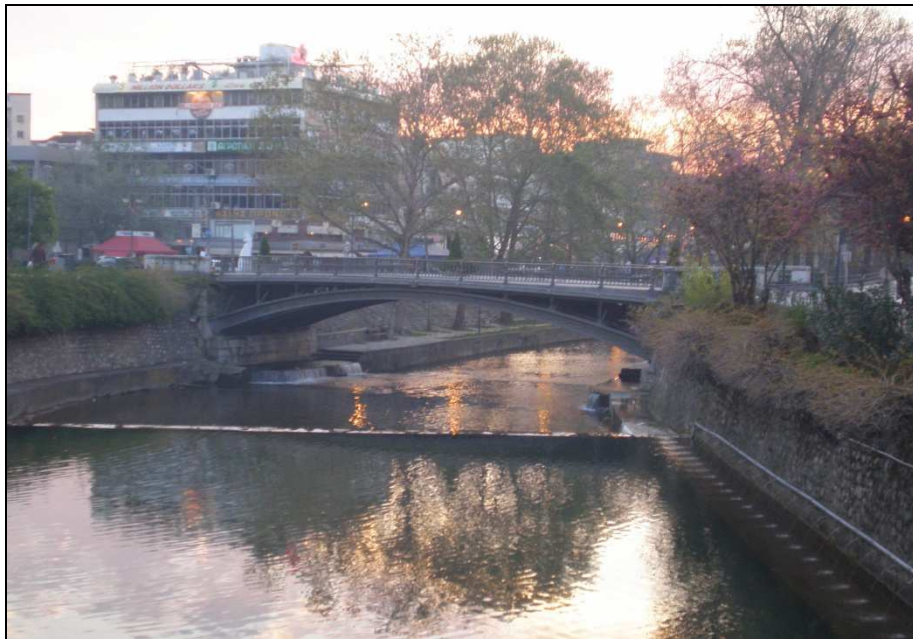


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Διερεύνηση των τάσεων και της ποιότητας των υδάτων του
ποταμού Ληθαίου.»**



ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΑΛΛΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2010

**«Διερεύνηση των τάσεων και της ποιότητας των υδάτων του ποταμού
Ληθαίου»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) **Άρης Ψιλοβίκος**, Επίκουρος Καθηγητής, Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων***,
- 2) **Γεώργιος Δήμος**, Καθηγητής, Τοπολογία στη Διαφορική και Αλγεβρική Γεωμετρία, Ολική Ανάλυση και Εφαρμογές των Διαφορικών Εξισώσεων και Γραμμικής Άλγεβρας στον Προγραμματισμό, Υπολογιστές και Υπολογιστικές Μεθόδους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***,
- 3) **Ιφιγένεια Κάγκαλου**, Επίκουρη Καθηγήτρια, Λιμνολογία, Υδρολογία, Ποταμολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***.

*Αφιερώνεται στους γονείς μου
Κωνσταντίνο και Φανή
και στην αδελφή μου
Μαγδαληνή*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των μεταπτυχιακών μου σπουδών με τίτλο «Αειφορική διαχείριση υδατικού περιβάλλοντος», στο Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η μεταπτυχιακή εργασία υπήρξε απαραίτητη για την απόκτηση γνώσεων, εμπειριών, αλλά και προϋπόθεση για την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Πριν τη συνοπτική αναφορά στους στόχους και στο περιεχόμενο της παρούσας διατριβής, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους αυτούς που βοήθησαν στην εκπόνηση αυτής, καθώς και όσους κουράστηκαν μαζί μου τον τελευταίο 1,5 χρόνο για την υλοποίηση αυτής της προσπάθειας.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τους ορίζοντες που μου άνοιξε με τη συμμετοχή μου σε αυτό το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της μεταπτυχιακής εργασίας κ. Άρη Ψιλοβίκο για τις συμβουλές του, για την καθοδήγησή του στη διάρκεια διεκπεραίωσης αυτής της εργασίας, για τη συνεχή στήριξη από την αρχή του μεταπτυχιακού προγράμματος και για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε για να τη φέρω σε πέρας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα άλλα δύο μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής Καθηγητή κ. Γεώργιο Δήμο και την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Ιφιγένεια Κάγκαλου, για το ενδιαφέρον τους αναφορικά με την πρόοδο της εργασίας και τη βοήθειά τους σε απορίες που προέκυψαν.

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα του Τμήματος, Αντώνη Σέντα, για τον χρόνο και τις γνώσεις που μου διέθεσε για να με

βοηθήσει, για την παροχή πολύτιμης βοήθειας και καθοδήγησης καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της μεταπτυχιακής μου διατριβής, καθώς επίσης και για την αστείρευτη υπομονή, επιμονή και υποστήριξή του, που οδήγησαν καταλυτικά στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο των καθηγητών μου για την εμπιστοσύνη και τις ανεκτίμητες γνώσεις που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς και την αδερφή μου για την ηθική, υλική υποστήριξη και συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και τους φίλους και συμφοιτητές για τη συναδελφική αλληλεγγύη που επέδειξαν.

Βασίλειος Μάλλιος

2010

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων έχει αναπτύξει εδώ και πολλά χρόνια ένα σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας των επιφανειακών εσωτερικών υδάτων της χώρας. Το σύστημα περιλαμβάνει πολλούς σταθμούς δειγματοληψιών με αρκετά ικανοποιητική γεωγραφική διασπορά ανά την επικράτεια. Οι παράμετροι που παρακολουθούνται καταμετρούνται σε μηνιαία βάση. Το έτος το οποίο άρχισε να λειτουργεί το πρόγραμμα χρονολογείται στο 1974 και έτσι σήμερα υπάρχει μεγάλος όγκος δεδομένων.

Για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων του ποταμού Ληθαίου στις θέσεις δειγματοληψίας, της γέφυρας Σωτήρας, γέφυρας Τρικαίογλου και αποβλήτων εργοστασίου γάλακτος Τρικάλων εκλέχθηκαν 8 παράμετροι. Αυτές είναι η παροχή (Q), η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_w), η ενεργός οξύτητα (pH), η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO), η θερμοκρασία των υδάτων (T_w), το ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου (DO%), η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T) και τα χλωριόντα (CL⁻).

Η επιλογή των προαναφερομένων παραμέτρων έγινε με γνώμονα πως υπήρχαν μετρήσεις, χωρίς πολλά ελλιπή δεδομένα σε αντίθεση με τις υπόλοιπες παραμέτρους, όπου ο όγκος των κενών στα δεδομένα ήταν αρκετά μεγάλος.

Στις περιπτώσεις όπου απουσίαζαν μετρήσεις, έγινε συμπλήρωση των κενών στα δεδομένα, με μεθόδους που θα αναφέρουμε σε παρακάτω κεφάλαια. Έγινε έλεγχος τάσης με τρεις τρόπους:

- Με προσαρμογή ευθείας παλινδρόμησης (linear regression).
- Με το συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman (Spearman test).
- Με το συντελεστή συσχέτισης βαθμού Kendall (Kendall test).

Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει όλη τη βιβλιογραφία που αναφέρεται στην ποιότητα των υδάτων. Επίσης, περιγράφονται γενικά χαρακτηριστικά της ποιότητας και των παραμέτρων του νερού.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην περιοχή μελέτης, περιγράφονται αναλυτικά οι παράμετροι οι οποίοι ελέγχθηκαν, παρουσιάζεται η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε για την εκλογή συμπερασμάτων ως προς την ύπαρξη τάσης και τέλος περιγράφεται το στατιστικό πακέτο SPSS που χρησιμοποιήθηκε.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά οι τρόποι συμπλήρωσης των κενών στα δεδομένα των μετρήσεων για κάθε μια από τις παραμέτρους. Ελέγχεται η ύπαρξη τάσης και παραθέτονται τα αποτελέσματα με διαγράμματα και πίνακες, για κάθε έναν από τους τρεις τρόπους που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία, για όλες τις παραμέτρους.

Τέλος, αναφέρονται και σχολιάζονται τα συμπεράσματα που εξάγονται από την ανάλυση των χρονοσειρών των ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων του Ληθαίου ποταμού. Σύμφωνα με τα όρια αποδέκτη βάσει της απόφασης του Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 4391/8-11-2004, οι τιμές των ποιοτικών παραμέτρων οι οποίες διερευνήθηκαν είναι μέσα στα όρια που προβλέπονται για υδροληψία πόσιμου νερού, για άρδευση και για διαβίωση ψαριών.

Λέξεις κλειδιά: Ληθαίος ποταμός, εύρεση τάσης, ποιοτικές παράμετροι των υδάτων, συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman (Spearman test), συντελεστής συσχέτισης βαθμού Kendall (Kendall test), ευθεία παλινδρόμησης (linear regression), μέθοδος γραμμικής παρεμβολής (linear interpolation).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
1.1 Γενικά	12
1.2 Χρήση του νερού και συνέπειες αυτής.....	13
1.3 Ποιότητα του νερού.....	15
1.4 Παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του νερού.....	19
1.5 Ποτάμια συστήματα.....	21
2.ΥΔΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	26
Εισαγωγή.....	26
2.1 Ληθαίος ποταμός.....	27
2.1.1 Περιοχή μελέτης.....	28
2.1.2 Κλιματολογικές συνθήκες της Θεσσαλίας.....	30
2.2 Κριτήρια μεγέθους ποταμών.....	31
2.3 Υδατικό ισοζύγιο.....	33
2.3.1 Υπολογισμός βροχόπτωσης.....	35
2.3.2 Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής	37
2.3.3 Υπολογισμός απορροής	39
2.4 Ποιοτικές παράμετροι νερού.....	41
2.4.1 Ηλεκτρική αγωγιμότητα	42
2.4.2 Ενεργός οξύτητα (pH).....	44
2.4.3 Διαλυμένο οξυγόνο	47
2.4.4 Θερμοκρασία υδάτων.....	49
2.4.5 Θερμοκρασία περιβάλλοντος	51

2.4.6 Ποσοστό κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου.....	51
2.4.7 Χλωρίοντα.....	52
2.5 Μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε για την συναγωγή συμπερασμάτων ως προς την ύπαρξη τάσης.....	55
2.5.1 Εισαγωγή στις χρονοσειρές.....	55
2.5.2 Έλεγχος ύπαρξης τάσης.....	56
2.5.3 Ευθεία παλινδρόμησης.....	57
2.5.4 Συντελεστής Συσχέτισης Βαθμού Spearman.....	57
2.5.5 Συντελεστής Συσχέτισης Βαθμού Kendall.....	58
2.6 Στατιστικό πακέτο SPSS.....	59
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	62
Εισαγωγή.....	62
3.1.1 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου θερμοκρασία νερού.....	63
3.1.2 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου παροχή	65
3.1.3 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	68
3.1.4 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου ενεργός οξύτητα (pH).....	70
3.1.5 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου διαλυμένο οξυγόνο.....	71
3.1.6 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου.....	73
3.1.7 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου χλωρίοντα	74
3.1.8 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	76
3.2 Ανάλυση της τάσης των παραμέτρων.....	77
3.2.1 Παράμετρος ενεργός οξύτητα (pH).....	78

3.2.2 Παράμετρος θερμοκρασία νερού.....	80
3.2.3 Παράμετρος διαλυμένο οξυγόνο.....	83
3.2.4 Παράμετρος ποσοστό κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου.....	85
3.2.5 Παράμετρος παροχή.....	88
3.2.6 Παράμετρος χλωριόντα.....	90
3.2.7 Παράμετρος ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	93
3.2.8 Παράμετρος Θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	95
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	98
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	105
ABSTRACT.....	110

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Το νερό είναι αγαθό ζωτικής σημασίας για την ανθρωπότητα και συνάμα αποτελεί αναντικατάστατη ουσία και βασικό στοιχείο για τη διατήρηση της ισορροπίας στη φύση. Οι φυσικές και χημικές του ιδιότητες στηρίζουν τους βιολογικούς κύκλους των οργανισμών και εξαρτώνται από τις κλιματικές και γεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Αν και τα τρία τέταρτα του πλανήτη αποτελούνται από νερό που βρίσκεται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας και στις τρεις φάσεις του, τα αποθέματα είναι ανομοιόμορφα κατανεμημένα, όπως, επίσης, και οι βροχοπτώσεις. Επιπλέον, το μισό από το πόσιμο νερό είναι υπόγειο με όλα τα προβλήματα που συνεπάγεται αυτό, κυρίως για τα βαθιά υδροφόρα στρώματα όπου η εκμετάλλευσή τους είναι ασύμφορη.

Τα προβλήματα της διαχείρισης του νερού πρέπει να διέπονται από την αρχή της αειφορίας η οποία επιδιώκει τη βέλτιστη αξιοποίηση των φυσικών πόρων χωρίς να υπονομεύει το μέλλον των επόμενων γενεών.

Από την εμφάνισή του στη Γη μέχρι και τη σημερινή εποχή ο άνθρωπος εξαρτάται από το νερό. Το χρησιμοποιεί για τον εαυτό του, για τα ζώα του, για την άρδευση των καλλιεργειών, για την παρασκευή του φαγητού του και για πολλές ακόμη ασχολίες του. Αποτελεί ένα ισχυρό μέσο παραγωγής ενέργειας, ιδιαίτερα υδροηλεκτρικής. Εξάλλου, η δυνατότητα να μετακινηθεί ο άνθρωπος διαμέσου των

θαλασσών, ποταμών ή λιμνών κάνουν το νερό σημαντικής σημασίας συγκοινωνιακό μέσο.

Κατά το παρελθόν το νερό θεωρείτο ένα φυσικό αγαθό σε επάρκεια. Η οικονομική διάστασή του παραβλεπόταν, με αποτέλεσμα να προσφέρεται αυτό σχεδόν δωρεάν στους χρήστες, πράγμα που οδήγησε στην υποτίμηση της περιβαλλοντικής αξίας του, στην κατασπατάληση του και στην ποιοτική και ποσοτική υποβάθμισή του. Σήμερα, το νερό ως φυσικό αγαθό βρίσκεται σε πολλές περιοχές της Γης σε ανεπάρκεια. Αυτό συνέβαλε σημαντικά στην αποτίμηση της οικονομικής του αξίας, η οποία αποτελεί κεντρικό σημείο αναφοράς στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης. Σύμφωνα με τα παραπάνω το νερό απέκτησε πλέον οικονομική αξία και συνεπώς αντίστοιχη κοστολόγηση. Μια ιεράρχηση των σημερινών υδατικών αναγκών του ανθρώπου είναι η εξής: ύδρευση, άρδευση, βιομηχανικές απαιτήσεις, υδροηλεκτρική ενέργεια, πάντα υπό το φάσμα της περιβαλλοντικής διατήρησης και αειφορίας.

1.2 Χρήση του νερού και συνέπειες αυτής

Η σύγχρονη ανθρώπινη κοινωνία έχει μεγαλύτερη εξάρτηση από το νερό από ότι στο παρελθόν. Οι παραπάνω ανάγκες σε νερό δεν παραμένουν σταθερές. Γι' αυτό, δημιουργούνται προβλήματα που οφείλονται στην ποσότητα, στην κατανομή και στην ποιότητα του αγαθού αυτού.

Το νερό όμως δεν αποτελεί μόνο βασικό παράγοντα επιβίωσης του ανθρώπου. Συχνά γίνεται επικίνδυνος εχθρός της ανθρώπινης κοινωνίας όταν και όπου εμφανίζεται σε περίσσεια ή και σε χρόνια έλλειψη. Οι πλημμύρες προκαλούν αρκετά συχνά μεγάλες καταστροφές και σε ορισμένες περιπτώσεις ανθρώπινα θύματα. Στον

αντίποδα, η ξηρασία αποδεικνύεται συχνά από επιζήμια έως και επικίνδυνη για τον άνθρωπο και τις δραστηριότητές του. Παρά τις προσπάθειες που καταβάλλει ο άνθρωπος, κατά κύριο λόγο στις αναπτυγμένες χώρες, για να αποτρέψει με διάφορα μέσα τις καταστροφές λόγω πλημμύρας και να δημιουργήσει υδάτινα αποθέματα, ώστε να αντιμετωπίζει τις ξηρές περιόδους, οι πλημμύρες και η ξηρασία εξακολουθούν ακόμη και σήμερα να αποτελούν δυο σοβαρούς κινδύνους για την ανθρώπινη κοινωνία. Για το λόγο πως οι σύγχρονες απαιτήσεις σε νερό στις πυκνοκατοικημένες περιοχές σπάνια μπορούν να ικανοποιηθούν από τα τοπικά υδάτινα αποθέματα, διάφορες ανεπτυγμένες χώρες έχουν πραγματοποιήσει υδραυλικά έργα αξιοποίησης των υδατικών αποθεμάτων. Μπροστά στα νέα αυτά δεδομένα και τους ορατούς κινδύνους που ελλοχεύουν, δεν μπορούσε να παραμείνει άπραγη η χώρα μας, η οποία πρόεβη και αυτή με την σειρά της στην κατασκευή των δικών της μεγάλων υδραυλικών έργων αξιοποίησης του νερού (συγκέντρωσης-ταμίευσης).

Εκτιμάται ότι η χώρα μας θα αντιμετωπίσει τις προσεχείς δεκαετίες «κρίση νερού» λόγω της απουσίας ενιαίας πολιτικής στη διαχείριση των υδάτινων πόρων, των κλιματικών και παραγωγικών ιδιαιτεροτήτων του Ελλαδικού χώρου, της εποχιακά αυξημένης ζήτησης σε νερό, του κινδύνου της υφαλμύρωσης των υπογείων υδροφορέων, των γενικότερων επιπτώσεων της ρύπανσης, αλλά και του σύγχρονου τρόπου άσκοπης χρήσης και υπερκατανάλωσης του νερού.

Προκύπτει, λοιπόν, η ανάγκη για την ανάπτυξη αρχών ορθολογικής διαχείρισης των υδάτινων πόρων, οι οποίες να εφαρμόζονται στις περιπτώσεις που προκύπτουν προβλήματα ύδατος. Η ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων πρέπει να στηρίζεται στην αρχή της αειφορίας της χρήσεως η οποία περιλαμβάνει:

- την αποφυγή της ποιοτικής (ρύπανση, μόλυνση) ή ποσοτικής καταστροφής (υδατικό ισοζύγιο) των υφιστάμενων υδάτινων πόρων,

- την εξοικονόμηση μεγαλύτερης ποσότητας ύδατος και
- την αποδοτικότερη χρήση του υπάρχοντος ύδατος.

1.3 Ποιότητα του νερού

Για να σχεδιαστούν τα προγράμματα αειφορικής διαχείρισης των υδατικών πόρων, είναι απαραίτητη η συστηματική μέτρηση και καταγραφή των μεταβλητών που περιγράφουν την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων σε μια υδρολογική λεκάνη. Λόγω των προβλημάτων ρύπανσης του νερού, που εμφανίστηκαν στις ανεπτυγμένες χώρες, η παρακολούθηση της ποιότητας του νερού έχει καθιερωθεί νομικά. Για το λόγο αυτό έχουν δημιουργηθεί τράπεζες δεδομένων, των οποίων η αναλυτική στατιστική επεξεργασία τεκμηρίωσε μια σειρά από προτάσεις και μέτρα θεραπείας, προστασίας, διατήρησης, διαχείρισης και προπάντων πρόληψης της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού.

Η εκτίμηση της ποιότητας του νερού από τα δεδομένα μακροχρόνιων μετρήσεων σε θέσεις των ποταμών, γίνεται με στατιστική ανάλυση των δεδομένων των διαφόρων μεταβλητών ποιότητας χρησιμοποιώντας τις μεθόδους της περιγραφικής και συμπερασματικής στατιστικής ή με στοχαστικά μοντέλα που βασίζονται στην ιστορία των παραμέτρων και λαμβάνουν υπόψη την αβεβαιότητα των μετρήσεων και την τυχειότητα των παραμέτρων αυτών (Μήτσιου κ.α., 1998: Αντωνόπουλος, 2001).

Στην Ελλάδα η ποιότητα των επιφανειακών νερών άρχισε να παρουσιάζει ενδιαφέρον μετά την κατασκευή των μεγάλων εγγειοβελτιωτικών έργων των πεδιάδων Θεσσαλονίκης (τέως λίμνη Γιαννιτσών), Σερρών και Δράμας. Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων από το 1971, άρχισε το «Πρόγραμμα

εκτέλεσης ελέγχου ποιότητας αρδευτικών υδάτων» στα μεγάλα ποτάμια της Βόρειας Ελλάδας. Έξι από τους σταθμούς μετρήσεων στα ποτάμια εντάχθηκαν τα επόμενα χρόνια στις Κοινοτικές Οδηγίες 77/795, 81/856 και 86/574 «Περί ανταλλαγής πληροφοριών για την ποιότητα των επιφανειακών νερών στην Κοινότητα» (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1994), ενώ και άλλοι φορείς, όπως το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. η ΔΕΗ κ.ά., εγκατέστησαν άλλους σταθμούς μέτρησης των ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων των επιφανειακών νερών.

Με τη βοήθεια της κατάλληλης στατιστικής διερεύνησης, τα στοιχεία των μετρήσεων αυτών αποκτούν σημασία. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους επιστήμονες των υδατικών πόρων για την εξαγωγή συνολικών και ειδικών συμπερασμάτων και διατύπωση προτάσεων. Οι προτάσεις αυτές αποτελούν τη βάση του προγραμματισμού της ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Ένας γενικός ορισμός που έχει δοθεί για την ποιότητα του νερού αναφέρει πως:

«Η συγκεκριμένη ποιότητα νερού, η οποία απαιτείται για κάθε χρήση του, περιγράφεται από μία σειρά μεταβλητών, η οποία περιλαμβάνει τα χημικά συστατικά του νερού, τις φυσικοχημικές του ιδιότητες και τα βιολογικά του χαρακτηριστικά» (Αντωνόπουλος, 2001).

Παραδοσιακά η εκτίμηση της ποιότητας του νερού βασιζόταν σε φυσικοχημικές μετρήσεις ανόργανων και οργανικών ουσιών που περιέχονται σε αυτό. Άλλες μετρήσεις που αφορούν τις ποσοτικές παραμέτρους του νερού και τη φυσική κατάσταση των υδάτινων σωμάτων, μόνο πρόσφατα έχουν προσδιοριστεί ως εξίσου σημαντικές για τον προσδιορισμό της οικολογικής ποιότητας των υδάτινων σωμάτων.

Η σχέση μεταξύ της ποσότητας και της ποιότητας του νερού είναι εξαιρετικά πολύπλοκη. Ενέργειες που οδηγούν στη μείωση της ποσότητας του νερού μπορεί να έχουν θετική ή αρνητική επίδραση στην ποιότητα του νερού.

Η απαίτηση για νερό έχει αυξηθεί σε συνδυασμό με τις ανάγκες για αγροτική, βιομηχανική και οικιακή χρήση. Εκτός από αυτές τις χρήσεις υπάρχουν και άλλες οι οποίες αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη βαρύτητα, όπως είναι η βελτίωση της προσωπικής υγιεινής, νερό για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και για ψυχαγωγικούς σκοπούς. Όλες αυτές οι χρήσεις έχουν ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ποιότητα του νερού και σε συνδυασμό με τα απόβλητα πόλεων, την αύξηση των χρησιμοποιούμενων ποσοτήτων λιπασμάτων στη γεωργία και τα ατυχήματα, να οδηγούν στην υποβάθμιση των υδατικών συστημάτων.

Η επιτάχυνση της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού οδήγησε στην ανάγκη καλύτερης κατανόησης της κατάστασής του ώστε να παρθούν τα αναγκαία μέτρα. Αυτό επιτεύχθηκε με την χρησιμοποίηση ολοένα και περισσότερων παραμέτρων ή μεταβλητών που περιγράφουν την ποιότητα του νερού ενός υδάτινου σώματος και οι οποίες συνεχώς αυξάνουν και βελτιώνονται.

Για κάθε κατηγορία χρήσης νερού έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές μέθοδοι περιγραφής και μέτρησης της ποιότητάς του. Έτσι, για τον προσδιορισμό της καταλληλότητας του πόσιμου νερού και του νερού οικιακής χρήσης, μετράται το πλήθος μιας σειράς δεικτών μικροοργανισμών. Για το νερό της γεωργίας αναπτύχθηκε και χρησιμοποιείται μια ειδική σύνθετη ιονική μεταβλητή [η αναλογία προσροφημένου νατρίου (SAR)], η οποία προβλέπει το βαθμό (ρυθμό) περατότητας και διήθησης του νερού στο έδαφος. Για τη διαχείριση των λεκανών των ποταμών και τον έλεγχο της ρύπανσης των νερών τους, χρησιμοποιήθηκαν επί πολλές δεκαετίες οι μεταβλητές:

- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) και
- χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD).

Οι μεταβλητές αυτές ορίζουν ποσοτικά την κατάσταση των λυμάτων και την ακολουθούσα διαδικασία αποικοδόμησης στο ποτάμι. Η παρουσία αδρομερών αιωρούμενων υλικών περιπλέκει περισσότερο την κατάσταση και μπορεί να μεταβάλει κατά πολύ τη συγκέντρωση και τη συμπεριφορά των ρύπων και των μικροβίων.

Οι ρύποι στους αποδέκτες συχνά διακρίνονται σε συντηρητικούς (conservative) και μη συντηρητικούς (non-conservative). Συντηρητική είναι μια ουσία της οποίας η συγκέντρωση είναι απευθείας ανάλογη με την έκταση της αραίωσης. Η ουσία αυτή δεν αποσυντίθεται, δε μεταβάλλεται χημικά ή απομακρύνεται φυσικά σαν αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών. Τα χλωριόντα είναι ένα καλό παράδειγμα συντηρητικής ουσίας (Αντωνόπουλος, 2003). Μη συντηρητική ουσία είναι αυτή που μπορεί να βρεθεί κάτω από χημικές, βιολογικές ή φυσικές διαδικασίες (άλλες από την αραίωση) που τείνουν να τη μεταβάλλουν ή να την απομακρύνουν από το διάλυμα ή μίγμα. Η αμμωνία για παράδειγμα, μπορεί να οξειδωθεί βιοχημικά σε νιτρικά, μετά να αφομοιωθεί από τα φύκη και τελικά να καταναλωθεί από τα ζωντανά ζώα.

Οι χημικές ουσίες (φυσικής και ανθρωπογενούς προέλευσης), οι οποίες περιέχονται στο νερό, δε χαρακτηρίζονται μόνο από τη συγκέντρωσή τους και τη χημική τους ιδιαιτερότητα, αλλά και από την εμμονή τους μέσα στο υδατικό περιβάλλον. Υπάρχουν συστατικά τα οποία διατηρούνται πιο πολύ, όπως τα χλωριούχα και τα οργανοχλωριούχα φυτοφάρμακα, υπάρχουν άλλα π.χ. βαρέα μέταλλα, τα οποία επηρεάζονται από φυσικοχημικές διαδικασίες, όπως συσσωμάτωση και ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και άλλα, τα οποία

μεταβάλλονται με τις βιοχημικές διαδικασίες διάσπασης, όπως τα αμινοξέα και τα απορρυπαντικά. Στον υπολογισμό της αξίας των ουσιών σημαντικό ρόλο παίζουν εκτός από τις χημικές τους ιδιότητες, η βιοδιαθεσιμότητα τους και η επίδραση τους στον υδάτινο βιόκοσμο. Επιπλέον τα θρεπτικά συστατικά, όπως ο φωσφόρος και το άζωτο, είναι κρίσιμης σημασίας, από την άποψη αυτή.

Συμπερασματικά λοιπόν όσο αφορά την αποτίμηση της ποιότητας των υδάτων τη μεγαλύτερη βαρύτητα έχουν οι παρακάτω παρατηρήσεις.

1. Ο βαθμός της ποιότητας του νερού διαφέρει, ανάλογα με την χρήση του νερού.
2. Η ποσότητα του νερού και η ποιότητα του νερού συνδέονται στενά.

1.4 Παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του νερού.

Η ποιότητα του νερού περιγράφεται γενικά από ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων, που καλύπτουν τα κύρια χημικά στοιχεία και ενώσεις, τις φυσικοχημικές ιδιότητες και τα βιολογικά υλικά. Ο αριθμός των παραμέτρων δεν είναι σταθερός, αλλά εξαρτάται από τη χρήση του νερού, ενώ μεταβάλλεται με το χρόνο, όταν διαπιστωθεί ότι κάποιο συστατικό μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στους χρήστες του νερού. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει παραγωγή και διάθεση νέων χημικών ουσιών στο περιβάλλον, όπως διαλύτες, βαρέα μέταλλα και αγροχημικά. Έτσι οδηγούμαστε στην ανάγκη διερεύνησης του καταλόγου των παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα του νερού.

Στα επιφανειακά νερά μπορούν να βρεθούν ουσίες που διακρίνονται σε: α) επιπλέουσες ουσίες ή υλικά, όπως τα λάδια, τα λίπη, οι αφροί και άλλα στερεά, που είναι πιο ελαφριά από το νερό, β) αιωρούμενα υλικά που είναι αδιάλυτα υλικά και

ουσίες που βρίσκονται αιωρούμενα μέσα στον όγκο του νερού, όπως τα αδιάλυτα εδαφικά υλικά και γ) διαλυμένες ουσίες, που είναι οργανικές και ανόργανες διαλυμένες στο νερό, όπως τα οξέα, αλκάλια, βαρέα μέταλλα, φυτοφάρμακα, κυανιούχα και άλλες τοξικές ουσίες (Αντωνόπουλος, 2003).

Ανάλογα με τις ιδιότητες τους τα χαρακτηριστικά του νερού διακρίνονται σε οργανοληπτικά, φυσικοχημικά και βιολογικά. Στις οργανοληπτικές παραμέτρους περιλαμβάνονται τα χαρακτηριστικά του νερού που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος με τις αισθήσεις του, την όραση, την αφή, τη γεύση και την οσμή. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα αιωρούμενα στερεά, η θερμοκρασία, το χρώμα, η γεύση και η οσμή. Η θερμοκρασία ελέγχει την ανάπτυξη όλων των μορφών της υδρόβιας ζωής, τη διαλυτότητα και την καταβύθιση των ανόργανων και οργανικών ουσιών. Το χρώμα επηρεάζει τη βιολογική δραστηριότητα των μικροοργανισμών και τη διείσδυση του ηλιακού φωτός στη μάζα του νερού και είναι επίσης δείκτης της παρουσίας ανεπιθύμητων διαλυμένων και αιωρούμενων ουσιών. Η γεύση και η οσμή είναι σημαντικοί δείκτες των ανεπιθύμητων ουσιών.

Στις φυσικοχημικές ουσίες περιλαμβάνονται το pH, η αλκαλικότητα, η σκληρότητα, οι χημικές ουσίες που διαλύονται στο νερό, όπως τα ολικά διαλυμένα στερεά, τα μέταλλα, οι οργανικές ουσίες και τα θρεπτικά στοιχεία.

Στις βιολογικές παραμέτρους περιλαμβάνονται τα βακτήρια, οι μύκητες, τα φύκη, τα φυτά και τα ζώα. Τα βακτήρια και οι μύκητες έχουν παρόμοια δράση στην αποικοδόμηση των οργανικών υλικών στο νερό. Τα φύκη σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσουν λόγω της ετεροτροφίας τους, έλλειψη οξυγόνου και προβλήματα γεύσης, οσμών και να μεταβάλλουν την αισθητική κατάσταση του νερού.

Οι φυσικοχημικές παράμετροι που αφορούν την παρούσα μελέτη είναι οι ακόλουθες: 1) η παροχή (Q), 2) η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_w), 3) η ενεργός οξύτητα (pH), 4) η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO), 5) η θερμοκρασία των υδάτων (T_w), 6) το ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου (DO%), 7) η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T) και 8) τα χλωριόντα (CL⁻).

1.5 Ποτάμια συστήματα

Η χημική σύνθεση των επιφανειακών υδάτων εξαρτάται κυρίως από τη χημική σύσταση των πετρωμάτων και του εδάφους, μέγεθος και σχήματος της λεκάνης απορροής, τις κλιματικές αλλαγές και την υπάρχουσα πανίδα και χλωρίδα και τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Stamatis, 1999).

Σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο για την Πολιτική στον Τομέα των Υδάτων 60/2000 της Ε.Ε., όλα τα κράτη-μέλη είναι υποχρεωμένα να ιδρύσουν εθνικά συστήματα ελέγχου και να καθορίσουν την «οικολογική κατάσταση» της ποιότητας των νερών, που αναφέρονται τόσο στα βιολογικά στοιχεία του οικοσυστήματος όσο και στην φυσικοχημική ποιότητα των νερών του ενδιαιτήματος.

Οι ποταμοί και οι λίμνες τροφοδοτούνται από τα νερά των βροχών, τις πηγές, και την τήξη του χιονιού και των παγετώνων. Το νερό των βροχών συνεισφέρει κατά πολύ στον σχηματισμό των ποταμών και των λιμνών. Οι απώλειες του νερού των ποταμών και των λιμνών, οφείλονται κυρίως στην εξάτμιση, αλλά και στην τροφοδότηση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων.

Το νερό που τελικά παραμένει στην κοίτη του ποταμού είναι η διαφορά της ποσότητας που εισέρχεται και εκείνης που εξέρχεται. Τα ποτάμια συγκρατούν συνεχώς ένα σημαντικό ποσοστό ύλης σε διαλυμένη και σωματιδιακή μορφή από

φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές (Callow & Petts, 1996). Αυτό το υλικό κινείται κατάντη και υπόκειται σε έντονες βιολογικές και χημικές διεργασίες. Αυτές οι μεταφορές μπορεί να επηρεαστούν από μορφολογικούς και υδρολογικούς παράγοντες (Sawidis, 1997).

Τα ποτάμια είναι σημαντικές οδοί για τη ροή της ενέργειας, ύλης και οργανισμών μέσω του ανάγλυφου του εδάφους. Σε μια εκτεταμένη ακτίνα δράσης, οι ανθρώπινες δραστηριότητες στην λεκάνη απορροής του ποταμού, μπορεί να οδηγήσουν σε υποβάθμιση των νερών των ποταμών. Ωστόσο, η εκτίμηση των μεταβολών στις ποτάμιες κοινότητες ως αποτέλεσμα της επίδρασης της ρύπανσης είναι ένα ενδιαφέρον θέμα μέσα στο πλαίσιο της οικολογίας των νερών και της αποτίμησης της ποιότητάς τους (Lekka et al., 2004).

Τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα θεωρούνται ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι. Ιδίως, η εξασφάλιση καλής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων επιβάλλει έγκαιρη δράση και σταθερό μακροπρόθεσμο σχεδιασμό μέτρων προστασίας ώστε να αναστραφεί η ανοδική τάση συγκέντρωσης οποιουδήποτε ρύπου. (Οδηγία 2000/60/EK).

Η ίδρυση δικτύου ελέγχου στα κύρια ποτάμια της Ευρώπης οδήγησε σε μια εκτεταμένη βάση δεδομένων, που καλύπτει χρονικές και χωρικές αποκλίσεις των ρυπογόνων ενώσεων. Αντίθετα, οι περισσότερες Μεσογειακές χώρες (συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας), στερούνται μιας συστηματικής μεθόδου ελέγχου της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων (Dassenakis et al., 1998; Lekka et al., 2004) αν και παρατηρήθηκαν πολλά προβλήματα ρύπανσης (Dassenakis et al., 1998). Τα ελληνικά ποτάμια συστήματα, εν τούτοις, όπως και αρκετά άλλα μεσογειακά συστήματα, χαρακτηρίζονται από μια εκτεταμένη καλοκαιρινή περίοδο

ξηρασίας, κατά την οποία εντατικοί τρόποι χρήσης της γης επηρεάζουν την υδρολογική δίαιτα και τα βιοτικά χαρακτηριστικά του ποταμού (Lekka et al., 2004).

Η διαχείριση των ποτάμιων συστημάτων χρειάζεται μια ολιστική αξιολόγηση περιβαλλοντικών προβλημάτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής, με σκοπό να παρέχει ένα περισσότερο κατάλληλο πλαίσιο εργασίας για τη διαχείριση των επιπτώσεων των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Δεδομένα από συστήματα λεκανών απορροής με διαφορετική γεωλογία, κλιματολογία και φυσική γεωγραφία, όπως επίσης και ποικίλες ανθρωπογενείς επιδράσεις, χρειάζονται για την καλύτερη αποτίμηση των φυσικών διακυμάνσεων και της διάκρισης αδιατάρακτων από ρυπασμένα επίπεδα συγκεντρώσεων. Η κατανόηση των χημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε ποτάμια που παρουσιάζουν προβλήματα ρύπανσης από διάφορες πηγές είναι σημαντική για την ποιότητα των νερών. Αυτές οι διεργασίες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε αλλαγές στις περισσότερες φυσικοχημικές παραμέτρους όπως το pH, καθώς επίσης στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις ή ιοντικές δυνάμεις και σε υδροδυναμικές διαδικασίες που επηρεάζουν τη μεταφορά ιζημάτων, προσρόφηση ρύπων σε αιωρούμενα σωματίδια, σχηματισμό συσσωματωμάτων και συμπλόκων και αλληλεπιδράσεις σωματιδίων/διαλυμάτων. Αλλαγές σε αυτές τις παραμέτρους μπορεί να είναι σημαντικές στα μικρά ποτάμια, τα οποία είναι συστήματα σε κίνδυνο περιβαλλοντικής ή οικολογικής υποβάθμισης, χωρίς την αναγκαία διαχείριση (Dassenakis et al., 1998).

Τα ποτάμια έχουν χρησιμοποιηθεί από τα αρχαία χρόνια για μεταφορά και δέσμευση νερού, αλλά επίσης και ως χώρος διάθεσης αποβλήτων. Επειδή η ανθρωπότητα αναπτύχθηκε κοντά στα γλυκά νερά, η έννοια της διαχείρισης ποταμών υπήρχε από την αρχαιότητα. Η διαχείριση των ποταμών, σύμφωνα με την παράδοση, συνδυάζεται συχνά με μια ποικιλία παρεμβάσεων στο ποτάμιο σύστημα που

αποσκοπεί να μεγιστοποιήσει την ποσότητα και ποιότητα των υδάτινων πόρων, να επιτύχει προστασία από πλημμύρα, να αναπτύξει την αλιευτική δραστηριότητα και αργότερα να βελτιώσει τις δυνατότητες αναψυχής. Ωστόσο, αυτού του είδους η διαχείριση ποταμών συχνά οδηγεί σε υποβάθμιση του ποτάμιου οικοσυστήματος και της ποιότητας των νερών. Επηρεάζει επίσης τη μετακίνηση της χλωρίδας, τη ρύθμιση της ροής και την ανάπτυξη των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στην ποτάμια λεκάνη. Οι περισσότερες δραστηριότητες οδηγούν σε ρύπανση των νερών των ποταμών από σημειακές (point) και μη σημειακές (non-point) πηγές ρύπανσης (Angelidis et al., 1995).

Η σταθερότητα του ποτάμιου οικοσυστήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από εξωτερικούς παράγοντες, όπως αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, αγροτικά λιπάσματα, εντομοκτόνα και αντιβιοτικά. Από την άλλη μεριά, ειδικά στις μεσογειακές περιοχές με το ευμετάβλητο εύκρατο κλίμα που χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες και αραιές βροχοπτώσεις, δημιουργείται μια ποικιλία διαδικασιών όπως διακυμάνσεις στην επιφανειακή ροή, ευτροφισμός και πλημμύρες. Επιπλέον, η απώλεια της επιφανειακής βλάστησης λόγω συχνών πυρκαγιών και υπερβόσκησης προκαλεί διαδικασίες διάβρωσης και ερημοποίησης της περιοχής. Υπό αυτές τις συνθήκες, τα προϊόντα της διάβρωσης είναι βασικός παράγοντας εισαγωγής ανόργανου αζώτου και φωσφόρου. Έτσι στη μεσόγειο τα ποτάμια είναι πιο ευαίσθητα σε εξωτερικούς παράγοντες από άποψη εισαγωγής ρύπων και αλλαγής κλιματικών αλλαγών (Sawidis, 1997).

Η ποιότητα των επιφανειακών νερών είναι ένα ευαίσθητο θέμα. Ανθρωπογενείς επιδράσεις (αστικές, βιομηχανικές και αγροτικές δραστηριότητες, υπερκατανάλωση των υδάτινων πόρων) όπως και φυσικές διεργασίες (μεταβολές στο ίζημα, διάβρωση των εδαφών) αλλοιώνουν τα επιφανειακά νερά και καταστρέφουν

τη χρησιμότητά τους για πόση, για βιομηχανικές, αγροτικές, ψυχαγωγικές ή άλλες χρήσεις (Simeonov, 2003).

Η περιβαλλοντική ρύπανση διακρίνεται από τις υψηλές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο νερό και τα υδάτινα ιζήματα σε ιδιαίτερα βιομηχανοποιημένες και πυκνοκατοικημένες περιοχές (Samanidou and Fytianos, 1987). Τα περισσότερα ιζήματα είναι εμπλουτισμένα με βαρέα μέταλλα από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Η χημεία των ρυπασμένων ιζημάτων είναι από τη φύση της σύνθετη, αφού η αναλογία των μετάλλων ποικίλει σημαντικά (Samanidou and Fytianos, 1987).

Οι μεταφερόμενοι ρύποι περιλαμβάνουν οργανική ύλη, θρεπτικά υλικά, εντομοκτόνα και βαρέα μέταλλα. Η ρύπανση από τα εντομοκτόνα και τα βαρέα μέταλλα μπορεί να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στο οικοσύστημα του υδροτόπου λόγω των τοξικών επιδράσεων και της βιοαποικοδόμησης τους στη χλωρίδα και πανίδα του συστήματος. Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, ωστόσο οι επιπτώσεις τους στους οργανισμούς, εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα, τις χημικές μορφές των μετάλλων, τον χρόνο παραμονής και τις γεωχημικές διεργασίες (Samanidou and Fytianos, 1987). Η εξόρυξη μεταλλευμάτων έχει οδηγήσει σε συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων σε πολλά ποτάμια συστήματα στον κόσμο, που ξεπερνούν κατά πολύ τα φυσικά, γνωστά επίπεδα (Burton et al., 2001).

Η έρευνα μικρών ποτάμιων συστημάτων είναι γενικώς περιορισμένη, αν και πολλά από αυτά είναι πολύ επιβαρημένα και έχουν αξιοσημείωτη οικολογική σημασία (Dassenakis et al., 1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Υλικά και Μέθοδοι

Εισαγωγή

Η περιοχή στην οποία αναφέρεται η παρούσα εργασία είναι ο Ληθαίος ποταμός, ο οποίος αποτελεί παραπόταμο του ποταμού Πηνειού, που διασχίζει την Θεσσαλική πεδιάδα.

Οι ποιοτικές παράμετροι του νερού οι οποίες αναλύονται είναι: 1) η παροχή (Q), 2) η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_w), 3) η ενεργός οξύτητα (pH), 4) η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO), 5) η θερμοκρασία των υδάτων (T_w), 6) το ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου (DO%), 7) η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T) και 8) τα χλωριόντα (CL⁻). Οι χημικές και φυσικοχημικές ιδιότητες των παραπάνω παραμέτρων αναλύονται διεξοδικά στο συγκεκριμένο κεφάλαιο. Οι μετρήσεις των παραμέτρων αυτών, αποτελούν χρονοσειρές στις οποίες, αφού έγινε συμπλήρωση των κενών που υπήρχαν στα δεδομένα, έγινε έλεγχος για την ύπαρξη τάσης.

Το στατιστικό πακέτο με τη βοήθεια του οποίου έγινε ο έλεγχος ύπαρξης τάσης, είναι το γνωστό SPSS, version 17.0.

2.1 Ληθαίος ποταμός

Ο ποταμός Ληθαίος στη Βόρεια Θεσσαλία, διασχίζει την πόλη των Τρικάλων, η οποία οφείλει ένα μεγάλο μέρος του φυσικού κάλλους στο γραφικό αυτό ποταμό. Πηγάζει από τα Αντιχάσια όρη, σε υψόμετρο 500 m και έχει δύο παραποτάμους από τους οποίους ο ένας πηγάζει από το χωριό Νέα Ζωή και ονομάζεται Ξηροπόταμος, ενώ ο άλλος από το χωριό Πλάτανος και φέρει την ονομασία Πλάτανος. Διασχίζει την πόλη των Τρικάλων από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά και τελικά εκβάλλει στον Πηνειό λίγο πιο έξω από την πόλη των Τρικάλων (Μοράκης και Τσιούρης, 2004), σε υψόμετρο 108 m (Εικ. 2.1). Το μήκος του ανέρχεται σε 36 km και η λεκάνη απορροής του καλύπτει επιφάνεια 35 km². Με τα νερά του ποταμού Ληθαίου αρδεύονται περίπου 14.000 στρέμματα (<http://www.minagric.gr/greek/2.9.3.LITHEOS.html>).

Η λεκάνη απορροής της Θεσσαλίας έχει γίνει θέμα πολλών υδρολογικών και υδρογεωλογικών μελετών, τόσο λόγω της μεγάλης έκτασης και του γόνιμου εδάφους της, όσο και για τις γεωργικές δυνατότητες της. Σύμφωνα με αυτές τις μελέτες, το ιδιαίτερο γεωλογικό ανάγλυφο της πεδιάδας της Θεσσαλίας, η οποία περιβάλλεται από ψηλά βουνά, δέχεται σημαντικές επιδράσεις από τις κλιματικές μεταβολές (Stamatis, 1999). Εκτός από τις κλιματικές αλλαγές, εντατικές αγροτικές εργασίες, αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα επηρεάζουν ιδιαίτερα το ποτάμι (Sawidis, 1997).

Η ενδημική υδρόβια πανίδα του Ληθαίου ποταμού περιλαμβάνει κυρίως είδη που ανήκουν στην Υπόταξη Κυπρινοειδείς (Cyprinoidea) και συγκεκριμένα στην οικογένεια Κυπρινίδαι (Cyprinidae) (Μοράκης και Τσιούρης, 2004). Μετρήσεις θρεπτικών αλάτων και βαρέων μετάλλων που έχουν γίνει στον ποταμό Ληθαίο, τον χαρακτηρίζουν σαν ένα μεσαία ρυπασμένο ποτάμι, με την εμφάνιση κάποιων

υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων και οργανικών ρύπων σε συγκεκριμένα σημεία του ποταμού (Dassenakis *et al.*, 1998). Ωστόσο, οι μετρήσεις αυτές είναι αποσπασματικές και περιορισμένες και δεν υπάρχει συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας των νερών του ποταμού.



Εικόνα 2.1 Άποψη του ποταμού Ληθαίου και της πόλης των Τρικάλων.

2.1.1 Περιοχή μελέτης

Ο ποταμός Ληθαίος πηγάζει από την ορεινή περιοχή των Αντιχασίων και αφού διασχίσει την πόλη των Τρικάλων (Σχ. 2.1) εκβάλλει στον Πηνειό ποταμό. Στην περιοχή του Νομού Τρικάλων και της λεκάνης απορροής του ποταμού υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός βιομηχανικών-βιοτεχνικών μονάδων τα απόβλητα των οποίων στην πλειονότητα τους δεν υφίστανται καμιά επεξεργασία. Η κατάσταση αυτή οδηγεί πιθανότατα σε παράνομη διάθεση τόσο των υγρών αποβλήτων όσο και των

“λασπών” που δημιουργούνται μέσα στις δεξαμενές συλλογής. Στην ίδια περιοχή καλλιεργούνται βαμβάκι, δημητριακά, οπωροκηπευτικά και μηδική και αρδεύονται περί τα 385.000 στρέμματα. Στο ποτάμι καταλήγουν αγωγοί συλλογής ομβρίων, στους οποίους φαίνεται ότι έχουν συνδεθεί παράνομα αγωγοί αστικών λυμάτων, ενώ αποστραγγιστικά κανάλια μεταφέρουν νερά προερχόμενα από αποπλύσεις εδαφών. Στον Ληθαίο αποχετεύονται και τα επεξεργασμένα αστικά λύματα του βιολογικού καθαρισμού της πόλης που καλύπτει το 20% περίπου του συνόλου των λυμάτων. (Σκούλλος κ.ά., 1993: Ζήση, 2007).



Σχήμα 2.1 Πολιτικός χάρτης νομού Τρικάλων

2.1.2 Κλιματολογικές συνθήκες της Θεσσαλίας

Η απορροή αποτελεί το τελικό αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης πολλών και ποικίλων παραγόντων, οι οποίοι βασικώς δύνανται να καταταγούν σε δύο κατηγορίες :

- τους κλιματικούς στους οποίους περιλαμβάνονται η βροχόπτωση, η συγκράτηση και η εξατμισοδιαπνοή
- και τους φυσιογραφικούς παράγοντες στους οποίους περιλαμβάνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των υδατορρευμάτων.

Ως συνέπεια της αλληλεπίδρασεως των ανωτέρω ποικίλων παραγόντων, η συμπεριφορά κάθε λεκάνης απορροής είναι διαφορετική.

Οι απορροή που αναμένουμε σε μια λεκάνη εξαρτάται όμως κατά κύριο λόγο από το ποσό των κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη αυτή. Έτσι με μια προσεκτική μελέτη και επεξεργασία της ετήσιας πορείας των κατακρημνισμάτων μπορούμε να έχουμε μια πολύ καλή προσέγγιση της ετήσιας πορείας της απορροής. Τυχόν διαφοροποιήσεις στις δύο πορείες εξαρτώνται φυσικά από τους υπόλοιπους παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή. Εν κατακλείδι, ο συνολικός όγκος της ετήσιας απορροής είναι συνάρτηση του ολικού ετήσιου όγκου των κατακρημνισμάτων (Σέντας, 2007).

Γι αυτό μια κλιματική προσέγγιση της Θεσσαλίας θεωρείται απαραίτητη. Η Θεσσαλία, όπως και η Ελλάδα γενικότερα, σε όλες τις κλιματικές ταξινομήσεις καταχωρείται στο «μεσογειακό τύπο» κλίματος. Στον τύπο αυτό επικρατούν δύο περίοδοι και οι πιο επιτυχημένοι όροι που τις αποδίδουν είναι «θερμή εποχή» και «ψυχρή εποχή», όπως ορίζονται στο Weather in the Mediterranean – Meteorological Office M.O. 391, 1962. Σαν μια θερμή εποχή θεωρείται το χρονικό διάστημα μεταξύ των μηνών Ιουνίου – Σεπτεμβρίου. Σαν ψυχρή εποχή το χρονικό διάστημα μεταξύ

των μηνών Οκτωβρίου – Μαΐου, αν και οι μήνες Οκτώβριος και Μάιος λόγω των χαρακτηριστικών τους μπορούν να θεωρηθούν και σαν μεταβατικοί μήνες.

2.2 Κριτήρια μεγέθους ποταμών

Τα κριτήρια με τα οποία κρίνουμε το μέγεθος ενός ποταμού είναι:

- Το μήκος του.
- Το δέλτα του.
- Οι εκβολές του.
- Η λεκάνη απορροής του.
- Η παροχή του.

Το **μήκος** του δείχνει πόσο μακρύς είναι ο ποταμός. Ακολουθεί ο Πίνακας 2.1 με τα 3 μεγαλύτερα ποτάμια του κόσμου σε μήκος.

Πίνακας 2.1 Τα 3 μεγαλύτερα ποτάμια του κόσμου σε μήκος.

Ποταμοί	Ήπειρος	Μήκος σε χλμ.
Νείλος	Αφρική	6670
Μισσισιπιπή	Β. Αμερική	6215
Γιανγκ Τσέ	Ασία	5520

Δέλτα ονομάζονται οι εκτάσεις που σχηματίζονται από τα στερεά υλικά που μεταφέρουν οι ποταμοί και τα εναποθέτουν στις εκβολές τους. Μολονότι όλοι οι ποταμοί μεταφέρουν στερεά υλικά, δεν έχουν όλοι τη δυνατότητα να σχηματίζουν δέλτα. Για να σχηματιστεί ένα δέλτα, πρέπει να υπάρχει ευνοϊκός συνδυασμός παραγόντων που σχετίζονται με τα γνωρίσματα του ποταμού, της λεκάνης απορροής του ποταμού και της θαλάσσιας ακτής καθώς και με τις βροχοπτώσεις κλπ. Δέλτα, για παράδειγμα, μπορεί να σχηματίσουν και ποταμοί που εκβάλλουν σε λίμνες. Τα δέλτα

των ποταμών είναι σημαντικοί υγροβιότοποι. Εκεί ζουν και πολλαπλασιάζονται πολλοί ζωικοί και φυτικοί οργανισμοί. Επίσης τα δέλτα επιλέγονται από τους ανθρώπους για την διαβίωση τους διότι συνδυάζουν την παρουσία γλυκού νερού με τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η θάλασσα. Τις τελευταίες δεκαετίες οι κλιματικές αλλαγές έχουν επηρεάσει σημαντικά τα δέλτα των μεγαλύτερων ποταμών.

Εκβολή είναι το παράκτιο τελικό τμήμα ενός ποταμού. Τα επιφανειακά στρώματα του νερού στις εκβολές είναι ποτάμιας προέλευσης (γλυκά) και κατευθύνονται προς τη θάλασσα, ενώ τα στρώματα του βυθού είναι θαλάσσιας προέλευσης με υψηλότερη αλατότητα.

Λεκάνη απορροής είναι η εδαφική έκταση που φιλοξενεί το ποτάμι και όλους τους παραποτάμους του, ακόμη και τα μικρά ρυάκια που καταλήγουν σε αυτό. Οι λεκάνες απορροής μπορεί να είναι από τόσο μικρές όσο μια πατημασιά στη λάσπη, μέχρι τόσο μεγάλες όσο όλη η έκταση που στραγγίζει στον ποταμό Αμαζόνιο στο σημείο που εκβάλλει στον Ατλαντικό Ωκεανό. Η τελευταία, που είναι και η μεγαλύτερη από τις λεκάνες όλων των ποταμών της υφής, φτάνει τα 6.120.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Κάθε μεγάλη λεκάνη απορροής μπορεί να χωριστεί σε μικρότερες επιμέρους υπολεκάνες (π.χ. μια για κάθε παραπόταμο). Οι λεκάνες απορροής είναι πολύ σημαντικές διότι η ποσότητα και η ποιότητα του νερού στα ποτάμια εξαρτάται από ότι συμβαίνει μέσα στις λεκάνες, είτε οφείλεται σε φυσικές, είτε σε ανθρωπογενείς διεργασίες. Οι 3 μεγαλύτεροι ποταμοί του κόσμου από πλευράς λεκάνης απορροής (Πίν. 2.2) είναι:

Πίνακας 2.2 Οι 3 μεγαλύτεροι ποταμοί του κόσμου σε λεκάνη απορροής

Ποταμοί	Ήπειρος	Λεκάνη απορροής σε τετ. χλμ.
Αμαζόνιος	N. Αμερική	6.120.000
Κονγκό	Αφρική	3.690.000
Μισισσιπιπή	B. Αμερική	3.248.000

Παροχή ενός ποταμού ονομάζουμε τον όγκο του νερού που ο ποταμός παροχετεύει στη θάλασσα σε κυβικά μέτρα νερού ανά δευτερόλεπτο. Τα 3 μεγαλύτερα ποτάμια του κόσμου σε παροχή (Πίν. 2.3) είναι:

Πίνακας 2.3 Τα 3 μεγαλύτερα ποτάμια του κόσμου σε παροχή

Ποταμοί	Ήπειρος	Παροχή
Αμαζόνιος	N. Αμερική	120.000
Κονγκό	Αφρική	39.000
Γιανγκ Τσέ	Ασία	31.000

2.3 Υδατικό ισοζύγιο

Ανά τους καιρούς αρκετοί επιστήμονες και μελετητές έχουν ασχοληθεί με την διερεύνηση του υδατικού ισοζυγίου μιας λεκάνης απορροής, οι οποίοι ανέπτυξαν ή χρησιμοποίησαν κάποιες μεθοδολογίες για να μετρήσουν τις παραμέτρους που χρειαζόμαστε ώστε να προβούμε στον υπολογισμό του.

Το υδατικό ισοζύγιο μια περιοχής, στηρίζεται στην αρχή διατηρήσεως της μάζας σε ένα σύστημα για δεδομένο χρόνο, ενώ προκύπτει από τη διαφορά των εισροών και των εκροών νερού σε μια υδρολογική λεκάνη.

Η διαφορά αυτή μπορεί να περιγραφεί από τη σχέση: $DV = Q - I$

Όπου: DV = Το υδατικό ισοζύγιο

Q = Το σύνολο των εισροών

I = Το σύνολο των εκροών

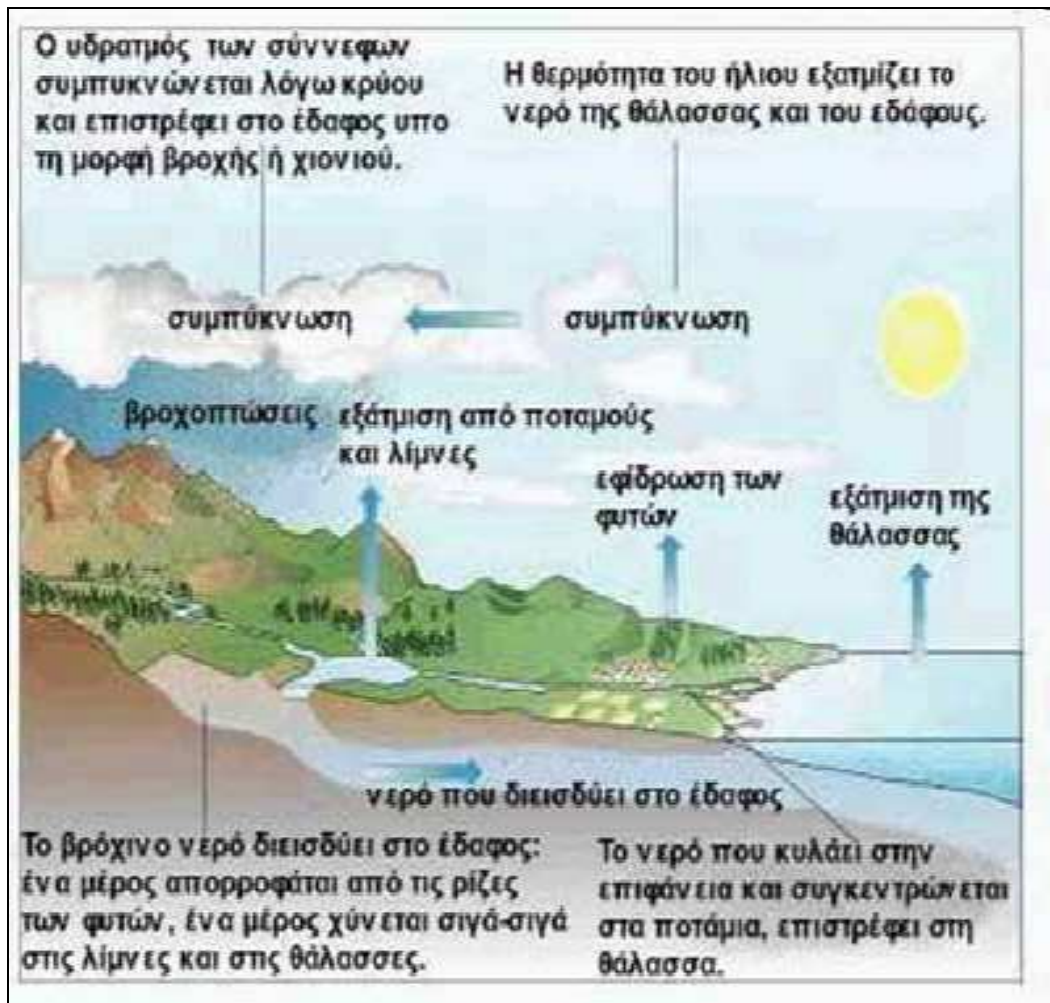
Για να βρούμε το υδατικό ισοζύγιο μιας λεκάνης απορροής πρέπει να υπολογίσουμε τις εισροές και τις εκροές.

- Οι εισροές νερού προέρχονται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, τις παροχές των ποταμών, την επιφανειακή απορροή και πιθανώς τις εισροές του υπογείου νερού.
- Οι εκροές νερού οφείλονται κυρίως στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που αναπτύσσονται στην περιοχή (άρδευση των καλλιεργειών, ύδρευση) και στις απώλειες από την εξάτμιση και την διαπνοή.

Τρία μεγέθη έχουν μεγάλη σημασία και αποτελούν τις συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου σε μια λεκάνη απορροής (Εικ. 2.2):

- η βροχόπτωση,
- η εξατμισοδιαπνοή και
- η απορροή

Παράλληλα πρέπει να γνωρίζουμε και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.



Εικόνα 2.2 Ο υδρολογικός κύκλος

2.3.1 Υπολογισμός βροχόπτωσης

Ο όγκος των κατακρημνισμάτων υπολογίζεται με βάση τις παρατηρήσεις βροχομετρικών σταθμών της περιοχής. Τα κλιματικά στοιχεία περιλαμβάνουν μηνιαίες τιμές για το ύψος βροχής και μέση θερμοκρασία.

Από τις αναγνώσεις των βροχομετρικών οργάνων προσδιορίζεται αρχικά το ημερήσιο ύψος βροχής για κάθε βροχομετρικό σταθμό. Στη συνέχεια, από τα δεδομένα πλέον ημερήσια ύψη βροχής, προσδιορίζονται, ως άθροισμα των σχετικών ημερήσιων υψών, τα μηνιαία ύψη βροχής ή τα ύψη αυτής κατά την διάρκεια οποιασδήποτε χρονικής περιόδου μικρότερης του έτους (π.χ. εβδομάδες, εποχής

κ.τ.λ.). Τέλος, προσδιορίζεται το ετήσιο ύψος βροχής το οποίο αναφέρεται στην διάρκεια του ονομαζόμενου Υδρολογικού έτους.

Ως υδρολογικό έτος χαρακτηρίζεται μια χρονική περίοδος με διάρκεια ίση προς το ημερολογιακό έτος, η αρχή της οποίας όμως είναι διαφορετική της αρχής εκείνου και επιλέγεται κατά τρόπον ώστε να συμπίπτει με την έναρξη της βροχερής περιόδου για μία περιοχή. Έτσι, για την Ελλάδα το Υδρολογικό έτος αρχίζει την 1η Οκτωβρίου και λήγει την 30η Σεπτεμβρίου.

Από της προσδιορισθείσες τιμές που αναφέρονται παραπάνω καθορίζονται στη συνέχεια το μέγιστο και το ελάχιστο ύψος βροχής ισόχρονων περιόδων (π.χ. μηνών) κατά την διάρκεια του Υδρολογικού έτους. Από ομοειδές παρατηρήσεις μίας σειράς ετών υπολογίζεται, ως αριθμητικός μέσος όρος, το μέσο ύψος βροχής συγκεκριμένης περιόδου (ημέρας, εβδομάδας, μήνα, εποχής) ή του έτους, το οποίο καλείται αντιστοίχως, μέσο ημερήσιο, μέσο εβδομαδιαίο, μέσο μηνιαίο, μέσο εποχιακό ή μέσο ετήσιο ύψος βροχής.

Τα δεδομένα καθώς και οι σχετικοί υπολογισμοί μέσων, μέγιστων και ελάχιστων τιμών τοποθετούνται στη συνέχεια σε πίνακες. Τα δεδομένα συνδέονται με διαγράμματα στα οποία παρουσιάζονται οι χρονικές μεταβολές των επιμέρους στοιχείων και οι κατανομές τους κατά την συγκεκριμένη χρονική περίοδο που διερευνάται. Σε σταθμούς στους οποίους δεν υπάρχουν στοιχεία για την περίοδο που διερευνάται εφαρμόζεται μέθοδος η οποία βασίζεται στην ύπαρξη ταυτόχρονων παρατηρήσεων σε τρεις γειτονικούς σταθμούς, οι οποίοι είναι ομοιόμορφα κατανεμημένοι γύρω από τον σταθμό με τις ελλειπείς παρατηρήσεις και παρουσιάζουν υδρολογική ομοιογένεια. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται οι παρατηρήσεις βροχόπτωσης τριών γειτονικών σταθμών και ο μέσος όρος της ετήσιας βροχόπτωσης

της περιόδου για την οποία υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις, σύμφωνα με τον τύπο: $P = 1/3 [N_x/N_a P_X + N_x/N_b P_b + N_x/N_r P_r]$. (Σακκάς, 2004)

2.3.2 Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής

Οι μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής χωρίζονται σε:

- αναλυτικές,
- εμπειρικές και
- πειραματικές.

Στις αναλυτικές ανήκει η μέθοδος ισοζυγίου νερού σε λεκάνη απορροής και η μέθοδος με λυσίμετρο. Στις εμπειρικές που αφορούν τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής ανήκει η μέθοδος Thornthwaite και η μέθοδος Blaney – Criddle ενώ σε αυτές που αφορούν τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ανήκει η μέθοδος Coutagne και η μέθοδος Turc (Μιμίκου και Μπαλάς, 2004).

- Η εξίσωση THORNTHWAITTE εκτιμά τη μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή από τη θερμοκρασία.

Η εκτίμηση αυτή δίνεται από την σχέση: $E_p = 16(10t_i/j)$

Όπου: E_p = δυνητική εξατμισοδιαπνοή

T_i = μέση μηνιαία θερμοκρασία

J = θερμοκρασία

- Η εξίσωση BLANEY – CRIDDLE εκτιμά την σχέση ανάμεσα στην εξατμισοδιαπνοή, την θερμοκρασία του αέρα και το ποσοστό των ωρών της ημέρας.

Η εκτίμηση αυτή δίνεται από την σχέση: $P=100(N*\mu/365*12)$

Όπου: N= αστρονομική διάρκεια ημέρας (σε h)

μ = θερμοκρασία

365= ημέρες

12= ώρες

- Η εξίσωση TURC συσχετίζει την εξάτμιση με την βροχόπτωση και την θερμοκρασία. Ο τύπος του Turc, που εφαρμόζεται σε ετήσια βάση, χρησιμοποιείται αρκετά συχνά, όπου η έλλειψη πληρέστερων κλιματολογικών δεδομένων δεν επιτρέπει τη χρησιμοποίηση άλλων ακριβέστερων μεθόδων υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής.

Σύμφωνα με τη μέθοδο του Turc η ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή δίδεται από την εξίσωση : $ET = P / \sqrt{0,90 + (P/L)^2}$

Όπου: P = μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm)

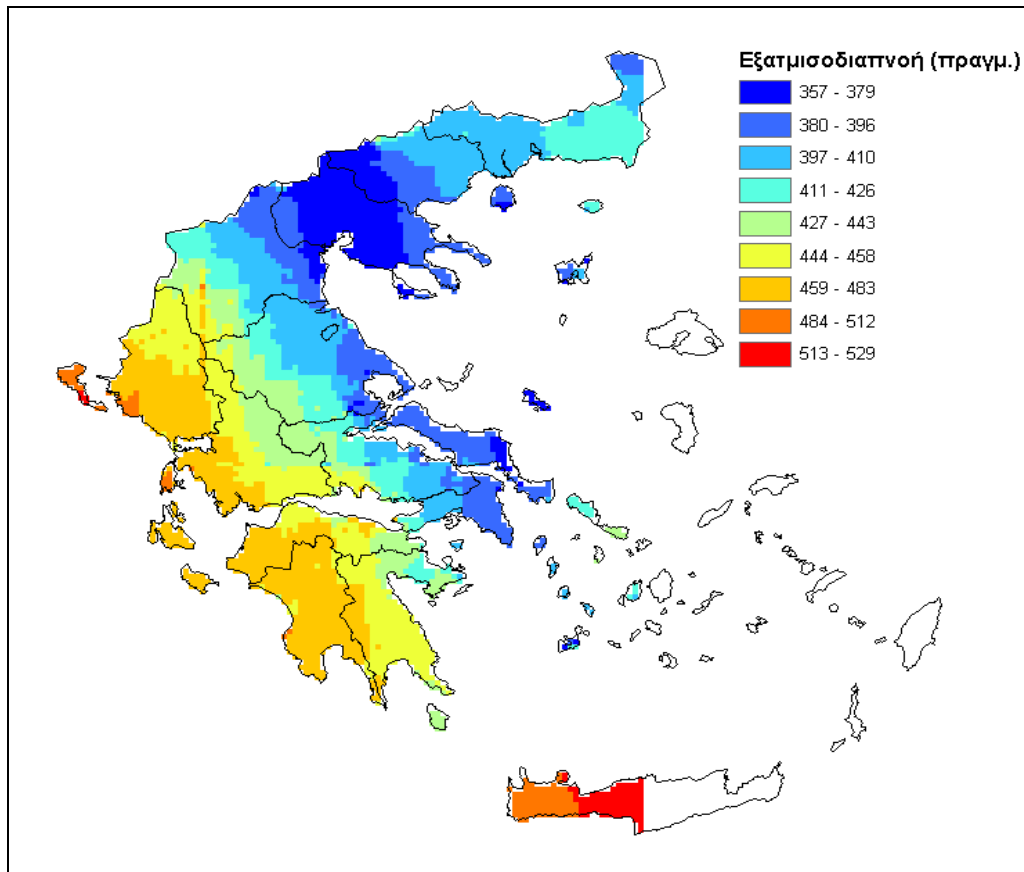
$$L = 300 = 25 T + 0,05 T^3$$

T = μέση ετήσια θερμοκρασία (C⁰)

Η ET εκφράζει την ετήσια εξατμισοδιαπνοή σε mm και ταυτόχρονα εκφράζει το ετήσιο έλλειμμα ροής και την διαφορά μεταξύ βροχόπτωσης – επιφανειακής απορροής : $ET = \Sigma P - \Sigma R$

Σε ορισμένες περιοχές, η βροχόπτωση παρουσιάζεται αυξημένη κατά τη διάρκεια ορισμένων μηνών του χρόνου και πολύ περιορισμένη κατά τους υπόλοιπους μήνες. Σ' αυτές ανήκει και ο ελλαδικός χώρος. Εμφανίζονται περίοδοι με έλλειμμα υγρασίας των οποίων η διάρκεια καθορίζεται από την υπεροχή της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής, σε σύγκριση με τους ρυθμούς της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής. Οι περίοδοι αυτές, που χαρακτηρίζονται από μειωμένη βροχόπτωση, αντιπροσωπεύουν της ξηρές περιόδους. Τους λοιπούς μήνες, ο ρυθμός της

βροχόπτωσης υπερέχει του ρυθμού της εξατμισοδιαπνοής (δυνητική), με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα πλεόνασμα ύδατος το οποίο αναπληρώνει τις εδαφικές απώλειες σε νερό της ξηρής περιόδου. Στην Εικόνα 2.3 παρατίθεται η εξατμισοδιαπνοή στην Ελλάδα για τα τελευταία 50 χρόνια (ΥΠ.ΑΝ., 2003).



Εικόνα 2.3 Εξατμισοδιαπνοή (50 ετών 1950-2005)

2.3.3 Υπολογισμός απορροής

Μια λεκάνη απορροής αποτελεί ένα ανοιχτό φυσικό σύστημα, στην οποία εισέρχονται ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και ηλιακή ενέργεια και εξέρχονται απ' αυτήν οι επιφανειακές απορροές των ρευμάτων, οι ποσότητες του νερού που αντιστοιχούν στην εξατμισοδιαπνοή και η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία. Συγχρόνως αποτελεί και μια ανεξάρτητη μορφολογική ενότητα, η οποία

χαρακτηρίζεται από διάφορες μορφολογικές παραμέτρους που εκφράζουν τη μορφή του ανάγλυφου και του υδρογραφικού της δικτύου (Κουτσογιάννης, 2000).

Η μορφολογική εικόνα και οι γεωμορφολογικές συνθήκες μιας υδρολογικής λεκάνης αποτελούν μια συνθετική γεωμορφολογική εικόνα, που αποτελεί το στατιστικό αποτέλεσμα των επιμέρους λεκανών (υπολεκανών) που αναπτύσσονται σ' αυτήν και εκφράζονται από τις μέσες μορφομετρικές τους παραμέτρους. Η τελική μορφολογική εικόνα που παρουσιάζει η υδρολογική λεκάνη είναι το σύνθετο αποτέλεσμα που διαμορφώνεται κατά τη δράση των παραγόντων της διάβρωσης και της αποσάθρωσης από τη μια και της αντίδρασης των πετρωμάτων από την άλλη στη διάβρωση και την κίνηση του νερού μέσα σ' αυτά. Σημαντικός παράγοντας στη διαμόρφωση του ανάγλυφου της λεκάνης είναι η νεώτερη ρηξιγενής τεκτονική της περιοχής.

Ως λεκάνη απορροής στην διεθνή βιβλιογραφία, χαρακτηρίζεται ένα τμήμα της επιφάνειας της γης στο οποίο υπάρχει ένα στραγγιστικό δίκτυο (τα υδατορρέυματα διαφόρων βαθμίδων) και από το οποίο η όλη επιφανειακή απορροή διέρχεται από μία διατομή του κύριου ρεύματος. Η διατομή αυτή χαρακτηρίζεται ως η έξοδος της λεκάνης απορροής. Είναι εύκολα αντιληπτό ότι οποιαδήποτε διατομή του κύριου ρεύματος μπορεί να αποτελέσει την έξοδο μιας λεκάνης απορροής, εκείνης η οποία αντιστοιχεί στην διατομή αυτή (Κωτσόπουλος, 2000).

Από φυσικής και τοπογραφικής άποψης, η λεκάνη απορροής ορίζεται από μία κλειστή υψηλή γραμμή, που καλείται υδροκρίτης, η οποία ενώνει τα υψηλότερα σημεία της θεωρούμενης περιοχής στα οποία λαμβάνει χώρα ο διαχωρισμός των υδάτων της απορροής μεταξύ γειτονικών λεκανών απορροής. Η λεκάνη απορροής με την σειρά της χωρίζεται σε επιμέρους υπολεκάνες. Με τον όρο υπολεκάνη εννοούμε, την εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω

ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών σε συγκεκριμένο σημείο υδάτινου ρεύματος (συνήθως λίμνης ή συμβολής ποταμών). Οι υπολεκάνες απορροής αποτελούν υποδιαίρεση του συνολικού όγκου της λεκάνης απορροής και χωρίζονται σύμφωνα με τα τετραγωνικά μέτρα και το σύνολο των ρευμάτων.

Η λεκάνη απορροής αποτελεί μία αυτοτελή υδρολογική μονάδα. Ως εκ τούτου, η λεκάνη απορροής στο σύνολό της αποτελεί αντικείμενο πολλών ειδικών υδρολογικών μελετών (π.χ σχέσεις μεταξύ βροχοπτώσεων- απορροών, συνολικός όγκος απορροής για διάφορα χρονικά διαστήματα). Για τις μελέτες αυτές κρίνεται απαραίτητη η γνώση της φυσιογραφίας της λεκάνης απορροής (Παπαμιχαήλ, 2001).

Ο υπολογισμός της απορροής βασίζεται στη θεμελιώδη σχέση που εκφράζει το υδατικό ισοζύγιο, $R = P - ET - I$, και προϋποθέτει τη γνώση της μέσης βροχόπτωσης, της εξατμισοδιαπνοής και της κατείδυσης.

Ο υπολογισμός της απορροής βασίζεται στη σχέση: $R = P - ET - I$

Όπου: R = απορροή

P = μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm)

ET = εξατμισοδιαπνοή

I = εξαρτάται από την μορφολογία του εδάφους κυμαίνεται μεταξύ 5-30%

2.4 Ποιοτικές παράμετροι νερού

Οι ποιοτικές παράμετροι του νερού τις οποίες αναλύουμε στην παρούσα εργασία, είναι: 1) η παροχή (Q), 2) η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_w), 3) η ενεργός οξύτητα (pH), 4) η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO), 5) η θερμοκρασία των υδάτων (T_w), 6) η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T), 7) το ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου (DO%) και 8) τα χλωριόντα (CL⁻).

2.4.1 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένας απλός και γρήγορος τρόπος για την εκτίμηση της συγκέντρωσης των διαλυμένων ανόργανων αλάτων. Η μέθοδος είναι χρήσιμη σε σχετικά καθαρά νερά ποταμών, λιμνών και πηγών. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης οργανικών ενώσεων γιατί αυτές δίστανται σε ιόντα και αποτελούν κακούς αγωγούς το ηλεκτρισμού. Το απεσταγμένο νερό έχει αγωγιμότητα 0,1-0,2 milliSiemens/m η οποία αυξάνεται όταν παραμένει εκτεθειμένο στον ατμοσφαιρικό αέρα λόγω της απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα. Τα περισσότερα φυσικά νερά έχουν αγωγιμότητα 5-50 mS/m και μπορεί να φθάσει μέχρι τα 100 ή και τα 1000 mS/m σε περιπτώσεις ρύπανσης (Μωρίκη, 2006; Ξένος και Ξένου, 2005). Η αγωγιμότητα επίσης μετράται και σε S/cm (όπου $1 \text{ S} = 1 \text{ Siemen} = 1 \text{ mho} = 1 (\text{ohm})^{-1}$).

Σε μετρήσεις αγωγιμότητας που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Κρικέλης κ.ά., 1989) για τον Πηνειό ποταμό και τους παραποτάμους του, οι υψηλότερες τιμές αγωγιμότητας εμφανίζονται στο Ληθαίο ποταμό, 500-600 $\mu\text{S/cm}$, λόγω χαμηλής παροχής και υψηλής φόρτισης. Τα αποδεκτά όρια βάσει απόφασης του Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 4391/8-11-2004 για άρδευση που είναι τα 2500 $\mu\text{S/cm}$. Η κοινή απόφαση νομαρχών Σερρών και Δράμας Αριθ. 6550/81 (ΦΕΚ 580B/23-9-81) περί καθορισμού χρήσεως των νερών, ορίζει ως επιθυμητό όριο για την αγωγιμότητα μετρημένη σε $\mu\text{S/cm}$ σε 20 °C το 1000.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτή η ικανότητα εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, την ολική τους συγκέντρωση, το σθένος και τις επιμέρους συγκεντρώσεις τους, καθώς και τη θερμοκρασία του νερού κατά τη στιγμή της μέτρησης της. Τέτοια ιόντα είναι τα άλατα φθορίου, χλωρίου, νατρίου, ασβεστίου,

μαγνησίου κ.τ.λ. Είναι εύκολη και γρήγορη μέθοδος εκτίμησης της ποσότητας των διαλυμένων στο νερό στερεών (Stednick 1991). Απότομη αύξηση της αγωγιμότητας του νερού ενός ποταμού αποτελεί ένδειξη ρύπανσης, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα τόσο μεγαλύτερη είναι η βιολογική παραγωγικότητα.

Η αλατότητα του νερού μετράται έμμεσα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Σε νερό χαμηλής συγκέντρωσης σε άλατα και με κυρίαρχο άλας το χλωριούχο νάτριο, υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε $\mu\text{S}/\text{cm}$ και των ολικών διαλυμένων στερεών σε mg/l . Η συγκέντρωση των χλωριόντων του νερού μπορεί να υπολογιστεί αμέσως εργαστηριακά ή στο πεδίο, με ψηφιακή τιτλοδότηση ή με τη μέθοδο του ηλεκτροδίου ειδικού ιόντος (Hem, 1985).

Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού άρδευσης μεγαλύτερη από $0,7 \text{ ds}/\text{m}$ ($700 \mu\text{S}/\text{cm}$), μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα αλατότητας στο έδαφος, ανάλογα με το είδος του εδάφους, το είδος της καλλιέργειας, το κλίμα και τον τρόπο εφαρμογής του νερού. Νερό με ηλεκτρική αγωγιμότητα μεγαλύτερη από $3 \text{ dS}/\text{m}$ ($3000 \mu\text{S}/\text{cm}$), είναι κατά κανόνα ακατάλληλο για άρδευση (Παπαζαφειρίου και Αντωνόπουλος, 1991).

Η υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο νερό αποτελεί πρόβλημα τόσο για χρήση ως πόσιμο νερό από τους ανθρώπους και ζώα, όπως αλλοίωση της γεύσης του νερού αλλά και προβλήματα υγείας ανάλογα και με το είδος των αλάτων, αλλά και για βιομηχανική χρήση.

Η αλατότητα του νερού άρδευσης έχει διττό ρόλο. Αφενός επηρεάζει την αλατότητα των αρδευόμενων εδαφών, αφετέρου επηρεάζει την διηθητικότητα τους. Υψηλή αλατότητα νερού άρδευσης είναι δυνατό να προκαλέσει προβλήματα αλατότητας στα καλλιεργούμενα εδάφη με επακόλουθα προβλήματα πρόσληψης νερού στα φυτά. Χαμηλή αλατότητα νερού άρδευσης (κάτω από $200 \mu\text{mhos}/\text{cm}$) είναι δυνατό να προκαλέσει έκπλυση των ελευθέρων αλάτων του εδάφους και κυρίως του

ασβεστίου το οποίο έχει ισχυρή επίδραση στη σταθερότητα των συσσωματωμάτων του εδάφους ειδικότερα και της δομής του γενικότερα. Χωρίς την παρουσία αλάτων στο εδαφικό διάλυμα και ιδιαίτερα ασβεστίου, η άργιλος του εδάφους διαμερίζεται και κλείνουν οι περισσότεροι από τους μικρούς πόρους του εδάφους. Με αυτό τον τρόπο σφραγίζεται το επιφανειακό έδαφος και μειώνεται η διηθητικότητα του. Έτσι δημιουργείται επιφανειακή κρούστα από την οποία εμποδίζεται η εμφάνιση φυταρίων και η ποσότητα του νερού που εισέρχεται στο έδαφος είναι μειωμένη και μπορεί να προκληθεί υδατική καταπόνηση μεταξύ δύο αρδεύσεων (Μισοπολινός, 1991).

Προκειμένου να μελετηθούν τα προβλήματα αλατότητας και διηθητικότητας που μπορεί να προκύψουν στα καλλιεργούμενα εδάφη από το νερό άδρευσεως απαιτείται εκτός από τη γνώση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού η γνώση της SAR που δίνεται από τη σχέση
$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}}$$
 και της βροχόπτωσης (Αντωνόπουλος 2003). Γενικά αύξηση της αλατότητας αυξάνει την διηθητικότητα του εδάφους ενώ μείωση της διηθητικότητας προκαλεί η μείωση της αλατότητας του νερού άδρευσης και η αύξηση της SAR.

2.4.2 Ενεργός οξύτητα (pH)

Η ενεργός οξύτητα (pH) του νερού είναι καθοριστικός παράγοντας κάθε φυσικής διαδικασίας, κρίσιμος παράγοντας λειτουργίας των βιολογικών συστημάτων και σημαντικό εργαλείο για την εκτίμηση άλλων παραμέτρων της ποιότητας του νερού, όπως η αλκαλικότητα (Stednick 1991).

Το pH χρησιμοποιείται για καθαρισμό της οξύτητας ή της βασικότητας του νερού. Οι τιμές του κυμαίνονται σε ένα εύρος από 0 ως 14 με το 7 να θεωρείται το επίπεδο ουδετερότητας. Τιμές κάτω από 7 χαρακτηρίζουν το νερό ως όξινο και πάνω

από 7 ως βασικό. Η ενεργός οξύτητα είναι μέτρο των ελεύθερων H^+ και OH^- του νερού. Αν η συγκέντρωση (ενεργότητα) των πρώτων είναι μεγαλύτερη από αυτή των δεύτερων τότε το νερό χαρακτηρίζεται ως όξινο. Καθώς η ενεργός οξύτητα επηρεάζεται από χημικές ουσίες που προστίθενται στο νερό, αποτελεί ένα σημαντικό και βασικό δείκτη του νερού του οποίου μεταβάλλεται η χημική σύνθεση και επομένως η ποιότητα του.

Οξίνιση των επιφανειακών νερών συναντάται σε περιοχές όπου οι όξινες αποθέσεις είναι υψηλές, ενώ το έδαφος και το μητρικό πέτρωμα είναι φτωχά σε ασβεστόλιθο και άλλα βασικά ορυκτά που αποσαθρώνονται εύκολα. Η αποσάθρωση τέτοιων ορυκτών απελευθερώνει βάσεις, οι οποίες αντιδρούν με τις όξινες χημικές ενώσεις (οξέα), ανεβάζοντας έτσι την τιμή της ενεργούς οξύτητας. Γενικά μικρές λίμνες και ποτάμια κυρίως μεγάλου υψομέτρου επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από μεγάλες λίμνες και ποτάμια που βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο (EEA, the Dobris Assessment, 1995).

Σημαντική συμβολή στη μείωση του pH των υδατικών συστημάτων έχουν οι όξινες αποθέσεις, με τη μορφή όξινης βροχής, οξειδίων του θείου και του αζώτου, που προέρχονται από καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα, εργοστάσια κ.λπ. Η μείωση των όξινων εκπομπών του θείου και του αζώτου γενικά θεωρείται ο μοναδικός αποτελεσματικός τρόπος, για την αντιμετώπιση της όξινσης των υδατικών συστημάτων, με μακροχρόνια αποτελέσματα.

Η οξίνιση επηρεάζει τα υδατικά συστήματα σε όλα τα επίπεδα και έχει προφανείς επιπτώσεις τόσο στις κοινότητες των φυτών, όσο και των ζώων. Οι υδρόβιοι οργανισμοί επηρεάζονται τόσο άμεσα, λόγω της δημιουργίας τοξικών συνθηκών, όσο και έμμεσα, λόγω της μείωσης των ευαίσθητων σε όξινες συνθήκες ειδών που αποτελούν τροφή για άλλα είδη. Έτσι μειώνεται η βιοποικιλότητα των

υδατικών συστημάτων. Σε υδατικά συστήματα με pH μικρότερο από 5 γενικά δεν συναντιούνται πολλές ποικιλίες ψαριών (EEA The Dobris Assessment, 1995).

Οι μονάδες του pH μετρούνται σε λογαριθμική κλίμακα. Αυτό έχει ως συνέπεια νερό με pH ίσο με 5 είναι 10 φορές πιο όξινο από νερό με pH ίσο με 6. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να αποφεύγεται το νερό κοντά σε ορυχεία. Το νερό αυτό έχει συνήθως pH ίσο με 2, κάτι που σημαίνει ότι είναι 100.000 φορές πιο όξινο από το νερό με ουδέτερο pH.

Η τιμή της ενεργού οξύτητας επηρεάζει την γεύση του νερού και σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα του πόσιμου νερού πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 7 και 8,5 για πόσιμο νερό. Για τους υδρόβιους οργανισμούς η τιμή του πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 6 και 9 και για το νερό άδρευσης μεταξύ 6,5 και 8,4. (Γεράκης και Τσιουρή, 1989).

Τα ενδεικτικά επίπεδα του pH που αναφέρονται στη νομοθεσία για τη διαβίωση κυπρινιδών σε γλυκά νερά είναι 5,5-8,5 (Ζανάκη, 2001). Τα καθορισμένα πρότυπα ποιότητας νερών για κολύμβηση, όσον αφορά το pH είναι: 6,6-8,5. Σε ότι αφορά τα όρια αποδέκτη, βάσει απόφασης Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 4391/8-11-2004, οι τιμές του pH πρέπει να κυμαίνονται από 6,5-8,5 για τη διαβίωση ψαριών και 6,5-9,5 για άρδευση. Η τιμή του pH μεταβάλλεται αντίστροφα ανάλογα με την τιμή της συγκέντρωσης του CO_2 και ανάλογα με τη συγκέντρωση του HCO_3^- . Η κρίσιμη τιμή του pH που συνδέεται με την απουσία ή την παρουσία του CO_2 είναι 8, πάνω απ' αυτή τα ύδατα δεν περιέχουν CO_2 . Η απουσία του CO_2 δεν περιορίζει τη φωτοσύνθεση ορισμένων φυκών καθώς και ανώτερων φυτών, τα οποία έχουν προσαρμοσθεί στη χρησιμοποίηση αντί του CO_2 , των CO_3^{2-} , κάτω από έντονα αλκαλικές συνθήκες (Παπουτσόγλου, 1996).

Οι αποκλίσεις του pH και του επιπέδου του διαλυμένου οξυγόνου, διαδοχικά, ρυθμίζουν τις περισσότερες από τις βιοχημικές και χημικές αντιδράσεις που

επιηρεάζουν τη σύνθεση του νερού. Έτσι, μια αύξηση στον πληθυσμό του φυτοπλαγκτού επιφέρει αύξηση στις τιμές του pH και του οξυγόνου (Sawidis, 1997).

2.4.3 Διαλυμένο οξυγόνο

Τα μόρια του νερού δημιουργούνται από 2 άτομα υδρογόνου και 1 άτομο οξυγόνου. Αυτό δεν σημαίνει ότι στο νερό υπάρχει αφθονία οξυγόνου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από υδρόβιους οργανισμούς (ψάρια, ζωοπλαγκτό). Οι υδρόβιοι οργανισμοί δεν χρησιμοποιούν το οξυγόνο των μορίων του νερού, γιατί δεν μπορούν να το αποσπάσουν από αυτά ώστε να γίνει διαθέσιμο. Στην πραγματικότητα μια μικρή ποσότητα οξυγόνου με συγκέντρωση περίπου 10 μορίων οξυγόνου (O_2) ανά 1.000.000 μορίων νερού, βρίσκεται διαλυμένο μέσα στο νερό. Αυτό το διαλυμένο οξυγόνο χρησιμοποιείται από τους υδρόβιους οργανισμούς. Η ποσότητα του μοριακού οξυγόνου που βρίσκεται διαλυμένη μέσα στο νερό δεν είναι η ίδια για όλα τα υδατικά συστήματα. Το νερό που κινείται με ταχύτητα, όπως ένα μεγάλο ποτάμι ή ένας χείμαρρος, περιέχει μεγάλη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με τα στάσιμα νερά (Κυριακίδης, 2004).

Η διαδικασία κατά την οποία τα βακτήρια που ζουν στο νερό αποσυνθέτουν την οργανική ουσία, μειώνει την συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό. Γι' αυτό υψηλές συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας στις λίμνες και τα ποτάμια προκαλούν καταστάσεις έλλειψης διαλυμένου οξυγόνου. Οι υδρόβιοι οργανισμοί πιέζονται από την έλλειψη αυτή, που δημιουργείται κυρίως σε στάσιμα νερά με υψηλή συγκέντρωση οργανικών ουσιών, ιδίως κατά τους θερινούς μήνες, που σε συνδυασμό με την υψηλή θερμοκρασία η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου μειώνεται περισσότερο.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό αντανακλά την ισορροπία μεταξύ των διαδικασιών που προσθέτουν οξυγόνο και αυτών που αφαιρούν (ισοζύγιο διαλυμένου οξυγόνου) καθώς και την εγγενή ικανότητα του νερού να διαλύει το οξυγόνο, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα και την ατμοσφαιρική πίεση. Η διακύμανση της θερμοκρασίας, οι ημερήσιες και οι εποχιακές μεταβολές της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και της παροχής, η διαδικασία αποξυγόνωσης και επαναερισμού, καθιστούν τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου πολύ ευμετάβλητη.

Το φάσμα των τιμών που κυμαίνεται η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι συνήθως μεταξύ 0 mg/l και 14 mg/l σε θερμοκρασία στην οποία το νερό αρχίζει να μετατρέπεται σε πάγο (περίπου 0 °C). Στη βιβλιογραφία εκτός από τα 14 mg/l συναντιόνται και μεγαλύτερες συγκεντρώσεις όπως 16 mg/l ή και 18 mg/l. Ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν τη στιγμή της μετρήσεως είναι δυνατό το νερό να είναι υπερκορεσμένο σε οξυγόνο οπότε να παρουσιάζει υψηλότερες των 14 mg/l συγκεντρώσεις. Η μέτρηση του επί τις εκατό (%) ποσοστού κορεσμού του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο εξυπηρετεί στη γνώση της ύπαρξης παραγόντων που δρουν περιοριστικά στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου πέρα από τη θερμοκρασία, την ταχύτητα ροής και την ατμοσφαιρική πίεση. Σε συγκεντρώσεις κάτω από 3 mg/l είναι δυνατό να συμβούν θάνατοι ψαριών.

Η διακύμανση στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου καθορίζεται από βιολογικές διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή των ψαριών, αλλά και παραμέτρους όπως το βάθος και η θερμοκρασία (Σίνης, 2001). Σε φυσιολογικές συνθήκες τα ύδατα των ρευμάτων τυπικά περιέχουν μεγάλη συγκέντρωση οξυγόνου, που τείνει προς το σημείο κορεσμού (Παπουτσόγλου, 1996). Τα νερά μη ρυπασμένων ποταμών είναι περίπου 100% κορεσμένα σε οξυγόνο, εξαιτίας της σταθερής

εναλλαγής αερίων μεταξύ της ατμόσφαιρας και του νερού ενισχυμένη από την ανατάραξη (Lampert et al., 1997). Σύμφωνα με την νομοθεσία το επιθυμητό όριο του διαλυμένου οξυγόνου για διαβίωση ψαριών και για αναψυχή, είναι 80-120 % της τιμής κορεσμού ή στην περίπτωση του νομού Τρικάλων >50% (Ζανάκη, 2001).

Δεν έχουν αναφερθεί επιπτώσεις στην υγεία, που να συνδέονται άμεσα με την ελάττωση ή την έλλειψη διαλυμένου οξυγόνου στο πόσιμο νερό. Υπάρχουν όμως κάποιες έμμεσες επιπτώσεις π.χ. η διάβρωση των σωληνώσεων του υδραυλικού συστήματος, που έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η περιεκτικότητα του νερού σε μέταλλα (π.χ. σίδηρο, ψευδάργυρο, μόλυβδο, κάδμιο). Επίσης δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες οι οποίες βοηθούν την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη και των θεικών σε θειούχα, με συνέπεια την δημιουργία δυσάρεστων οσμών.

Τέλος το διαλυμένο οξυγόνο ελαττώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και η αλατότητα του νερού.

2.4.4 Θερμοκρασία υδάτων

Η θερμοκρασία του νερού είναι σημαντική παράμετρος σχεδόν σε όλες τις μετρήσεις των χημικών στοιχείων γιατί επηρεάζει την διαλυτότητα και τους χρόνους αντίδρασης των ουσιών. Είναι ο κύριος παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στα φυσικά υδατικά συστήματα. Ως συνέπεια αυτού είναι ότι σε ένα πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας του νερού, είναι απαραίτητο εκτός από την μέτρηση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, να μετράται και το επί τις εκατό (%) ποσοστό κορεσμού του νερού σε οξυγόνο συγκριτικά με το μέγιστο ποσό του οξυγόνου που θα μπορούσε να διαλυθεί στο νερό τη στιγμή της μετρήσεως. Όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία του

νερού τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή οξυγόνου κορεσμού (Γεράκης και Τσιουρή, 1989).

Η θερμοκρασία «ελέγχει» τους ρυθμούς των βιοχημικών αντιδράσεων όπως η αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών από τους υδρόβιους μικροοργανισμούς.

Σημαντικό, από βιολογική άποψη, είναι ότι τα περισσότερα υδρόβια είδη απαιτούν συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών προκειμένου να επιζήσουν. Εάν η θερμοκρασία του νερού ξεπεράσει αυτά τα όρια τα είδη θα πιεστούν προκειμένου να επιζήσουν και κάποια μπορεί να πιεστούν μέχρι του σημείου να πεθάνουν. Στην καλύτερη των περιπτώσεων θα απομακρυνθούν, εάν το επιτρέπουν οι συνθήκες, από το υδάτινο σύστημα που προκαλεί την πίεση.

Η απότομη αύξηση της θερμοκρασίας των υδατορευμάτων και των λιμνών, που δεν σχετίζεται με μεταβολές του κλίματος, φανερώνει θερμική μόλυνση που προέρχεται συνήθως από εργοστάσια παραγωγής ενέργειας.

Η θερμοκρασία αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους των υδάτινων μαζών, για τον λόγο πως επηρεάζει τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες. Αποτελεί επίσης και μία από τις παραμέτρους συστηματικής παρακολούθησης της φυσικοχημικής ποιότητας. Για τη θερμοκρασία τα όρια αποδέκτη βάσει απόφασης Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 4391/8-11-2004 για τη διαβίωση ψαριών 20-28°C.

2.4.5 Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η μεταφορά θερμότητας από την κίνηση του νερού είναι μια από τις πλέον ορατές διαδικασίες. Το νερό μπορεί να περιέχει και έτσι μεταφέρει θερμότητα εξαιτίας της ειδικής ικανότητας θερμότητας. Εάν υπάρχει θερμική διαφορά μεταξύ νερού και γειτονικού περιβάλλοντος, τότε μεταφέρεται θερμότητα προς την κατεύθυνση της χαμηλότερης θερμοκρασίας. Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, που περιλαμβάνουν τις θερμοδυναμικές ιδιότητες του κορεσμένου μέσου, της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ νερού και περιβάλλοντος και την ταχύτητα ροής του νερού. Ο μεγαλύτερος ρυθμός ανταλλαγής θερμότητας σχετίζεται με την ταχύτερη μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ νερού και περιβάλλοντος. Μ' αυτόν, λοιπόν, τον τρόπο η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει το νερό.

2.4.6 Ποσοστό κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου

Κορεσμός επί τις εκατό (%) του διαλυμένου οξυγόνου είναι το ποσό του διαλυμένου οξυγόνου στο δείγμα νερού σε σύγκριση με το μέγιστο ποσό που θα μπορούσε αυτό να έχει στην ίδια θερμοκρασία. Για παράδειγμα, το νερό θεωρείται ότι είναι 100% κορεσμένο εάν περιέχει το ανώτατο ποσό του οξυγόνου στη συγκεκριμένη θερμοκρασία στην οποία έγινε η μέτρηση. Ένα δείγμα νερού που είναι κατά 50% κορεσμένο έχει μόνο τη μισή ποσότητα του οξυγόνου που θα μπορούσε δυνητικά να διαθέτει στη συγκεκριμένη θερμοκρασία.

Μερικές φορές το νερό μπορεί να γίνει υπερκορεσμένο με οξυγόνο, αυτό συνήθως διαρκεί για ένα μικρό χρονικό διάστημα, αλλά μπορεί να είναι επιβλαβής για τα ψάρια και τους υπόλοιπους υδρόβιους οργανισμούς.

Ποσοστό κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου σε τιμές 80-120% θεωρείται ότι είναι εξαιρετικό, αντιθέτως για τιμές κάτω του 60% ή πάνω από 125% θεωρείται φτωχό.

Στον Πίνακα 2.4, δίνεται αντιστοιχία ατμοσφαιρικής πίεσεως, ισοδύναμου υψομέτρου και συντελεστή διόρθωσης, για το οξυγόνο κορεσμού.

Πίνακας 2.4 Προσδιορισμός του συντελεστή διόρθωσης για το επίπεδο του διαλυμ. οξυγόνου

Ατμοσφαιρική πίεση (mmHg)	Ισοδύναμο Υψόμετρο (ft.)	Διορθωτικός συντελεστής
775	540	1.02
760	0	1.00
745	542	0.98
730	1094	0.96
714	1688	0.94
699	2274	0.92
684	2864	0.90
669	3466	0.88
654	4082	0.86
638	4756	0.84
623	5403	0.82
608	6065	0.80
593	6744	0.78
578	7440	0.76
562	8204	0.74
547	8939	0.72
532	9694	0.70
517	10,472	0.68

2.4.7 Χλωρίοντα

Τα Χλωρίοντα είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση σαν άλατα νατρίου, καλίου και ασβεστίου. Προέρχονται από τη διάβρωση των βράχων. Επειδή είναι πολύ ευκίνητα και ευδιάλυτα διεισδύουν στο έδαφος ή μεταφέρονται τόσο σε κλειστές λεκάνες όσο και στους ωκεανούς. Μπορεί όμως να προκύψουν και από την χρήση λιπασμάτων, από λύματα και βιομηχανικά απόβλητα ή από τη διείσδυση θαλασσινού νερού σε παράκτιες περιοχές.

Δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή γεύση. Η απότομη αύξηση των χλωριόντων στο νερό, αν δεν οφείλεται στην είσοδο θαλασσινού νερού, υποδηλώνει πιθανή ρύπανση από λύματα και απαιτείται άμεση επιτόπια υγειονομική επιθεώρηση. Η πιθανή όμως ρύπανση θα πρέπει να επιβεβαιωθεί και με άλλες μετρήσεις (π.χ. μικροβιολογικές, αμμωνία, νιτρώδη). Για τον λόγο πως δεν έχει παρατηρηθεί τοξικότητα των χλωριόντων στον άνθρωπο, δεν έχει καθορισθεί ανώτατο επίπεδο στο πόσιμο νερό.

Τα χλωριόντα είναι μια σύνθετη ένωση αλατιού που προκύπτει από το συνδυασμό του αερίου χλωρίου και ενός μετάλλου. Ορισμένα κοινά χλωριόντα περιλαμβάνουν χλωριούχο νάτριο (NaCl) και χλωριούχο μαγνήσιο (Mg Cl_2). Το χλώριο μόνο του ως Cl_2 είναι ιδιαίτερα τοξικό, και χρησιμοποιείται συχνά ως απολυμαντικό. Σε συνδυασμό με ένα μέταλλο, όπως το νάτριο καθίσταται απαραίτητο για τη ζωή. Μικρές ποσότητες χλωριόντων απαιτούνται για την κανονική λειτουργία των κυττάρων στα φυτά και τα ζώα.

Τα χλωριόντα δεν είναι συνήθως επιβλαβή για τους ανθρώπους, ωστόσο, το νάτριο του επιτραπέζιου αλατιού έχει συνδεθεί με την καρδιακή και νεφρική νόσο. Το χλωριούχο νάτριο μπορεί να προσδώσει μια γεύση αλμυρή στα 250 mg / l, εντούτοις το χλωριούχο ασβέστιο ή το χλωριούχο μαγνήσιο δεν ανιχνεύονται συνήθως από τη γεύση μέχρι τα επίπεδα των 1000 mg / l.

Αν και η ανάλυση των χλωριόντων μπορεί να πραγματοποιηθεί με ποντενσιομετρική ογκομέτρηση σε συνδυασμό με τη βοήθεια υπολογιστή, η ιονική χρωματογραφία (ολοκληρωμένο κύκλωμα) είναι η συνιστώμενη μέθοδος προσδιορισμού, η οποία χρησιμοποιείται για να διαχωριστούν τα διάφορα ανιόντα. Ο χρόνος που απαιτείται έτσι ώστε το ανιόν να περάσει από τη στήλη δείχνει τη

συγκέντρωσή του. Για τον προσδιορισμό της ταυτότητας των ανιόντων, το ολοκληρωμένο κύκλωμα χρησιμοποιεί ένα μετρητή αγωγιμότητας. Δεδομένου ότι κάθε ανιόν έχει μια διαφορετική αγωγιμότητα, η ταυτότητά της μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί.

Τα επίσημα πρότυπα πόσιμοι νερού προς κατανάλωση απαιτούν τα επίπεδα χλωριόντων να μην υπερβαίνουν τα 250 mg / l. Τα κριτήρια για την προστασία της υδρόβιας ζωής απαιτούν επίπεδα κάτω των 600 mg / L για χρόνια (μακροχρόνια) έκθεση και 1200 mg / L για τη βραχυχρόνια έκθεση .

Τα χλωρίοντα μπορούν να περάσουν στα επιφανειακά ύδατα από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων:

- πετρωμάτων που περιέχουν χλωρίοντα,
- γεωργικές απορροές,
- λύματα από τις βιομηχανίες,
- οδικό αλάτισμα,
- απόβλητα πετρελαιοπηγών και
- λύματα αποβλήτων αποχέτευσης από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων.

Τα χλωρίοντα μπορούν να διαβρώσουν τα μέταλλα και να επηρεάσουν τη γεύση των προϊόντων διατροφής. Ως εκ τούτου, το νερό που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ή υποβάλλεται σε επεξεργασία για οποιαδήποτε χρήση έχει μέγιστο συνιστώμενο επίπεδο χλωριόντων. Τα χλωρίοντα μπορούν να μολύνουν ρεύματα γλυκού νερού και λίμνες. Τα ψάρια και οι υδρόβιες κοινότητες δεν μπορούν να επιβιώσουν σε υψηλά επίπεδα χλωριόντων. Ο Πίνακας 2.5, δείχνει τις επιπτώσεις των χλωριόντων στα ψάρια. Χλωρίοντα πάνω από τα επίπεδα αυτά μπορεί να είναι τοξικά:

Πίνακας 2.5 Επιπτώσεις των χλωριόντων στα ψάρια

mg/L (PPM)		
Σύντομη έκθεση	Μακράς διάρκειας έκθεση	Είδος
2.540	400	Σαλιγκάρι
6.740	900	Ιριδίζουσα πέστροφα
8.000	800	γατόψαρο
8.390	850	Κυπρίνος

2.5 Μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε για την συναγωγή συμπερασμάτων ως προς την ύπαρξη τάσης.

2.5.1 Εισαγωγή στις χρονοσειρές

Χρονική σειρά είναι μια οικογένεια τυχαίων μεταβλητών X_t , $t \in T$, όπου T είναι μια χρονική περίοδος ή υποσύνολο του χώρου. Αν το T συνεχές, η χρονική σειρά λέγεται συνεχής, ενώ αν το T διακριτό και η σειρά λέγεται διακριτή.

Στην πράξη ασχολούμαστε κυρίως με διακριτές χρονικές σειρές στις οποίες μάλιστα οι παρατηρήσεις λαμβάνονται σε ισαπέχοντα χρονικά διαστήματα. Αν λοιπόν έχουμε N διαδοχικές τιμές, τότε γράφουμε X_1, X_2, \dots, X_N για να δηλώσουμε παρατηρήσεις που έγιναν στους χρόνους $\tau_0 + h, \tau_0 + 2h, \dots, \tau_0 + Nh$. Το τ_0 και το h μπορεί να είναι σημαντικά, αλλά και άνευ σημασίας. Γενικά X_t , είναι η παρατήρηση στο χρόνο t .

Ακόμη, ξέρουμε ότι, ένα στάσιμο φαινόμενο που εκτυλίσσεται μέσα στο χρόνο, σύμφωνα με τους νόμους των πιθανοτήτων, καλείται στοχαστική διαδικασία.

Η χρονική σειρά λοιπόν μπορεί να θεωρηθεί στοχαστική διαδικασία με πεπερασμένο πλήθος παρατηρήσεων.

Τέλος, θα μπορούσαμε να πούμε απλά ότι, η χρονική σειρά είναι ένα σύνολο παρατηρήσεων που λαμβάνονται παίρνοντας μετρήσεις μιας τυχαίας μεταβλητής, σε κανονικά χρονικά διαστήματα.

Στην Οικονομία, Κλιματολογία, Βιολογία, Υδρολογία, Φυσική, Οικολογία, Ωκεανογραφία κ.λπ. έχουμε παρατηρήσεις που μπορούν να χαρακτηριστούν χρονικές σειρές. Για παράδειγμα η μηνιαία καταγραφή της παροχής, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, των χλωριόντων, της θερμοκρασίας κ.λπ. αποτελούν χρονικές σειρές (Σέντας, 2007).

2.5.2 Έλεγχος ύπαρξης τάσης

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τρεις μέθοδοι για τον έλεγχο ύπαρξης τάσης: 1) η ευθεία παλινδρόμηση, 2) ο συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman και 3) ο συντελεστής συσχέτισης βαθμού Kendall. Για την μέθοδο της ευθείας παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS version 17.0, ενώ για τους συντελεστές συσχέτισης βαθμού Spearman και Kendall χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Microsoft office excel vista.

2.5.3 Ευθεία παλινδρόμησης

Για τον έλεγχο της τάσης μιας χρονοσειράς συνήθως προσαρμόζεται στα δεδομένα μια ευθεία παλινδρόμησης με ανεξάρτητη μεταβλητή τον χρόνο και

εξαρτημένη τις παρατηρήσεις μας, εκτιμάται η κλίση της ευθείας με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων και ελέγχεται ως προς τη σημαντικότητά της. Αν η κλίση της ευθείας είναι σημαντική, σημαίνει ότι υπάρχει τάση στη χρονοσειρά.

Ένας άλλος απλός τρόπος για τον έλεγχο της τάσης είναι η ύπαρξη πολλών σημαντικών αυτοσυσχετίσεων. Συνήθως αν περισσότερες από 5-6 αυτοσυσχετίσεις είναι σημαντικές αυτό σημαίνει ότι υπάρχει τάση.

Τα τελευταία χρόνια ασχολήθηκαν πολλοί ερευνητές με τον έλεγχο ύπαρξης τάσης σε μια χρονοσειρά, με σκοπό τον προσδιορισμό της αύξησης ή της μείωσης των τιμών π.χ. μιας χημικής ουσίας που περιέχεται στο νερό, πράγμα που επηρεάζει την ποιότητα του.

2.5.4 Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman

Η δοκιμή αυτή γίνεται ως εξής:

Οι παρατηρήσεις $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$ αντικαθίστανται από τους βαθμούς τους (ranks) y_i κατά αυξανόμενη σειρά μεγέθους. Ο συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman

$$\text{είναι } r_s = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \sum_{i=1}^n (y_i - i)^2$$

Αν ισχύει η μηδενική υπόθεση η ασυμπτωτική κατανομή του $r_s (n > 30)$ είναι

$$\text{κανονική με μέση τιμή } E(r_s) = 0 \text{ και διασπορά } V(r_s) = \frac{1}{n-1}$$

Η μηδενική υπόθεση $H_0: R_{sp} = 0$ (δεν υπάρχει συσχέτιση) ως προς την εναλλακτική $H_1: R_{sp} \neq 0$ (υπάρχει συσχέτιση) ελέγχεται με τη στατιστική συνάρτηση:

$$t = r_{sp} \sqrt{\frac{n-2}{1-r_{sp}^2}}$$

η οποία ακολουθεί την κατανομή με $n-2$ βαθμούς ελευθερίας και οι τιμές της δίνονται σε πίνακα (Dahmen and Hall 1990).

Η δοκιμή γίνεται με την ανοιγμένη μεταβλητή (Owen, 1962). $z = r_s \sqrt{n-1}$

Έτσι η μηδενική υπόθεση γίνεται δεκτή αν: $t_{n-2, \frac{\alpha}{2}} < t < t_{n-2, 1-\frac{\alpha}{2}}$

2.5.5 Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Kendall

Για τη δοκιμή αυτή υπολογίζουμε για κάθε παρατήρηση x_i τον αριθμό n_i των προηγούμενων παρατηρήσεων x_j ($j < i$) των οποίων ο βαθμός y_j είναι μικρότερος από το y_i .

Η στατιστική συνάρτηση t της δοκιμής αυτής είναι:

$$t = \sum_i n_i$$

της οποίας η κατανομή είναι ασυμπτωτικά κανονική με μέσο $E(t) = \frac{n(n-1)}{4}$ και

διασπορά $V(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72}$

και συνεπώς η δοκιμή γίνεται με την ανοιγμένη στατιστική συνάρτηση $u(t) = \frac{t - E(t)}{\sqrt{V(t)}}$

Η δοκιμή Kendall έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εντόπιση του χρονικού σημείου εμφάνισης τάσης.

2.6 Στατιστικό πακέτο SPSS

Το στατιστικό πακέτο SPSS (Statistical Package for Social Sciences) είναι από τα πιο παλαιά λογισμικά που κατασκευάστηκαν για την εξυπηρέτηση όλων εκείνων

που έχουν ανάγκη κάποιας μορφής στατιστικής ανάλυσης. Είναι από τα πιο εξελιγμένα υπολογιστικά προγράμματα στατιστικής με στόχο να καλύψει το σύνολο των γνωστότερων στατιστικών τεχνικών.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η version 17.0. Διαθέτει ένα αξιόλογο γραφικό περιβάλλον, καλύπτοντας όλο το χώρο της περιγραφικής στατιστικής και όχι μόνο. Ραβδογράμματα, ιστογράμματα, θηκογράμματα, διαγράμματα διασποράς (scatter plots), Q-Q plots, είναι μερικά από τα δημοφιλέστερα γραφήματα, που περιέχει.

Διαθέτει ένα πλήθος εντολών για μετασχηματισμούς δεδομένων για ανάλυση παλινδρόμησης, ανάλυση διασποράς, για διερευνητική ανάλυση, ανάλυση επιβίωσης, ανάλυση χρονοσειρών, καθώς και για πολυμεταβλητή ανάλυση.

Είναι ένα στατιστικό πακέτο με πολλές δυνατότητες για εισαγωγή δεδομένων και σαφή καταγραφή των αποτελεσμάτων όλων των διαδικασιών (στατιστικών αναλύσεων, γραφικών παραστάσεων, μετατροπών κλπ) που πραγματοποιήθηκαν σ' ένα σύνολο δεδομένων και μάλιστα με τη σειρά που εκτελέστηκαν.

Για την ανάλυση χρονοσειρών διαθέτει: γραφήματα, εντολές εκτίμησης παραμέτρων, στατιστικά για τον έλεγχο προσαρμογής ενός μοντέλου, στατιστικά για τη σύγκριση μοντέλων και τέλος δίνει δυνατότητα πρόβλεψης. Φυσικά όλες οι εντολές της βασικής έκδοσης SPSS είναι επίσης στη διάθεση του χρήστη.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι:

- Series mean
- Mean of nearby points
- Median of nearby points
- Linear interpolation
- Linear trend at point

Όλες οι παραπάνω εντολές χρησιμοποιήθηκαν για την συμπλήρωση δεδομένων στις παραμέτρους: 1) παροχή (Q), 2) ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_w), 3) ενεργός οξύτητα (pH), 4) συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO), 5) θερμοκρασία των υδάτων (T_w), 6) ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου (DO%), 7) θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T) και 8) χλωριόντα (CL⁻) στους σταθμούς δειγματοληψίας της γέφυρας Σωτήρας και της γέφυρας Τρικαίολου.

Μετά από δοκιμή όλων των μεθόδων, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως η μέθοδος “Linear interpolation” εκτός ελαχίστων περιπτώσεων, συμπλήρωνε με καλύτερο τρόπο τα δεδομένα και τα διαγράμματα τα οποία έδινε παρουσιάζονταν πιο ομαλά. Στις περιπτώσεις που αυτό δεν συνέβαινε χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος “Linear trend at point” για τους ίδιους λόγους που προαναφέρθηκαν και για την μέθοδο Linear interpolation. Οι υπόλοιπες μέθοδοι μειονεκτούσαν κατά πολύ σε σύγκριση με τις δυο προαναφερόμενες τόσο στην συμπλήρωση δεδομένων όσο και στην ομαλότητα των διαγραμμάτων.

Στη δημιουργία των διαγραμμάτων χρησιμοποιήσαμε την ίδια μέθοδο τρεις φορές, αλλά με τη διάφορα ότι τα δεδομένα τα οποία εισάγαμε ήταν διαφορετικά για κάθε ένα διάγραμμα, οπότε το αποτέλεσμα ήταν να καταλήξουμε για κάθε μια χρονοσείρα σε τρία διαφορετικά διαγράμματα, ένα που μας έδινε το διάγραμμα με τα ελλιπή δεδομένα και όπως ήταν επόμενο με κενά, ένα με τα δεδομένα της εκάστοτε μεθόδου που χρησιμοποιούσαμε για τη συμπλήρωση των κενών και ένα που συνδύαζε τα αρχικά ελλιπή δεδομένα με τα συμπληρωμένα δεδομένα στο ίδιο διάγραμμα, αλλά με διαφορετικό χρώμα για το καθένα, έτσι ώστε να διακρίνεται ο τρόπος με τον οποίο έγινε η συμπλήρωση και κατά πόσο αυτή παρουσιαζόταν ομαλή μέσα στο διάγραμμα.

Εκτός από την συμπλήρωση των κενών των χρονοσειρών χρησιμοποιήθηκε το SPSS version 17.0 και για την διερεύνηση της τάσης με την μέθοδο της ευθείας παλινδρόμησης για κάθε μια από της χρονοσειρές του σταθμού δειγματοληψίας της γέφυρας Τρικαίογλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αποτελέσματα-Συζήτηση

Εισαγωγή

Οι παράμετροι τις οποίες αναλύσαμε αφορούν τα ύδατα του Ληθαίου ποταμού. Οι μετρήσεις έχουν ληφθεί σε μηνιαία βάση από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων. Αφορούν το διάστημα από τον Ιανουάριο του 1986 έως το Μάρτιο του 1997 και είναι οι ακόλουθες:

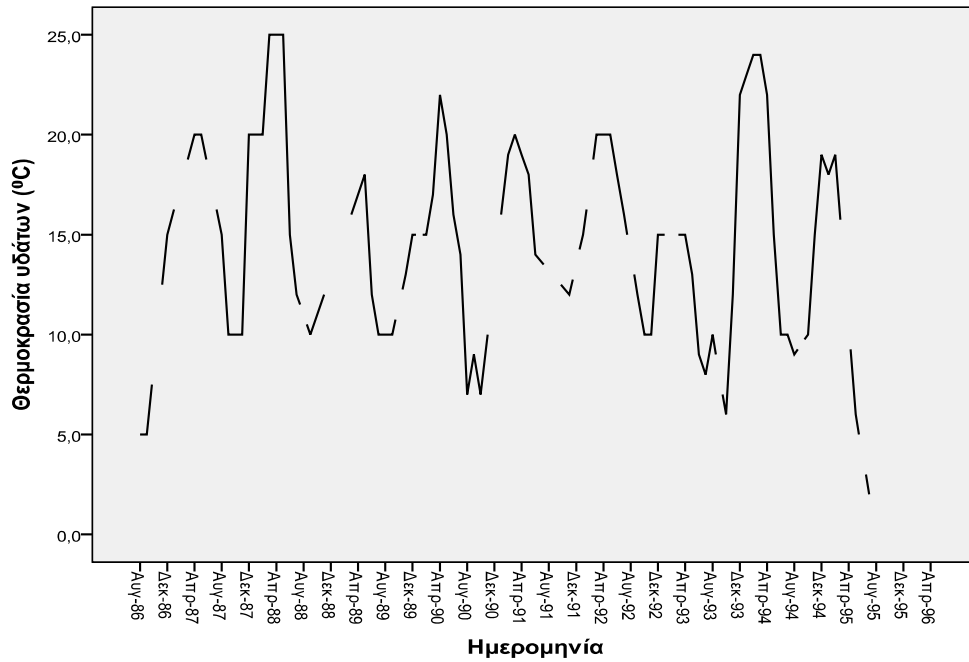
- παροχή (Q),
- ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_w),
- ενεργός οξύτητα (pH),
- συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO),
- θερμοκρασία των υδάτων (T_w),
- ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου (DO%),
- θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T) και
- χλωριόντα (CL⁻)

Οι παρατηρήσεις που αντιστοιχούν σε κάθε παράμετρο αποτελούν μια χρονοσειρά. Όλες οι παραπάνω χρονοσειρές είχαν ελλείπουσες τιμές και για την συμπλήρωσή τους χρησιμοποιήθηκαν δύο τρόποι: 1) χρήση των μεθόδων “Linear interpolation” και 2) “Linear trend at point”, του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0, όταν οι τιμές που έλειπαν ήταν λίγες. Η χρήση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ μετρήσεων δύο πολύ συσχετισμένων σταθμών σε κοινές χρονικές στιγμές. Στην περίπτωση της συμπλήρωσης των ελλειπουσών τιμών της παραμέτρου παροχή (Q), η συμπλήρωση έγινε με συνδυασμό των μεθόδων της απλής γραμμικής παλινδρόμησης και με χρήση της μεθόδου “Linear interpolation” του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0. Στις υπόλοιπες παραμέτρους η συμπλήρωση

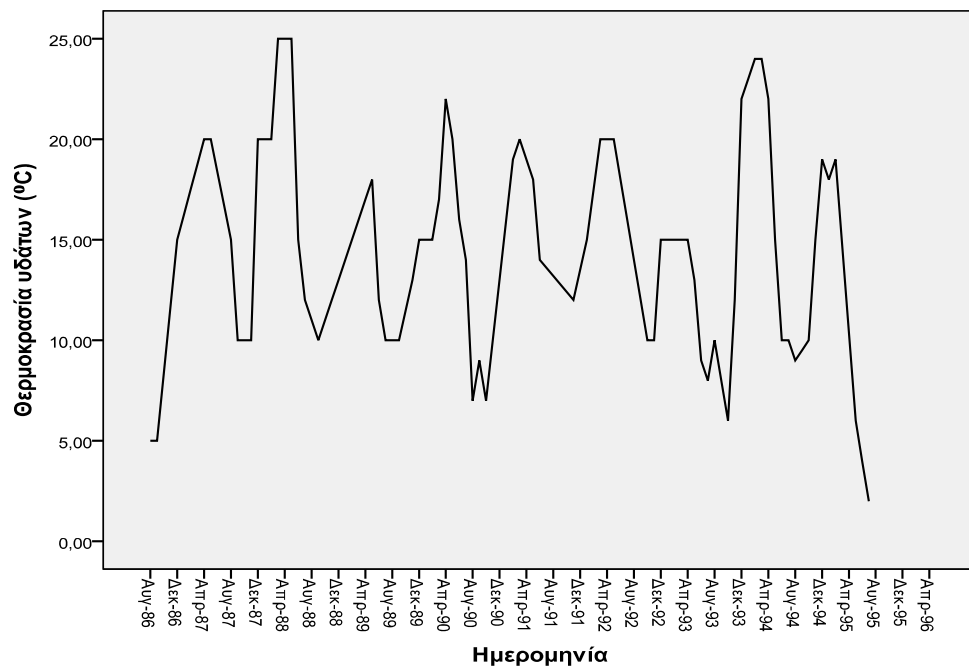
έγινε με την χρήση της μεθόδου “Linear interpolation” του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0, εκτός από τις παραμέτρους της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (T) και της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου (DO) όπου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος “Linear trend at point”.

3.1.1 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου θερμοκρασία νερού

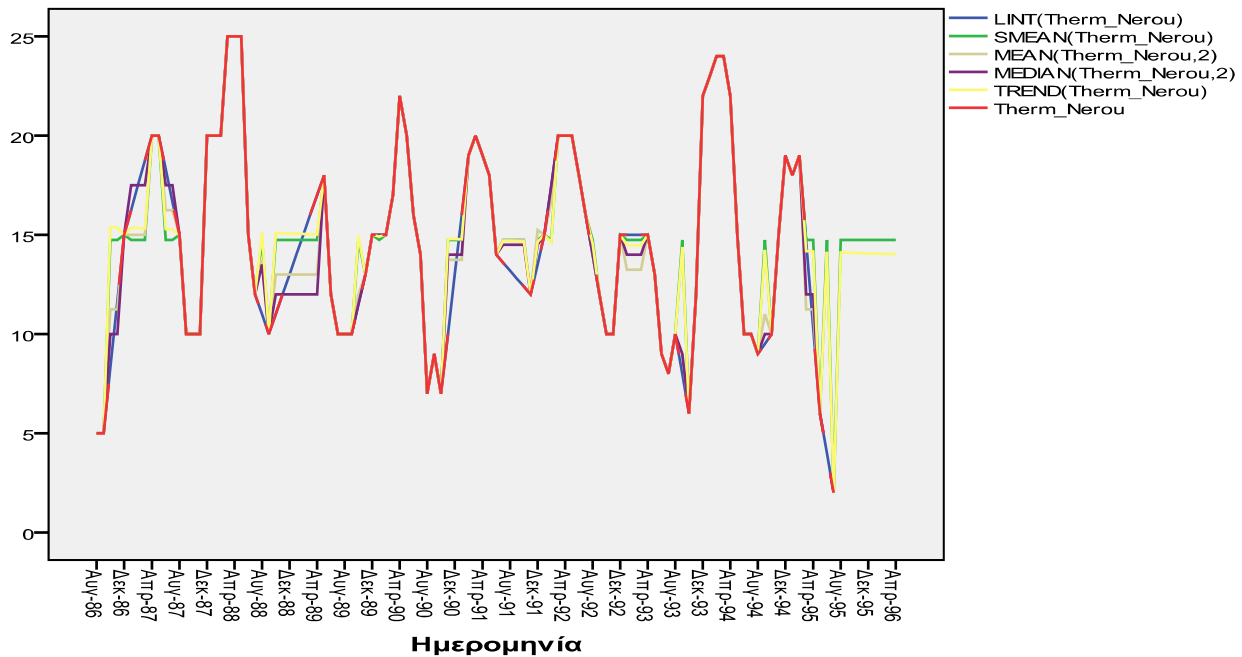
Η χρονοσειρά της παραμέτρου θερμοκρασία νερού αποτελείται από 108 παρατηρήσεις, στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου», λείπουν 37 μετρήσεις, το πλήθος των ελλειπουσών τιμών αποτελεί το 34% του συνόλου του σταθμού. Αντικαθιστώντας τις ελλείπουσες τιμές χρησιμοποιώντας τις εντολές: “Series mean”, “Mean of nearby points”, “Median of nearby points”, “Linear interpolation”, “Linear trend at point” του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως η μέθοδος “Linear interpolation” συμπλήρωνε με καλύτερο τρόπο τα δεδομένα και τα διαγράμματα τα οποία έδινε παρουσιάζονταν πιο ομαλά. Τα γραφήματα της χρονοσειράς παρουσιάζονται στα παρακάτω Σχήματα 3.1-3.3.



Σχήμα 3.1 Γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου θερμοκρασία νερού με ελλείπουσες τιμές στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»



Σχήμα 3.2 Συμπληρωμένο γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου θερμοκρασία νερού με χρήση Linear interpolation στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»



Σχήμα 3.3 Γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου θερμοκρασία νερού με χρήση όλων των εντολών στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»

3.1.2 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου παροχή

Η χρονοσειρά των μηνιαίων τιμών της παραμέτρου παροχή αποτελείται από 137 παρατηρήσεις από τις οποίες όμως λείπουν 29 συνολικά από τον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου», δηλαδή 21% του συνόλου. Για τη συμπλήρωση των μηνιαίων τιμών της παραμέτρου, συνδυάστηκαν δύο μέθοδοι (Holder 1985):

1. Χρησιμοποίηση της μεθόδου “Linear interpolation” του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0,
2. Εκτίμηση των τιμών που λείπουν με την εφαρμογή της απλής γραμμικής παλινδρόμησης ανάμεσα στη χρονοσειρά που πρόκειται να συμπληρωθεί και σε μια πλήρη χρονοσειρά παρατηρήσεων από τον ίδιο πληθυσμό και για την ίδια με την εξεταζόμενη χρονική περίοδο, με την προϋπόθεση ότι ο βαθμός συσχέτισης των χρονοσειρών αυτών είναι υψηλός.

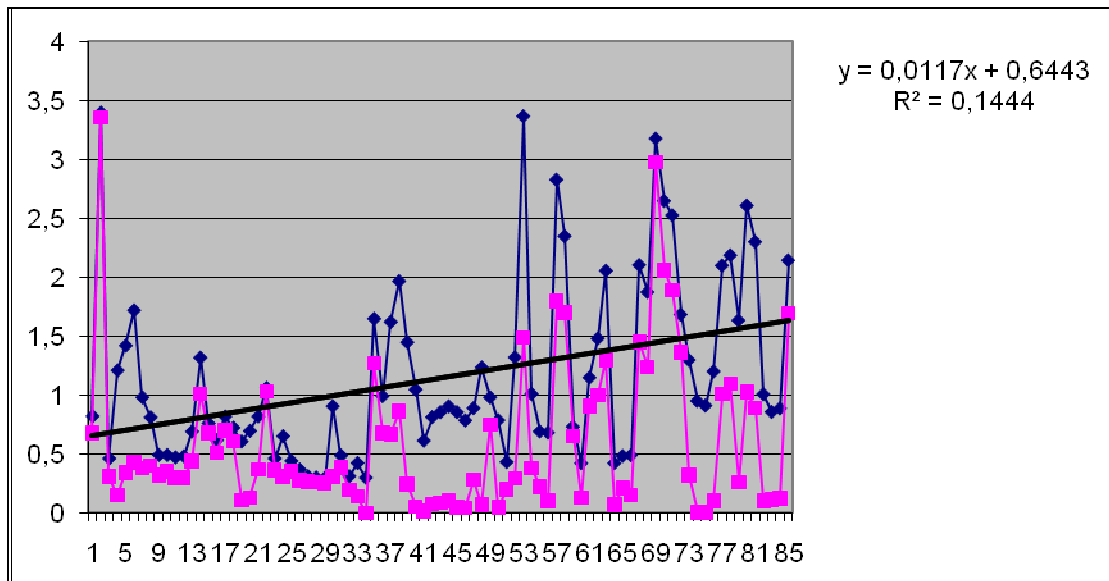
Στην περίπτωση της παραμέτρου που αναλύουμε, ως δεύτερη χρονοσειρά ελήφθησαν οι παρατηρήσεις του σταθμού «γέφυρα Σωτήρας», με τον οποίο ο συντελεστής συσχέτισης του σταθμού μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου» είναι πολύ υψηλός (0,835525 ή 83,55%).

Οι παρατηρήσεις σε «κοινές χρονικές» στιγμές μεταξύ των σταθμών «γέφυρα Τρικαίογλου» και «γέφυρα Σωτήρας» παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

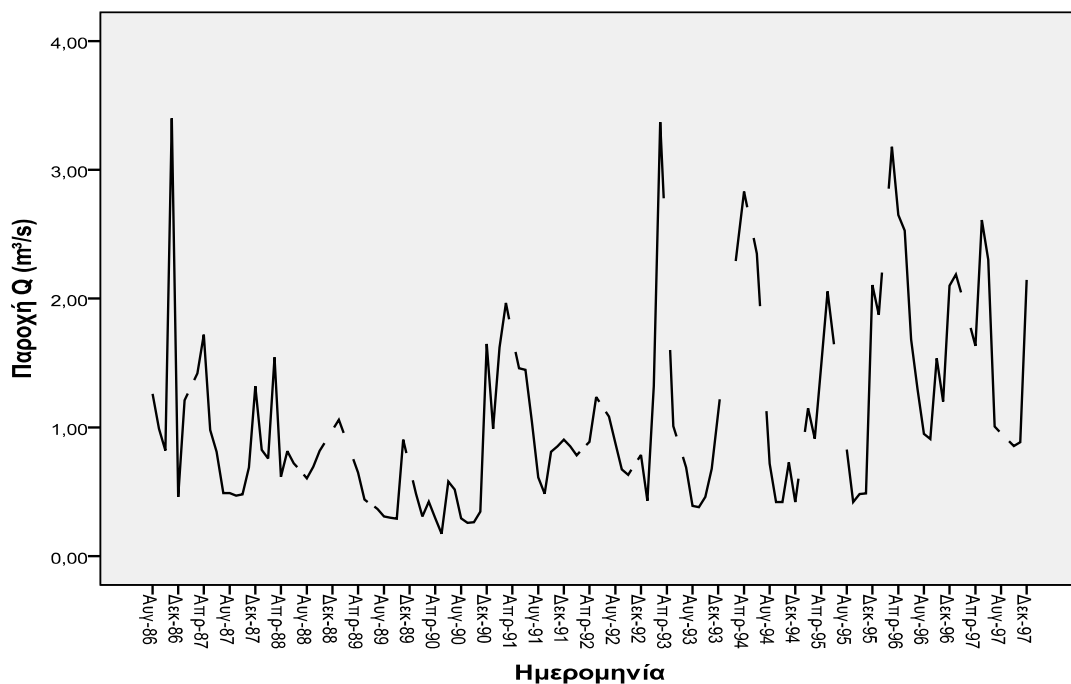
Πίνακας 3.1 Παροχή «γέφυρα Τρικαίογλου» και «γέφυρα Σωτήρας» σε κοινές ημερομηνίες

Ημερομηνίες	Παροχή γέφυρα Τρικαίογλου	Παροχή γέφυρα Σωτήρας
6-Αυγ-86	1,26	0,659042
10-Σεπ-86	0,99	0,655883
10-Ιουλ-92	1,084	0,656983
11-Αυγ-92	0,878	0,654573
7-Σεπ-92	0,673	0,652174
11-Αυγ-94	0,72	0,652724
3-Μαρ-95	0,912	0,65497
3-Οκτ-96	1,536	0,662271

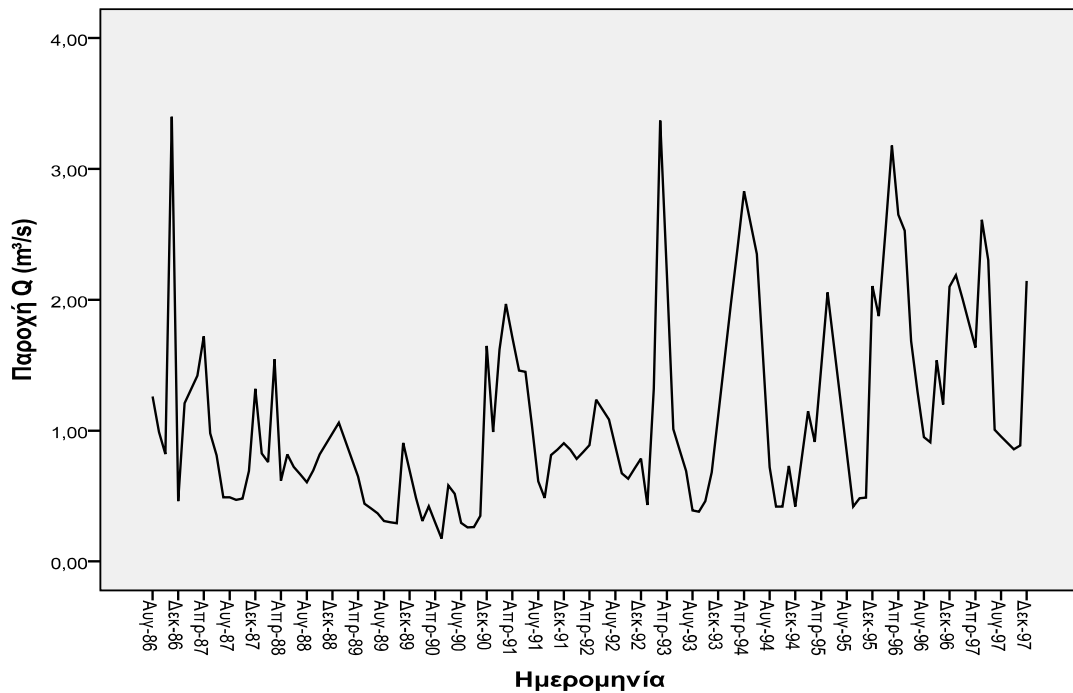
Η ευθεία παλινδρόμησης, η οποία εκτιμήθηκε βάσει των τιμών του πίνακα 3.1 είναι: $Q_{\text{Σωτήρας}} = 0,0117 Q_{\text{Τρικαίογλου}} + 0,6443$ ($R^2 = 0,1444$). Με τη βοήθεια της παραπάνω ευθείας παλινδρόμησης, συμπληρώθηκαν 22 τιμές της παροχής στο σταθμό γέφυρα Σωτήρας, δηλαδή το 16% των παρατηρήσεων. Για τις τιμές αυτές υπήρχε η μέτρηση του σταθμού γέφυρα Τρικαίογλου της ίδιας ημέρας, οπότε η χρήση της ευθείας παλινδρόμησης ήταν εφικτή. Για τις υπόλοιπες τιμές που έλειπαν (29 γέφυρα Τρικαίογλου) δεν υπήρχαν αντίστοιχες μετρήσεις σε κανέναν από τους δύο σταθμούς, οπότε η χρήση της ευθείας που εκτιμήθηκε δεν ήταν δυνατή, με αποτέλεσμα να συμπληρωθούν με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου “Linear interpolation” του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0 (Σχ. 3.4, 3.5 και 3.6):



Σχήμα 3.4 Γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου παροχή των σταθμών «γέφυρα Τρικαίογλου» και «γέφυρα Σωτήρας» με την εφαρμογή της απλής γραμμικής παλινδρόμησης



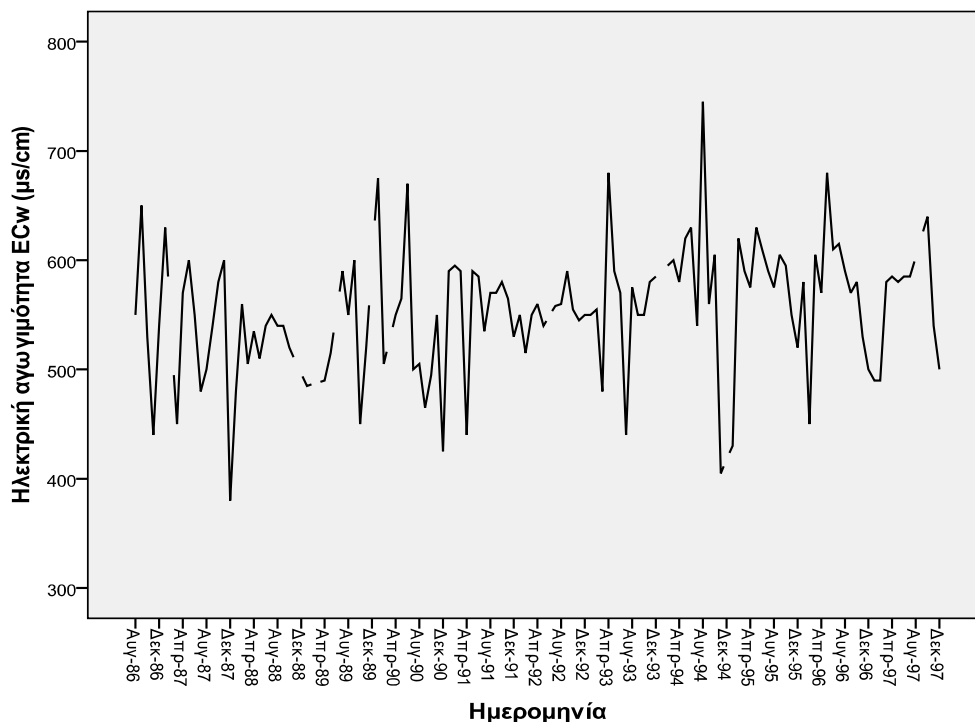
Σχήμα 3.5 Γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου παροχή με ελλείπουσες τιμές στο σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»



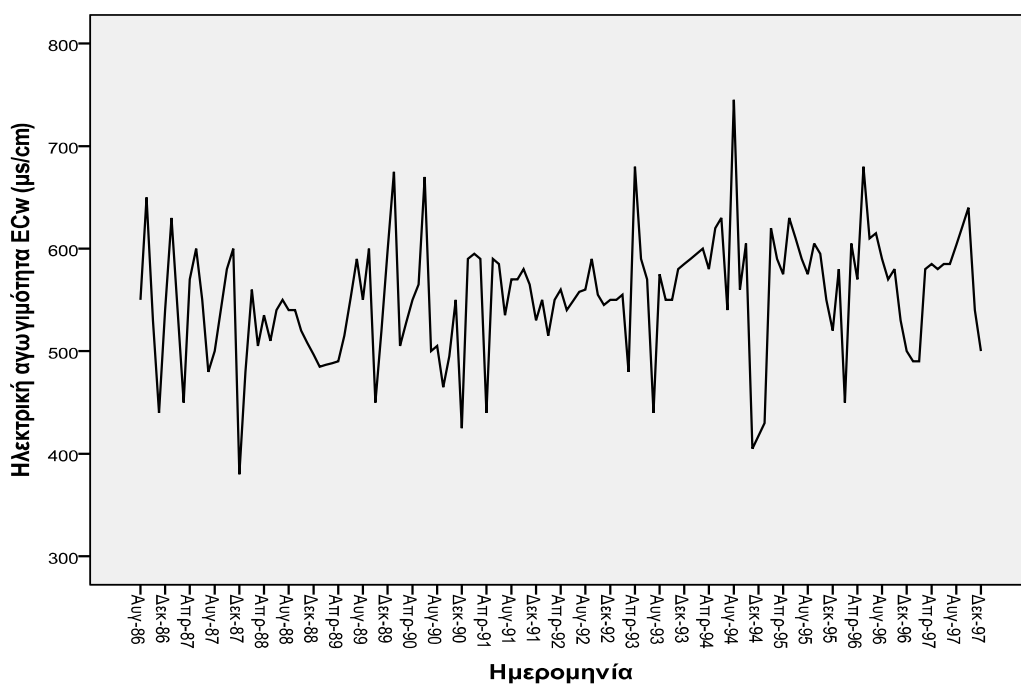
Σχήμα 3.6 Συμπληρωμένο γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου παροχή με χρήση Linear interpolation στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»

3.1.3 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η χρονοσειρά της παραμέτρου ηλεκτρικής αγωγιμότητας αποτελείται από 137 παρατηρήσεις, από τις οποίες όμως λείπουν 15 συνολικά από τον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου», δηλαδή το 11% του συνόλου του σταθμού. Οι ελλείπουσες τιμές συμπληρώθηκαν με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου “Linear interpolation” του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0. Τα γραφήματα των χρονοσειρών παρουσιάζονται στα παρακάτω Σχήματα 3.7 και 3.8.



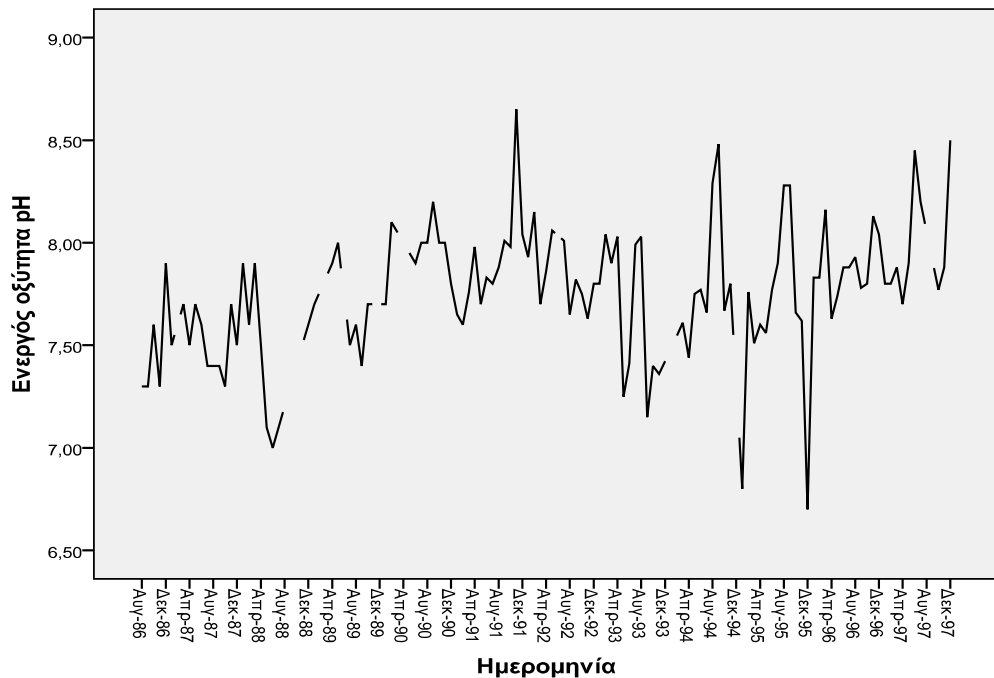
Σχήμα 3.7 Γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου ηλεκτρική αγωγιμότητα με ελλείπουσες τιμές στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίολου»



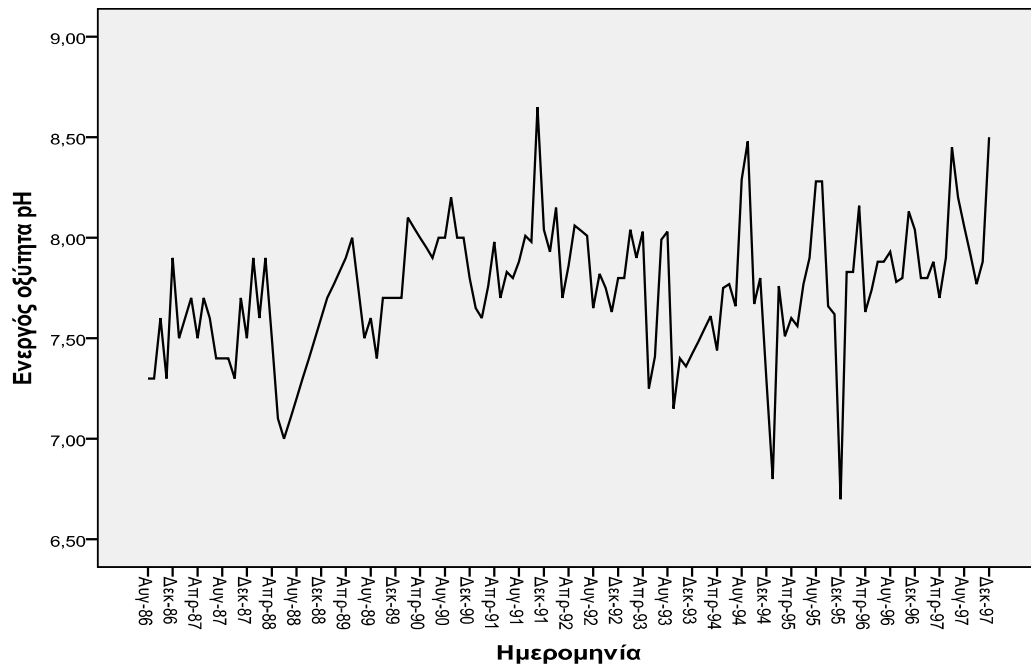
Σχήμα 3.8 Συμπληρωμένο γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου ηλεκτρική αγωγιμότητα με χρήση Linear interpolation στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίολου»

3.1.4 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου ενεργός οξύτητα (pH)

Η χρονοσειρά της παραμέτρου pH αποτελείται από 137 παρατηρήσεις από τις οποίες όμως λείπουν 22 συνολικά από τον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου», δηλαδή το 16% του συνόλου του σταθμού. Οι ελλείπουσες τιμές συμπληρώθηκαν με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου “Linear interpolation” του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0. Τα γραφήματα των χρονοσειρών παρουσιάζονται στα παρακάτω Σχήματα 3.9 και 3.10.



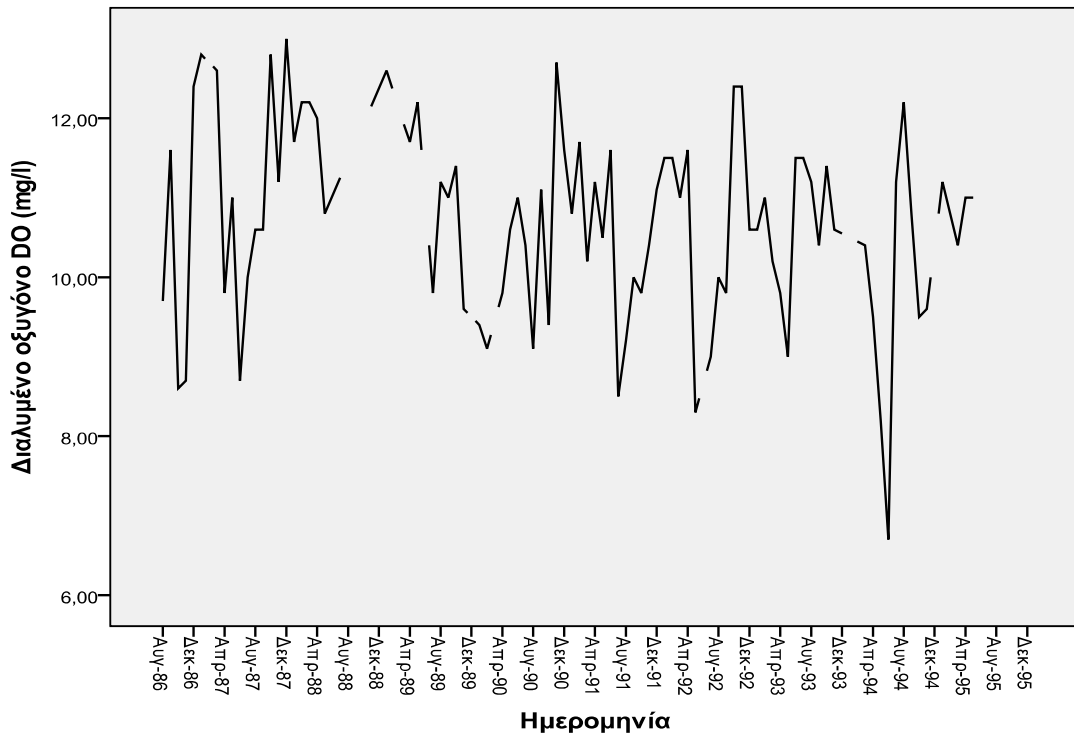
Σχήμα 3.9 Γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου ενεργός οξύτητα (pH) με ελλείπουσες τιμές στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»



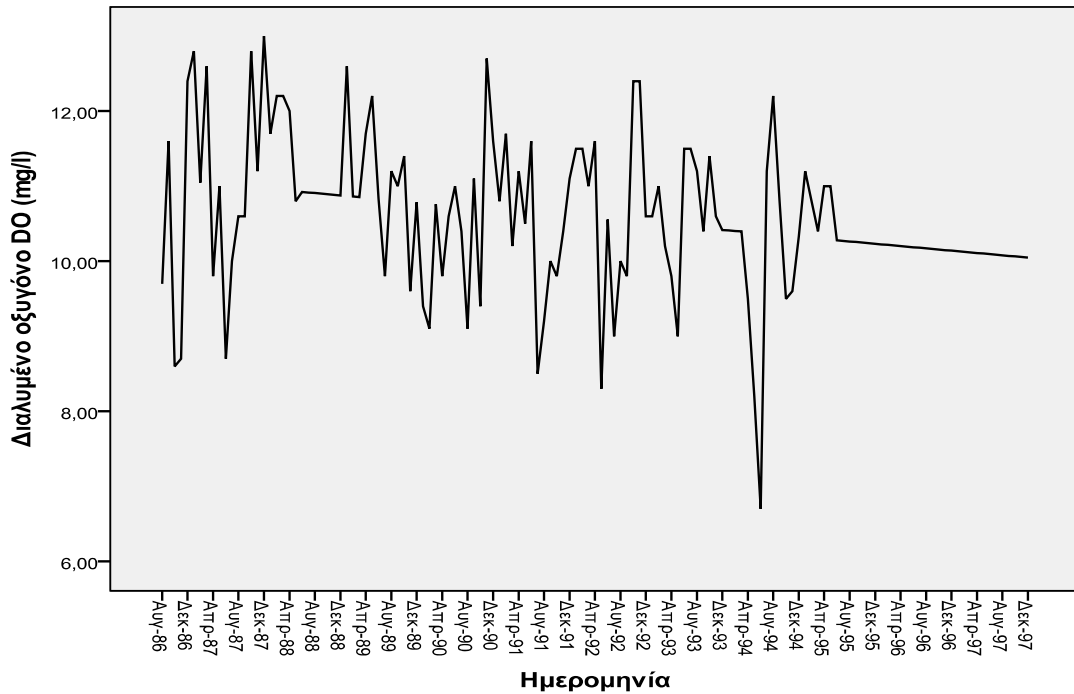
Σχήμα 3.10 Συμπληρωμένο γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου ενεργός οξύτητα (pH) με χρήση Linear interpolation στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»

3.1.5 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου διαλυμένο οξυγόνο

Η χρονοσειρά της παραμέτρου διαλυμένο οξυγόνο αποτελείται από 137 παρατηρήσεις, από τις οποίες όμως λείπουν 49 συνολικά από τον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου», δηλαδή το 36% του συνόλου του σταθμού. Οι ελλείπουσες τιμές συμπληρώθηκαν με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου “Linear trend at point” του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0. Τα γραφήματα των χρονοσειρών παρουσιάζονται στα παρακάτω Σχήματα 3.11 και 3.12.



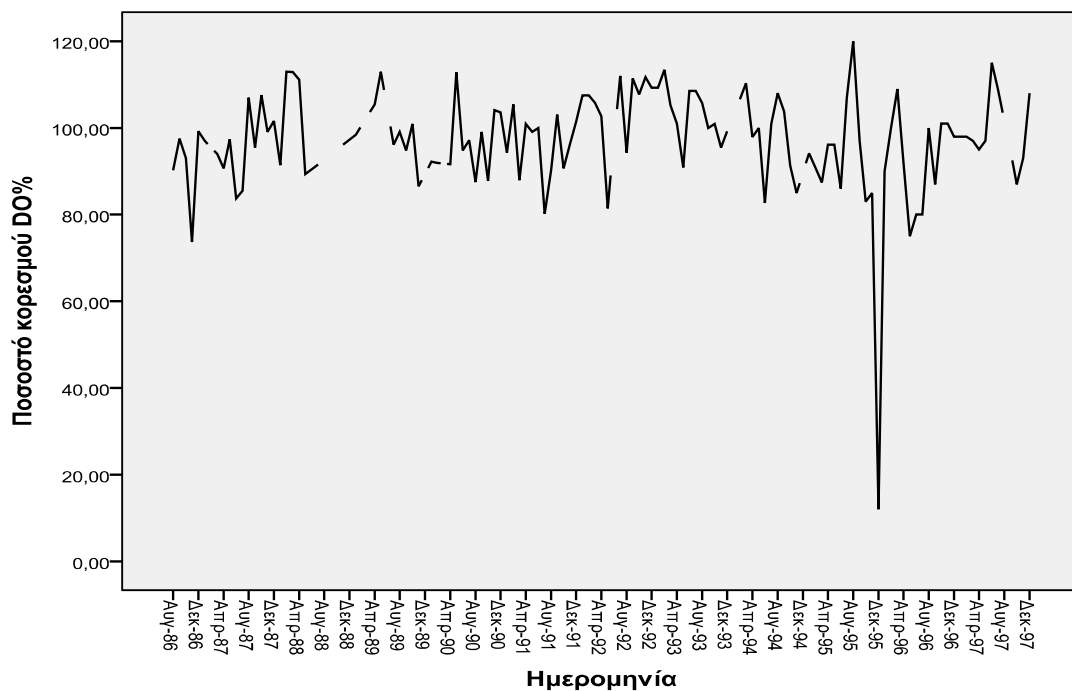
Σχήμα 3.11 Γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου διαλυμένο οξυγόνο με ελλείπουσες τιμές στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»



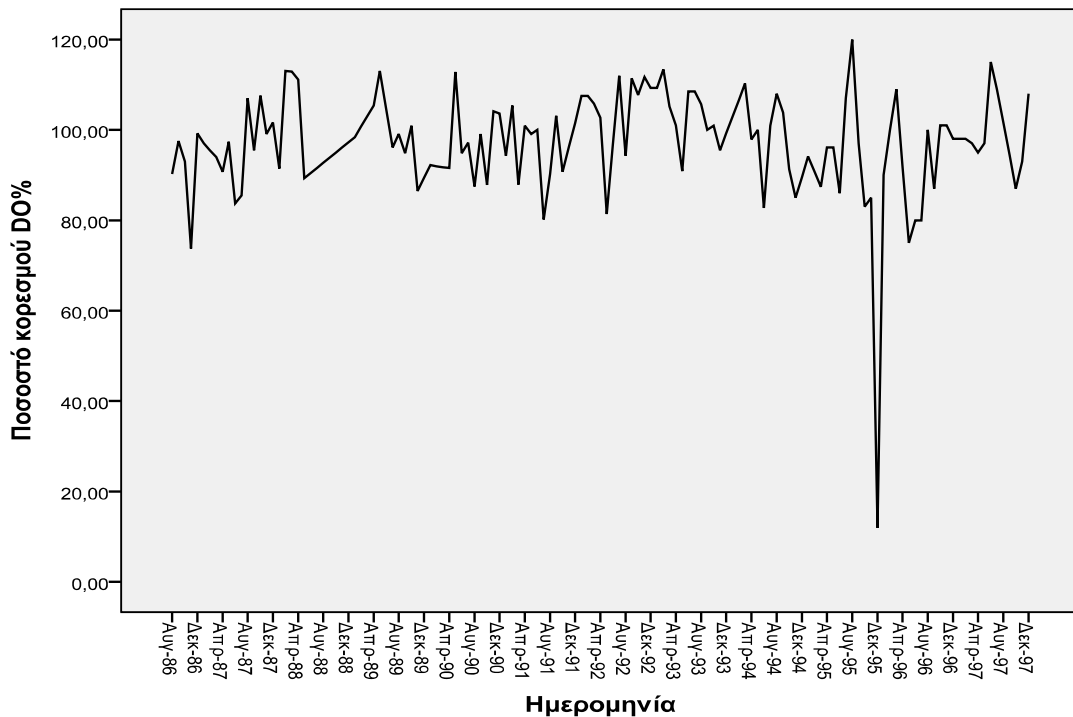
Σχήμα 3.12 Συμπληρωμένο γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου διαλυμένο οξυγόνο με χρήση Linear trend at point στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»

3.1.6 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου

Η χρονοσειρά της παραμέτρου ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου αποτελείται από 137 παρατηρήσεις, από τις οποίες όμως λείπουν 20 συνολικά από τον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου», με το πλήθος των ελλειπουσών τιμών να αποτελεί το 14,5% του συνόλου του σταθμού. Οι ελλείπουσες τιμές συμπληρώθηκαν με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου “Linear interpolation” του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0. Τα γραφήματα των χρονοσειρών παρουσιάζονται στα παρακάτω Σχήματα 3.13 και 3.14.



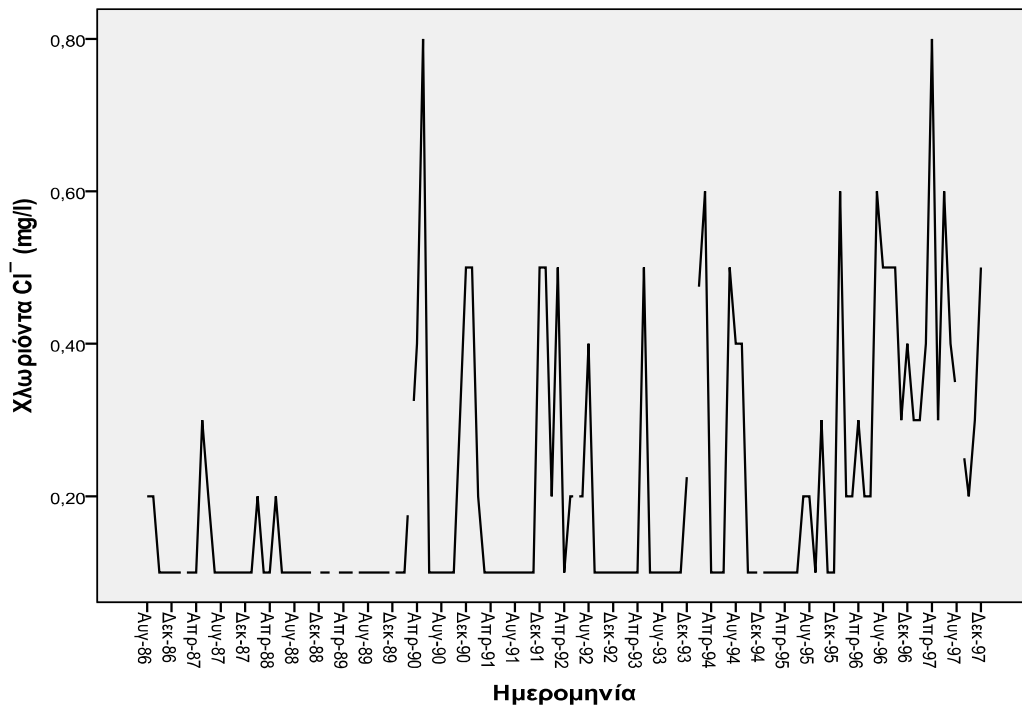
Σχήμα 3.13 Γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου με ελλείπουσες τιμές στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»



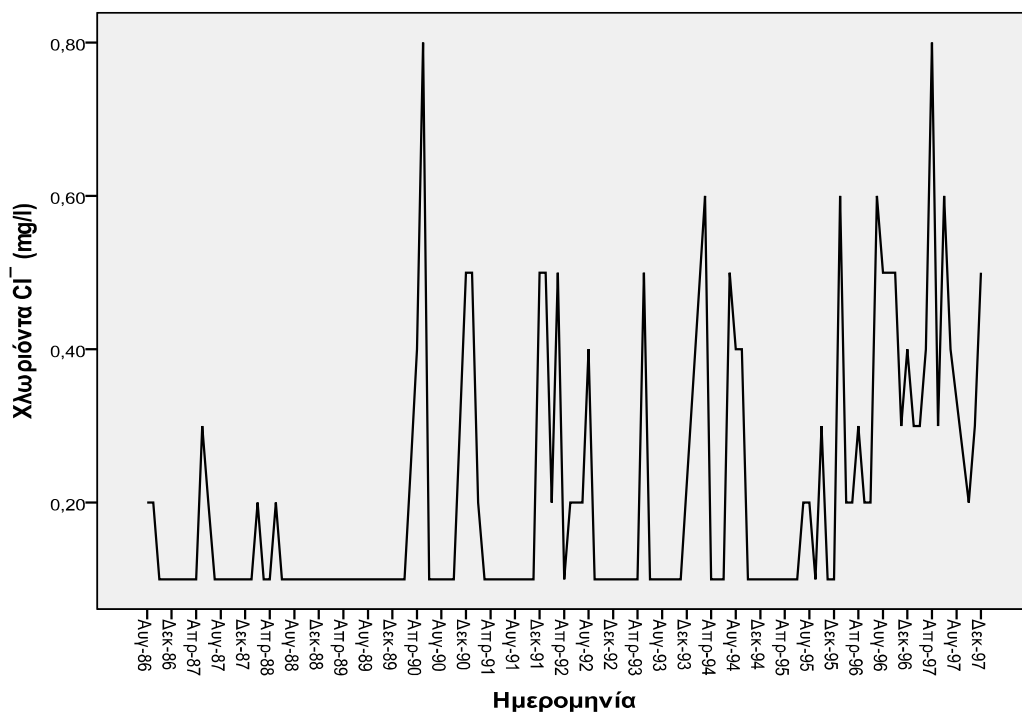
Σχήμα 3.14 Συμπληρωμένο γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου με χρήση Linear interpolation στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»

3.1.7 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου χλωριόντα

Η χρονοσειρά της παραμέτρου χλωριόντα αποτελείται από 137 παρατηρήσεις, από τις οποίες όμως λείπουν 15 συνολικά από τον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου», με το πλήθος των ελλειπουσών τιμών να αποτελεί το 11% του συνόλου του σταθμού. Οι ελλείπουσες τιμές συμπληρώθηκαν με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου Linear interpolation του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0. Τα γραφήματα των χρονοσειρών παρουσιάζονται στα παρακάτω Σχήματα 3.15 και 3.16.



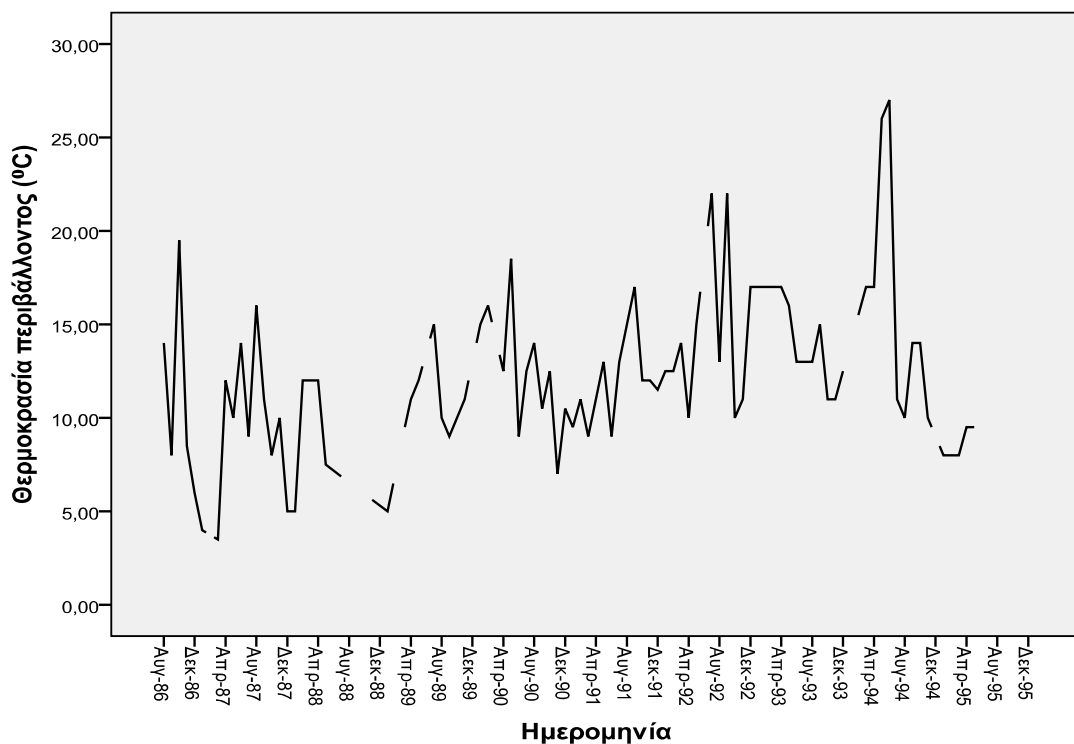
Σχήμα 3.15 Γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου χλωριόντα με ελλείπουσες τιμές στο σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»



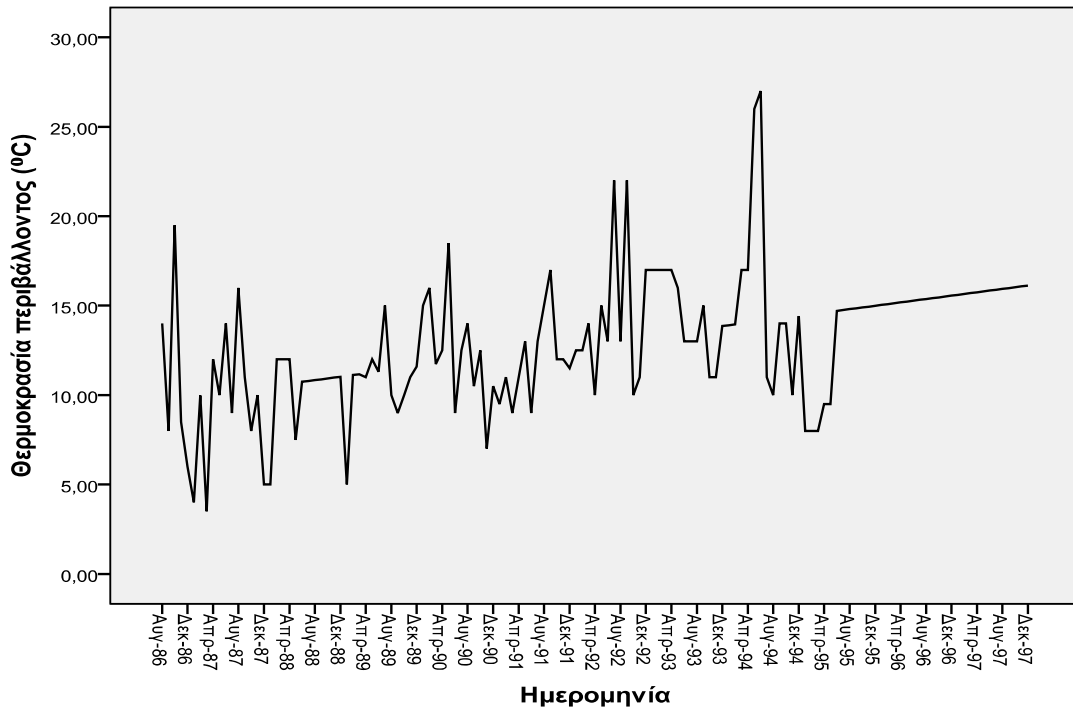
Σχήμα 3.16 Συμπληρωμένο γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου χλωριόντα με χρήση Linear interpolation στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»

3.1.8 Ανάλυση της χρονοσειράς της παραμέτρου θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η χρονοσειρά της παραμέτρου θερμοκρασία περιβάλλοντος αποτελείται από 137 παρατηρήσεις, από τις οποίες όμως λείπουν 49 συνολικά από τον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου», με το πλήθος των ελλειπουσών τιμών να αποτελεί το 36% του συνόλου του σταθμού. Οι ελλείπουσες τιμές συμπληρώθηκαν με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου “Linear trend at point” του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0. Τα γραφήματα των χρονοσειρών παρουσιάζονται στα παρακάτω Σχήματα 3.17 και 3.18.



Σχήμα 3.17 Γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου θερμοκρασία περιβάλλοντος με ελλείπουσες τιμές στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»



Σχήμα 3.18 Συμπληρωμένο γράφημα της χρονοσειράς της παραμέτρου θερμοκρασία περιβάλλοντος με χρήση Linear trend at point στον σταθμό μετρήσεων «γέφυρα Τρικαίογλου»

3.2 Ανάλυση της τάσης των παραμέτρων

Υπαρξη τάσης σε μια χρονοσειρά σημαίνει μεταβολή της μέσης τιμής της με την πάροδο του χρόνου και μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. Η σημαντικότητά της έγκειται στο ότι δείχνει την μακροχρόνια αύξηση ή μείωση των τιμών της παραμέτρου. Έτσι γνωρίζοντας αν οι τιμές μιας παραμέτρου μακροπρόθεσμα αυξάνονται ή μειώνονται και τις συνέπειες αυτής της μεταβολής, μπορούμε να λάβουμε τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπισή τους.

Ο συνήθης τρόπος διερεύνησης της μακροχρόνιας τάσης είναι η προσαρμογή μιας ευθείας παλινδρόμησης στα δεδομένα μας και ο έλεγχος σημαντικότητας της κλίσης της. Βέβαια υπάρχουν και άλλα κριτήρια τα οποία ανιχνεύουν την αιφνίδια (sudden) τάση (Helsel and Hirsch, 1992). Παρακάτω μελετάμε διεξοδικά τις

παραμέτρους που παρουσιάζουν τάση και αναλύουμε τις συνέπειες στην ποιότητα των υδάτων.

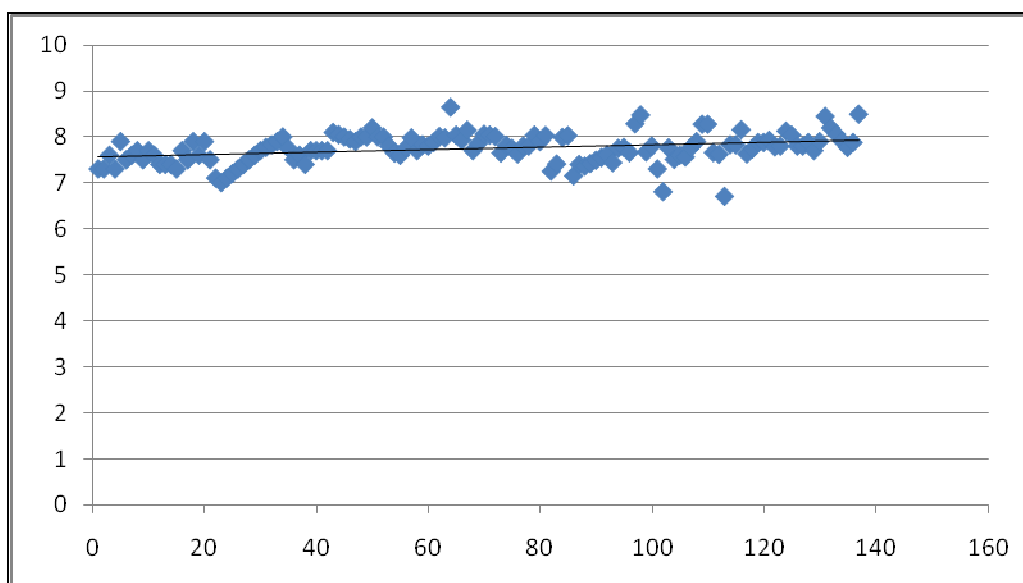
3.2.1 Παράμετρος ενεργός οξύτητα (pH)

Α) Ευθεία παλινδρόμησης

Η πρώτη παράμετρος που ελέγχουμε είναι η ενεργός οξύτητα (pH). Η προσαρμογή της ευθείας παλινδρόμησης στα δεδομένα μας παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.19, ενώ η εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης δίνεται στον Πίνακα 3.2. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα και η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου.

Πίνακας 3.2 Εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης για την παράμετρο pH

Παρά- μετρος		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
pH	b_0	7,568	0,052		145,287	0,000
	b_1	0,003	0,001	0,317	3,877	0,000



Σχήμα 3.19 Γράφημα εμφάνισης τάσης με την ευθεία παλινδρόμησης για την παράμετρο pH

Σύμφωνα με την ευθεία παλινδρόμησης, για να υπάρχει τάση θα πρέπει να έχει $\text{sig } b_1 < 0,05$ και $y = b_0 + b_1 \cdot x$. Οπότε σύμφωνα με τον πίνακα, επειδή η σημαντικότητα της παραμέτρου b_1 είναι $< 0,05$ άρα $b_1 \neq 0$ και η ευθεία παλινδρόμησης στην περίπτωση μας είναι $y = 7,768 + 0,003 \cdot t$. Άρα υπάρχει τάση.

Β) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Kendall

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Kendall, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|r/r(t)| > 1,96$ σε 95% επίπεδο σημαντικότητας ή $> 2,58$ σε 99% επίπεδο σημαντικότητας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε $|r/r(t)| = 3,79979486 > 1,96$ και $2,58$. Άρα και στα δύο επίπεδα σημαντικότητας υπάρχει τάση.

Γ) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman

Η προσαρμογή και η εκτίμηση των παραμέτρων με χρήση του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman δίνεται στον παρακάτω Πίνακα 3.3. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα, η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου, ο συντελεστής συσχέτισης, η τιμή του στατιστικού και η κρίσιμη τιμή για τον έλεγχο της σημαντικότητας του R_{sp} .

Πίνακας 3.3 Εκτίμηση των παραμέτρων του συντελεστή Spearman για την παράμετρο pH

$R_{sp} =$	0,356679486
$t =$	3,262024603
$t(135; 0,025)$	1,96

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|t| > t(n-2; \alpha/2)$. Στην περίπτωση μας $|t| > t(135; 0,025)$, άρα υπάρχει τάση.

Παρατηρούμε ότι και με τους τρεις τρόπους που χρησιμοποιήσαμε υπάρχει τάση όπου είναι σημαντική και επίσης θετική, κάτι που σημαίνει ότι το pH των υδάτων του ποταμού Ληθαίου εμφανίζει μια ανεπαίσθητη αύξηση με την πάροδο του χρόνου.

Αυτό έχει ως συνέπεια την μη όξινηση των νερών του, γεγονός το οποίο έχει θετικές επιπτώσεις τόσο στις κοινότητες των φυτών, όσο και των ζώων. Στη μείωση του pH συντελούν οι όξινες αποθέσεις, που οφείλονται σε όξινη βροχή, οξειδίων του θείου και του αζώτου, που προέρχονται από καύσιμα αυτοκινήτων, εργοστασίων κ.τ.λ. Ένας αποτελεσματικός τρόπος αντιμετώπισης της μακροχρόνιας οξίνισης των υδάτων του ποταμού, αν παρουσιαστεί ανάλογο πρόβλημα στο μέλλον, είναι η μείωση των εκπομπών του θείου και του αζώτου.

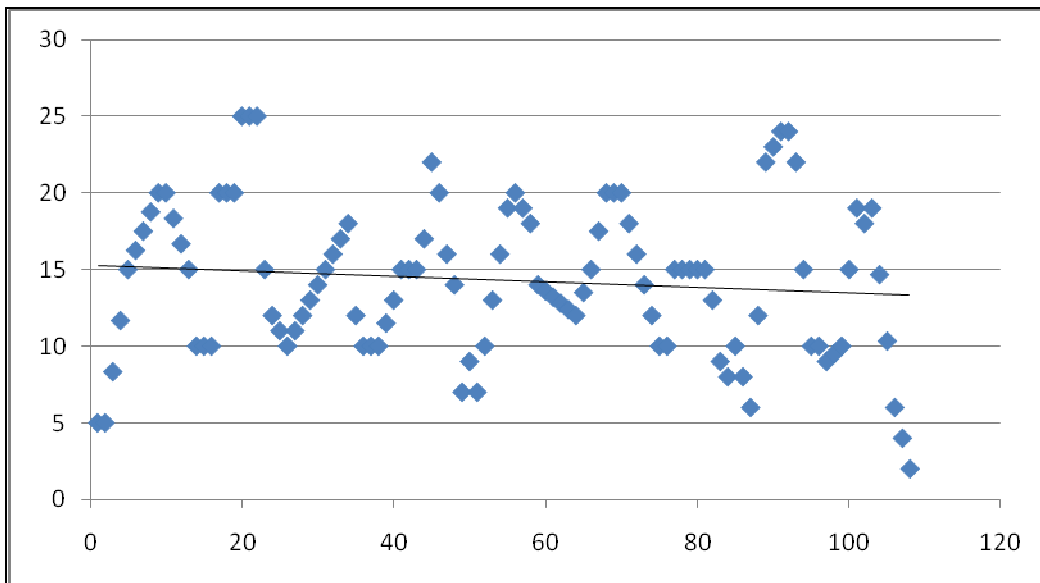
3.2.2 Παράμετρος θερμοκρασία νερού

A) Ευθεία παλινδρόμησης

Μια παράμετρος που δεν παρουσιάζει τάση στις δύο από τις τρεις μεθόδους που χρησιμοποιήσαμε, είναι η θερμοκρασία νερού, που αποτελεί τον κύριο παράγοντα για τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στα φυτικά και υδατικά συστήματα. Η προσαρμογή της ευθείας παλινδρόμησης στα δεδομένα μας παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα 3.20, ενώ η εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης δίνεται στον Πίνακα 3.4. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα και η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου.

Πίνακας 3.4 Εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης για την παράμετρο θερμοκρασία νερού

Παρά- μετρος		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
T	b_0	15,311	0,955		16,035	0,000
	b_1	-0,018	0,015	-0,115	-1,196	0,234



Σχήμα 3.20 Γράφημα εμφάνισης τάσης με την ευθεία παλινδρόμησης για την παράμετρο θερμοκρασία νερού

Σύμφωνα με την ευθεία παλινδρόμησης, για να υπάρχει τάση θα πρέπει να έχει $\text{sig } b_1 < 0,05$ και $y \neq 0$ ($y = b_0 + b_1 * x$). Οπότε σύμφωνα με τον πίνακα, επειδή η σημαντικότητα της παραμέτρου b_1 είναι $> 0,05$ άρα $b_1 = 0$ οπότε και $y = 0$, η ευθεία παλινδρόμησης στην περίπτωση μας είναι $y = 15,311 - 0,018 * t$. Άρα δεν υπάρχει τάση.

B) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Kendall

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Kendall, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|r/\tau(t)| > 1,96$ που ορίζεται ως 95% επίπεδο σημαντικότητας ή $>$ του 2,58 που ορίζεται ως 99% επίπεδο σημαντικότητας. Στην συγκεκριμένη

περίπτωση έχουμε $|r/r(t)| = 1,99112 > 1,96$. Άρα σύμφωνα με την τιμή που ορίζεται ως 95% επίπεδο σημαντικότητας για τον συντελεστή Kendall υπάρχει τάση.

Γ) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman

Η προσαρμογή και η εκτίμηση των παραμέτρων με χρήση του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman δίνεται στον Πίνακα 3.5. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα, η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου, ο συντελεστής συσχέτισης, η τιμή του στατιστικού και η κρίσιμη τιμή για τον έλεγχο της σημαντικότητας του Rsp.

Πίνακας 3.5 Εκτίμηση των παραμέτρων του συντελεστή Spearman για την παράμετρο θερμοκρασία νερού

Rsp=	-0,119489935
t=	-1,028289724
t(106;0,025)	1,96

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|t| > t(n-2; \alpha/2)$. Στην περίπτωση μας $|t| < t(135; 0,025)$. Άρα δεν υπάρχει τάση.

Παρατηρούμε ότι και με τους δύο από τους τρεις τρόπους που χρησιμοποιήσαμε δεν υπάρχει τάση, ενώ σύμφωνα με τον συντελεστή συσχέτισης βαθμού Kendall υπάρχει για 95% επίπεδο σημαντικότητας. Κάτι που γίνεται εμφανές από τα διαγράμματα, είναι η αρνητική κλίση που υπάρχει οπότε και υποδηλώνει μείωση της θερμοκρασίας των υδάτων του ποταμού Ληθαίου.

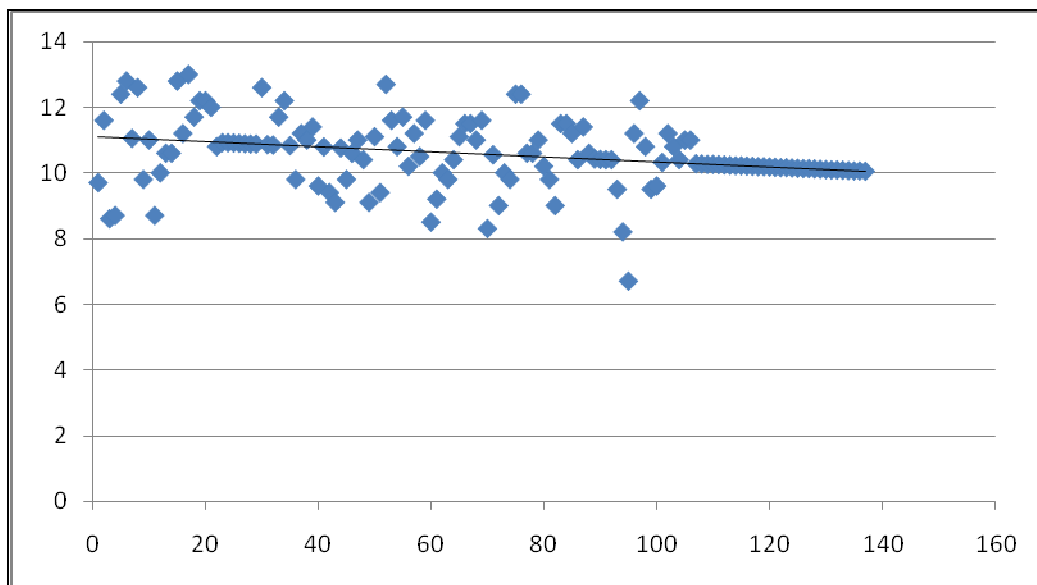
Γενικά, δε θα πρέπει να γίνεται διερεύνηση τάσης στη θερμοκρασία, επειδή είναι μέγεθος με έντονη εποχικότητα.

Από βιολογική άποψη, τα περισσότερα υδρόβια είδη απαιτούν συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών για να επιζήσουν. Έτσι εάν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τα όρια αυτά, τα υδρόβια είδη θα αναγκαστούν να μεταναστεύσουν, εάν αυτό είναι εφικτό ή θα κινδυνέψουν με αφανισμό.

3.2.3 Παράμετρος διαλυμένο οξυγόνο

A) Ευθεία παλινδρόμησης

Όπως προαναφέραμε μεταβολή της θερμοκρασίας των υδάτων έχει άμεση συνέπεια στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου. Η προσαρμογή της ευθείας παλινδρόμησης στα δεδομένα μας παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.21, ενώ η εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης δίνεται στον Πίνακα 3.6. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα και η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου.



Σχήμα 3.21 Γράφημα εμφάνισης τάσης με την ευθεία παλινδρόμησης για την παράμετρο διαλυμένο οξυγόνο

Πίνακας 3.6 Εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης για την παράμετρο διαλυμένο οξυγόνο

Παρά-μετρος		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
DO	b ₀	11,100	0,167		66,484	0,000
	b ₁	-0,008	0,002	-0,300	-3,655	0,000

Σύμφωνα με την ευθεία παλινδρόμησης, για να υπάρχει τάση θα πρέπει να έχει $\text{sig } b_1 < 0,05$ και $y \neq 0$ ($y = b_0 + b_1 * x$). Οπότε σύμφωνα με τον πίνακα, επειδή η σημαντικότητα της παραμέτρου b_1 είναι $< 0,05$ άρα $b_1 \neq 0$ οπότε και $y \neq 0$, η ευθεία παλινδρόμησης στην περίπτωση μας είναι $y = 11,100 - 0,008 * t$. Άρα υπάρχει τάση.

Β) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Kendall

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Kendall, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|r/r(t)| > 1,96$ που ορίζεται ως 95% επίπεδο σημαντικότητας ή $> 2,58$ που ορίζεται ως 99% επίπεδο σημαντικότητας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε $|r/r(t)| = 5,47825 > 1,96$ και $2,58$. Άρα και στα δύο επίπεδα σημαντικότητας υπάρχει τάση.

Γ) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman

Η προσαρμογή και η εκτίμηση των παραμέτρων με χρήση του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman, δίνεται στον Πίνακα 3.7. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα, η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου, ο συντελεστής συσχέτισης, η τιμή του στατιστικού και η κρίσιμη τιμή για τον έλεγχο της σημαντικότητας του R_{sp} .

Πίνακας 3.7 Εκτίμηση των παραμέτρων του συντελεστή Spearman για την παράμετρο διαλυμένο οξυγόνο

Rsp=	-0,343476394
t=	-3,124770543
t(135;0,025)	1,96

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|t| > t(n-2; \alpha/2)$. Στην περίπτωση μας $|t| > t(135; 0,025)$, άρα υπάρχει τάση.

Παρατηρούμε ότι και με τους τρεις τρόπους που χρησιμοποιήσαμε υπάρχει τάση όπου είναι σημαντική και επίσης αρνητική, κάτι που σημαίνει μείωση του διαλυμένου οξυγόνου. Ο ρυθμός μείωσης που παρατηρείται είναι πολύ μικρός.

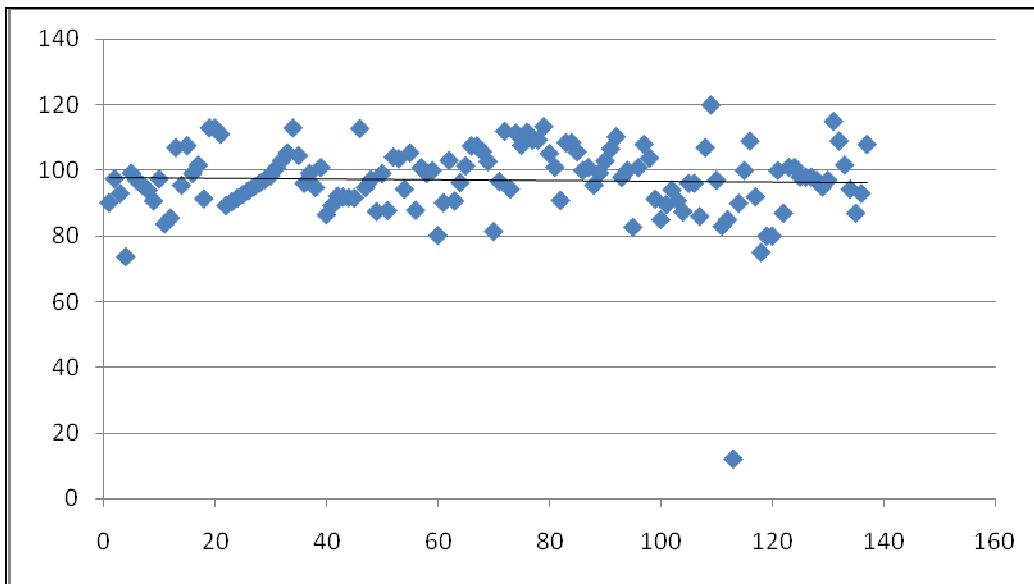
3.2.4 Παράμετρος ποσοστό κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου

A) Ευθεία παλινδρόμησης

Η επόμενη παράμετρος που ελέγχουμε είναι το ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου. Η προσαρμογή της ευθείας παλινδρόμησης στα δεδομένα μας παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.22, ενώ η εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης δίνεται στον Πίνακα 3.8. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα και η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου.

Πίνακας 3.8 Εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης για την παράμετρο ποσοστό κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου

Παρά-μετρος	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
O ₂ % b ₀	97,928	1,980		49,460	0,000
b ₁	-0,012	0,025	-0,041	-0,476	0,635



Σχήμα 3.22 Γράφημα εμφάνισης τάσης με την ευθεία παλινδρόμησης για την παράμετρο ποσοστό κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου

Σύμφωνα με την ευθεία παλινδρόμησης, για να υπάρχει τάση θα πρέπει να έχει $\text{sig } b_1 < 0,05$ και $y \neq 0$ ($y = b_0 + b_1 \cdot x$). Οπότε σύμφωνα με τον πίνακα, επειδή η σημαντικότητα της παραμέτρου b_1 είναι $> 0,05$ άρα $b_1 = 0$ οπότε και $y = 0$, η ευθεία παλινδρόμησης στην περίπτωση μας είναι $y = 97,928 - 0,012 \cdot t$. Άρα δεν υπάρχει τάση.

Β) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Kendall

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Kendall, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|r(t)| > 1,96$ που ορίζεται ως 95% επίπεδο σημαντικότητας ή $> 2,58$ που ορίζεται ως 99% επίπεδο σημαντικότητας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε $|r(t)| = 0,260515 < 1,96$ και $2,58$. Άρα δεν υπάρχει τάση.

Γ) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman

Η προσαρμογή και η εκτίμηση των παραμέτρων με χρήση του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman δίνεται στον Πίνακα 3.9. Επίσης στον ίδιο πίνακα

φαίνεται το τυπικό σφάλμα και η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου, ο συντελεστής συσχέτισης, η τιμή του στατιστικού και η κρίσιμη τιμή για τον έλεγχο της σημαντικότητας του R_{sp} .

Πίνακας 3.9 Εκτίμηση των παραμέτρων του συντελεστή Spearman για την παράμετρο ποσοστό κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου

$R_{sp} =$	0,027892639
$t =$	0,238407572
$t(135; 0,025)$	1,96

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|t| > t(n-2; \alpha/2)$. Στην περίπτωση μας $|t| < t(135; 0,025)$. Άρα δεν υπάρχει τάση.

Παρατηρούμε ότι και με τους τρεις τρόπους που χρησιμοποιήσαμε δεν υπάρχει τάση. Παρατηρώντας τις μετρήσεις της παραμέτρου διαπιστώνεται ότι υπάρχουν αρκετές τιμές (56/137), μεγαλύτερες του 100%, π.χ. Μάρτιος 1988 μέτρηση 112,9%, Φεβρουάριος 1993 μέτρηση 113,4%, Αύγουστος 1995 μέτρηση 120% που είναι και η μέγιστη τιμή της παραμέτρου, ενώ επίσης αρκετές ακόμα τείνουν να προσεγγίσουν το 100%. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε το φαινόμενο του ευτροφισμού. Ευτροφισμός λέγεται η διαδικασία με την οποία η μάζα του νερού των λιμνών και των υδάτινων ρευμάτων εμπλουτίζεται με θρεπτικά στοιχεία και έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση τις παραγωγικότητάς τους. Η αύξηση της παραγωγικότητας έχει σαν συνέπεια την υπέρμετρη ανάπτυξη κυρίως των μικροφυκών και γενικά της βιομάζας στο νερό των παραπάνω συστημάτων, που οδηγεί στην υποβάθμιση τους (Αντωνόπουλος, 2003).

Αποτέλεσμα του ευτροφισμού είναι η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, η μεταβολή της χλωρίδας και πανίδας, των νερών, η μείωση της αισθητικής αξίας καθώς και οι περιορισμένες δυνατότητες για αναψυχή (<http://el.wikipedia.org/wiki>).

Ρύπανση και ευτροφισμός δεν είναι το ίδιο πράγμα. Μία περιοχή μπορεί να είναι ρυπασμένη χωρίς να υπάρχει το φαινόμενο του ευτροφισμού. Για παράδειγμα, ρύπανση προξενείται από βιομηχανικά τοξικά απόβλητα που αναστέλλουν τις διαδικασίες της φωτοσύνθεσης. Όταν δεν υπάρχουν επιδράσεις από ανθρώπινους παράγοντες ο ευτροφισμός αποτελεί βραδύ φυσικό φαινόμενο.

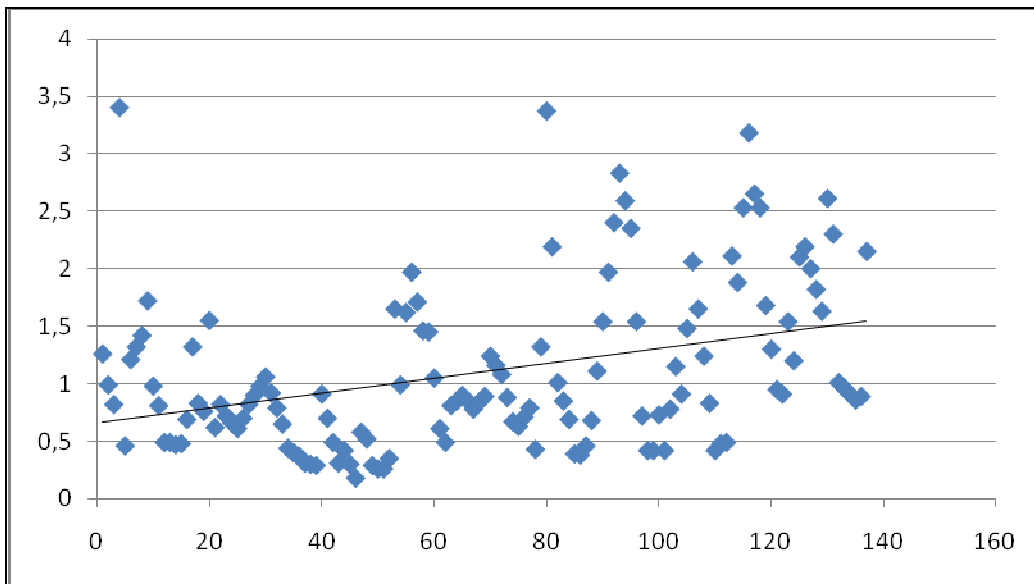
3.2.5 Παράμετρος παροχή

A) Ευθεία παλινδρόμησης

Μια παράμετρος που παρουσιάζει τάση και στις τρεις μεθόδους που χρησιμοποιήσαμε, είναι η παροχή. Η προσαρμογή της ευθείας παλινδρόμησης στα δεδομένα μας παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.23, ενώ η εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης δίνεται στον Πίνακα 3.10. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα και η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου.

Πίνακας 3.10 Εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης για την παράμετρο παροχή

Παρά-μετρος		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
Q	b_0	0,658	0,114		5,780	0,000
	b_1	0,007	0,001	0,365	4,554	0,000



Σχήμα 3.23 Γράφημα εμφάνισης τάσης με την ευθεία παλινδρόμησης για την παράμετρο παροχή

Σύμφωνα με την ευθεία παλινδρόμησης, για να υπάρχει τάση θα πρέπει να έχει $\text{sig } b1 < 0,05$ και $y \neq 0$ ($y = b_0 + b_1 * x$). Οπότε σύμφωνα με τον πίνακα, επειδή η σημαντικότητα της παραμέτρου b_1 είναι $< 0,05$ άρα $b_1 \neq 0$ οπότε και $y \neq 0$, η ευθεία παλινδρόμησης στην περίπτωση μας είναι $y = 0,658 + 0,007 * t$. Άρα υπάρχει τάση.

B) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Kendall

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Kendall, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|r/\tau(t)| > 1,96$ που ορίζεται ως 95% επίπεδο σημαντικότητας ή $> 2,58$ που ορίζεται ως 99% επίπεδο σημαντικότητας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε $|r/\tau(t)| = 3,915165712 > 1,96$ και $2,58$. Άρα και στα δύο επίπεδα σημαντικότητας υπάρχει τάση.

Γ) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman

Η προσαρμογή και η εκτίμηση των παραμέτρων με χρήση του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman δίνεται στον Πίνακα 3.11. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα και η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου, ο

συντελεστής συσχέτισης, η τιμή του στατιστικού και η κρίσιμη τιμή για τον έλεγχο της σημαντικότητας του R_{sp} .

Πίνακας 3.11 Εκτίμηση των παραμέτρων του συντελεστή Spearman για την παράμετρο παροχή

$R_{sp} =$	0,363367372
$t =$	3,332394914
$t(135;0,025)$	1,96

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|t| > t(n-2; \alpha/2)$. Στην περίπτωση μας $|t| > t(135;0,025)$, άρα υπάρχει τάση.

Παρατηρούμε ότι και με τους τρεις τρόπους που χρησιμοποιήσαμε υπάρχει τάση όπου είναι σημαντική και επίσης θετική, κάτι που σημαίνει ότι η παροχή των υδάτων του ποταμού Ληθαίου αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Ο ρυθμός αύξησης που παρατηρείται όμως είναι πολύ μικρός.

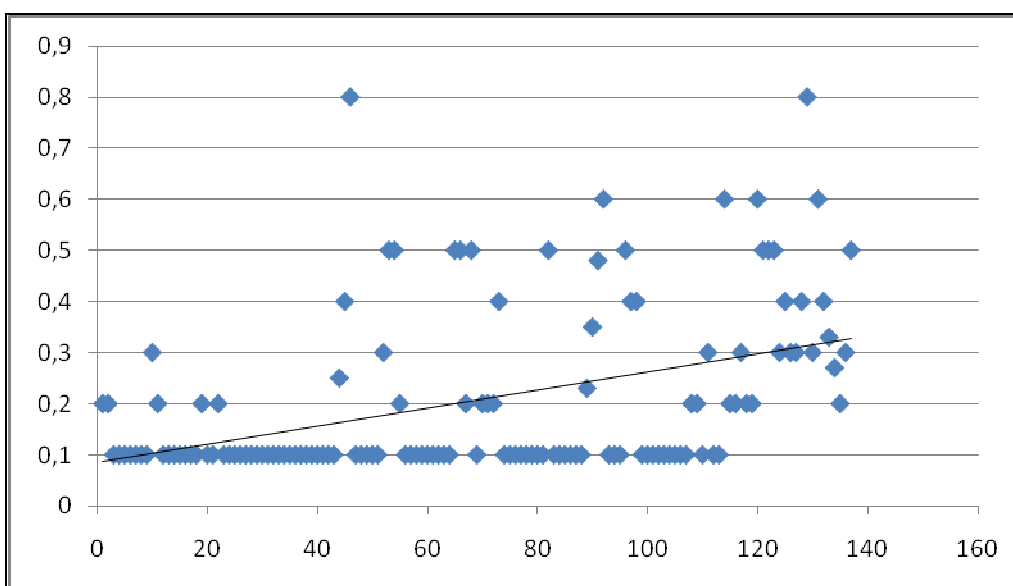
3.2.6 Παράμετρος χλωριόντα

A) Ευθεία παλινδρόμησης

Μια παράμετρος που παρουσιάζει τάση στην μία από τις τρεις μεθόδους που χρησιμοποιήσαμε, είναι τα χλωριόντα. Η προσαρμογή της ευθείας παλινδρόμησης στα δεδομένα μας παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.24, ενώ η εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης δίνεται στον Πίνακα 3.12. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα και η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου.

Πίνακας 3.12 Εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης για την παράμετρο χλωριόντα

Παρά- μετρος		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
CL-	b ₀	0,086	0,026		3,371	0,001
	b ₁	0,002	0,000	0,426	5,467	0,000



Σχήμα 3.24 Γράφημα εμφάνισης τάσης με την ευθεία παλινδρόμησης για την παράμετρο χλωριόντα

Σύμφωνα με την ευθεία παλινδρόμησης, για να υπάρχει τάση θα πρέπει να έχει $\text{sig } b_1 < 0,05$ και $y \neq 0$ ($y = b_0 + b_1 * x$). Οπότε σύμφωνα με τον πίνακα, επειδή η σημαντικότητα της παραμέτρου b_1 είναι $< 0,05$ άρα $b_1 \neq 0$ οπότε και $y \neq 0$, η ευθεία παλινδρόμησης στην περίπτωση μας είναι $y = 0,086 + 0,002 * t$. Άρα υπάρχει τάση.

B) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Kendall

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Kendall, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|r/\tau(t)| > 1,96$ που ορίζεται ως 95% επίπεδο σημαντικότητας ή $> 2,58$ που ορίζεται ως 99% επίπεδο σημαντικότητας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε $|r/\tau(t)| = 1,764057555 < 1,96$ και $2,58$. Άρα δεν υπάρχει τάση.

Γ) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman

Η προσαρμογή και η εκτίμηση των παραμέτρων με χρήση του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman δίνεται στον Πίνακα 3.13. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα, η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου, ο συντελεστής συσχέτισης, η τιμή του στατιστικού και η κρίσιμη τιμή για τον έλεγχο της σημαντικότητας του Rsp.

Πίνακας 3.13 Εκτίμηση των παραμέτρων του συντελεστή Spearman για την παράμετρο χλωριόντα

Rsp=	0,035140572
t=	0,300426725
t(135;0,025)	1,96

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|t| > t(n-2; \alpha/2)$. Στην περίπτωση μας $|t| < t(135; 0,025)$, άρα δεν υπάρχει τάση.

Παρατηρούμε ότι στον ένα από τους τρεις τρόπους που χρησιμοποιήσαμε (ευθεία παλινδρόμησης) υπάρχει τάση όπου είναι σημαντική και επίσης θετική. Από την ανάγνωση των διαγραμμάτων εύκολα γίνεται αντιληπτό πως διαφαίνεται αύξηση της συγκέντρωσης των χλωριόντων των υδάτων του ποταμού Ληθαίου, η αύξηση όμως που παρατηρείτε είναι πολύ μικρή.

Τα χλωριόντα μπορούν να μολύνουν ρεύματα γλυκού νερού και λίμνες. Από βιολογική άποψη τα ψάρια και οι υδρόβιες κοινότητες δεν μπορούν να επιβιώσουν σε υψηλά επίπεδα χλωριόντων. Έτσι εάν οι τιμές των χλωριόντων υπερβούν τα όρια αυτά, τα υδρόβια είδη θα αναγκαστούν να μεταναστεύσουν, εάν αυτό είναι εφικτό ή θα κινδυνεύσουν με αφανισμό.

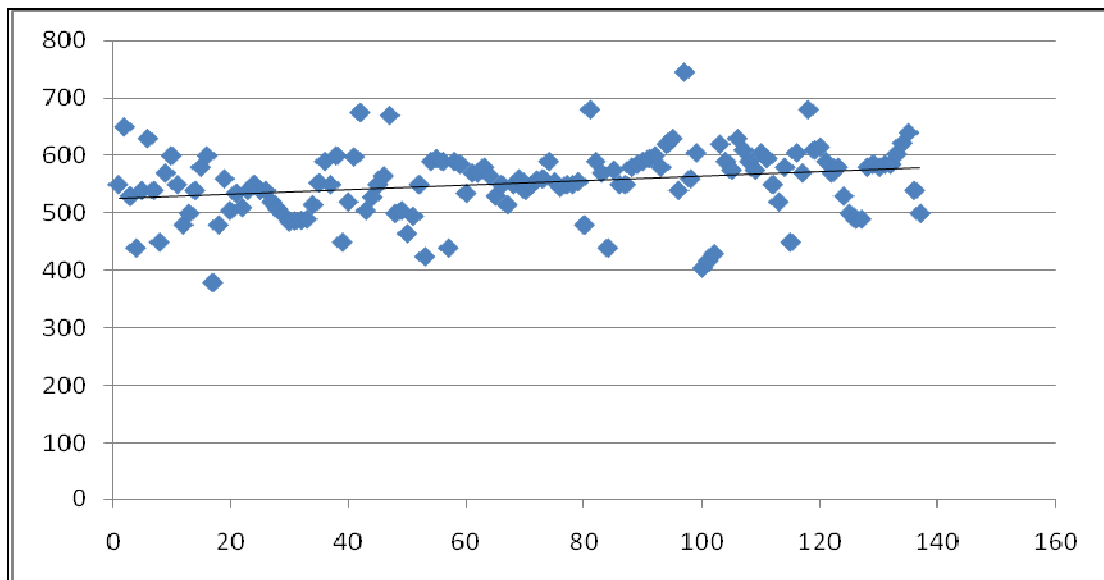
3.2.7 Παράμετρος ηλεκτρική αγωγιμότητα

A) Ευθεία παλινδρόμησης

Μια παράμετρος που παρουσιάζει τάση και στις τρεις μεθόδους που χρησιμοποιήσαμε, είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η προσαρμογή της ευθείας παλινδρόμησης στα δεδομένα μας παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.25, ενώ η εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης δίνεται στον Πίνακα 3.14. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα και η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου.

Πίνακας 3.14 Εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης για την παράμετρο ηλεκτρική αγωγιμότητα

Παρά-μετρος		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
ECW	b_0	525,853	9,802		53,650	0,000
	b_1	0,387	0,123	0,261	3,139	0,002



Σχήμα 3.25 Γράφημα εμφάνισης τάσης με την ευθεία παλινδρόμησης για την παράμετρο ηλεκτρική αγωγιμότητα

Σύμφωνα με την ευθεία παλινδρόμησης, για να υπάρχει τάση θα πρέπει να έχει $\text{sig } b_1 < 0,05$ και $y \neq 0$ ($y = b_0 + b_1 * x$). Οπότε σύμφωνα με τον πίνακα, επειδή η σημαντικότητα της παραμέτρου b_1 είναι $< 0,05$ άρα $b_1 \neq 0$ οπότε και $y \neq 0$, η ευθεία παλινδρόμησης στην περίπτωση μας είναι $y = 525,853 + 0,387 * t$. Άρα υπάρχει τάση.

B) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Kendall

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Kendall, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|r(t)| > 1,96$ που ορίζεται ως 95% επίπεδο σημαντικότητας ή $> 2,58$ που ορίζεται ως 99% επίπεδο σημαντικότητας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε $|r(t)| = 3,409022617 > 1,96$ και $2,58$. Άρα και στα δύο επίπεδα σημαντικότητας υπάρχει τάση.

Γ) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman

Η προσαρμογή και η εκτίμηση των παραμέτρων με χρήση του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman δίνεται στον Πίνακα 3.15. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα, η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου, ο συντελεστής συσχέτισης, η τιμή του στατιστικού και η κρίσιμη τιμή για τον έλεγχο της σημαντικότητας του R_{sp} .

Πίνακας 3.15 Εκτίμηση των παραμέτρων του συντελεστή Spearman για την παράμετρο ηλεκτρική αγωγιμότητα

$R_{sp} =$	0,322264641
$t =$	2,908605507
$t(135; 0,025)$	1,96

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|t| > t(n-2; \alpha/2)$. Στην περίπτωση μας $|t| > t(135; 0,025)$, άρα υπάρχει τάση.

Παρατηρούμε ότι και με τους τρεις τρόπους που χρησιμοποιήσαμε υπάρχει τάση όπου είναι σημαντική και επίσης θετική, κάτι που σημαίνει αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Ο ρυθμός αύξησης που παρατηρείται είναι αρκετά μεγάλος.

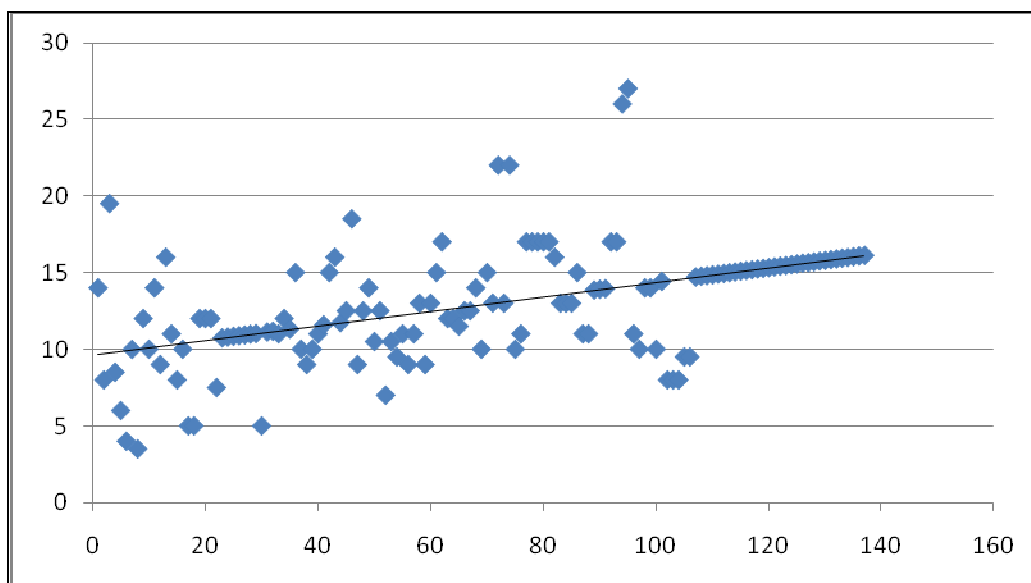
3.2.8 Παράμετρος θερμοκρασία περιβάλλοντος

A) Ευθεία παλινδρόμησης

Η τελευταία παράμετρος που εξετάσαμε παρουσιάζει επίσης τάση και με τις τρεις μεθόδους που χρησιμοποιήσαμε, είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η προσαρμογή της ευθείας παλινδρόμησης στα δεδομένα μας παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.26, ενώ η εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης δίνεται στον Πίνακα 3.16. Επίσης στον ίδιο πίνακα φαίνεται το τυπικό σφάλμα και η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου.

Πίνακας 3.16 Εκτίμηση των παραμέτρων της ευθείας παλινδρόμησης για την παράμετρο θερμοκρασία περιβάλλοντος

Παράμετρος	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
°C	b ₀	9,655	0,557	17,339	0,000
	b ₁	0,047	0,007	6,745	0,000



Σχήμα 3.26 Γράφημα εμφάνισης τάσης με την ευθεία παλινδρόμησης για την παράμετρο θερμοκρασία περιβάλλοντος

Σύμφωνα με την ευθεία παλινδρόμησης, για να υπάρχει τάση θα πρέπει να έχει $\text{sig } b1 < 0,05$ και $y \neq 0$ ($y = b_0 + b_1 * x$). Οπότε σύμφωνα με τον πίνακα, επειδή η σημαντικότητα της παραμέτρου b_1 είναι $< 0,05$ άρα $b_1 \neq 0$ οπότε και $y \neq 0$, η ευθεία παλινδρόμησης στην περίπτωση μας είναι $y = 9,655 + 0,047 * t$. Άρα υπάρχει τάση.

Β) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Kendall

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Kendall, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|r/\tau(t)| > 1,96$ που ορίζεται ως 95% επίπεδο σημαντικότητας ή $> 2,58$ που ορίζεται ως 99% επίπεδο σημαντικότητας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε $|r/\tau(t)| = 7,2571988 > 1,96$ και $2,58$. Άρα και στα δύο επίπεδα σημαντικότητας υπάρχει τάση.

Γ) Συντελεστής συσχέτισης βαθμού Spearman

Η προσαρμογή και η εκτίμηση των παραμέτρων με χρήση του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman δίνεται στον Πίνακα 3.17. Επίσης στον ίδιο πίνακα

φαίνεται το τυπικό σφάλμα, η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου, ο συντελεστής συσχέτισης, η τιμή του στατιστικού και η κρίσιμη τιμή για τον έλεγχο της σημαντικότητας του R_{sp} .

Πίνακας 3.17 Εκτίμηση των παραμέτρων του συντελεστή Spearman για την παράμετρο θερμοκρασία περιβάλλοντος

$R_{sp} =$	0,558851532
$t =$	5,757886647
$t(135;0,025)$	1,96

Σύμφωνα με την θεωρία του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman, για να υπάρχει τάση θα πρέπει $|t| > t(n-2; \alpha/2)$. Στην περίπτωση μας $|t| > t(135; 0,025)$, άρα υπάρχει τάση.

Παρατηρούμε ότι και με τους τρεις τρόπους που χρησιμοποιήσαμε υπάρχει τάση όπου είναι σημαντική και επίσης θετική, κάτι που σημαίνει πως παρατηρείτε αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος στην περιοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Συμπεράσματα

Το νερό αποτελεί αναμφισβήτητα κυρίαρχο στοιχείο της φύσης, της δημιουργίας και της ζωής. Η σύγχρονη ανθρώπινη κοινωνία συνεχώς αυξάνει την εξάρτησή της από το νερό σε σχέση με το παρελθόν. Με δεδομένο πως οι ανάγκες σε νερό δεν παραμένουν σταθερές και η παρέμβαση του ανθρώπου στη φύση είναι συνεχής, σε συνδυασμό με την μειωμένη και ανομοιόμορφη κατανομή των βροχοπτώσεων έχει σαν αποτέλεσμα την εξάντλησή του.

Έτσι δημιουργούνται προβλήματα, που οφείλονται τόσο στην ποσότητα, όσο και στην κατά τόπο και χρόνο κατανομή και στην ποιότητα του αγαθού αυτού. Εκτιμήσεις αναφέρουν πως η χώρα μας θα αντιμετωπίσει τις προσεχείς δεκαετίες “κρίση νερού” λόγω της απουσίας της ενιαίας πολιτικής στην διαχείριση των υδάτινων πόρων, η οποία πρέπει να στηρίζεται στην αρχή της αειφορίας της χρήσεως.

Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων από το 1974, άρχισε το «Πρόγραμμα εκτέλεσης ελέγχου ποιότητας αρδευτικών υδάτων» στα μεγάλα ποτάμια της Βόρειας Ελλάδας. Έξι από τους σταθμούς μετρήσεων στα ποτάμια εντάχθηκαν στις Κοινοτικές Οδηγίες 77/795, 81/856 και 86/574 «περί ανταλλαγής πληροφοριών για την ποιότητα των επιφανειακών νερών στην Κοινότητα» (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1994), ενώ και άλλοι φορείς, όπως το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., η ΔΕΗ κ.ά., εγκατέστησαν άλλους σταθμούς μέτρησης των ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων των επιφανειακών υδάτων.

Τα επιφανειακά ρέοντα υδάτινα συστήματα είναι ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι, αποτελούν όμως συχνά αποδέκτες αστικών, βιομηχανικών και γεωργικών αποβλήτων με συνέπεια τη διατάραξη της φυσικοχημικής τους σύστασης. Η

εξασφάλιση καλής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων επιβάλλει έγκαιρη δράση και σταθερό μακροπρόθεσμο σχεδιασμό μέτρων προστασίας, λόγω της φυσικής καθυστέρησης στο σχηματισμό και την ανανέωσή τους. Η θέσπιση μέτρων για την επίτευξη καλής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων και αναστροφής κάθε σημαντικής και επίμονης ανοδικής τάσης συγκέντρωσης οποιουδήποτε ρύπου, στηρίζεται στην αναγνώριση της φυσικοχημικής και οικολογικής ποιότητας, μέσω της συστηματικής παρακολούθησής της.

Υδρολογικές διεργασίες κινούν φυσικά το νερό που περιέχει διαλυμένα ή μη συστατικά που συμμετέχουν σε φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες. Οι διεργασίες αυτές περιλαμβάνουν ιοντικές μετατροπές, απορρόφηση και αποδέσμευση, αφομοίωση διαμέσου του μεταβολισμού των έμβιων όντων. Τα χημικά συστατικά μπορεί να μεταφέρονται από την υδάτινη στήλη στην κοίτη του ποταμού. Κάποιες από αυτές τις ουσίες θα προσληφθούν για να ενσωματωθούν στους ζωντανούς οργανισμούς, ενδεχομένως να μεταφερθούν σε άλλους οργανισμούς και διαδοχικά να ελευθερωθούν κατά την απέκκριση ή την αποσύνθεση στην υδάτινη στήλη και να συνεχίσουν τη κίνησή τους προς την κατεύθυνση του ρεύματος.

Οι φυσικοχημικές συνθήκες που επικρατούν και η συμπεριφορά των διαφόρων ιόντων και οργανικών ουσιών στα ρέοντα ύδατα δεν διαφέρουν από τα άλλα υδάτινα συστήματα. Ωστόσο, τα ρέοντα ύδατα διαφέρουν από τις λίμνες ως προς τη σύσταση, τη συγκέντρωση και την κατανομή των διαφόρων υλικών κατά μήκος του ρεύματος. Οι βροχοπτώσεις καθώς και η φύση του πυθμένα, επηρεάζουν επίσης σημαντικά τη σύσταση των υδάτων μικρών ρευμάτων. Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια την εμφάνιση βασικών διαφορών σε ρεύματα της ίδιας περιοχής. Αντίθετα, τα ύδατα μεγάλων ρευμάτων τυπικά τουλάχιστον παρουσιάζουν μια γενική ομοιογένεια της συστάσεώς τους, έτσι ώστε να παρέχεται η δυνατότητα εκφράσεως

των μέσων όρων των χαρακτηριστικών τους. Η ποιότητα των ποτάμιων νερών μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τη γεωμορφολογία, τη βλάστηση και δραστηριότητες στη λεκάνη απορροής, όπως και στη θέση δειγματοληψίας, είτε αντίθετα προς το ρεύμα στα βουνά είτε χαμηλότερα στο ίδιο τμήμα της ποτάμιας πορείας.

Η ποιότητα των λυμάτων και αποβλήτων που διατίθενται σε επιφανειακά νερά καθορίζεται με νομοθετικές πράξεις εξειδικευμένες για κάθε αποδέκτη. Οι όροι που διέπουν τη διάθεση των λυμάτων και αποβλήτων σε λίμνες, ποτάμια, χείμαρρους ή τη θάλασσα προσδιορίζονται με επιμέρους νομαρχιακές ή διανομαρχιακές αποφάσεις, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής. Σε γενικές γραμμές όμως παρουσιάζεται σύγκλιση πολλών νομαρχιακών αποφάσεων στην τήρηση των ορίων απόρριψης υγρών αποβλήτων. Στην Ελλάδα, η ποιότητα των νερών που προορίζονται για κολύμβηση, διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά και καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών, καθορίζεται από τη διϋπουργική απόφαση αρ.οικ.46399/1352 (ΦΕΚ 438 Β', 3-7-1986) σε συμμόρφωση με τις σχετικές Οδηγίες του συμβουλίου των ευρωπαϊκών κοινοτήτων. Στην απόφαση αυτή, καθορίζονται τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που πρέπει να διαθέτουν τα ύδατα, ανάλογα με τη χρήση τους (κολύμβηση, διαβίωση ψαριών κ.ά).

Τα νερά που προορίζονται για τη διαβίωση ψαριών κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το είδος των ψαριών που μπορούν να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν στο εξεταζόμενο νερό: 1) σε νερά σαλμονιδών όπου αναπτύσσονται ή δύνανται να αναπτυχθούν ψάρια που ανήκουν σε είδη, όπως οι σολωμοί (*Salmo salar*) και οι πέστροφες (*Salmo Trutta*) ή 2) σε νερά κυπρινιδών όπου αναπτύσσονται ή δύνανται να αναπτυχθούν ψάρια που ανήκουν σε είδη, όπως τα είδη κυπρίνος (*Cyprinus carpio*), οι πέρκες (*Perca fluviatilis*) και τα χέλια (*Anguilla anguilla*).

Με απόφαση του Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων (4391/8-11-2004), τα όρια των συγκεντρώσεων των παραμέτρων ποιότητας των νερών των ποταμών του νομού, δίνονται στους Πίνακες 4.1, 4.2 και 4.3.

Πίνακας 4.1 Όρια αποδέκτη βάσει απόφασης Ν. Σ. για υδροληψία πόσιμου νερού

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΓΙΑ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ	
	Επιθυμητό όριο	Ανώτατο επιτρεπτό όριο
PH	6,5-9,5	6,5-9,5
Θερμοκρασία νερού	22	30
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	2500	2500
Χλωριόντα	250	250
Ποσοστό κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου	>50%	>50%
COD	<15	<15
BOD5	<5	<5

Πίνακας 4.2 Όρια αποδέκτη βάσει απόφασης Ν. Σ. Τρικάλων για διαβίωση ψαριών

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΓΙΑ ΔΙΑΒΙΩΣΗ ΨΑΡΙΩΝ			
	ΝΕΡΑ ΣΑΛΜΟΝΙΔΩΝ		ΝΕΡΑ ΚΥΠΡΙΝΙΔΩΝ	
	Επιθυμητό όριο	Ανώτατο όριο	Επιθυμητό όριο	Ανώτατο όριο
PH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Θερμοκρασία νερού	20	21,5	25	28
BOD5	3	3	6	6
Διαλυμένο Οξυγόνο	7	7	5	5

Πίνακας 4.3 Όρια αποδέκτη βάσει απόφασης Ν. Σ. Τρικάλων για άρδευση

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ	
	Επιθυμητό όριο	Ανώτατο επιτρεπτό όριο
PH	6,5-9,5	6,5-9,5
Θερμοκρασία νερού	22	28
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	2500	2500
Χλωριόντα	250	250
Διαλυμένο Οξυγόνο	>3	>3
COD	<125	<125
BOD5	<25	<25

Σύμφωνα με τα όρια αποδέκτη βάσει της απόφασης του Νομαρχιακού Συμβουλίου Τρικάλων 4391/8-11-2004, οι τιμές των ποιοτικών παραμέτρων οι οποίες διερευνήθηκαν είναι μέσα στα όρια που προβλέπονται για υδροληψία πόσιμου νερού, για άρδευση και για διαβίωση ψαριών.

Η περιοχή στην οποία αναφέρεται η παρούσα εργασία είναι ο Ληθαίος ποταμός. Μετρήσεις για την ποιότητα των υδάτων του ποταμού υπάρχουν από τους εξής σταθμούς: γέφυρας Σωτήρας, γέφυρας Τρικαίογλου και απόβλητα εργοστασίου γάλακτος Τρικάλων. Επιλέχθηκαν οι σταθμοί γέφυρας Σωτήρας και γέφυρας Τρικαίογλου, διότι παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση ($r = 0,835525$ ή $83,55\%$). Οι καταγεγραμμένες μετρήσεις ελήφθησαν από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων και αφορούν την περίοδο από τον Αύγουστο του 1986 έως τον Δεκέμβριο του 1997.

Οι παράμετροι που μελετήθηκαν είναι: 1) η παροχή (Q), 2) η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_w), 3) η ενεργός οξύτητα (pH), 4) η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO), 5) η θερμοκρασία των υδάτων (T_w), 6) το ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου (DO%), 7) η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T) και 8) τα χλωριόντα (CL⁻).

Οι μετρήσεις κάθε παραμέτρου αποτελούν μια χρονοσειρά. Η ανάλυση χρονοσειρών απαιτεί να υπάρχουν παρατηρήσεις για όλο το χρονικό διάστημα στο οποίο αναφέρονται, προϋπόθεση η οποία έπρεπε να αντιμετωπιστεί, λόγω της ύπαρξης ελλειπουσών τιμών στις μετρήσεις μας. Για τη συμπλήρωση των κενών χρησιμοποιήθηκαν δύο τρόποι: α) η εκτίμηση της ευθείας ελάχιστων τετραγώνων, μεταξύ των κοινών ημερομηνιών συλλογής παρατηρήσεων στους σταθμούς γέφυρας Σωτήρας και γέφυρας Τρικαίογλου β) η συμπλήρωση κάθε μιας των ελλειπουσών

τιμών με τις τιμές που παίρναμε από την χρήση των εντολών “Linear interpolation” και “Linear trend at point” του στατιστικού πακέτου SPSS version 17.0.

Διερευνήθηκε με τη βοήθεια: α) προσαρμογής ευθείας παλινδρόμησης και έλεγχος της κλίσης της ευθείας, β) χρήση του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Spearman και γ) χρήση του συντελεστή συσχέτισης βαθμού Kendall , το μέγεθος και το είδος (θετική ή αρνητική) της τάσης των παραμέτρων (Πίν. 4.4): 1) παροχή (Q), 2) ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECw), 3) ενεργός οξύτητα (pH), 4) συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO), 5) θερμοκρασία των υδάτων (Tw), 6) ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου (DO%), 7) θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T) και 8) χλωριόντα (CL⁻).

Πίνακας 4.4 Ύπαρξη ή μη τάσης των παραμέτρων που διερευνήθηκαν

	Ευθεία παλινδρόμησης	Spearman	Kendall
Παροχή (Q)	Ναι	Ναι	Ναι
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECw)	Ναι	Ναι	Ναι
Ενεργός οξύτητα (pH)	Ναι	Ναι	Ναι
Συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO)	Ναι	Ναι	Ναι
Θερμοκρασία των υδάτων (Tw)	Όχι	Όχι	Ναι
Ποσοστό κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου (DO%)	Όχι	Όχι	Όχι
Θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T)	Ναι	Ναι	Ναι
Χλωριόντα (CL ⁻)	Ναι	Όχι	Όχι

Ο έλεγχος της γραμμικής τάσης δείχνει την τάση της μελλοντικής συμπεριφοράς της παραμέτρου, πράγμα που βοηθά στο σχεδιασμό και προγραμματισμό των υδατικών πόρων και ειδικότερα το σχεδιασμό προγραμμάτων

αιφορίας για τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων και μείωση της ρύπανσης. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων θα πρέπει να υπάρχουν ακριβή πλήρη και έγκυρα δεδομένα. Γι αυτό η ενίσχυση του δικτύου των σταθμών λήψης μετρήσεων κρίνεται επιβεβλημένη, όπως επίσης και η ανελλιπής λήψη μετρήσεων ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Τέλος η αυτοματοποίηση της καταγραφής αποτελεί ένα ακόμη βήμα ώστε με την χρήση των δεδομένων οι ερευνητές να μπορέσουν να εξάγουν ασφαλή συμπεράσματα και να διατυπώσουν προτάσεις. Οι προτάσεις αυτές αποτελούν τη βάση του προγραμματισμού της ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Angelidis, M. , Markantonatos P. and Bacalis N. (1995).** Impact of Human Activities on the Quality of River Water: the Case of Evrotas River Catchment Basin, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*, 35, 137-153.
- **Burton, S. , Rundle S. and Jones M. (2001).** The Relationship Between Trace Metal Contamination and Stream Meiofauna. *Environmental Pollution*, 111, 159-167.
- **Calow, P. and Petts G. (1996).** *The river handbook*, vol 2, “Water Quality Monitoring”, Blackwell Science,
- **Dassenakis, M., Scoullou M., Foufa E., Krasakopoulou E., Pavlidou A. and Kloukiniotou M. (1998).** Effects of multiple source pollution on a small Mediterranean river. *Applied Geochemistry*, 13: 197-211.
- **European environmental agency,** Europe’s environment: The Dobris Assesment, EEA, Copenhagen, 1995
- **Fytianos, K., Siumka A., Zachariadis G. and Beltsios S. (2001).** Assessment of the Quality Characteristics of Pinios River, Greece. *7th International Conference on Environmental Science and Technology, Ermoupolis, Syros island, Greece*, 89-96.
- **Helsel, D. and Hirsch R. (1992).** *Statistical Methods in Water Resources.* Elsevier Science Publishers B.V., The Netherlands.
- **Hem, H. (1985).** «Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water». - U.S. Geological Survey, Water Supply, paper 2254

- **Holder, R. (1985).** Multiple regression in Hydrology. Institute of Hydrology, Wallingford,
- **Lampert, W., Sommer U. and Haney J. (1997).** Limnoecology : the ecology of lakes and streams. Oxford University Press. New York.
- **Lekka, E., Kagalou I., Lazaridou-Dimitriadou M., Albanis T., Dakos V., Lambropoulou D. and Sakkas V. (2004).** Assessment of the Water and Habitat Quality of a Mediterranean River (Kalamas, Epirus, Hellas), in Accordance with the EU Water 'Framework Directive. *Acta hydrochim. Hydrobiol* 32 (3), 175-188.
- **Samanidou, V. and Fytianos K. (1987).** Partitioning of Heavy Metals into Selective Chemical Fractions in Sediments from Rivers in Northern Greece. *The Science of the Total Environment* 67, 279-285.
- **Sawidis, T. (1997).** Chemical Pollution Monitoring of River Pinios in the Mediterranean Climatic Region. *Toxicological and Environmental Chemistry* 62, pp. 217-227.
- **Simeonov, V., Stratis J., Samara C., Zachariadis G., Voutsas D., Anthemidis A., Sofoniou M. and Kouimtzis T. (2003).** *Water Research* 37, 4119-4124.
- **Stamatis, G. (1999).** The Chemical Composition of the Surface System of Peneos River, Thessaly/ Central Greece. *Environmental Geology* 38 (2), 126-140.
- **Stednick, J. (1991).** Widlaland Water Quality Sampling and Analysis. Academic Press, Inc., San Diego.
- **Wetzel, R. (2001).** Limnology: *Lake and River ecosystems*. Third Edition, 1006 pp.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Αντωνόπουλος, Β. (2001).** Ποιότητα και ρύπανση Υπόγειων Νερών. Εκδόσεις Ζήτη.
- **Αντωνόπουλος, Β. (2003).** “Υδραυλική Περιβάλλοντος και ποιότητα Επιφανειακών Υδάτων”. Θεσσαλονίκη.
- **Γεράκης, Π. και Τσιούρης Σ. (1989).** Σημειώσεις Προστασίας Περιβάλλοντος. Έκδοση Έκδοση Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.
- Εγχειρίδιο οδηγιών προγράμματος στατιστικής ανάλυσης SPSS Trends.
- **Ζανάκη, Κ. (2001).** Έλεγχος Ποιότητας Νερού. Εκδόσεις Ίων.
- **Ζήση, Σ. (2007).** «Περιβαλλοντικοί παράγοντες και έλεγχος ποιότητας νερών του ποταμού Ληθαίου».
- **Κουτσογιάννης, Δ. (2000).** «Υδρογεωλογία» (Αθήνα 2000)
- **Κρικέλης, Β., Μπέλτσιος Σ. και Παπακωνσταντίνου Α. (1989).** Έλεγχος της Ρύπανσης του Πηνειού Ποταμού. Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας.
- **Κυριακίδης, Ι. (2004).** Εκτίμηση της φυσικοχημικής κατάστασης και των τάσεων μακροπρόθεσμης μεταβολής του καθεστώτος των επιφανειακών υδατικών συστημάτων της Ελλάδας με ανάλυση των δεδομένων του Υπουργείου Γεωργίας Λίμνες- Ποτάμια. Διπλωματική Μεταπτυχιακή Διατριβή. Α.Π.Θ. Τμήμα Γεωπονίας.
- **Κωτσόπουλος, Σ. (2000).** «Υδρολογία» (Λάρισα 2000)
- **Μήτσιου, Κ., Αντωνόπουλος Β. και Παπαμιχαήλ Δ. (1998).** Στατιστική ανάλυση παραμέτρων της ποιότητας του νερού του ποταμού Στρυμόνα. Διπλωματική Μεταπτυχιακή Διατριβή. Α.Π.Θ. Τμήμα Γεωπονίας, Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων.

- **Μιμίκου, Μ. και Μπαλτάς Ε. (2004).** «Τεχνική υδρολογία» ,Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2004.
- **Μισοπολινός, Ν. (1991).** Προβληματικά εδάφη. Μελέτη, πρόβλεψη, βελτίωση. Εκδοσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- **Μοράκης, Γ. και Τσιούρης Σ. (2004).** Εργασία στο μάθημα Υγρότοποι και Γεωργία: Ποταμός Ληθαίος. Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- **Μωρίκη, Α. (2006).** Έλεγχος Ποιότητας Επιφανειακών Νερών. Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- **Ξένος, Κ. και Ξένου Ε. (2005).** Ρύπανση και Τεχνικές Ελέγχου Ποιότητας Νερού. Εκδόσεις Ίων
- **Οδηγία 2000/60/ΕΚ** για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.
- **Παπαδοπούλου-Μουρκίδου, Ε. (2002).** «Πρόγραμμα Ελέγχου Ποιότητας Επιφανειακών Υδάτων στη Μακεδονία και τη Θράκη» Θεσσαλονίκη.
- **Παπαζαφειρίου, Ζ. και Αντωνόπουλος Β. (1991).** Υδραυλική Περιβάλλοντος. Έκδοση Έκδοση Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.
- **Παπαμιχαήλ, Α. (2004).** «Τεχνική υδρολογία επιφανειακών υδάτων» (Θεσσαλονίκη 2004)
- **Παπουτσόγλου, Σ. (1996).** Το Υδάτινο Περιβάλλον και οι Οργανισμοί του. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς.
- **Σακκά, Ι. (2004).** «Τεχνική Υδρολογία, τόμος 1, Υδρολογία επιφανειακών υδάτων», Εκδόσεις Αϊβάζη, Θεσσαλονίκη, 2004.

- **Σέντας, Α. (2007).** «Ανάλυση Χρονοσειρών των Ποιοτικών και Ποσοτικών Παραμέτρων των Υδάτων Ποταμών και Υδατορρευμάτων με τη Χρήση Μοντέλων ARIMA», Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- **Σίνης, Α. (2001).** Λιμνολογία. Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών. ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- **Σκούλλος, Μ., Δασενάκης Μ., Φούφα Ε., Κρασακοπούλου Ε., Παυλίδου Α. και Κλουκινιώτου Μ. (1993).** Επίδραση Ανθρωπίνων Δραστηριοτήτων Στην Ποιότητα Νερών του Ποταμού Ληθαίου. Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Ρόδος.
- **Υπουργείο Ανάπτυξης, Διεύθυνσης Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων, «Σχέδιο προγράμματος των υδατικών πόρων στην Ελλάδα» (Αθήνα 2003).**

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γενική διεύθυνση εγχειροβελτιωτικών έργων & γεωργικών διαθρώσεων, διεύθυνση σχεδιασμού εγχειροβελτιωτικών έργων και αξιοποίησης εδαφοϋδατικών πόρων, τμήμα προστασίας αρδευτικών υδάτων.
<http://www.minagric.gr/greek/2.9.3.LITHEOS.html>

ABSTRACT

The Ministry of Rural Development and Food has developed, over many years, a system for monitoring the quality of surface inland waters in the country. The system includes multiple sampling stations with sufficiently good geographical spread across the country. The parameters monitored are counted on a monthly basis. The year when the program began to operate was 1974 and so far a large amount of data has been accumulated.

To assess the quality of river Litheos' water at the sampling sites, Sotiras' bridge, bridge Trikaioylou and milk factory waste of Trikala, 8 parameters were selected. These are: 1) recharge (Q), 2) electrical conductivity of water (ECw), 3) pH, 4) the concentration of dissolved oxygen (DO), 5) water temperature (Tw), 6) the saturation percentage of dissolved oxygen (DO%), 7) air temperature (T) and 8) chloride ions (CL⁻). The selection of the above parameters occurred because there were measurements with not many data gaps as opposed to other parameters, where the amount of insufficient data was quite large.

In cases where there was no measurement, the data gaps were filled. Trend existence took place with three algorithms:

- With fitting of a line of regression (linear regression),
- With the factor of cross-correlation of Spearman (Spearman criterion),
- With the factor of cross-correlation of Kendall test.

The first chapter contains literature focused on water quality.

The second chapter refers to the study area, explicitly analyzing the parameters which have been mentioned and presents the methodology followed for drawing conclusions on the presence of trend and finally describes the statistical package SPSS used.

Chapter three details the methods of filling gaps in measurement data for each of the parameters. It also checks the presence of trend and reports the results with charts and tables for each of the three ways used in the dissertation, for all parameters.

Finally, the conclusions drawn from the analysis of timeseries of qualitative and quantitative parameters of Litheos river are reported and commented upon.

Keywords: Litheos River, trend detection, water parameters, correlation coefficient Spearman (Spearman test), correlation coefficient Kendall (Kendall test), linear regression, linear interpolation.