κυμαίνεται από 2 έως 5 για τα περισσότερα φυσικά νερά.

Φυκοκυανίνη: Η φυκοκυανίνη συνιστά βασικό συστατικό (χρωστική) των κυανοβακτηρίων ενώ παράλληλα τα διαφοροποιεί από τις υπόλοιπες ταξινομικές ομάδες. Τα τελευταία χρόνια η συγκέντρωση της φυκοκυανίνης στο νερό εκτιμάται, διεθνώς, ως αξιόπιστος προειδοποιητικός δείκτης της πυκνότητας των κυανοβακτηρίων. Η άνθιση των κυανοβακτηρίων αποτελεί επικίνδυνο παγκόσμιο φαινόμενο, ως αναπόφευκτο αποτέλεσμα του ευτροφισμού, καθώς οι τοξίνες που παράγονται από τα κυανοβακτήρια απειλούν την οικολογική κατάσταση, την αισθητική των οικοσυστημάτων καθώς επίσης και τη δημόσια υγεία.

Μικροκυστίνες: οι μικροκυστίνες είναι μια ομάδα ηπατοτοξινών με μεγάλη δομική ποικιλία (Chorus,2001). Μέχρι σήμερα, έχουν καταγραφεί περισσότερα

από 90 διαφορετικά μέλη της ομάδα μικροκυστινών που παράγονται από διάφορα είδη κυανοβακτηρίων (Welker et al., 2004). Το πιο τοξικό μέλος είναι η μικροκυστίνη-LR η οποία στη δομή της περιέχει τα αμινοξέα L-λευκίνη και L-αργινίνη (Carmichael, 1997).

Βαρέα μέταλλα: Τα βαρέα μέταλλα καταλήγουν στο νερό κυρίως λόγω της χρήσης τους σε διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες (μεταλλουργεία, παραγωγή χημικών, εξόρυξη ορυκτών κλπ). Σημαντική είναι επίσης η συνεισφορά των αστικών απορροών που επιβαρύνονται με βαρέα μέταλλα μέσω των ανθρώπινων εκκρίσεων και της χρήσης απορρυπαντικών και ειδών κοσμητολογίας, καθώς και των εμπορικών δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται εντός των ορίων των οικισμών (συνεργεία αυτοκινήτων, πλυντήρια, φωτογραφεία).

Η τοξικότητα των βαρέων μετάλλων διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος του μετάλλου και τη μορφή με την οποία είναι διαθέσιμα στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, ορισμένα από τα βαρέα μέταλλα όπως ο σίδηρος (Fe) και το τρισθενές χρώμιο (Cr(III)) αποτελούν απαραίτητα ιχνοστοιχεία για τον ανθρώπινο οργανισμό, ενώ άλλα όπως ο υδράργυρος (Hg), το κάδμιο (Cd), ο μόλυβδος (Pb), το νικέλιο (Ni) και το αρσενικό (As) παρουσιάζουν πολύ υψηλή τοξικότητα ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις.

Ως σημαντικότερα βαρέα μέταλλα μπορούν να θεωρηθούν το κάδμιο, ο μόλυβδος και υδράργυρος. Μπορούν να χαρακτηρισθούν ως γενικοί τοξικοί ρύποι με την έννοια ότι βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, στο νερό στο έδαφος και στις τροφές και συχνά διακινούνται μεταξύ των μέσων αυτών.

Το κάδμιο που εισέρχεται στα υδάτινα σώματα προέρχεται κυρίως από εργασίες επιμεταλλώσεων ενώ και άλλες δραστηριότητες όπως η παραγωγή μπαταριών και πλαστικών, η εξόρυξη μεταλλευμάτων καδμίου-ψευδαργύρου, και η καύση υγρών και στερεών καυσίμων που περιέχουν κάδμιο μπορούν να τροφοδοτούν άμεσα ή έμμεσα τα υδάτινα σώματα με κάδμιο. Μεγάλες συγκεντρώσεις καδμίου στο πόσιμο νερό είχαν προκαλέσει στην Ιαπωνία την ασθένεια των οστών Itai-Itai που ήταν θανατηφόρος για το μισό πληθυσμό των ασθενών. Σχετικώς μικρές ταχύτητες πρόσληψης Cd για μεγάλα χρονικά διαστήματα μπορούν να καταλήξουν σε σημαντικές συγκεντρώσεις στα νεφρά λόγω του μεγάλου BXY με αποτέλεσμα σοβαρή ζημιά στη νεφρική λειτουργία. Εξίσου σοβαρή είναι η τοξικότητά του στους ιχθείς, ενώ η μεγάλη κινητικότητά του δια μέσου των τροφικών αλυσίδων επιβάλλει εξίσου χαμηλές επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις σε όλες τις κατηγορίες των υδάτων, πόσιμων, αρδευτικών και υδάτων στα οποία διαβιούν ιχθείς.

Ο μόλυβδος εισέρχεται στα υδάτινα σώματα με κατακρήμνιση από την ατμόσφαιρα, με τη διάβρωση εδαφών, έκπλυση δρόμων και με ποικιλία βιομηχανικών, κυρίως υγρών αποβλήτων. Ο μολυβδοσωλήνες υπήρξαν στο

παρελθόν αξιόλογος τροφοδότης του πόσιμου νερού με Pb. Εξαιρετικά μεγάλος πομπός μόλυβδου υπήρξε και σε μικρότερο βαθμό είναι ακόμη το αυτοκίνητο που χρησιμοποιεί βενζίνη εμπλουτισμένη με τετρααιθυλιούχο μόλυβδο, ο οποίος είναι τοξικότερος και κινητικότερος από το στοιχειακό. Ο μόλυβδος είναι το μόνο βαρύ μέταλλο που η συγκέντρωσή του στον ανοικτό ωκεανό έχει αυξηθεί σοβαρά εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Οι βλάβες που προκαλεί στον άνθρωπο εκδηλώνονται στο μυαλό και στο νευρομυϊκό, κυκλοφοριακό και πεπτικό σύστημα με συμπτώματα την απώλεια όρεξης, αδυναμία και απάθεια. Στα παιδιά παρατηρείται μείωση της διανοητικής ικανότητας. Το καταλυτικό αυτοκίνητο με την υποχρεωτικά αμόλυβδη βενζίνη περιόρισε πολύ την εκπομπή μόλυβδου. Στις ΗΠΑ μεταξύ των ετών 1981 και 1990 η εκπομπή μόλυβδου από το αυτοκίνητο ελαττώθηκε κατά 87%.

Ο υδράργυρος χρησιμοποιείται στην παραγωγή χλωρίου και καυστικής σόδας, στη βιομηχανία ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, στην παρασκευή χρωμάτων και οδοντιατρικών αμαλαμάτων, στη βιομηχανία χάρτου, στην παραγωγή γεωργικών μυκητοκτόνων κ.α. Είχε εκτιμηθεί ότι το έτος 1970 ο άνθρωπος είχε τετραπλασιάσει τη ροή του υδραργύρου προς τους ποταμούς και ωκεανούς με την αποχέτευση κυρίως βιομηχανικών υγρών αποβλήτων. Με τη μεταγενέστερη εφαρμογή μεθόδων ανακύκλωσης και περιορισμού των εκπομπών η παραγωγή μειώθηκε από 9600 t το 1971 σε 5400 το έτος 1989. Ο ανόργανος Hg είναι τοξικός αλλά όχι εξαιρετικά και δε συγκεντρώνεται στους τροφικούς ιστούς. Πολύ τοξικός είναι ο οργανικός υδράργυρος, κυρίως με τη μορφή του μεθυλ-υδραργύρου (CH_3Hg^+) ο οποίος έχει υψηλή ικανότητα συσσώρευσης. Συγκεντρώνεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια και στο νευρικό σύστημα και προσβάλλει εκλεκτικά τα νευρικά κύτταρα. Η ασθένεια που προκαλεί και η οποία μπορεί να καταλήξει σε θάνατο ονομάζεται συχνά «ασθένεια Minimata» από το όνομα της μικρής Ιαπωνικής πόλης στην οποία πρωτοεμφανίσθηκε. Πηγή του υδραργύρου ήταν τα απόβλητα χημικού εργοστασίου που αποχετεύονταν στη θάλασσα από όπου ο Hg κατέληγε και συγκεντρώνονταν στα σώματα των ανθρώπων δια μέσου της θαλάσσιας τροφής. Δυσοίωνα είναι το γεγονός ότι ανόργανος υδράργυρος των πυθμενικών αποθέσεων των υδάτινων σωμάτων μπορεί να μετατραπεί σε οργανικό με μικροβιακή δράση.

Εκπομπές υδραργύρου σε αέρια μορφή μπορούν να προέρχονται επίσης από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν με γαιάνθρακα, λιγνίτη, κλπ. Αυτές μπορούν να εισέρχονται στον κύκλο του νερού μέσω κατακρήμνισης και να επιβαρύνουν την υδάτινη στήλη. Ακόμη επιβάρυνση έμμεση τις υδάτινης στήλης με υδράργυρο μπορεί να υπάρξει από την πλημμυρή διαχείριση απορριμμάτων που περιλαμβάνουν μπαταρίες ή άλλα προϊόντα που περιέχουν υδράργυρο. Επίσης, υψηλές συγκεντρώσεις υδραργύρου στην υδάτινη στήλη ή στο ίζημα μπορούν να εμφανίζονται σε υδροτοπικές περιοχές και υδάτινα συστήματα τόσο λόγω ανθρώπινης

δραστηριότητας, όσο και λόγω υψηλής μεταλλοφορίας σχετικών γεωλογικών σχηματισμών – πετρωμάτων (Υδρομέντωρας, 2015).

Τέλος, από τα δεδομένα αυτά υπολογίσθηκε η ελάχιστη και μέγιστη τιμή της κάθε παραμέτρου όλων των τιμών καθώς και ο μέσος και η διάμεση τιμή της κάθε παραμέτρου για μια πρωτογενή εκτίμηση της ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων νερών στη Θεσσαλία.

Για τις επιτρεπόμενες τιμές των παραμέτρων λήφθηκαν υπόψιν τα όπως αυτές προτείνονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Εφημ. Ευρωπ. Κοιν. 30-8-1980). Η εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης έγινε με το ΦΕΚ 53/20-2-1986 και μετέπειτα με την ΚΥΑ Υ2/2600/2001) (ΦΕΚ 892/Β/11 της 11/07/2001) εναρμονισμένη με την αναθεωρημένη οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ε.Ε. της 31/11/1998.

Η ποιοτική υποβάθμιση των υδάτων της μελετώμενης περιοχής συνοδεύεται από ποσοτική υποβάθμιση. Αυτό προκύπτει από τη μελέτη του υδατικού ισοζυγίου (Sidiropoulos, 2014, Hydromentor, 2015, Alamanos, 2016) το οποίο προκύπτει κατά πολύ ελλειμματικό. Στην παρούσα εργασία κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθεί η επίδραση που θα είχε η ποσοτική αναπλήρωση του ελλείμματος (όπως αυτό υπολογίσθηκε από τους Alamanos et al., 2016) στην ποιότητα των υδάτων, με την έννοια της αραιώσης των ρύπων. Έτσι γίνεται σύγκριση των τιμών των συγκεντρώσεων των ρύπων πριν και μετά την αραιώση, με σκοπό να τονιστεί η σημασία της ποσοτικής υποβάθμισης και των συνεπειών της στην ποιότητα των υδάτων της περιοχής.

Για να υπολογιστεί η αραιώση χρησιμοποιήθηκε ο τύπος $C = \frac{m}{V}$, όπου C είναι η συγκέντρωση του ρύπου, m η μάζα του και V ο όγκος του.

Αρχικά υπολογίστηκε η μάζα κάθε ρύπου στον υπόγειο υδροφορέα και στον Πηνειό θεωρώντας ως V την αντλητική ικανότητα του κάθε υδάτινου σώματος. Έτσι για τον υπόγειο είχαμε $V=140,4 \text{ hm}^3$ και για τον Πηνειό $V=111,2 \text{ hm}^3$. Ως συγκέντρωση λήφθηκε υπόψιν η μέγιστη μέτρηση της τελευταίας χρονιάς κάθε παραμέτρου.

Στην συνέχεια υπολογίστηκε ο όγκος V_{tot} , που είναι το άθροισμα του όγκου της αντλητικής ικανότητας του κάθε υδάτινου σώματος συν τον όγκο του υδατικού ελλείμματος από το ετήσιο ισοζύγιο. Στον επόμενο Πίνακα 3-1 φαίνεται η αντλητική ικανότητα κάθε ΥΣ και το ετήσιο έλλειμμα νερού του, όπως υπολογίστηκε από τους Alamanos et al. (2016). Για τη λίμνη Κάρλα δεν εφαρμόστηκε η μέθοδος διότι έχει θετικό ισοζύγιο.

ΥΠΟΓΕΙΟΣ

ΑΝΤΛΗΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

140,4	hm ³ capacity
1,404E+11	liters

ΑΡΑΙΩΣΗ ΜΕ ΕΛΛΕΙΜΜΑ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

168,182741	hm ³ ελλειμμα
1,6818E+11	liters

3,0858E+11	V _{tot}
------------	------------------

ΠΗΝΕΙΟΣ

ΑΝΤΛΗΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

111,2	hm ³ capacity
1,112E+11	liters

ΑΡΑΙΩΣΗ ΜΕ ΕΛΛΕΙΜΜΑ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

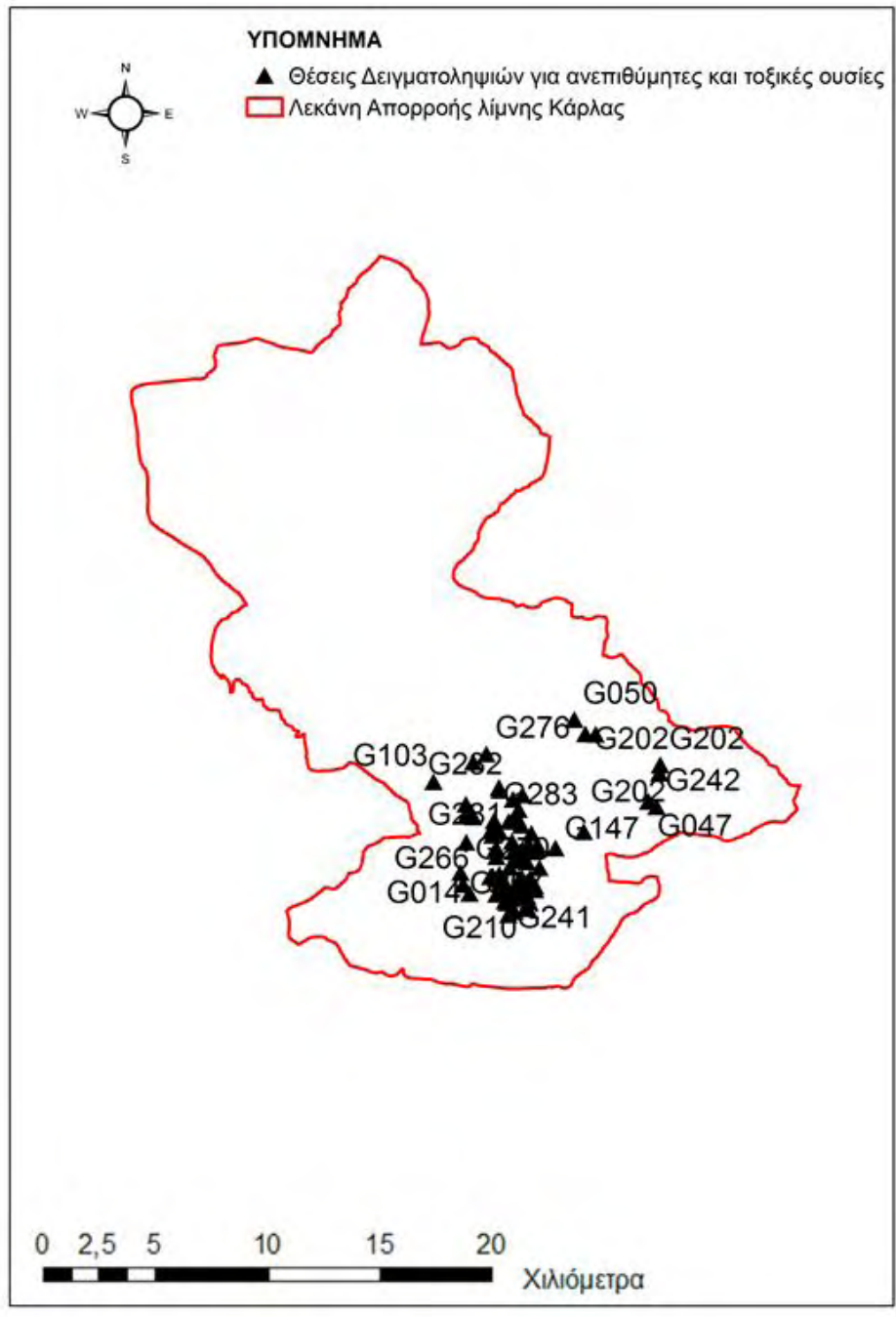
18,7644857	hm ³ ελλειμμα
1,8764E+10	liters

1,3E+11	V _{tot}
---------	------------------

Πίνακας 3 -1 Υπολογισμοί όγκου για Υπόγειο (α) και για Πηνεϊό (β)

3.1 Δεδομένα Υπόγειου Υδροφορέα

Για το σκοπό της παρούσης εργασίας συλλέχθηκαν, από τους Τοπικούς Οργανισμούς Εγγείων Βελτιώσεων Κάρλας, στοιχεία που αφορούν τις παραμέτρους στον υπόγειο υδροφορέα που χρήζουν μελέτη. Συλλέχθηκαν ετήσιες τιμές συγκεντρώσεων των ρύπων για την περίοδο 1995 -2008 στις ακόλουθες θέσεις δειγματοληψίας, όπως φαίνονται στο σχήμα 3.1-1.



Σχήμα 3.1-1 Θέσεις δειγματοληψιών των υπόγειων νερών (Πηγή : Υδρομέντωρας)

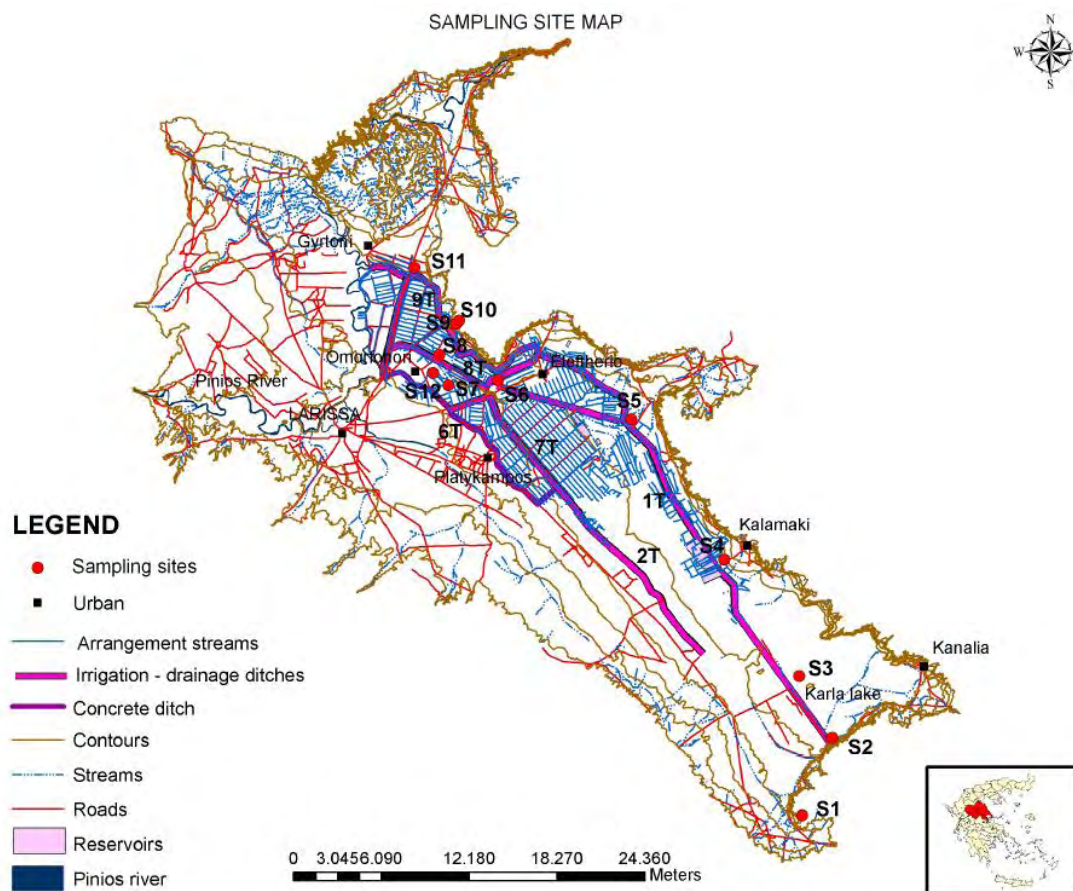
3.2 Δεδομένα Ταμιευτήρα Κάρλας

Τα Δεδομένα του Ταμιευτήρα της λίμνης Κάρλα περιορίζονται από το Μάρτιο του 2014 ως το Μάρτιο του 2015. Υπήρξαν έτοιμες μετρήσεις, τις οποίες παρείχε ο υποψήφιος διδάκτορας Νίκος Μέλλιος του εργαστηρίου Υδρομηχανικής και Περιβαλλοντικής Τεχνικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, από τους ακόλουθους 5 σταθμούς:

- Σταθμός 1 : Τάφος 2Τ
- Σταθμός 2 : Αριάνη
- Σταθμός 3 : Παρατηρητήριο
- Σταθμός 4 : Τάφος 1Τ
- Σταθμός 5 : Πελαγικός

Στην συνέχεια έγινε ομαδοποίηση των μετρήσεων , και υπολογίστηκε ο μέσος όρος ανά μήνα από τις μετρήσεις των 5 σταθμών.

Συλλέχθηκαν επίσης στοιχεία από την εργασία του Augousti et all (2013) ο οποίος εκτίμησε την ποιότητα των επιφανειακών νερών της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας μεταξύ αυτών τις συγκεντρώσεις Ca, Na, Mg και K σε 12 περιοχές της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας. Επιπλέον στην ίδια μελέτη πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις βαρέων μετάλλων (Χαλκού, Μόλυβδου, Νικελίου και Καδμίου). Για τον σκοπό της μελέτης του, ξεκίνησε από την σήραγγα που αποστραγγίζει το νερό στον παγασητικό κόλπο (δυτικά της λίμνης Κάρλα) (S2) και συνεχίζει κοντά στο σφαγείο του χωριού Γυρτώνη (S11) και Ομορφοχώρι (S12). Το Ασμάκι εξακολουθεί να είναι ο κύριος αποδέκτης αποβλήτων από την βιομηχανική, γεωργική και αστική χρήση. Οι πηγές ρύπανσης του ποταμού Ασμάκι διακρίνονται σε σημειακές, μη σημειακές και καλύπτονται από πηγές που δημιουργούν οργανική ρύπανση μεγάλης κλίμακας και μικρή χημική ρύπανση (π.χ βαφές, απόβλητα παραγωγής, χρήση λιπαντικών, σαπουνιών και απολυμαντικά). Οι βιομηχανικές μονάδες της περιοχής είναι ένα εργοστάσιο επεξεργασίας αλκοόλ (κοντά στον σταθμό S7) ένα κλωστοϋφαντουργικών βαφών (κοντά στο S8), ένα παραγωγής τροφίμων (κοντά στα σημεία S9 και S10) και τα σφαγεία Γυρτώνη (κοντά στο S11). Οι μονάδες κτηνοτροφίας διαχειρίζονται τα απόβλητα τους (π.χ απόβλητα γαλακτοκομικών και στερεών αποβλήτων) με τη μέθοδο της άμεσης διασποράς σε χωράφια ή ροές. Σημαντική ρύπανση συμβαίνει επίσης μέσω της απόπλυσης των καλλιεργειών λόγω χρήσης φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων. Τέλος το σημείο δειγματοληψίας S12 είναι το μόνο που δέχεται νερό από τον ποταμό Πηνειό και το μόνο που έχει υπόστρωμα με τσιμέντο.



Σχήμα 3.2-1 Χάρτης της περιοχής μελέτης με τα σημεία δειγματοληψίας (Αυγούστης, 2013)

3.3 Δεδομένα Πηνειού

Για τα δεδομένα του Πηνειού ομαδοποιήθηκαν μετρήσεις για τη χρονοσειρά 2000-2010 που μας παρέιχε το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιφέρειας Ποιότητας Νερών. Σε κάθε έτος υπήρχαν μετρήσεις σε διάφορες θέσεις δειγματοληψίας από τις οποίες βγήκαν τελικοί ΜΟ για κάθε παράμετρο ρύπανσης.

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο παρόν Κεφάλαιο θα παρουσιαστούν και σχολιαστούν τα διαγράμματα που προέκυψαν από το προηγούμενο Κεφάλαιο σε καθένα από τα τρία υδάτινα σώματα καθώς και τα αποτελέσματα από τη μέθοδο της αραίωσης.

4.1 Αποτελέσματα Υπόγειου υδροφόρα

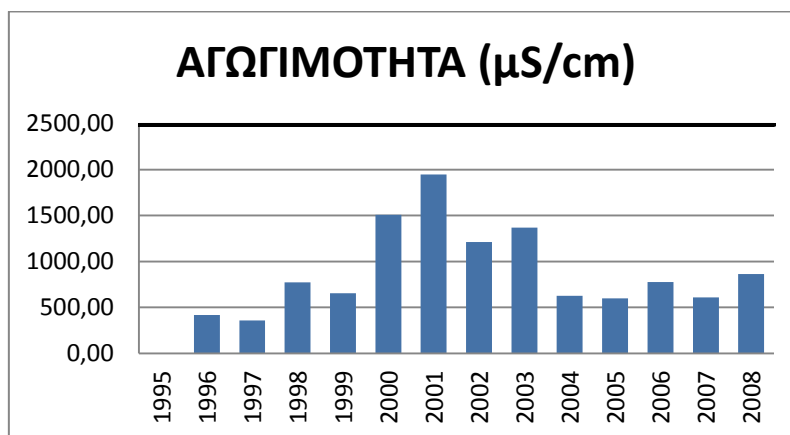
Στον παρακάτω Πίνακα 4.1-1 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των παραμέτρων για τη χρονοσειρά 1995-2008 και στον επόμενο Πίνακα 4.1-2 οι μέγιστες τιμές κάθε έτους των παραμέτρων.

Παράμετροι	Μονάδες	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Αγωγιμότητα	μS/cm		418,5 0	356,50	774	656	1508,33	1948,33
pH							7,62	7,56
Χλωριόντα	mg/l		31,50	31,30			194,13	272,86
Θειικά	mg/l		70,25	101,25			108,75	148,85
Νιτρικά NO ₃	mg/l		16,61	18,15	15,62	16,72	19,71	26,14
Αμμωνιακά	mg/l	7,95	0,49	0,45	1,13	0,09		
Ca ⁺²	mg/l							
Mg ⁺²	mg/l							
Na ⁺	mg/l							
K ⁺	mg/l							
Fe ⁺³	mg/l							
Mn ⁺²	mg/l							
CO ₃ ⁻²	mg/l							
HCO ₃ ⁻	mg/l							
PO ₄ ⁻³	mg/l							
NO ₂ ⁻	mg/l							

Παράμετρος (μονάδα)	Μέγεθος Δείγματος	Μέση Τιμή όλων	Διάμεσος Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Ελάχιστη Τιμή	Ανώτατο Όριο	κατώτατο όριο
pH	72	7,75	7,76	8,38	4,97	8,4	6,5
Αγωγιμότητα ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	274	901,59	774,00	5671,00	1,02	2500	
Ca^{+2} (mg/l)	120	77,26	63,00	264,00	16,00	100	
Mg^{+2} (mg/l)	120	69,23	48,00	432,00	22,00	50	
Na^{+} (mg/l)	120	238,79	55,00	3900,00	13,00	250	
K^{+} (mg/l)	120	9,34	1,45	234,00	0,10	12	
Fe^{+3} (mg/l)	120	0,26	0,01	3,20	0,01	0,2	
Mn^{+2} (mg/l)	120	0,07	0,01	0,97	0,01	0,05	
CO_3^{-2} (mg/l)	7	43,17	31,5	150,00	20,00	100	1,00
HCO_3^{-} (mg/l)	120	388,18	388,00	730,00	231,00	400	200,00
Cl^{-} (mg/l)	275	155,04	55,00	2563,81	4,80	250	
SO_4^{-2} (mg/l)	238	106,61	29,00	1877,50	9,80	250	
PO_4^{-3} (mg/l)	120	0,01	0,00	0,20	0,10	5	
NO_3^{-} (mg/l)	283	17,00	16,72	136	0,22	50	
NO_2^{-} (mg/l)	120	0,01	0,00	0,10	0,10	0,1	
NH_4^{+} (mg/l)	180	1,26	0,00	23,76	0,01	0,5	
SAR	95	10,71	7,55	67,29	1,87		

Πίνακας 4.1-3 Στατιστικά χαρακτηριστικά ποιοτικών παραμέτρων και όρια

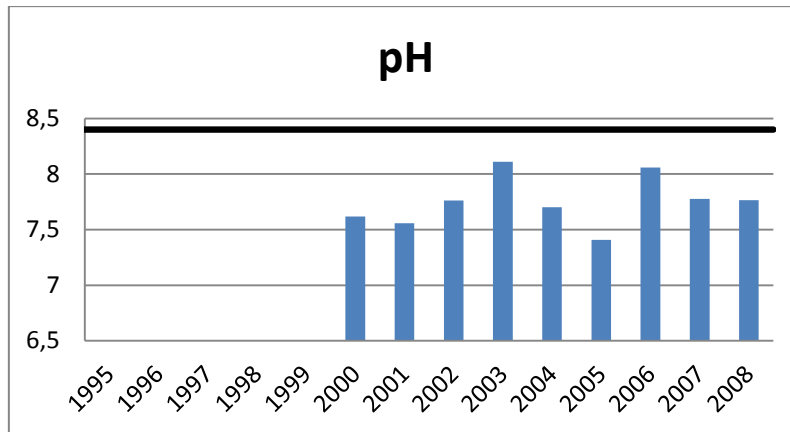
Η μάρνη συνεχόμενη γραμμή είναι για άρδευση, ενώ η διακεκομμένη για πόσιμο νερό.



Σχήμα 4.1-1 Διάγραμμα ΜΟ Αγωγιμότητας

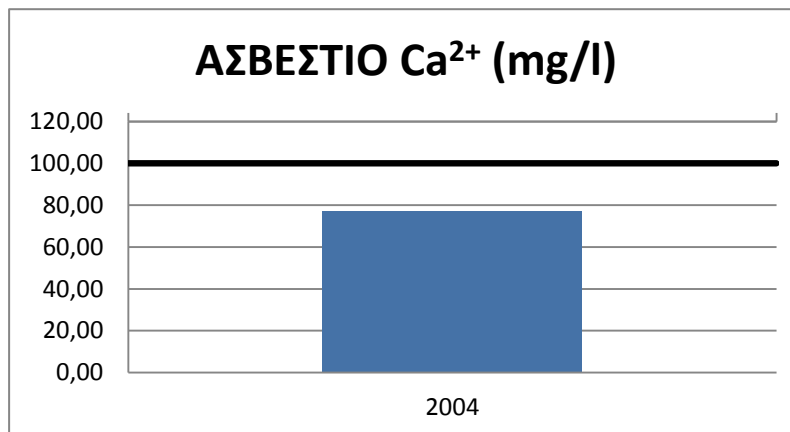
Από τα αναλυθέντα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών των υδατορρευμάτων, η παράμετρος προσδιορισμού της αλατότητας που έχει μετρηθεί στα δείγματα είναι η αγωγιμότητα (ECw). Σύμφωνα, λοιπόν, με τα αποτελέσματα των μετρήσεων των μέσων όρων των τιμών όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1-1 η αγωγιμότητα του νερού κυμαίνεται από 350 έως 1950 $\mu\text{S}/\text{cm}$, η οποία φαίνεται να είναι στα επιτρεπτά όρια. Με μια πιο προσεχτική ματιά, λαμβάνοντας υπόψιν τον Πίνακα 4.1-2, ορισμένες χρονιές, και ειδικότερα σε συγκεκριμένες περιόδους, η Αγωγιμότητα είναι αρκετά πάνω από το όριο. Συγκεκριμένα, η πρώτη σημαντική αύξηση παρατηρείται το 2001 με τιμή 2595 $\mu\text{S}/\text{cm}$, συνεχίζοντας το 2004 με τιμή 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ η οποία είναι στο όριο ακριβώς, με αποκορύφωμα η μέγιστη τιμή που παρατηρείται στη χρονοσειρά των δεδομένων μας να είναι το 2005 με τιμή 5671 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Τέλος, και τις υπόλοιπες χρονιές, 2006-2008 παρατηρούνται αυξημένες τιμές.

Έτσι, οι τιμές αυτές της αγωγιμότητας δείχνουν ότι γενικά, ο κίνδυνος να υπάρξουν προβλήματα αλατότητας στο νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση είναι πιθανός.



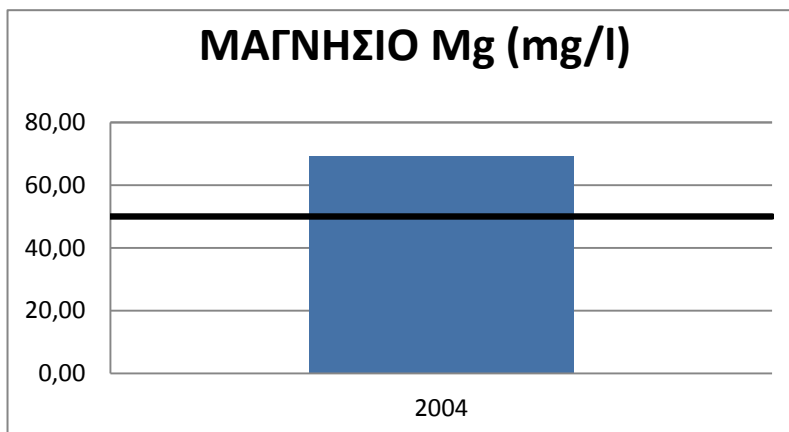
Σχήμα 4.1-2 Διάγραμμα ΜΟ pH

Ελέγχοντας τις τιμές του pH (σχήμα 4.1-2), φαίνεται ότι παρατηρούνται υψηλές τιμές και με βάση τον Πίνακα 4.1-2 η μέγιστη τιμή του pH είναι λίγο πιο κάτω από το επιτρεπτό όριο. Επίσης, οι υψηλές τιμές του pH του νερού σε επίπεδα άνω του 8 δείχνει ότι αυξάνεται η αλκαλικότητα και η αρδευτική χρήση υπάρχει περίπτωση να προκαλέσει προβλήματα στις καλλιέργειες αλλά και με την οξύτητα του νερού (Κατηγορία κινδύνου III, Πίνακας 2.8-1).



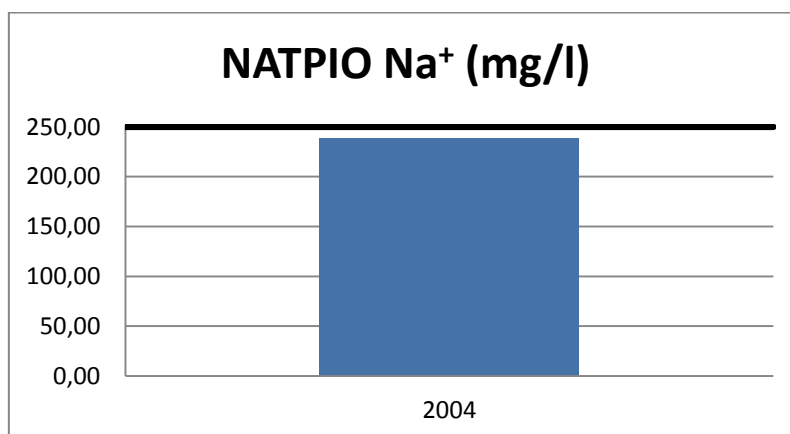
Σχήμα 4.1-3 Διάγραμμα ΜΟ Ασβεστίου

Με βάση τον πίνακα 4.1-3 παρατηρούμε ότι η μέγιστη τιμή είναι του ασβεστίου είναι 264 mg/l η οποία ξεπερνά το ανώτατο όριο. Το ασβέστιο προέρχεται από τα πετρώματα (ασβεστόλιθος, δολομίτης, γύψος) δια μέσου των οποίων διέρχεται στο νερό. Από το παραπάνω σχήμα δεν αναπαρίσταται η πραγματική κατάσταση γιατί προκύπτει με βάση τους μέσους όρους και αγνοεί τις μεγάλες συγκεντρώσεις που έχουν παρατηρηθεί.



Σχήμα 4.1-4 Διάγραμμα ΜΟ Μαγνησίου

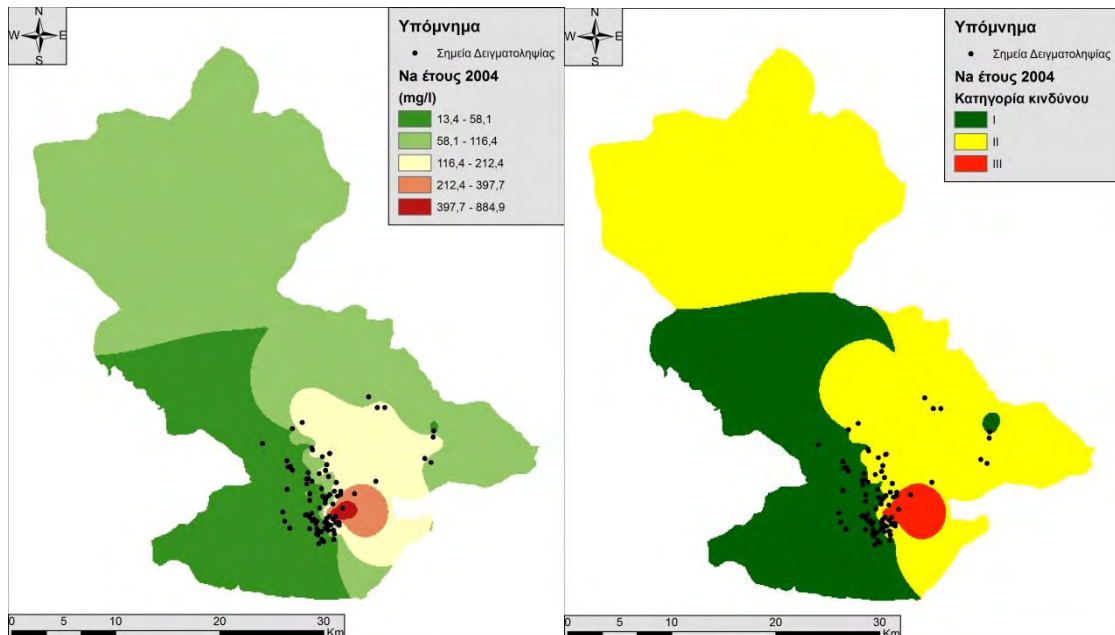
Από τον πίνακα 4.1-3 φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή του μαγνησίου είναι 432 mg/l. Ωστόσο και ο μέσος όρος των τιμών είναι πάνω από το όριο που σημαίνει ότι υπάρχουν μεγάλες ποσότητες. Τα άλατα του μαγνησίου μαζί με του ασβεστίου αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού και όταν θερμανθούν σχηματίζουν επικαθήματα στις σωληνώσεις και τους λέβητες.



Σχήμα 4.1-5 Διάγραμμα ΜΟ Νατρίου

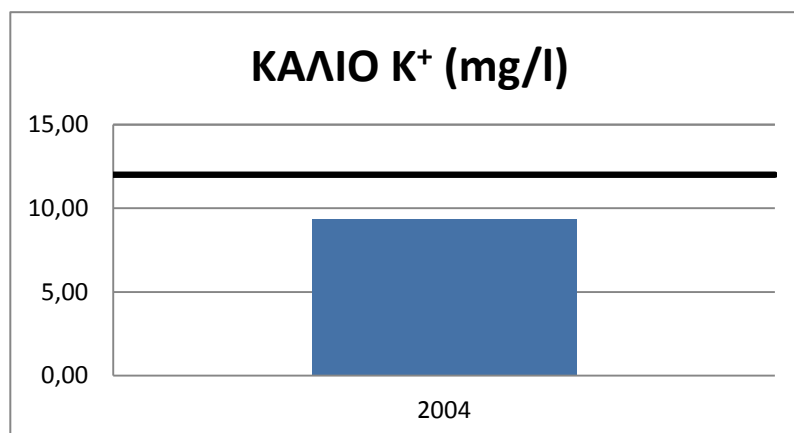
Ελέγχοντας τις τιμές των συγκεντρώσεων του νατρίου συμπεραίνεται ότι στην περιοχή της Κάρλας υπάρχει σοβαρό πρόβλημα τοξικότητας τόσο στις ρίζες των φυτών όσο και από την προσρόφηση στα φύλλα από ψεκασμό γιατί παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου που υπερβαίνουν τα και 500 mg/l σε κάποιες γεωτρήσεις. Για το έτος 2004 το νάτριο όπως φαίνεται από τον πίνακα 4.1-3 οι τιμές του κυμαίνονται από 13 mg/l έως 3900 mg/l, με μέση

τιμή τα 239 mg/l. Παρατηρώντας το παρακάτω σχήμα 4.1-6, το μεγαλύτερο ποσοστό της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας ανήκει στη χαμηλή και μεσαίου επικινδυνότητα τοξικότητας για τα ιόντα νατρίου.



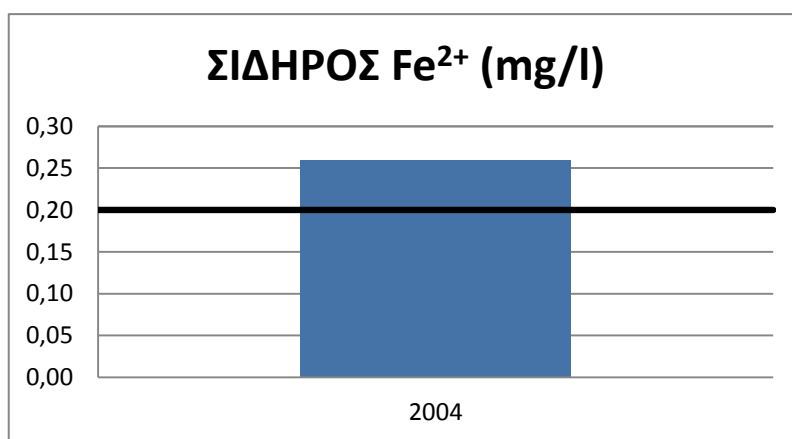
Σχήμα 4.1-6 Χωρική κατανομή ιόντων νατρίου των υπόγειων υδάτων και κατηγορίες κινδύνου τοξικότητας με βάση τα ιόντα νατρίου (Υδρομέντωρας, 2015)

Έτσι, η χρήση του νερού του υπόγειου υδροφορέα για άρδευση δεν δημιουργεί προβλήματα τοξικότητας τόσο στις ρίζες των φυτών όσο και από προσρόφηση στα φύλλα.



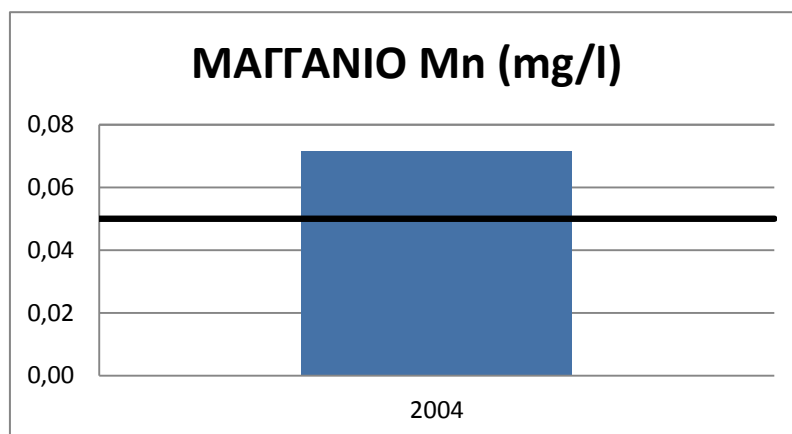
Σχήμα 4.1-7 Διάγραμμα ΜΟ Καλίου

Από τον Πίνακα 4.1-3 φαίνεται ότι το Κάλιο κυμαίνεται από 0,10 έως 234 mg/l με μέση τιμή 9,34 mg/l. Το κάλιο είναι ένα στοιχείο που προέρχεται σε αφθονία στη φύση. Το ανθρώπινο σώμα δυσκολεύεται να διαχειριστεί τα υψηλά επίπεδα καλίου, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα στα νεφρά, ακόμα και νεφρική ανεπάρκεια. Αν και δεν θεωρείται τοξικό, η μακροχρόνια έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις καλίου θα πρέπει να αποφεύγεται και για καθημερινή κατανάλωση προτείνεται πόσιμο νερό με συγκέντρωση μικρότερη από 12 mg/L.



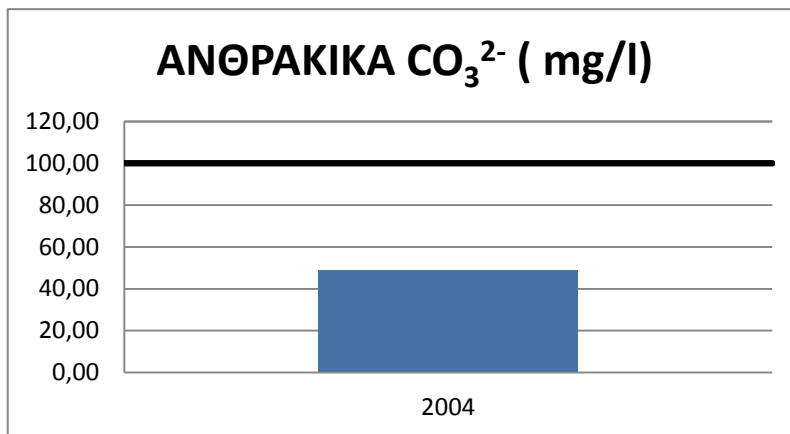
Σχήμα 4.1-8 Διάγραμμα ΜΟ Σιδήρου

Από τον Πίνακα 4.1-3 παρατηρείται ότι η συγκέντρωση του σιδήρου κυμαίνεται από 0,01 έως 3,20 mg/l με μέση τιμή 0,26 mg/l η οποία ξεπερνά το επιτρεπόμενο όριο. Ο σίδηρος προέρχεται κυρίως από τη διάλυση ορυκτών, ενώσεων σιδήρου κλπ. Επιπρόσθετα από απόβλητα βιομηχανιών ή από μετανάστευση σιδηρούχων υλικών αποθήκευσης και μεταφοράς νερού (δεξαμενές, σωληνώσεις κλπ).



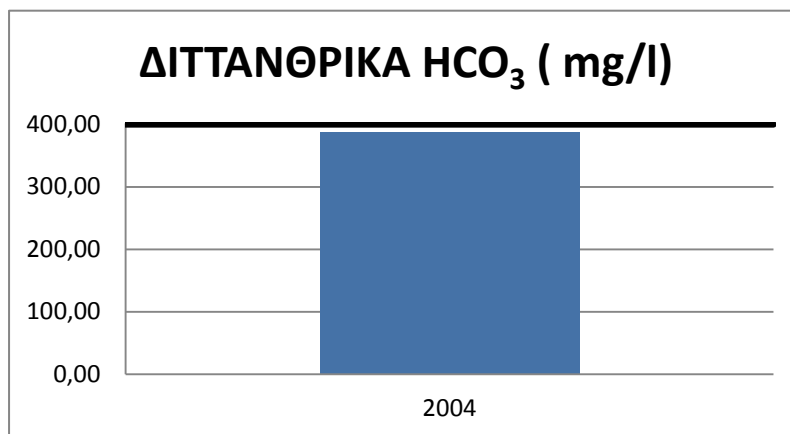
Σχήμα 4.1-9 Διάγραμμα ΜΟ Μαγγανίου

Από τον πίνακα 4.1-3 παρατηρούμε ότι η ελάχιστη τιμή είναι 0,01 mg/l ενώ η μέγιστη 0,97 mg/l. Επίσης η μέση τιμή είναι 0,07 mg/l η οποία ξεπερνά το ανώτατο όριο. Προσδίδει στο νερό χαρακτηριστική γεύση και οσμή και σχηματίζει θολώματα και αποθέσεις.



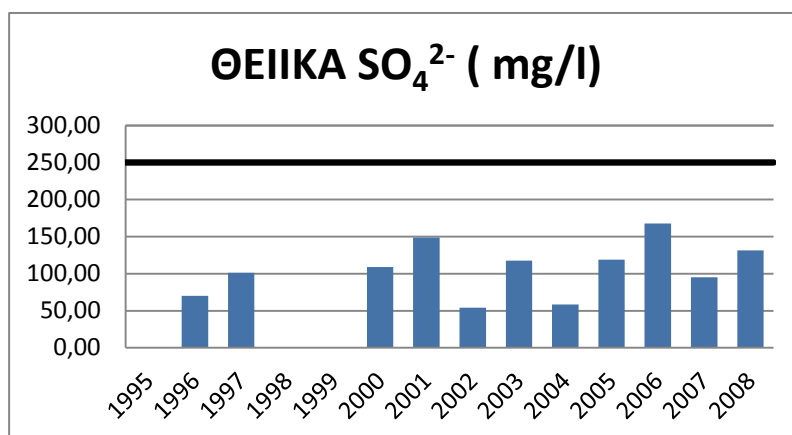
Σχήμα 4.1-10 Διάγραμμα ΜΟ Ανθρακικών

Από τον πίνακα 4.1-3 φαίνεται ότι η συγκέντρωση των ανθρακικών κυμαίνεται από 20 έως 150 mg/l με μέση τιμή 49,17 mg/l. Το συγκεκριμένο δείγμα δεν είναι εντελώς αντιπροσωπευτικό καθώς υπάρχουν 7 τιμές για το έτος 2004.



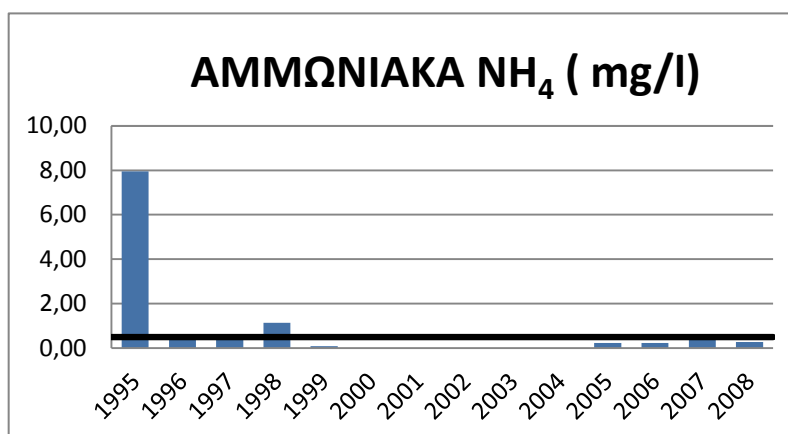
Σχήμα 4.1-11 Διάγραμμα ΜΟ Διττανθρικών

Από το παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι μέση τιμή των διττανθρικών είναι 388 mg/l ενώ από τον Πίνακα 4.1-3 η συγκέντρωσή τους κυμαίνεται από 231 έως 730 mg/l .



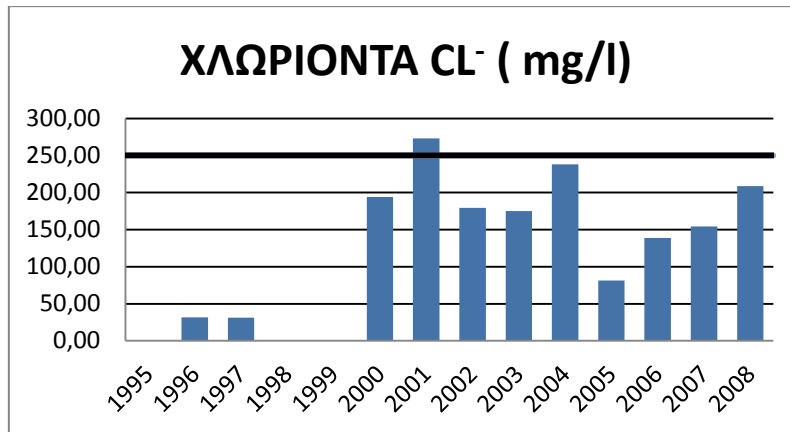
Σχήμα 4.1-12 Διάγραμμα ΜΟ Θειικών

Από το σχήμα 4.1-12 φαίνεται ότι οι ΜΟ ανα έτος για τα θειικά είναι κάτω από το όριο. Συγκεκριμένα οι τιμές κυμαίνονται από 9,80 mg/l έως 1877,50 mg/l όπου η μέγιστη τιμή παρατηρείται το έτος 2006.



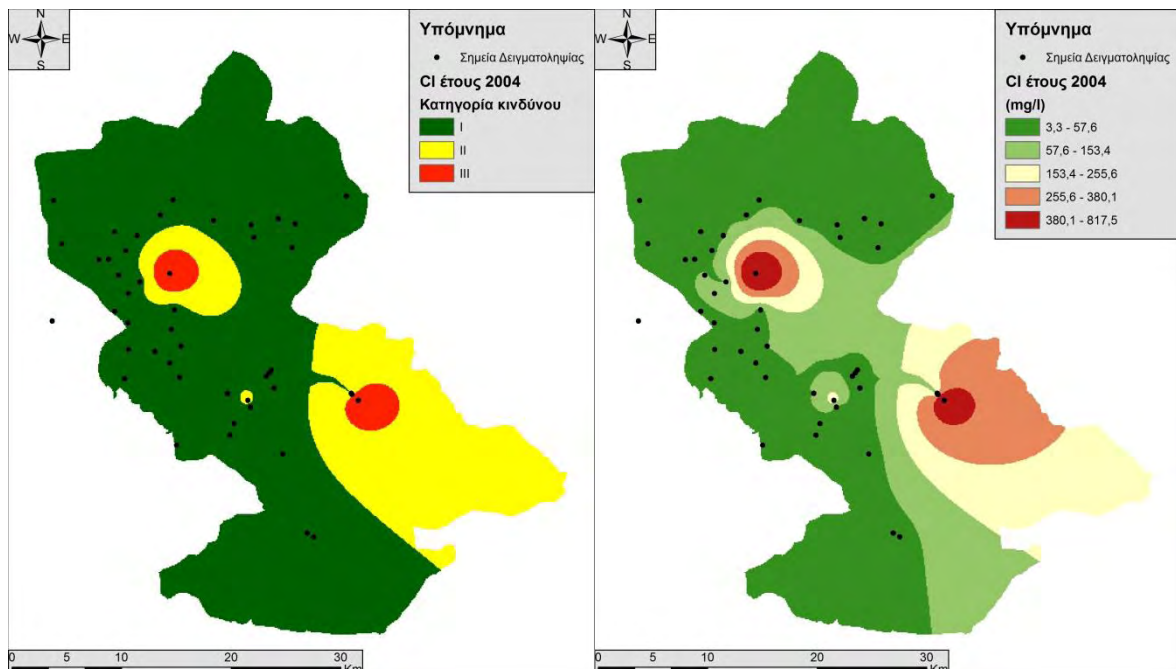
Σχήμα 4.1-13 Διάγραμμα ΜΟ Αμμωνιακών

Από το παραπάνω σχήμα φαίνεται οι ΜΟ σε κάθε έτος για τα αμμωνιακά είναι πάνω από το όριο. Οι τιμές κυμαίνονται από 0,01 έως 23,76 mg/l όπου η μέγιστη τιμή παρατηρείται το 1995. Προέρχονται από αποσύνθεση οργανισμών και οργανικών ουσιών, από μόλυνση, ρύπανση πιθανότατα από ποιμνιοστάσια, βουστάσια, λιπάσματα, ή από αναγωγή των νιτρικών αλάτων.



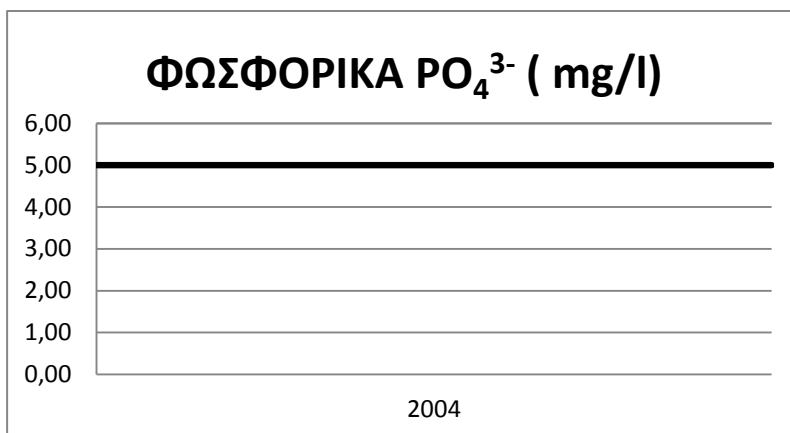
Σχήμα 4.1-14 Διάγραμμα ΜΟ Χλωριόντων

Από το σχήμα 4.1-14 φαίνεται ότι οι μέσοι όροι των χλωριόντων είναι σχετικά καλοί. Από τον Πίνακα 4.1-3 φαίνεται ότι από το έτος 2000 και μετά οι μέγιστες τιμές των χλωριόντων είναι αρκετά πάνω από το επιτρεπτό όριο και κυμαίνονται από 340 έως και 2563 mg/l. Το μεγαλύτερο ποσοστό της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας ανήκει στη χαμηλή και μεσαίου επικινδυνότητα τοξικότητας (Πίνακας 2.8-1) για τα ιόντα χλωρίου.



Σχήμα 4.1-15 Χωρική κατανομή ιόντων χλωρίου των υπόγειων υδάτων και κατηγορίες κινδύνου τοξικότητας με βάση τα ιόντα χλωρίου (Υδρομέντωρας, 2015)

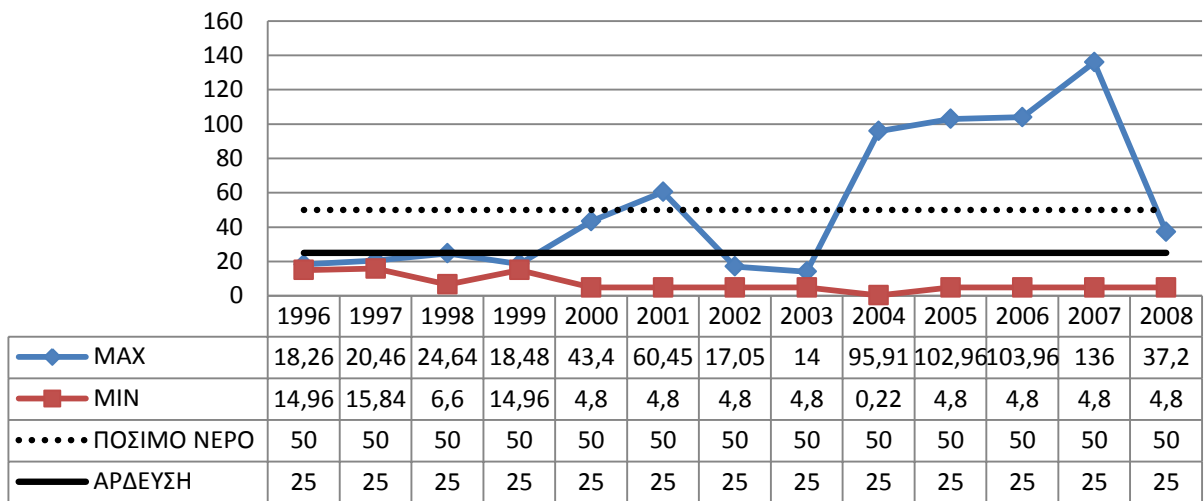
Έτσι, η χρήση του νερού του υπόγειου υδροφορέα για άρδευση δεν δημιουργεί προβλήματα τοξικότητας τόσο στις ρίζες των φυτών όσο και από προσρόφηση στα φύλλα.



Σχήμα 4.1-16 Διάγραμμα ΜΟ φωσφορικών

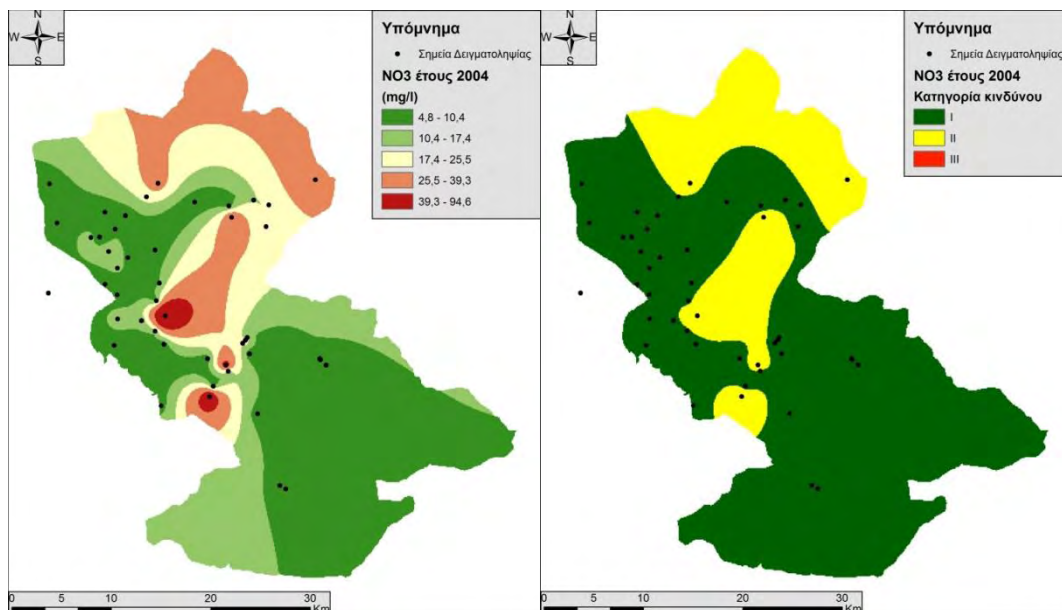
Για τις μετρήσεις των Φωσφορικών όπως φαίνονται από το σχήμα 4.1-16 φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή είναι το 0,2 mg/l. Αυτό είναι αδύνατον, αφού είναι γνωστό ότι τα φωσφορικά προέρχονται από λιπάσματα και χρησιμοποιούνται αρκετά στην περιοχή όποτε ενδέχεται να υπάρχουν σφάλματα στις μετρήσεις. Η μεγαλύτερη ποσότητα ανόργανου φωσφόρου οφείλεται στα αστικά λύματα και προέρχεται από τη διάσπαση των πρωτεϊνών κατά τον μεταβολισμό. Επίσης, υπάρχει σε πολλά απορρυπαντικά και στα φωσφορικά λιπάσματα. Μικρά ποσά φωσφορικών εισέρχονται στα δίκτυα από την επεξεργασία του νερού, όπου χρησιμοποιούνται για να εμποδιστεί η διάβρωση στις σωληνώσεις και οι επικαθήσεις στους λέβητες.

ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ NO₃ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ

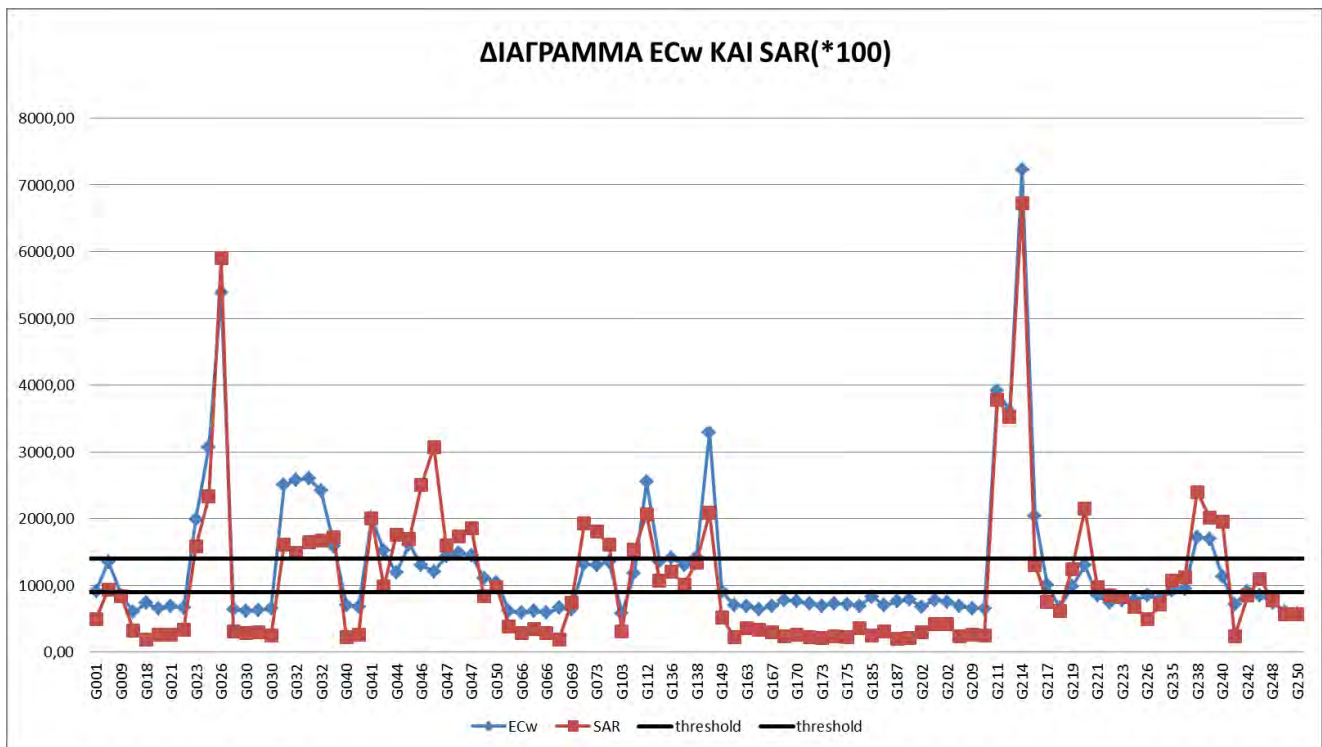


Σχήμα 4.1-17 Διάγραμμα Μεγίστων και ελαχίστων τιμών Νιτρικών ανά έτος

Παρατηρώντας το σχήμα 4.1-17 όπου απεικονίζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές των Νιτρικών ανα έτος, τις περισσότερες χρονιές οι μετρήσεις είναι αρκετά πάνω από το όριο. Από τον Πίνακα 4.1-3 φαίνεται ότι έχουν μέση τιμή 17 mg/l και μέγιστη συγκέντρωση 136 mg/l. Το Σχήμα 4.1-16 παρουσιάζει τη χωρική κατανομή των μέσων συγκεντρώσεων των νιτρικών στην περιοχή μελέτης για το έτος 2004. Αυτές οι υψηλές συγκεντρώσεις, σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1-3, δείχνουν ότι υπάρχουν προβλήματα νιτρορύπανσης στην ποιότητα των υπόγειων υδάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται για άρδευση των ευαίσθητων καλλιεργειών (π.χ. κηπευτικά, κλπ) (Λουκάς, 2010).

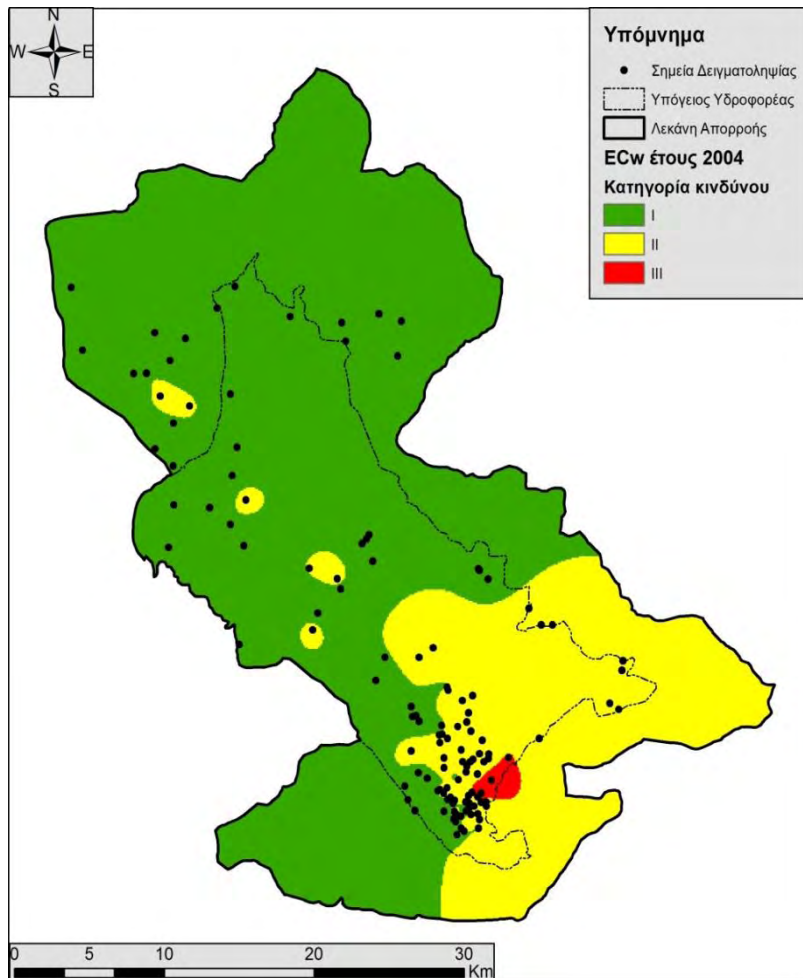


Σχήμα 4.1-18 : Χωρική κατανομή των νιτρικών των υπόγειων υδάτων και κατηγορίες κινδύνου τοξικότητας με βάση τα νιτρικά για το έτος 2004 (Hydromentor, 2015)



Σχήμα 4.1-19 Διάγραμμα Θέσεων Δειγματοληψίας Αγωγιμότητας και SAR

Ο έλεγχος για ύπαρξη κινδύνου μείωσης της διηθητικότητας του εδάφους από τη ποιότητα του νερού άρδευσης, προϋποθέτει την ταυτόχρονη μέτρηση και ανάλυση της αγωγιμότητας και του SAR, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.1-19. Η ανάλυση αυτή δείχνει ότι η αγωγιμότητα του νερού για το έτος 2004 κυμαίνεται από 700 έως 2400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Σε περιορισμένες περιπτώσεις παρατηρούνται τιμές που μπορούν να ξεπεράσουν τα 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Τα αποτελέσματα φαίνονται και στο παρακάτω Σχήμα 4.1-20 με βάση από τα δεδομένα του Πίνακα 1.6-1.



Σχήμα 4.1-20 Κατηγορία κινδύνου διηθητικότητας των υπόγειων υδάτων με βάση την EC_w (Υδρομέντωρας, 2015)

Η τιμή του S.A.R. εκφράζει την ενεργητικότητα των ιόντων νατρίου και καθορίζει την ικανότητα εναλλαγής τους με κατιόντα όπως Ca και Mg που έχουν προσροφηθεί από τα κολλοειδή του εδάφους. Με βάση την τιμή του S.A.R. διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες σύμφωνα με την ταξινόμηση του Υπουργείου Γεωργίας των Η.Π.Α (Τσακίρης, 2004). Έτσι, για ηλεκτρική αγωγιμότητα 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ οι κατηγορίες είναι :

Κατηγορία 1: S.A.R < 4.4, κίνδυνος νατρίου μικρός

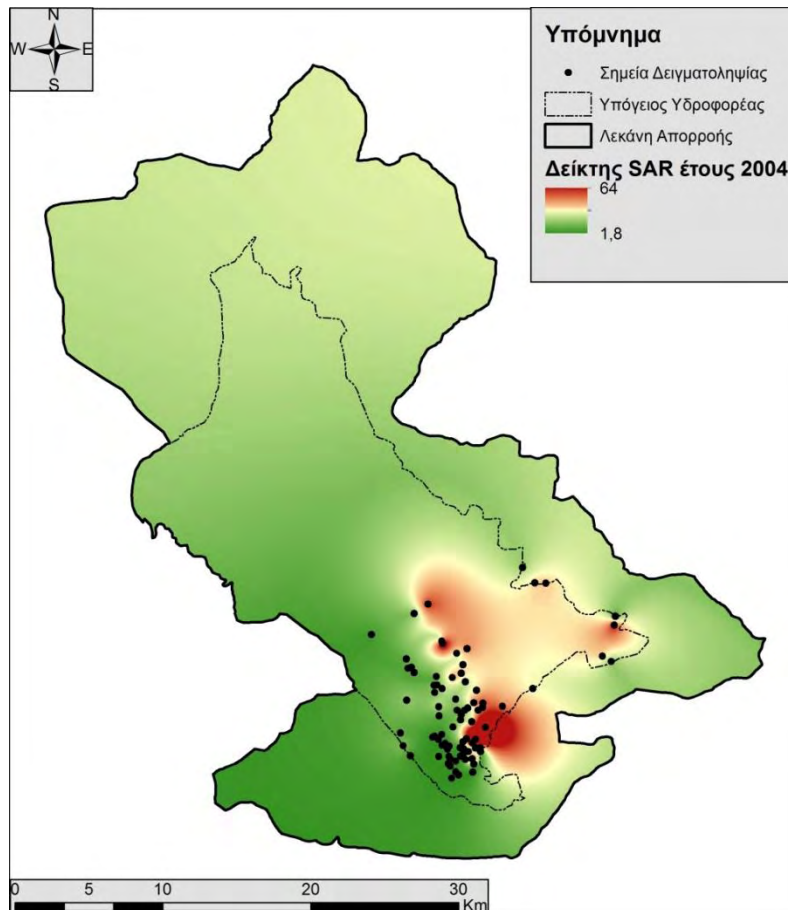
Κατηγορία 2: S.A.R από 4.4 ως 9 κίνδυνος νατρίου μέσος

Κατηγορία 3: S.A.R από 9 έως 14 κίνδυνος νατρίου μεγάλος

Κατηγορία 4: S.A.R > 14 κίνδυνος νατρίου πολύ μεγάλος

Οι τιμές του SAR κυμαίνονται μεταξύ 1,87 και 67,29 σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1-3 με μέση τιμή 10,79. Συνήθως, οι υψηλές τιμές της αγωγιμότητας

συμπίπτουν χρονικά με τις υψηλές τιμές του SAR. Στο σχήμα 4.1-21 φαίνεται πως είναι κατανεμημένος ο δείκτης SAR στα υπόγεια ύδατα.



Σχήμα 4.1-21 Χωρική κατανομή δείκτη SAR των υπόγειων υδάτων του έτους 2004 (Υδρομέντρωας, 2015)

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η συνεχής χρήση του νερού του υπόγειου υδροφορέα για άρδευση μπορεί να προκαλέσει προοδευτικά προβλήματα διηθητικότητας. Τα υπόγεια νερά είναι πολύ πιο ευαίσθητα στη ρύπανση, διότι έχουν περιορισμένη ικανότητα αυτοκαθαρισμού. Η κατάληξη γεωργικών απορροών ή αστικών λυμάτων στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα έχει ως κύριο αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων (NO_3^-), με αποτέλεσμα τα υπόγεια νερά να καθίστανται τοξικά για τον άνθρωπο και τους ζωικούς οργανισμούς. Επιπλέον, τα αποτελέσματα που προκύπτουν δεν δείχνουν εντελώς την πραγματική κατάσταση αφού έχουν προκύψει μέσοι όροι και πιθανόν παραβλέπονται οι πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις που υπάρχουν.

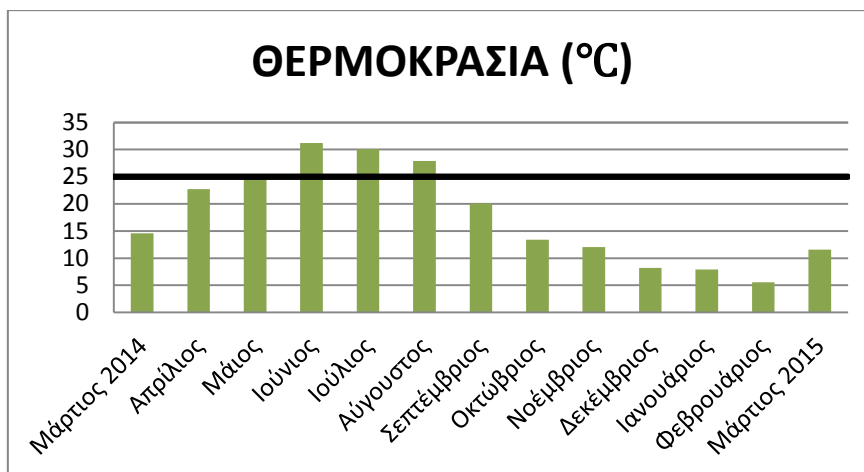
4.2 Αποτελέσματα Λίμνης Κάρλας

Στον παρακάτω Πίνακα 4.2-1 παρουσιάζονται από τα δεδομένα της λίμνης Κάρλας που αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 3.2 η ελάχιστη και μέγιστη τιμή της κάθε παραμέτρου όλων των τιμών καθώς και ο μέσος και η διάμεση τιμή της κάθε παραμέτρου.

Παράμετρος (μονάδα)	Μέγεθος Δείγματος	Μέση Τιμή	Διάμεσος Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Ελάχιστη Τιμή	Ανώτατο Όριο
Θερμοκρασία	65	17,75	15,8	34,8	4,8	25
Αγωγιμότητα (μS/cm)	65	5090	4750	11500	219	2500
Διαλυμένο οξυγόνο (mg/l)	65	10,23	10,56	19,19	3,15	-
pH	65	8,53	8,48	10	7,22	8,4
NO ₃ (mg/l)	65	0,69	0,523	1,98	0,281	50
NH ₄ (mg/l)	65	0,08	0,071	0,299	0,015	0,5
Ολικός φώσφορος (mg/l)	65	0,21	0,241	0,467	0,024	0,03
Χλωροφύλλη-α (μg/l)	65	178,32	182	365,4	42	2,21
Φυκοκυανίνη (mg/l)	65	2548,02	2181,5	6600	928	-
ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΕΣ ΜΙΚΡΟΚΥΣΤΙΝΕΣ (mg/l)	65	0,003737	0,00265	0,033	0,0011	-
ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΕΣ ΜΙΚΡΟΚΥΣΤΙΝΕΣ (mg/l)	65	0,001466	0,00115	0,004816	0,00011	-
ΒΑΘΟΣ SECCHI (m)	13	0,18	0,15	0,32	0,12	4

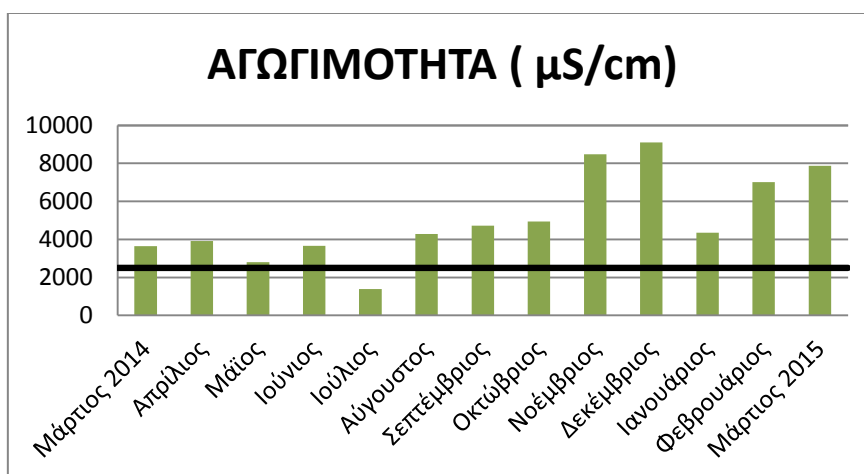
Πίνακας 4.2-1 Στατιστικά χαρακτηριστικά ποιοτικών παραμέτρων και όρια

Τα διαγράμματα που προέκυψαν για κάθε ρύπο μαζί με τα επιτρεπτά όρια (η μάρη συνεχόμενη γραμμή είναι για άρδευση ενώ η διακεκομμένη για πόσιμο νερό) είναι τα παρακάτω:



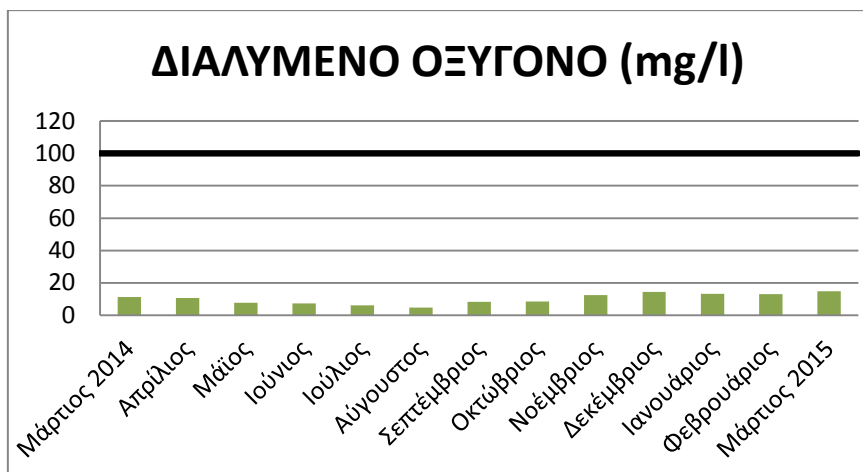
Σχήμα 4.2-1 Διάγραμμα ΜΟ Θερμοκρασίας ανα μήνα

Η θερμοκρασία του ταμιευτήρα της λίμνης Κάρλας όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.2-1 παρουσιάζει μέση τιμή 17,75 °C ενώ μέγιστη τιμή 34,8 °C. Επίσης από το Σχήμα 4.2-1 φαίνεται ότι το Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο η θερμοκρασία ξεπερνά το επιτρεπόμενο όριο.



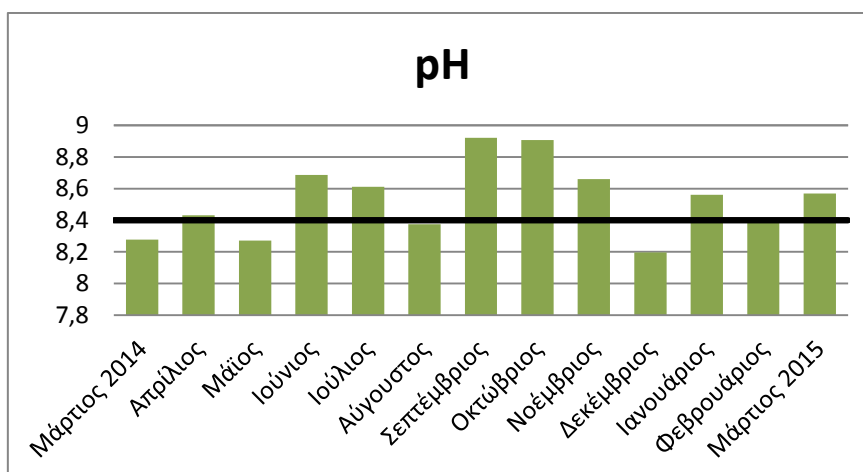
Σχήμα 4.2-2 Διάγραμμα ΜΟ Αγωγιμότητας ανά μήνα

Η Αγωγιμότητα με βάση τον Πίνακα 3.2-1 έχει μέση τιμή 5090 μS/cm ενώ η μέγιστη τιμή είναι 11500 μS/cm. Από το Σχήμα 4.2-2 προκύπτει ότι η αγωγιμότητα ξεπερνά το επιτρεπόμενο όριο όλους τους μήνες πλην του Ιουλίου. Φαίνεται λοιπόν ότι υπάρχει σοβαρό πρόβλημα.



Σχήμα 4.2-3 Διάγραμμα ΜΟ Διαλυμένου Οξυγόνου ανά μήνα

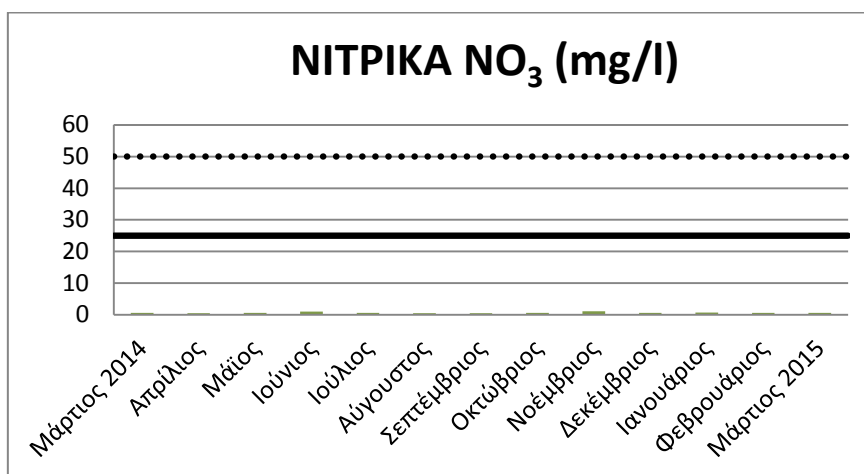
Το διαλυμένο οξυγόνο έχει μέση τιμή 10,23 mg/l και μέγιστη τιμή 19,19 mg/l με βάση τον Πίνακα 4.2-1. Παρατηρείται λοιπόν ότι οι μετρήσεις είναι αρκετά κάτω από το ανώτατο όριο. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (D.O.) στο νερό αποτελεί αναμφισβήτητο δείκτη της κατάστασης και της βιωσιμότητας του υδάτινου οικοσυστήματος. Υπάρχει επίσης σύνδεση του διαλυμένου οξυγόνου με τη θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, αύξηση της θερμοκρασίας του νερού συνεπάγεται μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου κατά τους θερινούς μήνες. Η κατάσταση γίνεται χειρότερη τους θερινούς μήνες επειδή η ροή των ρευμάτων είναι συνήθως χαμηλότερη κι έτσι η διαθέσιμη ποσότητα οξυγόνου είναι επίσης μικρότερη.



Σχήμα 4.2-4 Διάγραμμα ΜΟ pH ανά μήνα

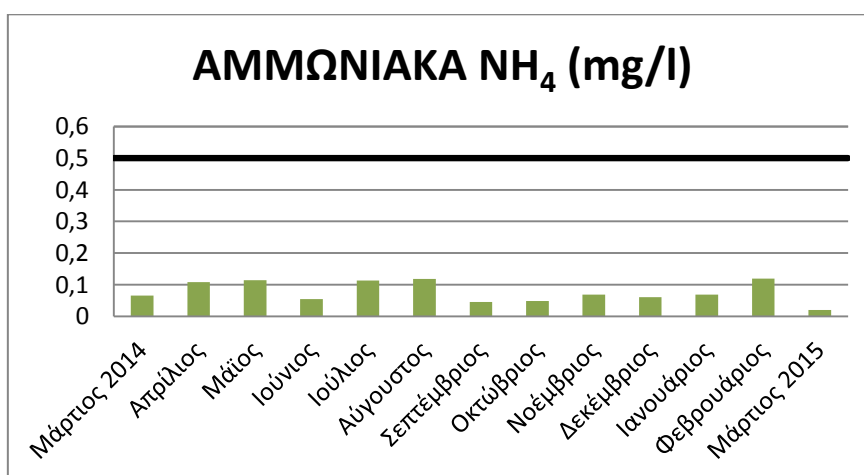
Το pH φαίνεται ότι είναι λίγο πάνω από το όριο. Συγκεκριμένα, από τα αποτελέσματα που φαίνονται στον Πίνακα 4.2-1, η μέση τιμή είναι 8,53 ενώ η

μέγιστη 10. Τους περισσότερους μήνες το pH είναι μεγαλύτερο από το επιτρεπτό όριο (σχήμα 4.2-4).



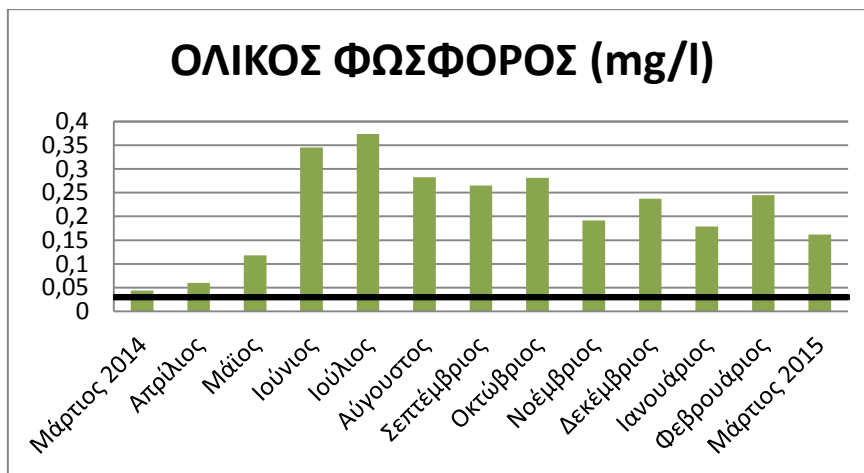
Σχήμα 4.2-5 Διάγραμμα ΜΟ Νιτρικών ανά μήνα

Οι τιμές των Νιτρικών της λίμνης όπως φαίνεται από το παραπάνω Σχήμα, είναι πολύ μικρές και σχεδόν μηδενικές. Η μέση τιμή, όπως φαίνεται από το Πίνακα 4.2-1 είναι 0,53 mg/l ενώ η μέγιστη 1,98 mg/l. Τα νιτρικά θεωρούνται υπεύθυνα για τον ευτροφισμό των φυσικών αποδεκτών.



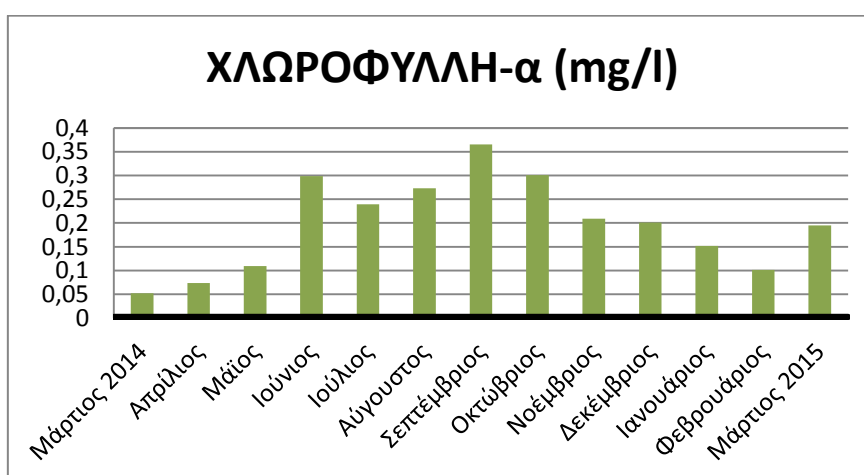
Σχήμα 4.2-6 Διάγραμμα ΜΟ Αμμωνιακών ανά μήνα

Το ίδιο συμβαίνει και με τα Αμμωνιακά αφού όπως φαίνεται η μέση τιμή είναι 0,08 mg/l ενώ η μέγιστη τιμή είναι 0,299 mg/l. Τα αμμωνιακά οφείλονται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες και περιέχονται στα αστικά λύματα, στα κτηνοτροφικά απόβλητα και ορισμένα βιομηχανικά καθώς και στις γεωργικές απορροές.



Σχήμα 4.2-7 Διάγραμμα ΜΟ Ολικού Φώσφορου ανά μήνα

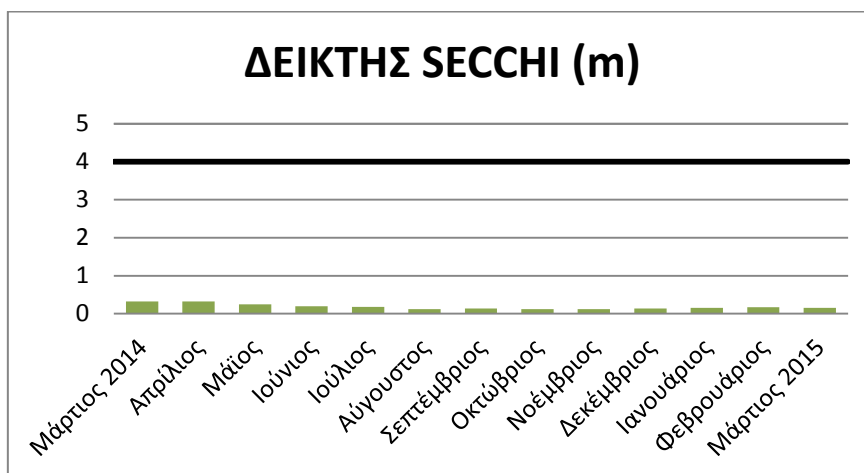
Με βάση το Σχήμα 4.2-7 τα επίπεδα του ολικού φωσφόρου είναι ανεβασμένα. Συγκεκριμένα η μέση τιμή είναι 0,21 mg/l ενώ η μέγιστη τιμή 0,467 mg/l. Τα φωσφορικά οφείλονται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες και περιέχονται στα αστικά λύματα, στα κτηνοτροφικά απόβλητα και ορισμένα βιομηχανικά καθώς και στις γεωργικές απορροές. Προκαλούν προβλήματα ευτροφισμού και όπως φαίνεται ξεπερνούν αρκετά το όριο.



Σχήμα 4.2-8 Διάγραμμα ΜΟ Χλωροφύλλης-α ανά μήνα

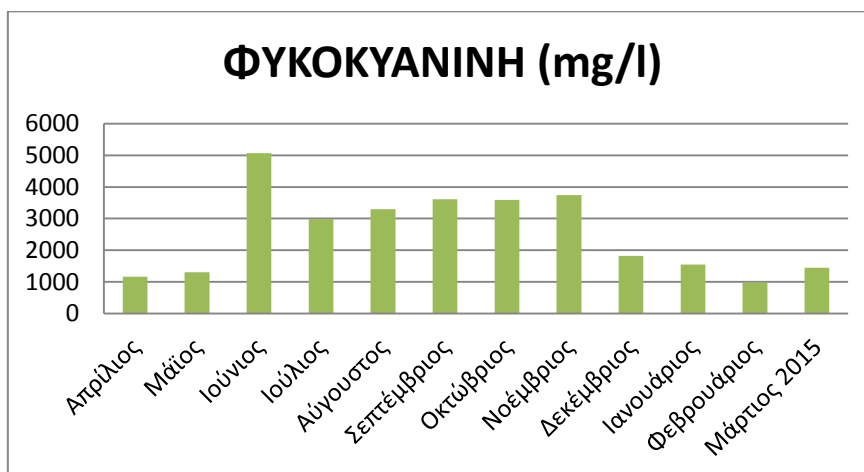
Η χλωροφύλλη-α αποτελεί μια από τις σημαντικές παραμέτρους αξιολόγησης των λιμναίων υδάτων. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.2-1 η μέση τιμή είναι

0,18 mg/l ενώ η μέγιστη 0,3654 mg/l. Παράλληλα από το Σχήμα 4.2-8 φαίνεται ότι η χλωροφύλλη-α όλους τους μήνες είναι αρκετά υψηλή.

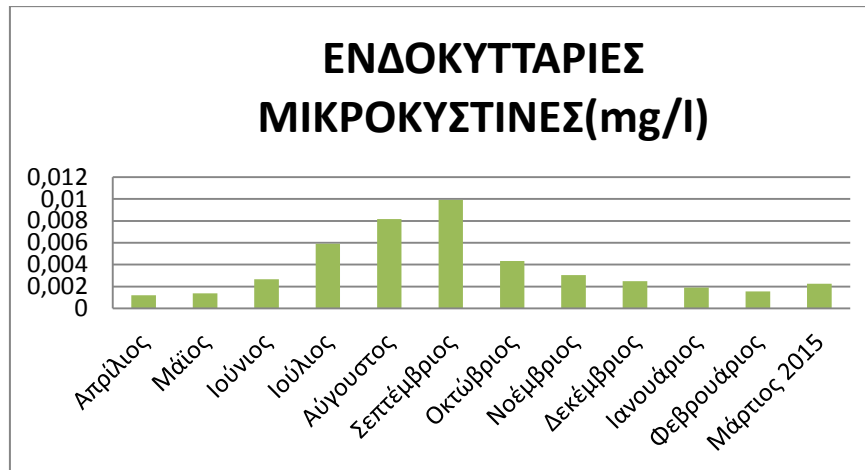


Σχήμα 4.2-9 Διάγραμμα ΜΟ δείκτη secchi ανά μήνα

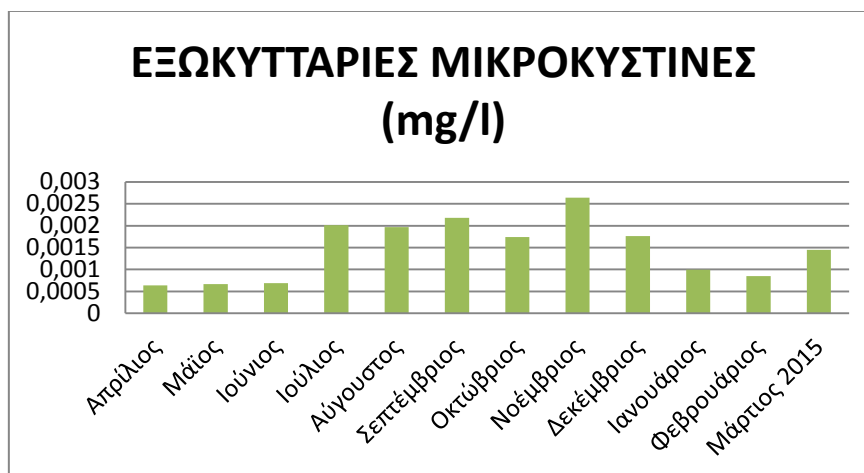
Ο δείκτης secchi αποτελεί εξίσου σημαντικό παράγοντα θολότητας. Με βάση τον πίνακα 3.2-1 φαίνεται ότι η μέση τιμή είναι 0,18 m και η μέγιστη 0,32 m. Ωστόσο το επιτρεπόμενο όριο είναι τα 4 μέτρα πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχει σημαντικό πρόβλημα.



Σχήμα 4.2-10 Διάγραμμα ΜΟ Φυκοκυανίνης ανα μήνα



Σχήμα 4.2-11 Διάγραμμα ΜΟ ενδοκυτταρίων μικροσυστηνών ανά μήνα



Σχήμα 4.2-12 Διάγραμμα ΜΟ εξωκυτταρίων μικροκυστινών ανά μήνα

Όπως αναφέρθηκε, επειδή η χρονοσειρά μας είναι αρκετά μικρή και άρα όχι τόσο αντιπροσωπευτική θα αναφερθούν και άλλες κύριες πηγές ρύπανσης, τα φυτοφάρμακα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω όπως αυτά προέκυψαν από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης κατά το έργο < Έλεγχος χημικής ποιότητας αρδευτικών υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων) σε κλίμακα λεκανών απορροής ποταμών Μακεδονίας-Θράκης και Θεσσαλίας>.

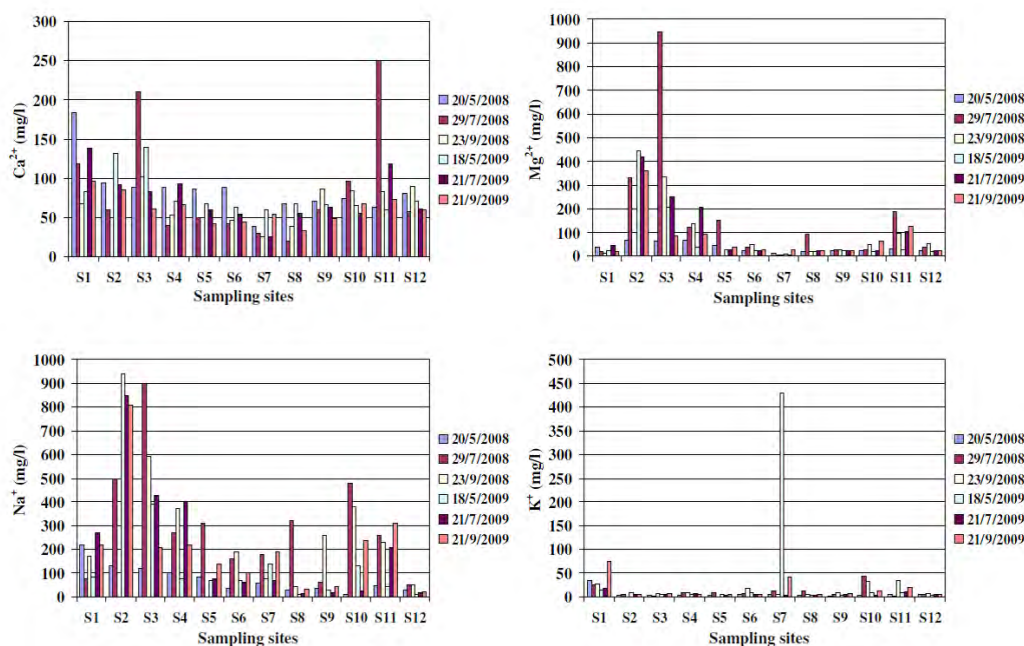
Η Καφεΐνη βρέθηκε σε όλες τις θέσεις δειγματοληψίας των επιφανειακών νερών της λεκάνης της Κάρλας που σημαίνει ότι όλα τα συγκεκριμένα υδατοσυστήματα είναι αποδέκτες και αστικών αποβλήτων. Η υψηλότερη συγκέντρωση καφεΐνης ανέρχεται 0,0167 mg/l, έπεται η συγκέντρωση των 0,009 mg/l που βρέθηκε στο Νομό Λάρισας και η 0,0032 mg/l που βρέθηκε στο νερό του Πηνιού. Οι προηγούμενες θέσεις δειγματοληψίας βρίσκονται επάνω στο ίδιο υδατοσύστημα που τροφοδοτείται με νερό του Πηνιού με ήδη υψηλή συγκέντρωση καφεΐνης και η συγκέντρωση αυξάνει σταδιακά κατά την πορεία της τάφρου προς τον ταμιευτήρα των Καναλιών που σημαίνει ότι κατά

την πορεία αυτή δέχεται προφανώς τα αστικά απόβλητα από όλους τους Δήμους και Κοινοτικά διαμέρισμα της περιοχής που διασχίζει.

Κατά την περίοδο 2010-2012 ανιχνεύθηκαν έστω και μίαν φορά 63 διαφορετικά γεωργικά φάρμακα στα υδατοσυστήματα της λεκάνης Κάρλας. Στα γεωργικά φάρμακα αυτά περιλαμβάνονται 2,4-D, acetochlor, alachlor, alphamethrin, atrazine, azoxystrobin, bentazone, bitertanol, boscalid, captan, carbaryl, carbendazim, lindane, chloridazone, chloropropylate, chlorpyrifos ethyl, chlorpyrifos methyl, chlorthal dimethyl, coumaphos, cyfluthrin, cyproconazole, diazinon, difenoconazole, dimethenamid, dimethoate, diphenylamine, endosulfan I, II και endosulfan sulphate, ethalfuralin, erthofumesate, ethoprophos, etridiazole, fluazifop-butyl, fluometuron, flutriafol, folpet, HCB, imazalil, imidacloprid, mecoprop, methomyl, metalaxyl, metribuzin, molinate, PCNB, pendimethalin, pentachlorophenol, phosmet, pirimiphos methyl, prometon, prometryne, propamocarb, propazine, propyzamide, proquinazide, pyraclostrobin, quizalofop, S-metolachlor, spinomesifen, tebuconazole, tebuconazide, terbuthylazine, thiamethoxam, triclopyr και trifluralin.

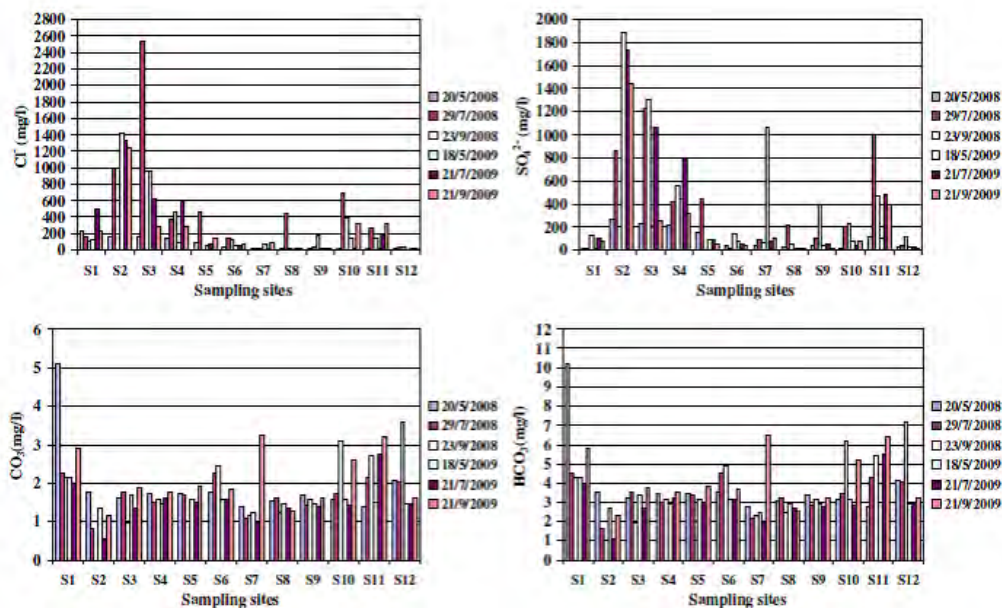
Μεταξύ των ανωτέρω γεωργικών φαρμάκων στις υψηλότερες συγκεντρώσεις βρέθηκε το fluometuron με εύρος συγκεντρώσεων από ίχνη μέχρι 0.005311mg/l, η prometryne με εύρος συγκεντρώσεων από ίχνη μέχρι 0.001791 mg/l, S-metolachlor από ίχνη μέχρι 0.001126 mg/l, το lindane από ίχνη μέχρι 0.001065 mg/l, trifluralin από ίχνη μέχρι 0.000819 mg/l, alachlor από ΙΧΝΗ μέχρι 0.00052 mg/l, tebuconazole από ίχνη μέχρι 0.000516 mg/l και σε μικρότερες συγκεντρώσεις τα υπόλοιπα.

Τέλος, τα αποτελέσματα του ασβεστίου, του νατρίου, του μαγνησίου και του καλίου κατά το έτος 2008-2009 στις θέσεις δειγματοληψίας που αναφέρθηκαν προηγουμένως είναι τα ακόλουθα.



Σχήμα 4.2-13 Αποτελέσματα ποιοτικών παραμέτρων Ca, Na, K , Mg (Αυγούστης, 2012)

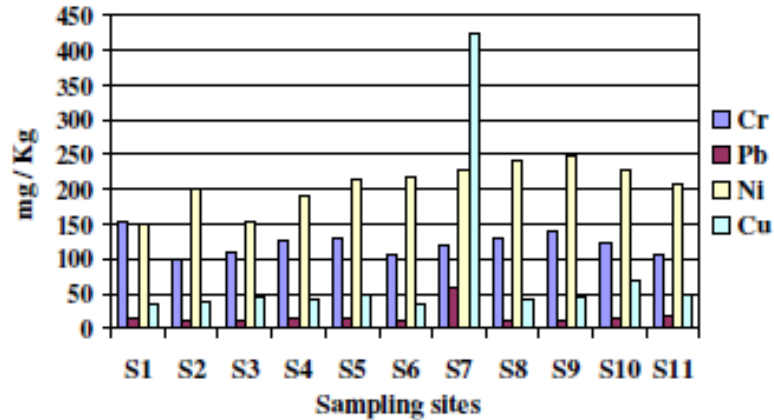
Επίσης τα αποτελέσματα των χλωριούχων, των θειικών, των ανθρακικών και των διπτανθρακικών κατά το έτος 2008-2009 στις ίδιες θέσεις δειγματοληψίας είναι τα παρακάτω.



Σχήμα 4.2-14 Αποτελέσματα ποιοτικών παραμέτρων (Cl⁻), θειικών (SO₄²⁻), ανθρακικών (CO₃²⁻) και διπτανθρακικών (HCO₃⁻) (Αυγούστης, 2012)

Από τα παραπάνω σχήματα φαίνεται ότι οι τιμές των παραμέτρων αυτών είναι φυσιολογικές και εντός των ορίων της νομοθεσίας (Σχήμα 4.2-13 και Σχήμα 4.2-14).

Τέλος, στο παρακάτω σχήμα 4.2-15 φαίνονται τα αποτελέσματα των βαρέων μετάλλων (χαλκός, μόλυβδος, νικέλιο και κάδμιο) στις 11 θέσεις δειγματοληψίας.



Σχήμα 4.2-15 Αποτελέσματα αναλύσεων βαρέων μετάλλων Χαλκού, Μολύβδου, Νικελίου και Καδμίου (Αυγούστης, 2012)

Οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο ίζημα ήταν χαμηλές. Τα επίπεδα των βαρέων μετάλλων που βρέθηκαν στις 11 θέσεις δειγματοληψίας, είναι αρκετά κάτω από τα επιτρεπτά όρια που ορίζει η Ευρωπαϊκή νομοθεσία για τη γεωργική χρήση (ΕΥ, 1986). Αυτό είναι λογικό αφού δεν υπάρχουν μεγάλες μονάδες στην περιοχή που να παράγουν απόβλητα με περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα.

4.3 Αποτελέσματα Πηνειού

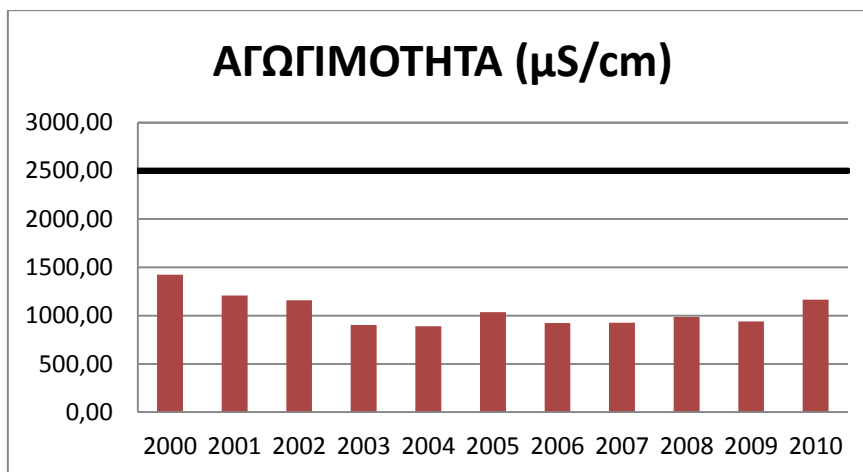
Στον παρακάτω Πίνακα 4.3-1 παρουσιάζονται από τα δεδομένα του Πηνειού που αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 3.3 η ελάχιστη και μέγιστη τιμή της κάθε παραμέτρου όλων των τιμών καθώς και ο μέσος και η διάμεση τιμή της κάθε παραμέτρου.

Παράμετρος	Μέγεθος Δείγματος	Μέση Τιμή	Διάμεσος Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Ελάχιστη Τιμή	Ανώτατο Όριο
Ηλεκτρ.αγωγιμ/τα	638	1045,54	987,29	1423,12	888,52	2500,00
Ph	569	7,83	7,78	8,48	7,51	8,40
Χλωριόντα Cl ⁻	468	68,98	76,69	115,77	4,67	250,00
Ασβέστιο	397	51,50	56,37	68,96	13,05	100
Μαγνήσιο Mg ⁺⁺	396	34,24	36,83	54,51	13,37	50
Νάτριο Na ⁺	373	62,15	76,66	129,07	5,50	175
Σύνθετη Αλκαλικότητα	211	0,02	0,00	0,09	0,00	
Ολική Αλκαλικότητα	210	4,34	4,50	4,97	2,62	
Υπολειπόμενο Νάτριο	351	3,76	3,40	8,50	0,00	
Βαθμός Αλκαλίωσης Na	362	25,06	23,42	37,86	5,07	

Βαθμός Αλκαλίωσης Mg	332	30,99	32,06	38,67	19,40	
SAR	350	1,75	1,94	3,20	0,17	
Σκληρ/τα Ολική CaCO ₃	395	307,84	300,89	370,84	240,42	
Παροδική -//-	351	213,37	223,50	236,33	131,00	
Μόνιμη -//-	350	77,82	82,79	153,18	12,51	
Ασβεστίου -//-	154	195,97	137,74	566,53	9,00	
Μαγνησίου -//-	151	185,76	187,19	229,16	135,00	
Διαλυμένο Οξυγόνο O ₂	278	78,06	79,80	102,79	60,39	100,00
Ποσοστό Κορεσμού	4	12,00	12,00	12,00	12,00	100,00
Νιτρικά NO ₃ ⁻	217	12,14	11,15	27,04	6,29	25,00
Νιτρώδη NO ₂ ⁻	2					
Αμμωνιακά NH ₄ ⁺	2					
Ολικός φωσφόρος P	2					
Κάδμιο Cd						

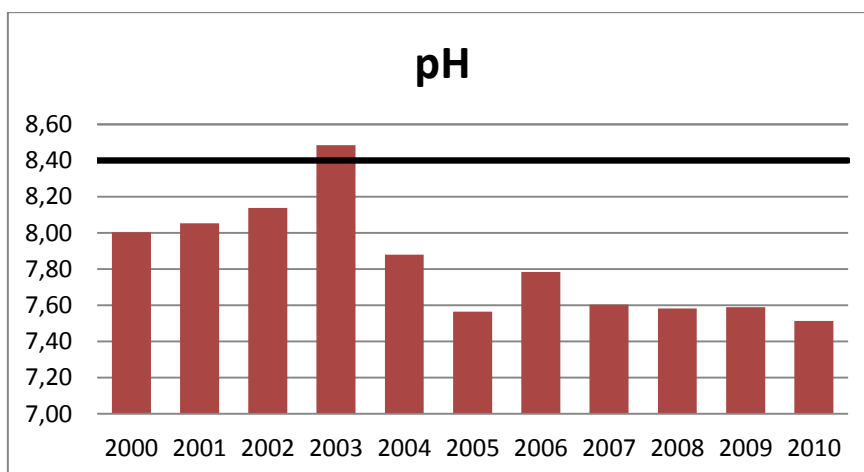
Πίνακας 4.3-1 Στατιστικά ποιοτικά χαρακτηριστικά και όρια Πηγειού

Τα διαγράμματα που προέκυψαν για κάθε ρύπο μαζί με τα επιτρεπτά όρια (η μάυρη συνεχόμενη γραμμή είναι για άρδευση ενώ η διακεκομμένη για πόσιμο νερό) είναι τα παρακάτω:



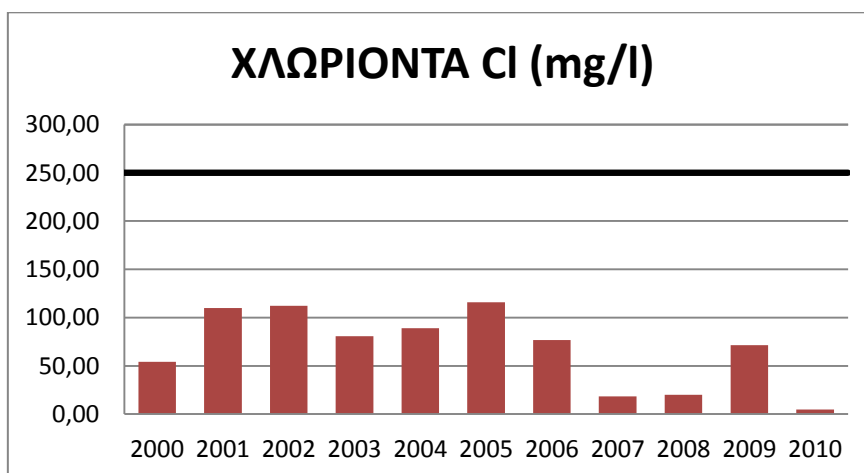
Σχήμα 4.3-1 Διάγραμμα ΜΟ Αγωγιμότητας ανα έτος

Η Ηλεκτρική αγωγιμότητα όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.3-1 έχει μέση τιμή 1045 μS /cm και παρουσιάζει μέγιστη τιμή 1423,12 μS/cm. Από το σχήμα 4.3-1 φαίνεται ότι όλη τη χρονική σειρά είναι κάτω από το όριο.



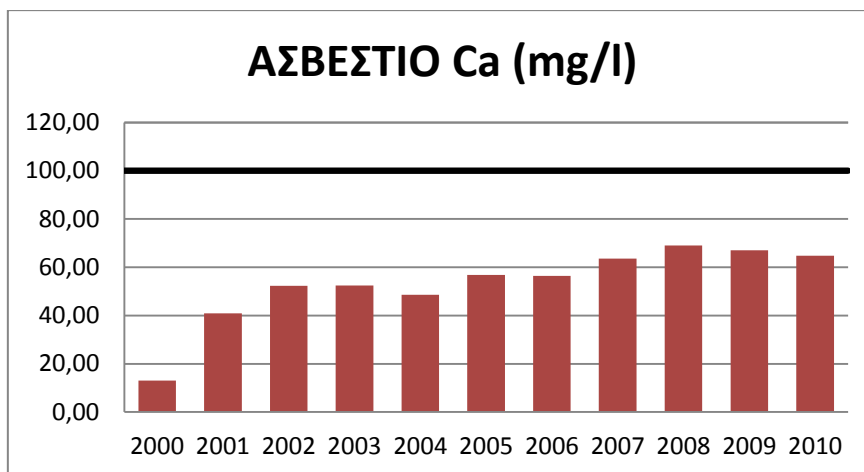
Σχήμα 4.3-2 Διάγραμμα MO pH ανά έτος

Το pH παρουσιάζει σύμφωνα με τον Πίνακα 4.3-1 μέση τιμή 7,83 ενώ το 2003 φαίνεται ότι έχει μέγιστη τιμή 8,48 που ξεπερνά το επιτρεπόμενο όριο.



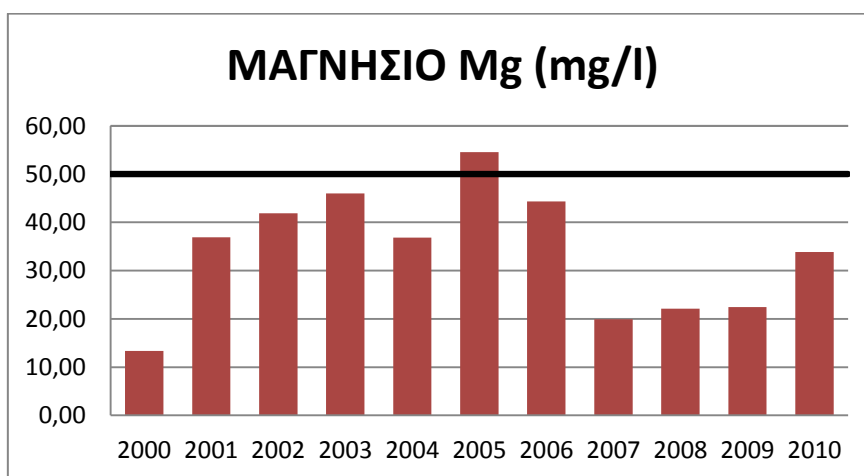
Σχήμα 4.3-3 Διάγραμμα MO Χλωριόντων ανά έτος

Τα χλωριόντα βάση του Πίνακα 4.3-1 έχουν μέση τιμή περίπου 69 mg/l ενώ παρουσιάζουν μέγιστη τιμή 115 mg/l. Από το σχήμα 4.3-3 φαίνεται ότι οι μετρήσεις είναι κάτω από το όριο.



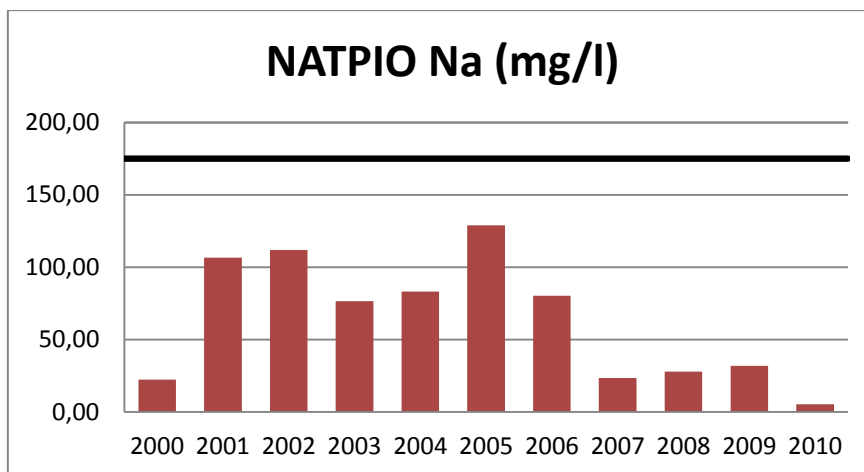
Σχήμα 4.3-4 Διάγραμμα ΜΟ Ασβεστίου ανά έτος

Το ασβέστιο έχει μέση τιμή 51,50 mg/l όπως φαίνεται στον πίνακα 4.3-1 ενώ παρουσιάζει μέγιστη τιμή περίπου 69 mg/l. Οι μετρήσεις του είναι καλές όπως φαίνεται και από το Σχήμα 4.3-4.



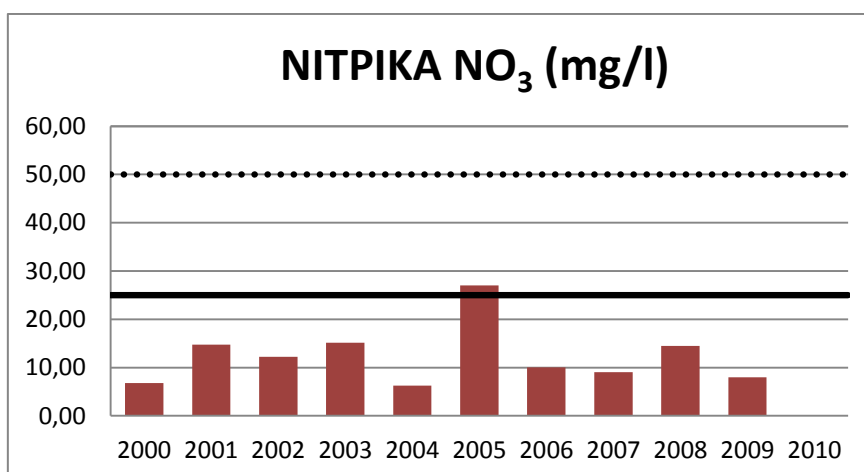
Σχήμα 4.3-5 Διάγραμμα ΜΟ Μαγνησίου ανά έτος

Από τον Πίνακα 4.3-1 φαίνεται ότι η συγκέντρωση του Μαγνησίου κυμαίνεται από 13,37 έως 54,51 mg/l η οποία παρατηρείται το 2005 και έχει μέση τιμή 34,2 mg/l .



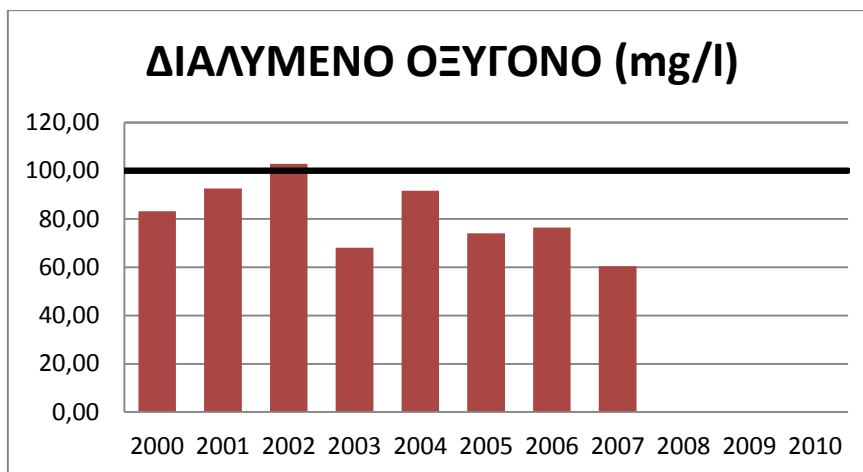
Σχήμα 4.3-6 Διάγραμμα ΜΟ Νατρίου ανά έτος

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι ο μέσος όρος της συγκέντρωσης του Νατρίου ανά έτος είναι κάτω από το όριο με μέση τιμή 34,2 mg/l. Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.3-1 η συγκέντρωση του Νατρίου κυμαίνεται από 5,5 έως 129 mg/l.



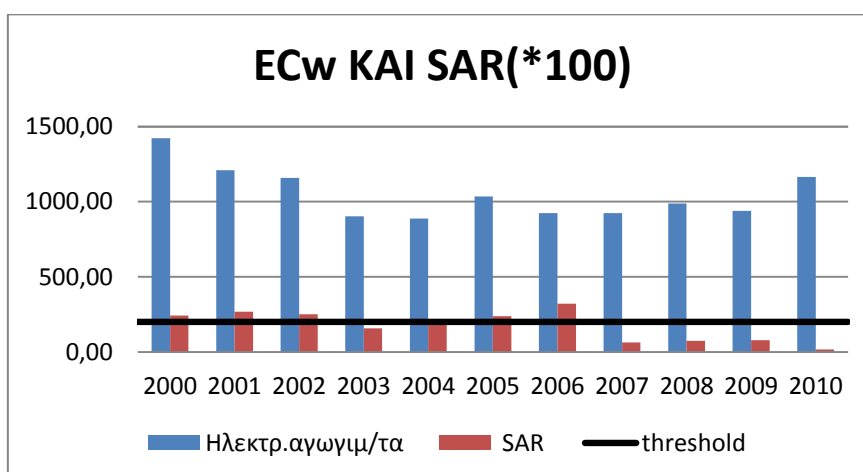
Σχήμα 4.3-7 Διάγραμμα ΜΟ Νιτρικών ανά έτος

Στο σχήμα 4.3-7 φαίνονται οι μετρήσεις των νιτρικών μαζί με τα ανώτατα όρια για άρδευση και πόσιμο νερό. Από τον Πίνακα 4.3-1 παρατηρείται ότι τα Νιτρικά κυμαίνονται από 6,29 έως 27 mg/l και παρατηρείται το έτος 2005 ξεπερνά το όριο. Ωστόσο επειδή έχουν υπολογιστεί οι μέσοι όροι ενδέχεται να υπάρχουν και άλλες τιμές άνω του ορίου, καθώς αυτές οι τιμές δεν αντικατοπτρίζουν την πραγματική κατάσταση των υδάτων του Πηνειού.



Σχήμα 4.3-8 Διάγραμμα ΜΟ Διαλυμένου Οξυγόνου ανά έτος

Από τον Πίνακα 3.3-1 παρατηρείται ότι το Διαλυμένο οξυγόνο κυμαίνεται από 60,39 έως 102,79 mg/l η οποία μέγιστη τιμή παρατηρείται το 2002 και έχει μέση τιμή 78 mg/l.



Σχήμα 4.3-9 Διάγραμμα ΜΟ Αγωγιμότητας και SAR ανά έτος

Όπως βλέπουμε στο Σχήμα 4.3-9 οι τιμές του SAR κυμαίνονται από 0-3. Για τις τιμές αυτές η Ηλεκτρική αγωγιμότητα πρέπει να είναι μικρότερη του 200. Αντιθέτως οι τιμές ξεπερνούν το 800. Φαίνεται λοιπόν ότι ενδέχεται κίνδυνος άμεσης ανάπτυξης προβλημάτων.

Συγκεντρωτικά, σε αυτήν την μελέτη στατιστικές αναλύσεις των παραμέτρων και συγκεντρώσεις χημικών ενώσεων του νερού συλλέχθηκαν σε σταθμούς κοντά στον ποταμό Πηνειό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απορροή από το κύριο ποτάμι είναι σχεδόν καλή. Η αξιολόγηση της ποιότητας του νερού

σύμφωνα με τα ποιοτικά πρότυπα νερού για τις αστικές προμήθειες και την άρδευση δείχνει ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για άρδευση, αλλά με προσοχή διότι μπορεί η συνεχόμενη χρήση να προκαλέσει σταδιακά προβλήματα στην ικανότητα διείσδυσης και πιθανά προβλήματα στα ευαίσθητα φυτά (Λουκάς, 2010).

4.4 Αποτελέσματα αραίωσης

Σε αυτήν την υποενότητα θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μέθοδο της αραίωσης όπως αυτή παρουσιάστηκε στην υποενότητα 3.4. Θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα για τα υπόγεια ύδατα και στην συνέχεια για τον Πηνηϊό. Για την Κάρλα δεν εφαρμόστηκε η μέθοδος αφού το ισοζύγιο της κατά τη λειτουργία της δεν είναι ελλειματικό.

4.4.1 Αποτελέσματα Υπόγειου Υδροφορέα

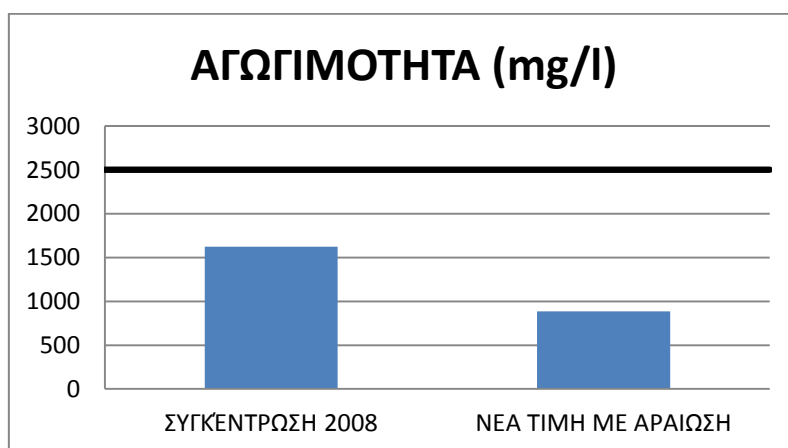
Ο Πίνακας που προέκυψε με τις τιμές πριν την αραίωση και μετά είναι ο ακόλουθος.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΝΕΑ ΤΙΜΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΔΙΑΦΟΡΑ
Αγωγιμότητα	1624,00	885,11	738,89
ph	-	-	
Χλωριόντα Cl ⁻	463,50	252,62	210,88
Θειικά SO ₄ ⁻	505,00	275,23	229,77
Νιτρικά NO ₃ ⁻	37,2	20,27	16,93
Αμμωνιακά NH ₄	0,52	0,28	0,24
Ca ⁺²	264,00	143,88	120,12
Mg ⁺²	432,00	235,45	196,55
Na ⁺	3900,00	2125,57	1774,43
K ⁺	234,00	127,53	106,47
Fe ⁺³	3,20	1,74	1,46
Mn ⁺²	0,97	0,53	0,44
CO ₃ ⁻²	150,00	81,75	68,25
HCO ³⁻	730,00	397,86	332,14
PO ₄ ⁻³	0,20	0,11	0,09
NO ₂ ⁻	0,10	0,05	0,05

Πίνακας 4.4-1 Αποτελέσματα παραμέτρων μετά την αραίωση

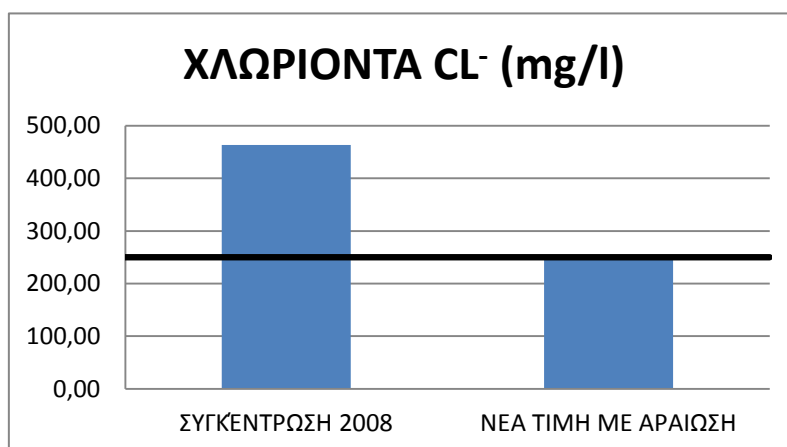
Η μέθοδος της αραίωσης εφαρμόστηκε με σκοπό, να τονιστεί η σύνδεση της ποσοτικής υποβάθμισης με την ποιοτική. Συγκεκριμένα, αν είχαμε το νερό που λείπει (από το αρνητικό ισοζύγιο), τότε δε θα υπάρχει πρόβλημα ρύπανσης. Αυτό φαίνεται και από τα αποτελέσματα αφού παρατηρείται σημαντική μείωση. Εύλογα προκύπτει το συμπέρασμα το πόσο σημαντική είναι η ποσοτική υποβάθμιση και το όφελος που έχει η αναπλήρωση του νερού.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα συγκριτικά διαγράμματα πριν και μετά την αραίωση για κάθε παράμετρο σε σχέση με τα επιτρεπόμενα όρια.



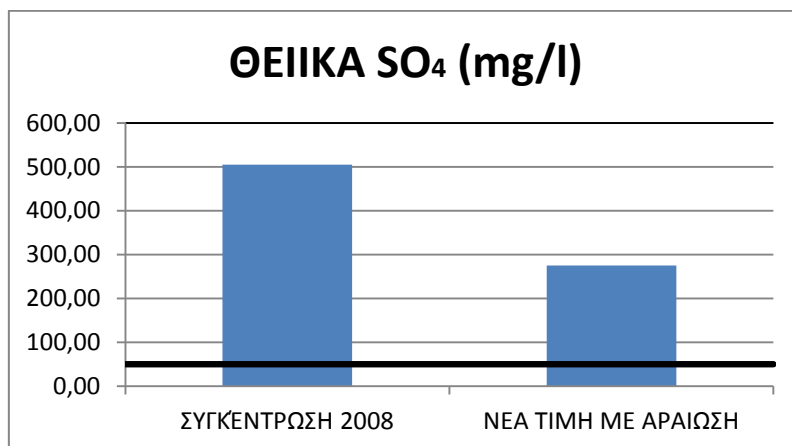
Σχήμα 4.4.1-1 Συγκριτικό διάγραμμα Αγωγιμότητας

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή της Αγωγιμότητας ήταν 1624 mg/l και με την αραίωση έγινε 885,10 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45,5%.



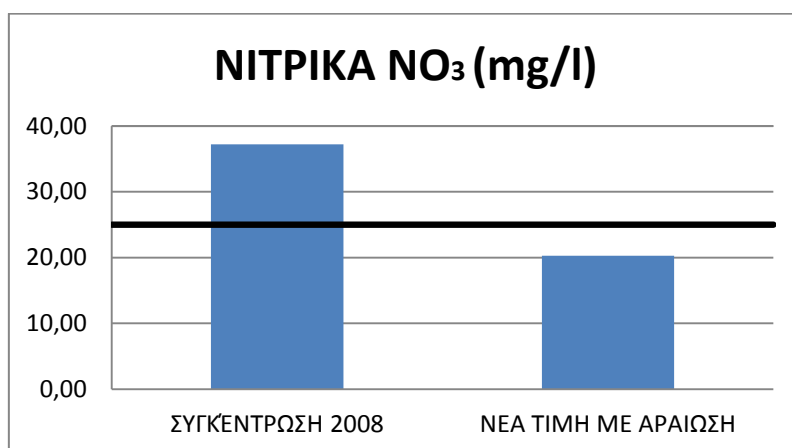
Σχήμα 4.4-2 Συγκριτικό διάγραμμα Χλωριόντων

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή των Χλωριόντων ήταν 463,5 mg/l και με την αραιώση έγινε 252,61 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45,5%, ωστόσο το πρόβλημα εξακολουθεί να υπάρχει.



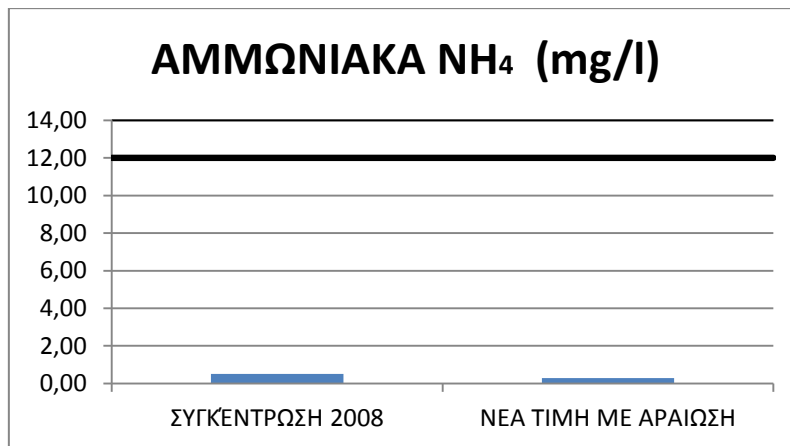
Σχήμα 4.4-3 Συγκριτικό διάγραμμα Θειικών

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή των θειικών ήταν 505,5 mg/l και με την αραιώση έγινε 275,23 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45,5%, ωστόσο το πρόβλημα εξακολουθεί να υπάρχει και μάλιστα σε μεγάλο βαθμό.



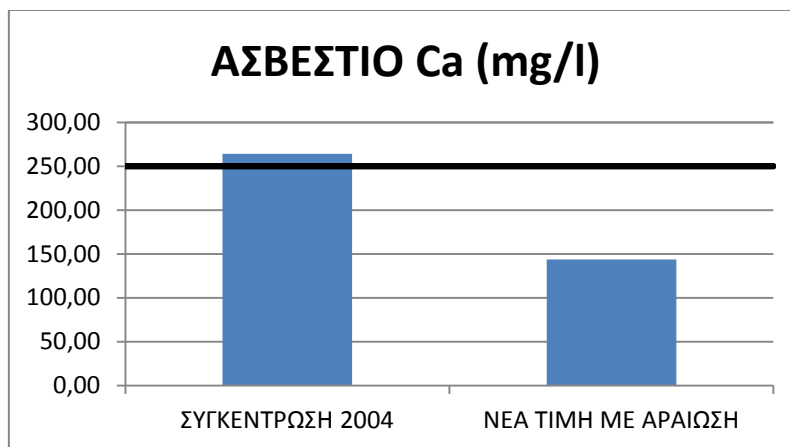
Σχήμα 4.4-4 Συγκριτικό Διάγραμμα Νιτρικών

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή των Νιτρικών ήταν 37,20 mg/l και με την αραιώση έγινε 20,27 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45,5% και η τιμή πήγε κάτω από το επιτρεπτό όριο.



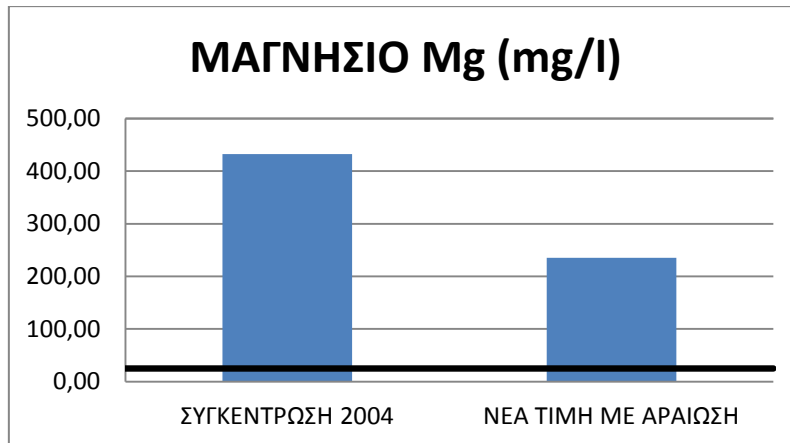
Σχήμα 4.4-5 Συγκριτικό Διάγραμμα Αμμωνιακών

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή των Αμμωνιακών ήταν 0,52 mg/l και με την αραιώση έγινε 0,28 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45,5%. Η τιμή ήταν ήδη πολύ κάτω από το ανώτατο όριο οπότε μειώνεται περισσότερο.



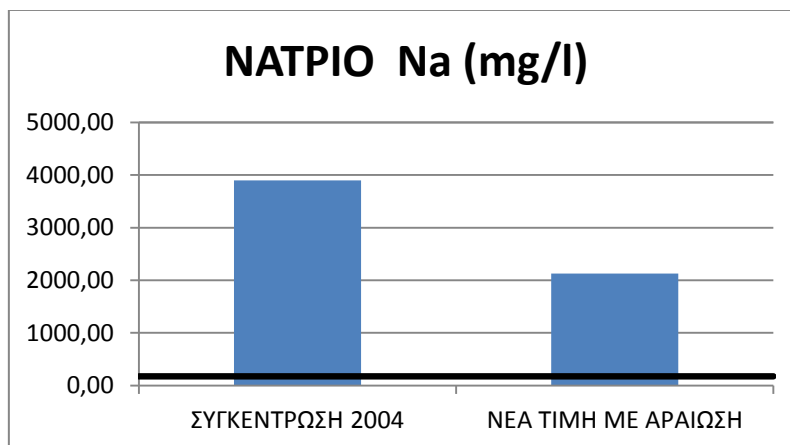
Σχήμα 4.4-6 Συγκριτικό διάγραμμα Ασβεστίου

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή του Ασβεστίου ήταν 264 mg/l και με την αραιώση έγινε 143 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45,5%. Η τιμή ήταν πάνω από το ανώτατο όριο οπότε με την αραιώση έγινε φυσιολογική.



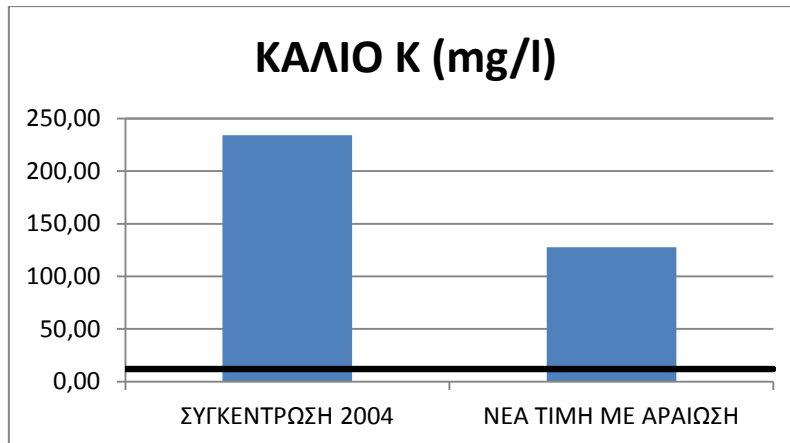
Σχήμα 4.4-7 Συγκριτικό διάγραμμα Μαγνησίου

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή του Μαγνησίου ήταν 432 mg/l και με την αραιώση έγινε 235 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45,5%. Η τιμή ήταν αρκετά πάνω από το ανώτατο όριο, ωστόσο με την αραιώση εξακολουθεί να είναι υψηλή.



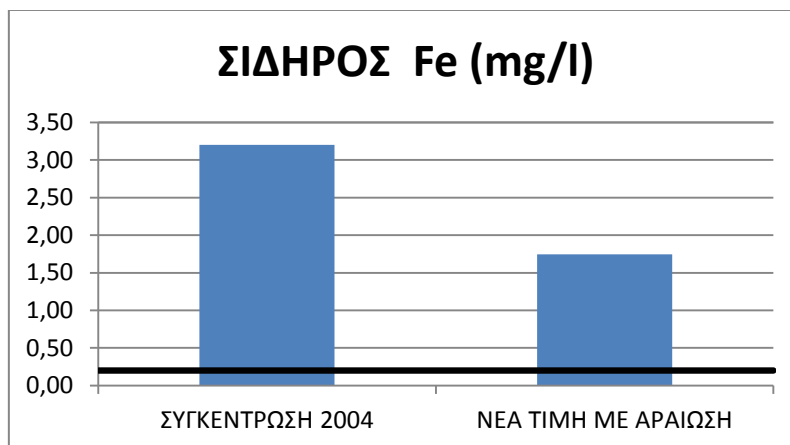
Σχήμα 4.4-8 Συγκριτικό διάγραμμα Νατρίου

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή του Νατρίου ήταν 3900 mg/l και με την αραιώση έγινε 2125 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45,5%. Η τιμή ήταν αρκετά πάνω από το ανώτατο όριο, ωστόσο με την αραιώση εξακολουθεί να είναι εξίσου αρκετά υψηλή.



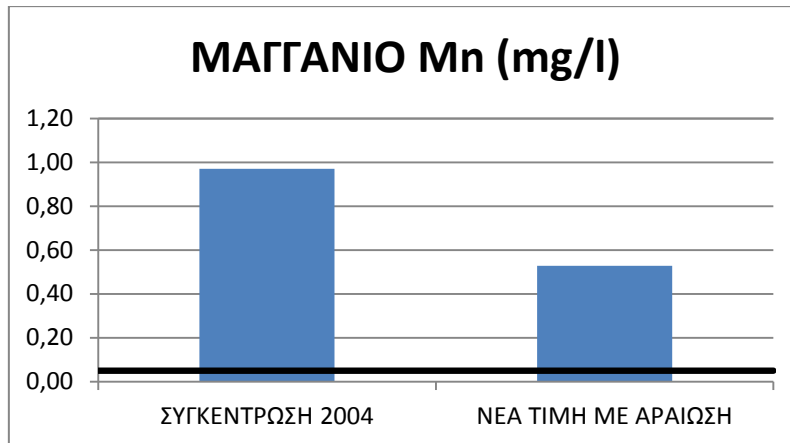
Σχήμα 4.4-9 Συγκριτικό διάγραμμα Καλίου

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή του Καλίου ήταν 234 mg/l και με την αραιώση έγινε 127 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45,5%. Η τιμή ήταν αρκετά πάνω από το ανώτατο όριο, ωστόσο με την αραιώση εξακολουθεί να είναι εξίσου αρκετά υψηλή.



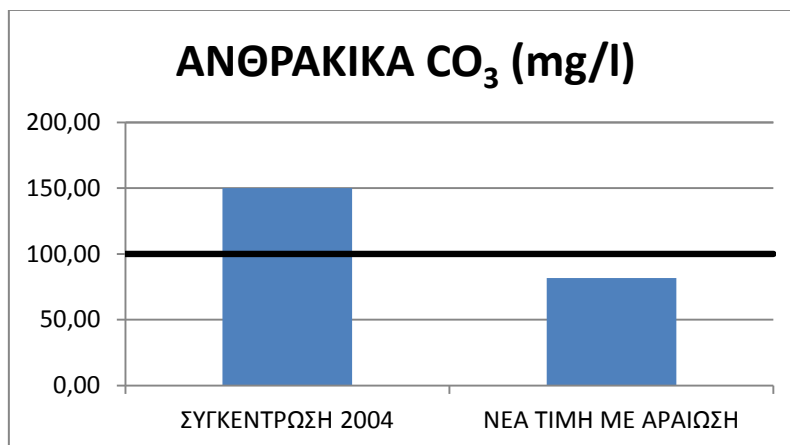
Σχήμα 4.4-10 Συγκριτικό διάγραμμα Σιδήρου

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή του Σιδήρου ήταν 3,20 mg/l και με την αραιώση έγινε 1,74 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45,5%. Η τιμή ήταν αρκετά πάνω από το ανώτατο όριο, ωστόσο με την αραιώση εξακολουθεί να είναι εξίσου αρκετά υψηλή.



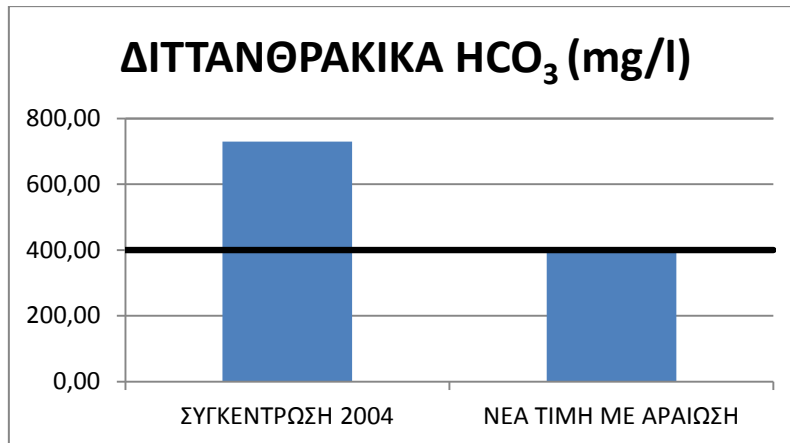
Σχήμα 4.4-11 Συγκριτικό διάγραμμα Μαγγανίου

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή του Μαγγανίου ήταν 0,97 mg/l και με την αραιώση έγινε 0,52 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45,5%. Η τιμή ήταν αρκετά πάνω από το ανώτατο όριο, ωστόσο με την αραιώση εξακολουθεί να είναι εξίσου αρκετά υψηλή.



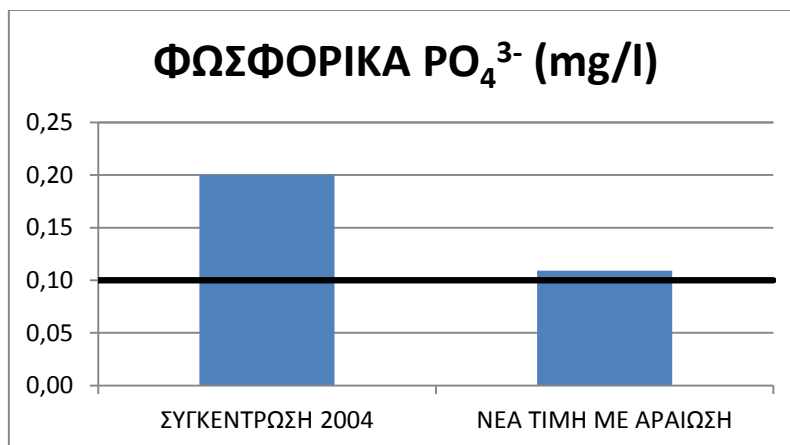
Σχήμα 4.4-12 Συγκριτικό διάγραμμα Ανθρακικών

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή των Ανθρακικών ήταν 150 mg/l και με την αραιώση έγινε 81,75 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45%. Η τιμή ήταν αρκετά πάνω από το ανώτατο όριο, ωστόσο με την αραιώση έγινε φυσιολογική κάτω από το ανώτατο όριο.



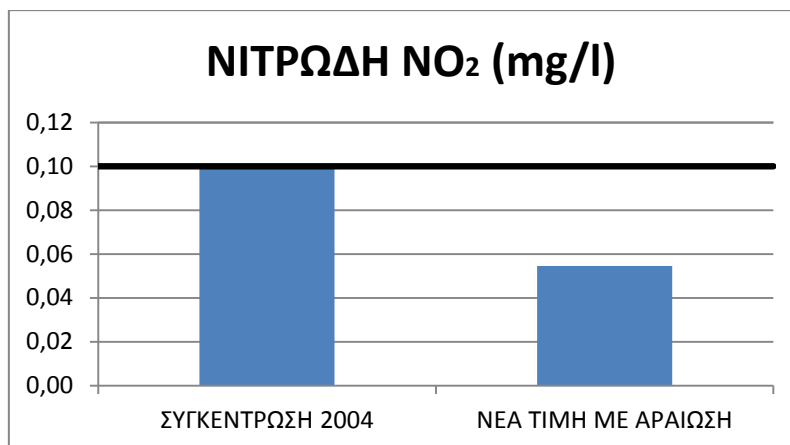
Σχήμα 4.4-13 Συγκριτικό διάγραμμα Διττανθρακικών

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή των Διττανθρακικών ήταν 730 mg/l και με την αραιώση έγινε 397 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45%. Η τιμή ήταν αρκετά πάνω από το ανώτατο όριο, ωστόσο με την αραιώση έπεσε λίγο κάτω από το όριο.



Σχήμα 4.4-14 Συγκριτικό διάγραμμα Φωσφορικών

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή των Φωσφορικών ήταν 0,2 mg/l και με την αραιώση έγινε 0,10 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45%. Η τιμή ήταν αρκετά πάνω από το ανώτατο όριο, ωστόσο με την αραιώση είναι λίγο πάνω από το όριο.



Σχήμα 4.4-15 Συγκριτικό διάγραμμα Νιτρώδων

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή των Φωσφορικών ήταν 0,1 mg/l και με την αραιώση έγινε 0,05 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 45%. Η τιμή ήταν πάνω στο ανώτατο όριο, ωστόσο με την αραιώση πήγε σε φυσιολογικά επίπεδα.

4.4.2 Αποτελέσματα Πηνείου

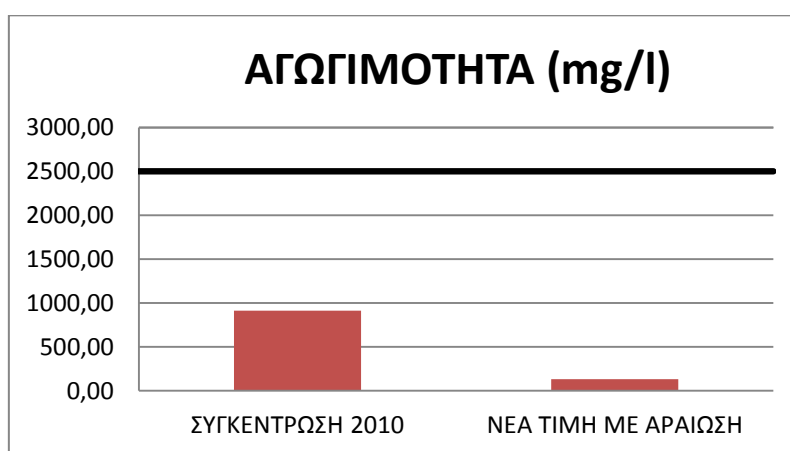
Ο Πίνακας που προέκυψε με τις τιμές των παραμέτρων μετά την αραιώση είναι ο ακόλουθος.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΝΕΑ ΤΙΜΗ ΜΕ ΑΡΑΙΩΣΗ	ΔΙΑΦΟΡΑ
Ηλεκτρ.αγωγιμ/τα	910,80	131,50	779,29
Ph	-	-	
Χλωριόντα Cl -	115,77	16,72	99,05
Ασβέστιο	68,96	9,96	59,00
Μαγνήσιο Mg + +	54,51	7,87	46,64
Νάτριο Na +	129,07	18,64	110,43
Σύνθετη Αλκαλικότητα	0,09	0,01	0,08
Ολική Αλκαλικότητα	4,97	0,72	4,25
Υπολειπόμενο Νάτριο	8,50	1,23	7,27
Βαθμός Αλκαλίωσης Na	37,86	5,47	32,39
Βαθμός Αλκαλίωσης Mg	38,67	5,58	33,09
SAR	3,20	0,46	2,74
Σκληρ/τα Ολική CaCO ₃	370,84	53,54	317,30
Παροδική -//-	236,33	34,12	202,21

Μόνιμη -//-	153,18	22,12	131,06
Ασβεστίου -//-	566,53	81,80	484,73
Μαγνησίου -//-	229,16	33,09	196,07
Νιτρικά NO3 -	27,00	3,90	23,10

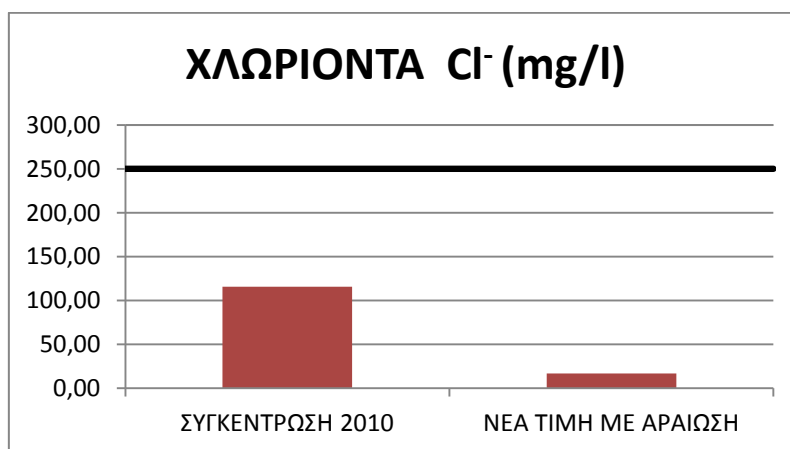
Πίνακας 4.4-1 Αποτελέσματα παραμέτρων μετά την αραίωση

Στην συνέχεια παρουσιάζονται συγκριτικά τα διαγράμματα για κάθε παράμετρο πριν και μετά την αραίωση μαζί με τα επιτρεπόμενα όρια.



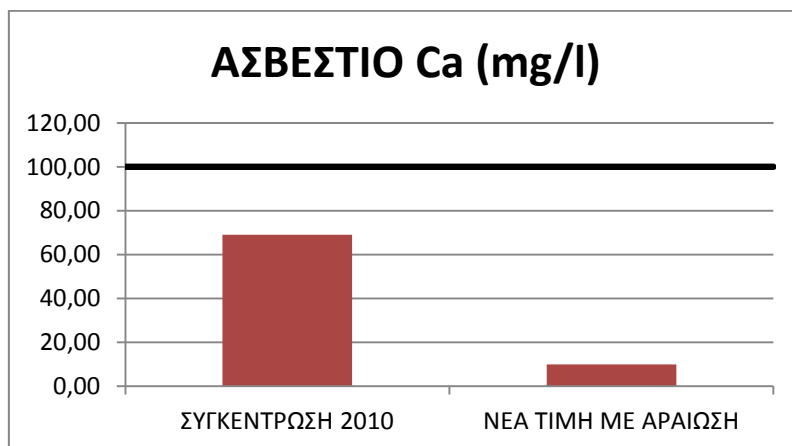
Σχήμα 4.4-16 Συγκριτικό διάγραμμα Αγωγιμότητας

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή της Αγωγιμότητας ήταν 910 mg/l και με την αραίωση έγινε 131,5 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 85,56%.



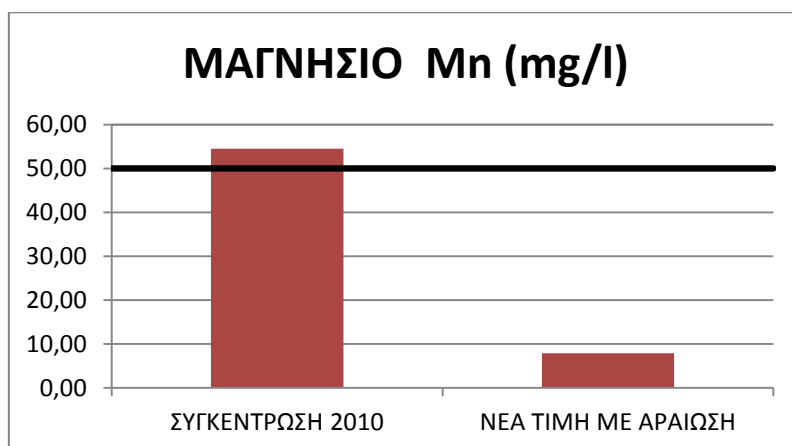
Σχήμα 4.4-17 Συγκριτικό διάγραμμα Χλωριόντων

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή των Χλωριόντων ήταν 115,77 mg/l και με την αραιώση έγινε 16,71 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 85,56%.



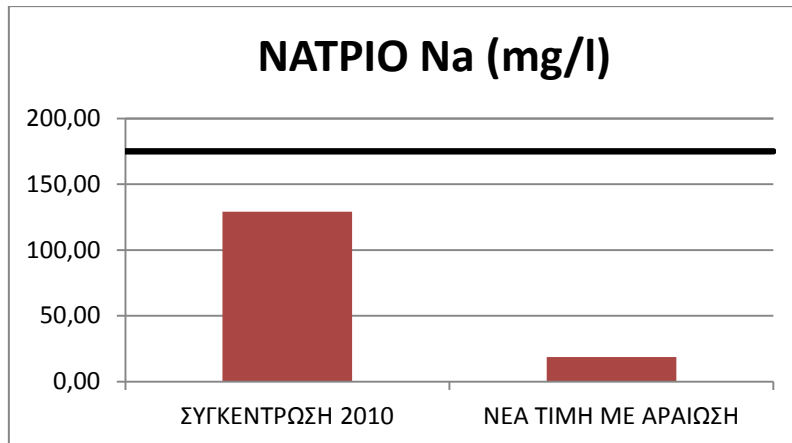
Σχήμα 4.4-18 Συγκριτικό διάγραμμα Ασβεστίου

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή του Ασβεστίου ήταν 68,96 mg/l και με την αραιώση έγινε 9,96 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 85,56%.



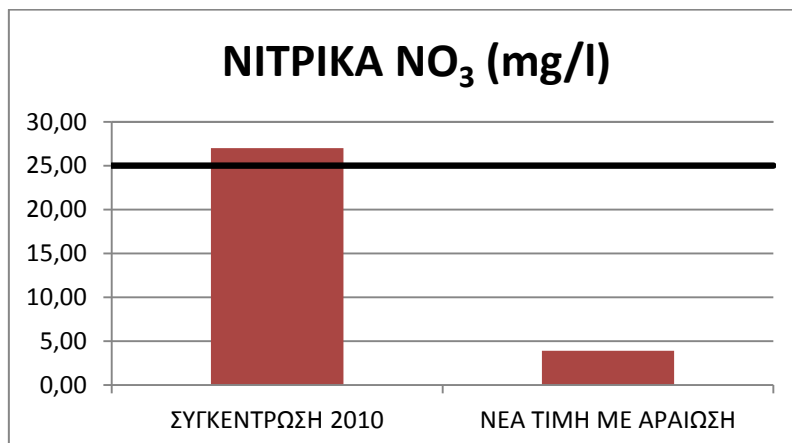
Σχήμα 4.4-19 Συγκριτικό διάγραμμα Μαγνησίου

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή του Μαγνησίου ήταν 54,31 mg/l και με την αραιώση έγινε 7,87 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 85,56% και ήρθε σε φυσιολογικά επίπεδα κάτω από το όριο.



Σχήμα 4.4-20 Συγκριτικό διάγραμμα Νατρίου

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή του Νατρίου ήταν 129,07 mg/l και με την αραιώση έγινε 18,64 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 85,56%.



Σχήμα 4.4-21 Συγκριτικό διάγραμμα Νιτρικών

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή των Νιτρικών ήταν 27 mg/l και με την αραιώση έγινε 3,90 mg/l. Οπότε φαίνεται ότι μειώθηκε κατά 85,56% και επανήλθε σε φυσιολογικά επίπεδα κάτω από το όριο.

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αξιολογείται η ποιοτική κατάσταση των υδάτων της λεκάνης απορροής της Κάρλας. Αρχικά γίνεται μια εισαγωγική αναφορά στην έννοια της διαχείρισης των υδατικών πόρων και στη σημασία της και την ανάγκη που υπάρχει για την υιοθέτηση τέτοιων πρακτικών. Στην συνέχεια αναλύεται η περιοχή μελέτης. Αξίζει να τονιστεί ότι στο στάδιο της μεθοδολογίας για την συλλογή των δεδομένων προέκυψαν ορισμένες δυσκολίες. Ειδικότερα, εντοπίστηκε δυσκολία στο να βρεθούν πρόσφατες μετρήσεις. Όπως φαίνεται και στο Κεφάλαιο 3^ο για τον υπόγειο υδροφόρα η χρονοσειρά μετρήσεων είναι από το 1995 έως το 2008. Το ίδιο συμβαίνει και στα άλλα δυο υδάτινα σώματα, αφού για τον Πηνείο η χρονοσειρά μετρήσεων είναι από το 2000 έως το 2010 και για την λίμνη Κάρλα υπάρχουν στοιχεία μόνο για τα έτη 2014-2015. Επιπλέον, υπάρχουν αμφιβολίες για την αξιοπιστία των μετρήσεων και του ελέγχου των σφαλμάτων που προέκυψαν από τη διαδικασία της δειγματοληψίας καθώς είναι ευρέως γνωστό ότι υπάρχει έντονο πρόβλημα λόγω λιπασμάτων στην περιοχή όμως αυτό δεν ερχόταν σε συμφωνία με τις μετρήσεις. Επίσης μια άλλη δυσκολία που αντιμετωπίστηκε είναι ότι για τις περισσότερες ποιοτικές παραμέτρους του υπόγειου υδροφόρα βρέθηκαν μετρήσεις μόνο για το 2004 οπότε τα αποτελέσματα μπορεί να μην είναι τόσο αντιπροσωπευτικά. Όλο αυτό δε βοηθά στο να βγουν συμπεράσματα για την σημερινή κατάσταση της λεκάνης απορροής. Τέλος ζητήθηκε από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση Θεσσαλίας-Στερεάς Ελλάδας η παροχή δεδομένων σχετικά με τις συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα της τέως λίμνης Κάρλας και η απάντηση τους ήταν ότι το εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης των λεκανών απορροής Θεσσαλίας που είναι ανηρημένο με τα παραρτήματα του στο site της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Θεσσαλίας είναι το μοναδικό εργαλείο για σχετικές πληροφορίες που χρησιμοποιεί η Υπηρεσία τους και δεν διαθέτει επιπλέον στοιχεία για τις συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα της λίμνης Κάρλας. Φαίνεται λοιπόν η δυσκολία που υπήρχε στην συλλογή δεδομένων καθώς και στη συνεργασία με τους φορείς.

Από τα αποτελέσματα του 4^{ου} Κεφαλαίου προκύπτει ότι το μεγαλύτερο πρόβλημα αντιμετωπίζει το ο υπόγειος υδροφόρας. Σχεδόν όλες οι παράμετροι βρέθηκαν “ανεβασμένες” με αποκορύφωμα την ηλεκτρική αγωγιμότητα, το νάτριο και τα νιτρικά να παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις από τα επιτρεπτά όρια. Οι κύριες χρήσεις που έχουν ρυτάνει τα νερά κατηγοροποιούνται ως εξής: αστική, γεωργική και η βιομηχανική. Η αστική χρήση του νερού θεωρείται πρωταρχική και η σπουδαιότερη χρήση νερού από άποψη ποιότητας. Η γεωργική χρήση καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης νερού ωστόσο έχει απουσία διαχειριστικού ελέγχου. Τέλος, η βιομηχανία εκλύει τεράστιες ποσότητες βαρέων μετάλλων με αποτέλεσμα να ρυτάνει το νερό.

Η ρύπανση που αναφέρθηκε δεν παρατηρήθηκε μόνο τη χρονική περίοδο που εξετάστηκε. Αποτελεί χρόνια υποβάθμιση του περιβάλλοντος όπου τα τελευταία χρόνια έχει γίνει πιο έντονη. Ωστόσο σήμερα, με τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων, την ανακύκλωση των

απορριμάτων και την επεξεργασία του νερού το λογικό θα ήταν να παρατηρηθεί βελτίωση της κατάστασης. Αυτό επαφίεται στον καθένα ξεχωριστά και στο πόσο εφαρμόζει τις οδηγίες.

Τα δευτερεύοντα συμπεράσματα που προέκυψαν από όλη τη διαδικασία εκπόνησης της εργασίας, συνοψίζονται στα εξής σημεία:

5.1 Υπερεκμετάλλευση υπόγειων νερών

Η μεγάλη αύξηση της ζήτησης νερού που σημειώνεται τα τελευταία χρόνια κυρίως για αγροτική χρήση έχει σαν συνέπεια την αλόγιστη υπερεκμετάλλευση των υπόγειων νερών των πεδινών κυρίως τμημάτων η οποία πραγματοποιείται μέσα από ένα υπερβολικά μεγάλο αριθμό υδρογεωτρήσεων. Συνέπεια αυτού του φαινομένου είναι η λειψυδρία των υπόγειων νερών το οποίο εκδηλώνεται μέσα από την επιβάρυνση της ποιότητας του νερού (Διαμαντής, 1992). Αυτό φαίνεται από το ισοζύγιο και τις διαφορές που προέκυψαν λόγω της αραίωσης στην ποιότητα των παραμέτρων. Φυσική λειψυδρία συμβαίνει όταν οι διαθέσιμοι πόροι είναι ανεπαρκείς για να καλύψουν όλες τις απαιτήσεις. Οι συνέπειες της φυσικής λειψυδρίας περιλαμβάνουν σοβαρή περιβαλλοντική υποβάθμιση καθώς και αδυναμία ανταπόκρισης στις υδατικές ανάγκες.

Για να αντιμετωπιστεί η ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων νερών απαιτείται μια σωστή διαχείριση ή υδατική οικονομία. Συγκεκριμένα μια διαχείριση η οποία θα είναι συμβατή με τις ανάγκες της περιοχής με τη σωστή ποιότητα και ποσότητα νερού που συγχρόνως εξασφαλίζει την προστασία και αειφορία των υδατικών πόρων και του περιβάλλοντος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τους ακόλουθους τρόπους (Διαμαντής, Πλιακιάς, Τζεβελέκης 1993):

- Ακριβής έρευνα του υδατικού δυναμικού της κάθε περιοχής και γνώση των ποιοτικών και ποσοτικών διακυμάνσεων χρονικά και χωρικά
- εκμετάλλευση όχι με βάση τις ανάγκες της κάθε περιοχής αλλά με βάση το ρυθμό των ανανεούμενων ετησίως ποσοτήτων
- εφαρμογή προγραμμάτων για τη συνεχή εκτίμηση της ποιότητας και ποσότητας των υπόγειων νερών, με έμφαση σε εκείνους τους υδροφορείς που είναι επιρρεπείς σε ρύπανση ή υπερεκμετάλλευση.
- εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα ώστε με την ποσοτική αναβάθμιση να επέλθει και ποιοτική

Όπως προέκυψε και από τα αποτελέσματα του 4ου Κεφαλαίου η συνεισφορά της ποσοτικής αναπλήρωση στην ποιοτική κατάσταση των υδάτων είναι σημαντική. Για παράδειγμα, στον υπόγειο υδροφορέα η μείωση της συγκέντρωσης κατά 45% οδήγησε τα νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά και το ασβέστιο να έχουν αποδεκτές συγκεντρώσεις, σύμφωνα με τα επιτρεπτά όρια που προηγουμένως δεν είχαν. Το ίδιο συμβαίνει και στον Πηγειό, με την μείωση της συγκέντρωσης κατά 85,56 % το μαγνήσιο και τα νιτρικά έχουν αποδεκτές τιμές.

5.2 Εντατικοποίηση Γεωργίας

Από τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα διπλωματική υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, ηλεκτρικής αγωγιμότητας κ.α. και έτσι φαίνεται ότι έχει γίνει εντατικοποίηση της γεωργίας.

Μια από τις αξιοσημείωτες και αρνητικές αλλαγές που δημιούργησε η εντατικοποίηση της γεωργίας ήταν η αλόγιστη χρήση των οργανικών και των ανόργανων λιπασμάτων. Λόγω της υπερβολικής λίπανσης υπάρχουν ποσότητες των στοιχείων αυτών που δεν μπορούν να συγκρατηθούν από το έδαφος, παρασύρονται από τα νερά διήθησης και απορροής ή με τη διάβρωση επικλινών εκτάσεων και συσσωρεύονται στα επιφανειακά νερά.

5.2.1 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

Αποτέλεσμα αυτών των αλλαγών δεν ήταν μονάχα η μόλυνση του περιβάλλοντος, αλλά και η επιδείνωση της υγείας των ανθρώπων. Το γεγονός όμως αυτό εξακολουθεί να υφίσταται ακόμη και τώρα, όπου μεγάλος αριθμός καλλιεργητών εφαρμόζει τη λίπανση με μη αποδεκτές μεθόδους, μη παίρνοντας υπόψη τις ουσιαστικές ανάγκες κάθε καλλιέργειας.

Με βάση μελέτες των τελευταίων ετών, μεταξύ των τριών βασικών θρεπτικών στοιχείων που είναι το κάλιο, το άζωτο και ο φωσφόρος, τις σοβαρότερες συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία δημιουργεί η υψηλή περιεκτικότητα των τροφών σε νιτρώδη και νιτρικά ιόντα, δηλαδή το άζωτο. Η υπερβολική αζωτούχος λίπανση μπορεί να δημιουργήσει συσσώρευση νιτρικών, κυρίως στα φυλλώδη λαχανικά, αλλά και στα κονδυλόρριζα, σε βαθμό που αυτά να γίνονται επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία. Το 20-30% των νιτρικών μπορεί να εισέλθει στον ανθρώπινο οργανισμό με το νερό της άρδευσης. Το υπόλοιπο 70-80% εισέρχεται με την κατανάλωση κρέατος, το οποίο έχουν επεξεργαστεί με συντηρητικές ουσίες που περιέχουν νιτρικά. Πιο συγκεκριμένα, τα νιτρώδη σε μεγάλες ποσότητες πιθανό να δημιουργήσουν ασθένειες τόσο στους ενήλικες όσο και στα νεογνά αφού (WWF HELLAS, 1999) :

Από τη μία μετατρέπονται σε νιτροζαμίνες που γίνεται να προκαλέσουν γαστρικό καρκίνο σε ενήλικους. Αυτό πιθανό να συμβεί ύστερα από συνεχή κατανάλωση τροφών με υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών σε συνδυασμό με ακατάλληλες συνθήκες διαβίωσης και ιδιαίτερα όταν υπάρχει κατανάλωση ακατάλληλου ή ακόμη και μολυσμένου νερού. Από την άλλη γίνεται να παρεμποδίσουν την ικανότητα της αιμογλοβίνης του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο με συνέπεια να προκαλείται μεθαιγλουβιναιμία στα νεογνά, το λεγόμενο σύνδρομο κυάνωσης των βρεφών. Σε αυτή τη διαδικασία συντελεί και το υψηλό pH των βρεφών. Τα νιτρώδη αντιδρούν με την αιμογλοβίνη του αίματος, οξειδώνοντας τα ιόντα σιδήρου και παράγοντας μεθαιμογλοβίνη.

Αυτή σε συνδυασμό με τη μικρή ικανότητα του οργανισμού τους να μετατρέψει ξανά την μεθαιμογλοβίνη σε αιμογλοβίνη και τις μεγάλες ποσότητες υγρών που καταναλώνουν τα βρέφη συντελεί στο να γίνουν τα μωρά ιδιαίτερα ευαίσθητα σε ασθένειες (www.ecotimes.gr).

5.2.2 Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Η σχέση και αλληλεξάρτηση μεταξύ της γεωργίας και περιβάλλοντος είναι άμεση και δυναμική. Η γεωργία βασίζεται στη διαθεσιμότητα και την παραγωγική ικανότητα των φυσικών πόρων, τους οποίους αξιοποιεί. Η υπερεκμετάλλευση και η παραβίαση της αναπαραγωγικής τους ικανότητας ισοδυναμεί με την περιβαλλοντική υποβάθμιση, πράγμα που επιστρέφει ως πρόβλημα στη γεωργία και στα προϊόντα, δεδομένου ότι η σχέση γεωργίας και περιβάλλοντος είναι αμφίδρομη. Η εντατικοποίηση της γεωργίας συνέλαβε στην υποβάθμιση του εδάφους, των υδάτων και της ατμόσφαιρας, όπως επίσης των διαφόρων φυσικών τοπίων και της βιοποικιλότητας.

Παράλληλα η κατανάλωση λιπασμάτων στην Ε.Ε έχει αυξηθεί από 5 εκ. τόνους περίπου κατά το 1950 σε 15 εκ. τόνους τα τελευταία χρόνια. Η χρήση φυτοφαρμάκων παρουσιάζει ανάλογη ανάπτυξη, ενώ το 1996 έφθανε σε επίπεδα της τάξης των 300000 τόνων ετησίως (EFMA, 2008). Εντούτοις, η χρήση φυτοφαρμάκων έχει αυξηθεί στην Πορτογαλία, την Ιρλανδία και την Ελλάδα, χώρες με παραδοσιακά χαμηλή χρήση. Τα προβλήματα συνδέονται με την αλόγιστη χρήση των μηχανικών μέσων στην διαδικασία της παραγωγής, την ανορθολογική και ανεξέλεγκτη χρήση φυτοχημικών μέσων-λιπασμάτων και άλλων χημικών σκευασμάτων. Τα φαινόμενα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα τη ρύπανση των φυσικών πόρων (αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών, υφαλμύριση υδάτων, αλάτωση εδαφών), τη διαταραχή των βιοχημικών κύκλων, την καταστροφή των οικοσυστημάτων και τη λειψυδρία.

Μεγάλες ποσότητες νιτρικών αλάτων απορροφώνται από το έδαφος στις περιπτώσεις υπερβολικής χρήσης λιπασμάτων και εκτεταμένης ρίψης ζωικής κοπριάς. Τα νιτρικά άλατα, εξαιτίας των φυσικών βροχοπτώσεων και της αυξημένης άρδευσης, εισχωρούν τόσο στα επιφανειακά ύδατα όσο και στα συστήματα των υπόγειων υδάτων προκαλώντας ευτροφισμό.

5.3 Μέτρα

Τα προβλήματα που συνδέονται με τους υδατικούς πόρους, την αξιοποίησή τους και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος εντείνονται, ενώ αναμένονται περαιτέρω προβλήματα στο μέλλον. Στην Ελλάδα, η διαχείριση του νερού εξακολουθεί να στηρίζεται μέχρι και σήμερα στη μονόπλευρη επιδίωξη της διαχείρισης της φυσικής προσφοράς του, θεωρώντας πάντοτε τη ζήτηση ως

δεδομένη. Όπως έχει αναλυθεί παραπάνω, αυτό είναι αναποτελεσματικό, κοινωνικά και οικονομικά, και κυρίως καταστροφικό για το περιβάλλον και τις επόμενες γενιές. Η παρούσα εργασία αποσκοπεί, μεταξύ άλλων, στο να γίνει αντιληπτό αυτό το γεγονός και να καλλιεργήσει το αίσθημα ευθύνης απέναντι στους υδατικούς πόρους. Οι κυριότερες προτάσεις αναλύονται στη συνέχεια.

5.3.1 Εκπαιδευτικά μέτρα

Αναγκαία κρίνεται η ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού σε θέματα χρήσης και διαχείρισης νερού. Έρευνες έχουν δείξει ότι η πλειοψηφία των καταναλωτών είναι πρόθυμη τόσο να ενημερώνεται, όσο και να συμμετέχει σε προγράμματα εξοικονόμησης νερού. Η εκπαίδευση είναι ένα εργαλείο προσέγγισης των καταναλωτών και είναι δυνατό μέσω αυτής να καλλιεργηθεί ένα αίσθημα ευθύνης προς αυτούς, ώστε να διαφυλάξουν και να διατηρήσουν το νερό. Ένας καλά πληροφορημένος καταναλωτής, που γνωρίζει τα ζητήματα και τις τεχνικές εξοικονόμησης του νερού, μπορεί να περιορίσει την κατανάλωση του νερού του. Έτσι προτείνεται η διαρκής εκστρατεία ενημέρωσης των καταναλωτών και η έμφαση στη σημασία της ορθολογικής διαχείρισης του πόρου και η συνεχής ενημέρωση των χρηστών νερού και του κοινού για τις τρέχουσες κάθε φορά συνθήκες του ισοζυγίου ύδατος και την αναγκαιότητα των μέτρων που τίθενται κάθε φορά σε ισχύ. Επιπρόσθετα θα μπορούσε να επιτευχθεί η οργάνωση ενημερωτικών ημερίδων, για θέματα νέων τεχνολογιών, σύγχρονων καλλιεργητικών τεχνικών, θεμάτων προστασίας περιβάλλοντος, ευφορίας των γεωργικών εδαφών. Το προτεινόμενο αυτό μέτρο στοχεύει να ευαισθητοποιήσει τους παραγωγούς και να τους ενθαρρύνει στην υιοθέτηση βέλτιστων πρακτικών που θα τους διευκολύνουν τους ίδιους στην άσκηση της δραστηριότητάς τους, θα βελτιώσουν την παραγωγικότητα και αποδοτικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, αναδεικνύοντας παράλληλα την αναγκαιότητα της προστασίας του αγροτικού περιβάλλοντος και της διατήρησης της ευφορίας των γεωργικών εδαφών και της αειφόρου χρήσης των φυσικών πόρων.

5.3.2 Έλεγχοι εκπομπής ρύπων

Χρήσιμη θα είναι η σύνταξη μελετών λεπτομερούς οριοθέτησης ζωνών προστασίας σημείων υδροληψίας υπόγειου νερού (πηγές, γεωτρήσεις) για απολήψεις νερού ύδρευσης μεγαλύτερες από 1.000.000 m³ ετησίως. Παράλληλα προτείνεται η διερεύνηση της ποιοτικής υποβάθμισης των υπόγειων νερών της περιοχής με χρώμιο και άλλα ιχνοστοιχεία. Θα εξετασθεί τόσο η πιθανή φυσική προέλευση τους (αυξημένη τιμή φυσικού υπόβαθρου) όσο και η σύνδεση τους με ανθρώπινες δραστηριότητες. Επίσης θα μπορούσε να γίνει διατύπωση προτάσεων εναλλακτικής υδροδότησης των οικισμών με καλής ποιότητας υπόγειο νερό (ΥΠΕΚΑ, 2012).

5.3.3 Επαναχρησιμοποίηση

Ανάλογα με τις περιστάσεις, το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ικανοποιήσει μία ζήτηση και στη συνέχεια να επαναχρησιμοποιηθεί για να ικανοποιήσει μια άλλη. Η επαναχρησιμοποίηση μπορεί να αποκτήσει έτσι μια φυσική ροή από τον ένα χρήστη στον άλλο. Βασική προϋπόθεση είναι όμως η εξής: οι εγκαταστάσεις πρέπει να κατασκευάζονται για να συλλέγουν, να τροποποιούν και να παραδίδουν το χρησιμοποιημένο νερό με την κατάλληλη ποιότητα στους επόμενους χρήστες.

5.3.4 Κεντρικός και ολοκληρωμένος έλεγχος

Μέχρι όμως να γίνουν αυτά τα μέτρα, απαιτείται η διαχείριση των υδατικών πόρων να αρχίσει να προσεγγίζει την έννοια “ολοκληρωμένη”. Να εφαρμοστούν τα Σχέδια, να ξεκινήσει άμεσα η υλοποίησή τους. Υπάρχουν πλέον τα θεσμικά εργαλεία που θα υποστηρίξουν εκείνους τους φορείς που θέλουν να αντιπαρατεθούν στις αποσπασματικές πολιτικές και στα μικροκομματικά ή προσωπικά οφέλη. Απαιτείται να βρεθούν οι πόροι για την υλοποίησή τους, αν θέλουμε να έχουμε καθαρό νερό, αν θέλουμε να προστατευτεί επί της ουσίας το δημόσιο αγαθό. Κάλλιστα θα μπορούσαν να αποτελέσουν ακόμα και μνημονιακές υποχρεώσεις, όπως και άλλες περιβαλλοντικές παρεμβάσεις υποδομής (Κτηματολόγιο, Βιολογικοί καθαρισμοί κ.λπ.). Μέσα από την ανασυγκρότηση της δημόσιας διοίκησης πρέπει να στελεχωθούν οι υποστελεχωμένες σήμερα αρμόδιες υπηρεσίες που καλούνται να υλοποιήσουν τα Σχέδια με το κατάλληλο προσωπικό, σύμφωνα με τα οργανογράμματά τους.

Δηλαδή, να υπάρχει συνεργασία όλων των αρμόδιων φορέων και να υπάρχει τακτικός και ορθός έλεγχος. Συνεπώς οι ΤΟΕΒ, οι ΓΟΕΒ, η περιφέρεια οφείλουν να είναι σε άμεση συνεννόηση μεταξύ τους για τη σωστή λειτουργία τους και αν προκύψει το οποιοδήποτε θέμα (έργα άρδευσης, συντήρηση δικτύου κ.α.) να είναι σε θέση να το αντιμετωπίσουν συλλογικά, στηριζόμενοι στο δικό τους ταμείο, με κεφάλαιο από έσοδα προηγούμενων ετών, χωρίς την αποκλειστική στήριξη στις κρατικές επιδοτήσεις (Παρλάτζα, Ζησοπούλου 2016).

5.4 Προτάσεις βελτίωσης και περαιτέρω έρευνα

Κλείνοντας, την παρούσα διπλωματική είναι καλό να αναφερθούν ορισμένες προτάσεις διαφορετικές από όσες έχουν αναφερθεί για τη βελτίωση της κατάστασης.

Αρχικά, σημαντική θα ήταν η επαφή με τους αγρότες. Συγκεκριμένα μέσω συνεντεύξεων ή συμπλήρωση ερωτηματολογίων θα υπήρχε καλύτερη

επίγνωση της κατάστασης. Θα γινόταν σαφή τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν αλλά κυρίως τα προβλήματα που προκαλούν στο περιβάλλον. Εξίσου σημαντική είναι και η επίσκεψη στις βιομηχανίες. Κρίνεται αναγκαία η ενημέρωση για την υποβάθμιση των υδατικών σωμάτων λόγω της ανεξέλεγκτης εκπομπής ρύπων. Για να περιοστεί η συνέχης εκπομπή ρύπων θα μπορούσαν να εφαρμοστούν μέτρα όπως η επιβολή κυρώσεων σε μη τήρηση του περιβαλλοντικού κώδικα, η εφαρμογή φίλτρων αλλά και η επαναχρησιμοποίηση του νερού ώστε αυτό να μην διοχετεύεται στα λιμναία σώματα.

Είναι γεγονός ότι η ποιοτική υποβάθμιση συνεπάγεται και αυξημένο περιβαλλοντικό κόστος αρδευτικού και πόσιμου νερού. Η ανάγκη εξοικονόμησης νερού οδηγεί σε μειωμένο κόστος λειτουργίας και ειδικότερα κόστος άντλησης και επεξεργασίας, αλλά και στην αποτροπή εκτέλεσης τεχνικών έργων για τη μεταφορά, διανομή και συλλογή νερού, ενώ παράλληλα στοχεύει στη μείωση της ζήτησης του νερού. Δηλαδή, με την εξοικονόμηση μειώνεται το περιβαλλοντικό κόστος που σχετίζεται τόσο με την εξάντληση των υδατικών αποθεμάτων όσο και με τη διατήρηση ή ακόμη και τη βελτίωση των συνθηκών ροής του νερού. Το περιβαλλοντικό κόστος, το οποίο σχετίζεται με τις φθορές, στις οποίες υπόκεινται τα διάφορα οικοσυστήματα και με τα άτομα που χρησιμοποιούν το περιβάλλον για επιχειρηματικές δραστηριότητες, ψυχαγωγικούς ή και άλλους σκοπούς. Παραδείγματος χάρη, υποβάθμιση της οικολογικής ποιότητας των υδατικών οικοσυστημάτων ή των παραγωγικών εδαφών λόγω μόλυνσης, αλμύρωσης ή υπέρ-απολήψεων με την έννοια ότι οι ρυθμοί απολήψεων ποσοτήτων ύδατος που υπερβαίνουν τους φυσικούς ρυθμούς ανανέωσής τους (Hrovatin & Baily, 2001).

Στην συνέχεια θα μπορούσε να εφαρμοστεί η κοστολόγηση του γεωργικού νερού. Συγκεκριμένα ο ρυπαίνων να πληρώνει και να υπάρχει χρεώση σύμφωνα με τον καταναλισκόμενο όγκο. Είναι ανάγκη να εφαρμοστεί πολιτική τιμολόγησης με ουσιαστικά κίνητρα εξοικονόμησης νερού από τους αγρότες, αλλά και μια πιο οργανωμένη διαχείριση των οικονομικών καταστάσεων, ώστε να προβλέπει τυχόν δυσμενέστερες μελλοντικές καταστάσεις σε αποθέματα νερού. Στην περιοχή δεν υπάρχει διαχείριση των υδατικών πόρων, εφόσον η χρέωση του αρδευτικού νερού, η οποία εφαρμόζεται σχετίζεται με την αρδευόμενη έκταση με μικρή διαφοροποίηση ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας, αλλά ανεξάρτητα με την εποχή ή τη μέθοδο άρδευσης. Δηλαδή, δεν υπάρχουν παντού υδρόμετρα στην περιοχή, οι αγρότες κοστολογούνται με το στρέμμα και μπορούν χωρίς καμία ουσιαστική επιβάρυνση να κατασπαταλήσουν αλόγιστα το νερό που τους διατίθεται μη συλλογιζόμενοι τη ζημιά που προκαλούν στο περιβάλλον, αλλά και τα αποθέματα σε νερό που έμειναν.

Μια εναλλακτική λύση είναι και αυτή της αειφορικής γεωργίας. Ο όρος αειφορική (στην αγγλική ορολογία αποδίδεται ως sustainable) γεωργία είναι

συνώνυμος των όρων εναλλακτική, αναγεννητική, βιώσιμη ή υποστηρικτική γεωργία. Αειφορική γεωργία, γενικά, χαρακτηρίζεται η οικολογικά υγιής γεωργία, η οικονομικά βιώσιμη, η κοινωνικά δίκαιη και ανθρώπινη. Μορφές γεωργίας που δεν θα πληρούν τις προϋποθέσεις αυτές αργά ή γρήγορα θα εγκαταλειφθούν, αφού οι βραχυπρόθεσμες ή οι μακροπρόθεσμες συνέπειες τους θα είναι η υποβάθμιση ή η καταστροφή του οικοσυστήματος και των φυσικών πόρων, τα πενιχρά οικονομικά αποτελέσματα, η μαζική δυσaráσκεια που θα οδηγήσει σε κοινωνική έκρηξη. Ο όρος «αειφορική γεωργία» καλύπτει τους όρους εναλλακτική, οργανική, οικολογική γεωργία, όμως πολλοί άλλοι όροι συνδέονται έμμεσα με την έννοια της αειφορικής γεωργίας όπως, πρακτικές άριστης διαχείρισης, φυσική γεωργία, ολοκληρωμένα γεωργικά συστήματα, βιολογική γεωργία, αγροοικολογία κα. Η αειφορική γεωργία αναφέρεται στα γεωργικά συστήματα που είναι σε θέση να διατηρήσουν επ' αόριστο την παραγωγικότητα και χρησιμότητα τους στην κοινωνία. Τέτοια συστήματα πρέπει να διατηρούν τους φυσικούς πόρους, να είναι οικονομικά βιώσιμα και ανταγωνιστικά, περιβαλλοντικά υγιή και κοινωνικά δίκαια και ανθρώπινα. Με την ευρεία έννοια, αειφορική γεωργία χαρακτηρίζεται εκείνη η οποία αναφέρεται σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα πρακτικών φυτικής και ζωικής παραγωγής που έχουν συγκεκριμένη εφαρμογή και η οποία μακροπρόθεσμα: α) ικανοποιεί τις ανθρώπινες ανάγκες σε διατροφή και ένδυση, β) βελτιώνει την ποιότητα του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων επί των οποίων στηρίζεται η αγροτική οικονομία, γ) καθιστά περισσότερο αποτελεσματική τη χρήση των μη ανανεώσιμων πόρων και των πόρων των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, δ) διατηρεί την οικονομική βιωσιμότητα της λειτουργίας της γεωργικής εκμετάλλευσης και ε) βελτιώνει την ποιότητα ζωής των γεωργών και της κοινωνίας στο σύνολο της. Με βάση τον ορισμό, πέντε είναι τα μέρη που τον συνθέτουν και στα οποία δίνεται έμφαση. Η παραγωγικότητα, η περιβαλλοντική ποιότητα, η αποτελεσματική χρήση των μη ανανεώσιμων πόρων, η οικονομική βιωσιμότητα και η ποιότητα ζωής. Συνεπώς, μια γεωργική εκμετάλλευση που δίνει σημασία στο βραχυπρόθεσμο κέρδος αλλά θυσιάζει την περιβαλλοντική ποιότητα δεν θεωρείται αειφορική μακροχρόνια. Γεωργική εκμετάλλευση που είναι πολύ παραγωγική αλλά χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες μη ανανεώσιμων πόρων, όπως πχ ορυκτά καύσιμα για την επίτευξη και τη διατήρηση της παραγωγικότητας αυτής, δε θεωρείται μακροχρόνια αειφορική. Η αειφορική γεωργική εκμετάλλευση επιδιώκει την περιβαλλοντική ποιότητα και τη διασφάλιση του μακροπρόθεσμου και βραχυπρόθεσμου κέρδους της, δηλαδή την οικονομική της βιωσιμότητα (Σιάρδος, Κουτσούρης 2002).

Μια ακόμη λύση στο πρόβλημα αποτελεί και η απορρύπανση. Η απορρύπανση αποσκοπεί στην ανάληψη ενεργειών και δράσεων για την αποκατάσταση των υπόγειων υδροφορέων που έχουν ρυπανθεί ή τον περιορισμό της επέκτασης της ρύπανσης σε άλλες περιοχές, μέσω της κίνησης του νερού. Ωστόσο πρέπει να αναφερθεί ότι η πλήρης αποκατάσταση των υπόγειων υδροφορέων και του εδάφους είναι αδύνατο να επιτευχθεί. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου

εξαρτάται από τη φύση, τη συγκέντρωση και ποσότητα του ρυπαντή, το είδος της πηγής ρύπανσης (σημειακή ή διάχυτη, συνεχής ή παροδική), το πάχος της ακόρεστης και κορεσμένης ζώνης, το κόστος και τη διαθέσιμη τεχνολογία, καθώς και τη μελλοντική χρήση γης. Η επιτόπια παρακολούθηση (site monitoring) αποτελεί το πρώτο βήμα για την επιλογή της τεχνικής απορρύπανσης και περιλαμβάνει χημικές αναλύσεις δειγμάτων νερού και αερίων με σκοπό να καθορισθούν οι φυσικοχημικές ιδιότητες των ρυπαντών. Η απλούστερη και μη δαπανηρή “λύση” είναι η μηδενική λύση. Κατ’ αυτήν δεν αναλαμβάνονται δράσεις και μέτρα για την απορρύπανση, αλλά η εξασθένηση ή εξαφάνιση των ρύπων επαφίεται στους φυσικούς μηχανισμούς, όπως η προσρόφηση στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών, η βιολογική αποδόμηση, και η αραίωση όπως δείχθηκε. Επειδή όμως οι μηχανισμοί φυσικής απορρύπανσης δρουν σχετικά αργά, δεν συνιστάται η μέθοδος της μηδενικής λύσης (Βουδούρης, 2006).

Γενικά, υπάρχουν πολλές δοκιμασμένες εναλλακτικές τεχνολογίες εξυγίανσης, αποκατάστασης και διαχείρισης ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων υδροφορέων. Μεταξύ των χρησιμοποιούμενων τεχνικών περιλαμβάνονται, η επεξεργασία των ρυπασμένων εδαφών στο πεδίο (in-situ treatment), η εκσκαφή των ρυπασμένων εδαφών και η διάθεσή τους σε χώρους υγειονομικής ταφής (landfilling) ή περαιτέρω επεξεργασία τους σε άλλο χώρο (ex-situ treatment), η άντληση και επεξεργασία των υπογείων νερών (pump and treat) και η εισαγωγή χημικών ουσιών μέσω φρεατίων στο πεδίο που αντιδρούν ευεργετικά με τον εκάστοτε ρύπο (chemical injection). Όταν η ρύπανση αφορά βιοδιασπώμενες οργανικές ουσίες, υπάρχει και η ελάχιστου κόστους προσέγγιση μη επεξεργασίας μέσω της φυσικής εξασθένησης (natural attenuation), σε πολλές περιπτώσεις απλά υποβοηθώντας τη διαδικασία της βιολογικής αποδόμησης (bio-enhancement or enhanced biodegradation). Η μέθοδος «άντληση και επεξεργασία» είναι η συχνότερη μέθοδος εξυγίανσης του ρυπασμένου υπόγειου νερού (Δερματάς, 2008).

Σύμφωνα με υπολογισμούς που δημοσίευσε ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, οι δαπάνες για τη μερική απορρύπανση τοποθεσιών όπου υπάρχει εξακριβωμένη ρύπανση του εδάφους και των υπόγειων υδροφορέων (απλώς και μόνο για ορισμένα από τα κράτη μέλη ή περιφέρειες και ορισμένες πόλεις) κυμαίνεται από 55 έως 106 δισεκατομμύρια ευρώ - ήτοι μεταξύ 0,6% και 1,25% του ΑΕΠ της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Υπάρχει λοιπόν η ανάγκη άμεσης και αποτελεσματικής αντιμετώπισης του προβλήματος που, σε πρώτη φάση, συνίσταται στην εκπόνηση μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ). Η ΜΠΕ προϋποθέτει την τεχνική αξιολόγηση της ρύπανσης, έτσι ώστε: (α) να είναι εφικτή μια ορθολογική ιεράρχηση της συγκεκριμένης περιβαλλοντικής ζημιάς σε σχέση με άλλες αντίστοιχες περιβαλλοντικές βλάβες σε άλλες περιοχές και (β) να προσδιοριστεί η περιβαλλοντικά και οικονομικά βέλτιστη μέθοδος αποκατάστασης για το συγκεκριμένο πρόβλημα μια και το συνολικό κόστος

αποκατάστασης ρυπασμένων περιοχών είναι κατά κανόνα πολύ υψηλό και με σημαντικές διακυμάνσεις ανά περίπτωση.

Συμπερασματικά, η κατάσταση στη χώρα μας αναφορικά με τη ρύπανση στα υπόγεια νερά και το έδαφος αλλά και συνολικά με τη διαχείριση των υπογείων αποθεμάτων νερού είναι σε εμβρυακή κατάσταση. Η έλλειψη πρωτογενών στοιχείων αναφορικά με την κατάσταση των υπόγειων υδροφορέων αποτελεί τροχοπέδη στην ολοκληρωμένη διαχείρισή τους. Η απουσία προγραμματισμού και ολοκληρωμένης διαχείρισης έχει σαν συνέπεια τις σπασμωδικές κινήσεις όταν ένα πρόβλημα βγαίνει στην επιφάνεια και τους λάθος χειρισμούς σε καταστάσεις που θα μπορούσαν να αποφευχθούν. Η έλλειψη προτεραιοτήτων χρήσης αλλά και η απουσία μηχανισμών ελέγχου, έχουν ως αποτέλεσμα την εκ των υστέρων δραστηριοποίηση των αρμόδιων φορέων, όταν πλέον η κατάσταση είναι δύσκολα αναστρέψιμη και οι όποιες λύσεις εξαιρετικά δαπανηρές.

Ακολουθώντας μια οικοσυστημική προσέγγιση, τα προγράμματα παρακολούθησης της ποιότητας του υπόγειου νερού και οι στρατηγικές απορρύπανσης, που θα πρέπει να υιοθετηθούν το συντομότερο δυνατόν, πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις γεωχημικές αντιδράσεις και αλληλεπιδράσεις εδάφους-υπόγειου νερού, ώστε να έχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι τεχνολογίες επεξεργασίας που στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από τη ρύπανση στο γεωπεριβάλλον, για να είναι οικονομικά αποτελεσματικές και περιβαλλοντικά αποδεκτές στο χώρο του ενδιαφέροντος, πρέπει πάντα να βασίζονται στις φυσικοχημικές ιδιότητες υφιστάμενων ρύπων και εδάφους ανάλογα με την κάθε περίπτωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Augoustis, A., M. Hatzioannou, S. Papadopoulos, D. Kateris, C. Neofytou, D. Vafidis (2012): Assessing quality of an irrigation canal ecosystem, through water and sediment environmental parameters. A case study in Thessaly region, Greece. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 8(1), 23-32
2. Ayers, R.S. and Westcot, D.W., (1985): "Water Quality for Agriculture". Irrigation and Drainage paper, FAO, Rome.
3. Baldock D., Caraveli H., Dwyer J., Einschütz S., Petersen J.E., Sumpsi-Vinas J., Varela-Ortega C. (2000). The environmental impacts of irrigation in the European Union. A report to the Environment Directorate of the European Commission.
4. Briscoe J. (1996). Water as an economic good: The idea and what it means in practice. In: *Proceedings of the World Congress of the International Commission on Irrigation and Drainage*. Cairo, Egypt, September 1996.
5. Carmichael, W.W., (1997). The cyanotoxins. In, *Advances in Botanical Research* 27:211 -25. Academic Press Ltd.
6. Chorus, I., (2001). *Cyanotoxins, occurrence, causes, consequences*. Berlin: Springer.
7. Colin F. and Quevauviller P. (1997). In *Proceedings of the European Workshop on Standards, Measurements and Testing for the Monitoring of Water Quality: the Contribution of Advanced Technologies*, Nancy, France, 29-31 May, ELSEVIER SCIENCE Ltd., UK, ISBN: 008-043340-5 (Paper: Scully P., Optical techniques for water monitoring, p. 15-35).
8. Dermatas D., Chrysochoou M., Moon D.H. (2008a), "Geoenvironmental Characterization to Assess Waste Stabilization/Solidification Treatment Performance and Sustainability", *Geotechnics of Waste Management and Remediation*, ASCE, Geotechnical Special Publication 177, March 2008, pp 660-667
9. EFMA (1998): Προβλέψεις για τα τρόφιμα, τις γεωργικές δραστηριότητες και τη χρήση λιπασμάτων μέχρι το 2008.
10. Engelman R., Leroy P. (1993). *Sustaining Water. Population and the Future of Renewable Water Supplies*. Population and Environment Program. Population Action International. pp 1-57.
11. Gardner B., (1996), «European Agriculture: Policies, production and trade», Εκδόσεις: Routledge, New York.
12. Grigg N., (1996) "Water Resources Management: Principles, Regulations and Cases". McGraw-Hi
13. Hrovatin, N. & Bailey, S.J (2001) *Implementing the European Commission's water pricing communication : cross-country perspectives* 10 pp. 13–24
14. Hydromentor, 2011-2015. Development of an integrated monitoring system and management of quantity and quality of water resources in agricultural basins under climate change conditions. Application in the basin of Lake Karla.

15. Loukas, A., (2010): Surface water quantity and quality assessment in Pinios River, Thessaly, Greece. *Desalination*, 250, 266-273,
16. Mylopoulos Y. A., (1996), Sustainable Water Management in Greece. A Dream or a Vision?, *Collection Environnement de l' Université de Montreal*, No 6, Vol. II, «Rational and Sustainable Development of Water Resources», pp 652 - 660.
17. O.E.C.D.,(2000) PROCEEDINGS, Towards Sustainable Development INDICATORS TO MEASURE PROGRESS
18. Optimal management of an overexploited aquifer under climate change: the Lake Karla case
19. Sidiropoulos P., (2014). Underground Water Resources Management under Uncertainty: The value of information on environmentally degraded aquifers, PhD Thesis, University of Thessaly, Department of Civil Engineering
20. Tate, D., (2001) An Overview of Water Demand Management and Conservation, Vision 21 synthesis paper, Water Supply and Sanitation Collaborative Council
21. U.S. E.P.A., (1987): Quality Criteria for Water. EPA-440/5-86-001, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C.
22. Vandas S.J., T.C. Winter and W.A. Battaglin (2002). Water and the environment. American Geological Institute in cooperation with Bureau of Reclamation, National Park Service, U.S. Army Corps of Engineers, USDA Forest Service, U.S. Geological Survey, ISBN: 0-922152-63-2.
23. Welker, M., Chorus I., and Fastner J., (2004). Occurrence of cyanobacterial toxins (microcystins) in surface waters of rural Bangladesh-pilot study, W.H.O Report, Bangladesh, 23pp
24. WHO, (1984): Guidelines for Drinking-water Quality. Vol. 1. Recommendations, Vol. 2. Health criteria and other supporting information, World Health Organization, Geneva.
25. Wright, R.T. (2005), Environmental Science, Pearson education Inc, σελ.180-181, 187-189.
26. ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ Κ., (2006): Σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος Χ.Υ.Τ.Α., Θέματα Υδρολογίας Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη.
27. Διαμαντής Ι., (1992): Το φαινόμενο της λειψυδρίας στα υπόγεια νερά. Αίτια- προοπτικές.
28. Διαμαντής Ι., Πλιάκας Φ., Τζεβελέκης Θ., (1993): “Τεχνητός εμπλουτισμός με επαναδραστηριοποίηση αδραντοποιημένων κοιτών: μια πρώτη προσέγγιση “. 2^ο Υδρογεωολογικό Συνέδριο, Πάτρα.
29. Καλλία Α. (2008). “Το Νομικό Πλαίσιο Διαχείρισης των Υδάτων Πόρων στην Ελλάδα- Η Εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο 2000/60”. Μάθημα στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών των τμημάτων Βιολογίας, Γεωλογίας και Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.
30. Κουτσογιάννης Δ. (2007). Σημειώσεις Διαχείρισης Υδατικών Πόρων - Μέρος 1, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

31. Λατινοπουλος Π., (1999β), Προστασία και εξυγίανση των υπογείων νερών, Σημειώσεις, ΠΜΣ Προστασία περιβάλλοντος και βιώσιμη ανάπτυξη.
32. Λατινόπουλος, (2005) Η οικονομική αξιολόγηση του νερού στη γεωργία, ΤΠΜ Α.Π.Θ
33. Λέκκας Θ., (1996), “Περιβαλλοντική μηχανική Ι: Διαχείριση Υδατικών Πόρων”. Κόσμος ΠΕΜΕΡ ΕΠΕ
34. Myloroulos N., Mentis A. and Karamanlidou M. (2001) “Sustainable Water Resources Management in the Wider Hydrological Basin of Volos”, Proc. International Conference: “Water Resources Management”, WIT Press, pp 99-108
35. Μαργαρίτη Μ., (2015) Η ανασύσταση της Λίμνης Κάρλας
36. Μιμίκου, Μ. Α., (1994) Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Έκδοση 2, Παπασωτηρίου, Αθήνα,
37. Μυλόπουλος Γ., Ε. Κολοκυθά (1997) Οικονομική Πολιτική στον τομέα της Υδρευσης στα νησιά της Ελλάδας , Πρακτικά 3ου Εθνικού Συνεδρίου ΕΕΔΥΠ , Μάϊος
38. Μυλόπουλος Ν. (2006), Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Διδακτικές σημειώσεις, Παν. Θεσσαλίας
39. Μυλόπουλος Νικήτας Λ. (2001) , Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Βόλος
40. Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23-10-2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.
41. Παπαζαφειρίου, Ζαφείρης Γ (1984) : Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων
42. Παπακώστα Ε., (2010), Υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της Υδρολογικής λεκάνης της Κάρλας και Σχεδιασμός ορθολογικής διαχείρισης των Υδάτινων πόρων, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
43. Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο Δημοτικό Σχολείο. (1999). Παγκόσμιο Ταμείο για τη Φύση (WWF ΕΛΛΑΣ) – Ίδρυμα Μποδοσάκη, Αθήνα
44. Σιάρδος. Γ., Κουτσούρης, Α., (2002). Αειφορική Γεωργία και Ανάπτυξη. Εκδόσεις Ζυγός. Θεσσαλονίκη.
45. Σούλιος Γ., (2002) Εκμετάλλευση & Διαχείριση υπόγειου νερού, Θεσσαλονίκη
46. Τολίκας Δ., (1999), Εισαγωγή στη διαχείριση υδατικών πόρων, Διδακτικές Σημειώσεις, ΠΜΣ Προστασία περιβάλλοντος και βιώσιμη ανάπτυξη, ΤΠΜ- ΑΠΘ
47. Τσακίρης Γ, (1994) ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟ -ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ Τσακίρης Γ., 2001, “Σημειώσεις από το μάθημα «Διαχείριση Υδατικών Πόρων»”.
48. Τσακίρης, Γ. (1995): Υδατικοί πόροι: Ι Τεχνική Υδρολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
49. Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.(2008), Σχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών Αχελώου και Πηνειού Θεσσαλίας
50. ΥΠΕΚΑ (2012), Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων, Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας, Αρ. έργου 2010 ΣΕ07580000

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. www.podosol.gr (τελευταία επίσκεψη: 18/8/2017)
2. www.ecotimes.gr (τελευταία επίσκεψη: 20/8/2017)
3. <http://hannagreece.gr/> (τελευταία επίσκεψη: 10/8/2017)
4. <http://www.geo.auth.gr/> (τελευταία επίσκεψη 25/7/2017)
5. <http://www.ypeka.gr/> (τελευταία επίσκεψη 5/8/2017)
6. <http://www.waterinfo.gr/eedyp/papers/IMylopoulos.html>
(τελευταία επίσκεψη:22/6/2017)