

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

‘Οικολογική ποιότητα και διαχείριση υδάτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής’

ΤΜΗΜΑΤΩΝ

ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ, ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ και ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΛΛΗ ΕΛΠΙΝΙΚΗ

ΒΙΟΛΟΓΟΣ

**«Βενθικά μακροασπόνδυλα και οικολογική κατάσταση των ποταμοχειμάρρων
της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI

**INTERDISCIPLINARY
POSTGRADUATE MASTER PROGRAM**

‘Ecological water quality and management at a river basin level’

**BY THE SCHOOLS OF
BIOLOGY, GEOLOGY and CIVIL ENGINEERING**

**KALLI ELPINIKI
Bsc in BIOLOGY**

«Benthic macroinvertebrates and ecological state of the streams at the river
basin of lake Koroneia»

MASTER DISSERTATION THESIS

THESSALONIKI 2013

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

- 1) Μαρία Λαζαρίδου, Καθηγήτρια, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ, *Επιβλέπουσα,***
- 2) Δήμητρα Μπόμπορη, Επίκουρος Καθηγήτρια, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ, *Μέλος,***
- 3) Κωνσταντίνος Αλμπανάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ, *Μέλος.***

στην οικογένειά μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η μεταπτυχιακή διατριβή έγινε υπό την επίβλεψη της καθηγήτριάς μου Μαρίας Λαζαρίδου του τμήματος Βιολογίας. Θα ήθελα να την ευχαριστήσω θερμά για το χρόνο που μου αφιέρωσε, την καθοδήγηση και συμπαράσταση που μου έδειξε καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου διατριβής. Εν συνεχεία θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές Δήμητρα Μπόμπορη και Κωνσταντίνο Αλμπανάκη για το ενδιαφέρον που έδειξαν για το θέμα, την προθυμία τους να αναλάβουν την εξέταση καθώς και τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω το Μυγδονία Project για τη χρηματοδότηση μέρους των δειγματοληψιών, το προσωπικό του Φορέα Διαχείρισης λιμνών Κορώνειας Βόλβης για τις πολύτιμες συμβουλές, την καθοδήγηση στα σημεία δειγματοληψίας και την παροχή πληροφοριών σχετικά με την περιοχή.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα του τμήματος Βιολογίας κ. Χρυσούλα Ντισλίδου για την πραγματοποίηση των δειγματοληψιών, τον μεταπτυχιακό φοιτητή κ. Γιώργο Ρωμανίδη για τη συνεργασία και την υπομονή του κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών και των εργαστηριακών αναλύσεων, την υποψήφια διδάκτορα του τμήματος Βιολογίας κ. Αθηνά Πατσιά για τις πολύτιμες συμβουλές όσον αφορά τα βενθικά μακροασπόνδυλα και όλους τους φοιτητές του εργαστηρίου Ζωολογίας για την ανοχή τους όλο αυτό τον καιρό στο εργαστήριο, την κατανόηση και την παρέα τους.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την απεριόριστη ηθική συμπαράσταση σε όλη τη διάρκεια της χρονιάς, την υπομονή τους και την εμπιστοσύνη που έδειξαν στις επιλογές μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της Οδηγίας 2000/60/EK είναι η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων και υπόγειων υδάτων και η επίτευξη καλής οικολογικής κατάστασης μέχρι το 2015. Για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των επιφανειακών υδατικών σωμάτων θα πρέπει να εξετάζονται βιολογικά, φυσικά-χημικά και υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της οικολογικής κατάστασης πέντε ποταμοχειμάρρων που βρίσκονται στη λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας (Καβαλλαρίου, Μπογδάνα, Κολχικού, Ανάληψης και Γερακαρούς) με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα.

Λαμβάνοντας υπόψη 4 διαφορετικούς περιγραφείς (υψόμετρο, έκταση της λεκάνης απορροής, γεωλογία του υποβάθρου και κλίση) του συστήματος Β της Οδηγίας για την τυπολογία, προέκυψαν 4 διαφορετικοί τύποι στο υδατικό σύστημα του Καβαλλαρίου, 5 στο Μπογδάνα, 4 στο Κολχικού, 2 στις Ανάληψης και 2 στις Γερακαρούς. Σύμφωνα με την τυπολογία και τις ανθρωπογενείς πιέσεις που καταγράφηκαν στις πέντε λεκάνες απορροής επιλέχθηκαν 16 σταθμοί δειγματοληψίας. Οι δειγματοληψίες των βενθικών μακροασπονδύλων πραγματοποιήθηκαν σε δύο περιόδους του έτους, μια που αντιστοιχούσε στην περίοδο χαμηλής ροής (Οκτώβριος 2012) και μια στην περίοδο υψηλής ροής (Απρίλιος 2013). Η δειγματοληψία έγινε με τη μέθοδο 3 λεπτών «λακτίσματος – σάρωσης». Η εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας έγινε βάσει των βενθικών μακροασπονδύλων με τη χρήση του Ελληνικού Συστήματος Αξιολόγησης (Ε.Συ.Α.) και του πολυμετρικού δείκτη STAR_ICMi.

Ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων του αζώτου και του φωσφόρου πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο του Τμήματος Βιολογίας με τη μέθοδο της φωτομετρίας (APHA 1976, 1985, Grasshoff 1976). Τα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά καταγράφηκαν σύμφωνα με το RHS (River Habitat Survey) και χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του δείκτη HMS (Habitat Modification Score). Για τη διερεύνηση πιθανού προτύπου συσχέτισης μεταξύ των βιολογικών και περιβαλλοντικών δεδομένων πραγματοποιήθηκαν πολυπαραγοντικές στατιστικές αναλύσεις (CANOCO για τα δεδομένα αφθονίας των βενθικών μακροασπονδύλων).

Η εκτίμηση της σημαντικότητας των πιέσεων διερευνήθηκε τόσον όσον αφορά τις πιέσεις ρύπανσης όσο και τις μορφολογικές αλλοιώσεις. Για τις πιέσεις ρύπανσης υπολογίστηκαν οι εισροές του συνολικού ρυπαντικού φορτίου για κάθε λεκάνη απορροής λαμβάνοντας υπόψη τις σημειακές και τις διάχυτες πηγές ρύπανσης. Για τις μορφολογικές αλλοιώσεις έγινε χρήση

του προγράμματος CORINE LANDCOVER 2000. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα προηγούμενα έγινε ανάλυση IMPRESS με σκοπό την εκτίμηση της επικινδυνότητας μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας στους πέντε ποταμοχειμάρρους.

Η μέση οικολογική ποιότητα και στους πέντε ποταμοχειμάρρους με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα και το δείκτη του Ε.Συ.Α, κρίθηκε κατώτερη της καλής, εκτός της Γερακαρούς που κρίθηκε καλή.

Οι υψηλότερες τιμές θρεπτικών αλάτων αζώτου και φωσφόρου μετρήθηκαν σε σταθμούς που επηρεαζόταν από σημειακές πηγές ρύπανσης και είχαν από κακή έως μέτρια οικολογική ποιότητα. Με βάση το δείκτη HMS και οι πέντε ποταμοχείμαρροι είναι εμφανώς ή σημαντικά τροποποιημένοι. Σύμφωνα με την ανάλυση CANOCO οι σταθμοί με κακή έως μέτρια οικολογική ποιότητα συσχετίστηκαν θετικά με τα P-PO₄ και την ιλύ-άργιλο και οι σταθμοί με μέτρια έως υψηλή ποιότητα με το διαλυμένο οξυγόνο (D.O.).

Η ανάλυση των πιέσεων έδειξε πως και οι πέντε ποταμοχείμαρροι δέχονται σημαντικές πιέσεις από πιέσεις ρύπανσης, καθώς και σημαντικές μορφολογικές πιέσεις. Σύμφωνα με την ανάλυση Impress οι επιπτώσεις από τις πιέσεις ρύπανσης θεωρούνται πιθανές με αποτέλεσμα η επικινδυνότητα μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας να είναι μέτρια και για αυτό θα πρέπει να εφαρμοστεί μακροχρόνιο πρόγραμμα μέτρων. Εξαιτίας των μορφολογικών πιέσεων οι επιπτώσεις θεωρούνται σίγουρες, η πιθανότητα μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων κρίνεται υψηλή και θα πρέπει να υπάρχει άμεση εφαρμογή προγράμματος μέτρων.

Λέξεις κλειδιά: Οδηγία 2000/60/EK, λεκάνη απορροής, βενθικά μακροασπόνδυλα, οικολογική ποιότητα, πιέσεις, ποταμοχείμαρρος, Κορώνεια

ABSTRACT

The aim of Directive 2000/60/EC is to establish a framework for the protection of inland surface waters, transitional, coastal and groundwater and the achievement of good ecological status until 2015. To assess the ecological status of surface water bodies biological, physical-chemical and hydromorphological quality elements should be examined.

The purpose of the present study was to investigate the ecological quality of five streams (Kavallari, Bogdanas, Kolhiko, Analipsi, Gerakarou), which are located in Lake Koroneia's basin, using benthic macroinvertebrates.

Taking into account 4 different descriptors (altitude, catchment area, geology background and slope), of the system B of Directive for the typology, 4 different types in Kavallari's stream, 5 in Bogdanas stream, 4 in Kolhiko's stream, 2 in Analipsi's stream and 2 in Gerakarou's stream were emerged. According to the typology and the anthropogenic pressures recorded in the river basins, 16 sampling sites were chosen. Benthic macroinvertebrates sampling conducted in two periods of the year, one corresponding to a period of low flow (October 2012) and one to the period of high flow (April 2013). The benthic macroinvertebrates sampling method was 3 minutes "kick and sweep". The assessment of ecological quality was based on benthic macroinvertebrates and for the determination, the Hellenic Evaluation System and STAR_ICMi index was used.

Furthermore at each sampling site physical and chemical water parameters were measured and hydromorphological characteristics were recorded. Nutrient (N, P) concentrations were determined in the Laboratory of the Biology Department by applying standard methodology (APHA 1976, 1985, Grasshoff 1976). Hydromorphological characteristics were in accordance with the RHS (River Habitat Survey) and they were used for the calculation of HMS (Habitat Modification Score). To investigate a possible correlation between biological and environmental data multivariate statistical analyses were used (CANOCO for benthic macroinvertebrates).

The assessing of the significance of pressures was investigated both in terms of pollution pressures and morphological alterations. For pollution pressures the inputs of total pollution load was calculated, for each river basin, considering both point and diffuse sources of pollution. For morphological alterations data from CORINE LANDCOVER 2000 were used. Taking into account all the previous, IMPRESS analysis was carried, to assess the risk of non achievement the environmental goals of Directive in the five streams.

In the five streams, the average ecological quality was estimated less than “good” according to the Hellenic Evaluation Score, except for Gerakarou’s stream which average quality was estimated as good. In addition, sampling sites which were affected by point sources of pollution had “poor” ecological quality.

The higher values of nitrogen and phosphorus were observed at sites located near point sources of pollution which had “bad” to “moderate” ecological quality. The HMS index showed that the streams were obviously or significantly modified. According to the CANOCO analysis, sites with bad to moderate ecological quality were correlated positively with phosphate and silt and sites with moderate to good ecological quality with dissolved oxygen (D.O.).

The pressure analysis revealed that the five river basins received considerable pressures from pollution and considerable pressures from morphological alterations. According to the IMPRESS analysis in the five streams, the effects from pollution pressures have possible impact resulting that the risk of not achieving the environmental objectives of the Directive is possible and a long-term program of measures should be implemented. Due to morphological pressures impacts are considered certain, the probability of not achieving the environmental objectives is high and there should be immediate implementation of program measures.

Key words: Directive 2000/60/EC , river basin, benthic macroinvertebrates, ecological quality, pressures, stream, Koroneia

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 ΕΚ.....	13
1.2 Η εναρμόνιση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στην Ελλάδα.....	14
1.3 Τυπολογία.....	14
1.4 Βιολογικά ποιοτικά στοιχεία-Βενθικά μακροασπόνδυλα	16
1.5 Ανάλυση πιέσεων	17
1.5.1 Ανθρωπογενείς πιέσεις.....	17
1.5.2 Ανάλυση πιέσεων-Επιπτώσεων (IMPRESS)	18
1.6 Σκοπός.....	21
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	22
2.1 Γεωγραφική θέση.....	22
2.2 Κλιματικά στοιχεία	23
2.3 Γεωλογία περιοχής.....	24
2.4 Κάλυψη γης-Υδρολογικά χαρακτηριστικά	25
2.5 Περιοχές δειγματοληψίας.....	27
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	29
3.1 Τυπολογία.....	29
3.2 Διαβαθμονόμηση	30
3.3 Βενθικά μακροασπόνδυλα	31
3.3.1 Δειγματοληψίες βενθικών μακροασπονδύλων	31
3.3.2 Πενταβάθμια κλίμακα	32
3.3.3 Εκτίμηση οικολογικής ποιότητας	32
3.3.3.1 Πολυμετρικός δείκτης STAR	32
3.3.3.2 Ελληνικό Σύστημα Αξιολόγησης Ε.Συ.Α	35
3.4 Φύσικο-χημικές παράμετροι	36
3.5 Υδρομορφολογικές παράμετροι	37

3.5.1 Δείκτης HMS	37
3.5.2 Δείκτης ποιότητας παρόχθιων ενδιαιτημάτων QBR.....	38
3.5.3 Δείκτης ποιότητας των ποτάμιων ενδιαιτημάτων IHF (Fluvial Habitat Index)	39
3.6 Κατάταξη οικολογικής κατάστασης υδατικών συστημάτων	39
3.7 Στατιστική ανάλυση-Πολυπαραγοντικές μέθοδοι.....	42
3.7.1 Ιεραρχική μέθοδος ομαδοποίησης (CLUSTER).....	42
3.7.2 Ανάλυση ANOSIM	43
3.7.3 Ανάλυση SIMPER	43
3.7.4 Ανάλυση περιβαλλοντικής διαβάθμισης (gradient analysis)	44
3.8 Ανάλυση πιέσεων	45
3.8.1 Σημειακές πηγές ρύπανσης.....	45
3.8.2 Μη σημειακές-Διάχυτες πηγές ρύπανσης	47
3.8.3 Αναγνώριση σημαντικών πιέσεων.....	48
3.8.4 Ανάλυση επιπτώσεων των πιέσεων - IMPRESS	49
3.8.5 Μέθοδος DPSIR.....	51
3.8.6 Ανάλυση SWOT	52
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	53
4.1 Τυπολογία.....	53
4.1.1 Σημεία δειγματοληψίας	58
4.2 Βενθικά μακροασπόνδυλα	59
4.2.1 Εκτίμηση οικολογικής ποιότητας με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα.....	63
4.3 Φύσικο-χημικά ποιοτικά στοιχεία	67
4.4 Υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία	72
4.5 Τελική οικολογική κατάταξη	77
4.6 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις	79
4.6.1 Ανάλυση Cluster	79
4.6.2 Ανάλυση Anosim	80

4.6.3 Ανάλυση Simper	80
4.6.4 Canoco.....	81
4.7 Ανάλυση πιέσεων	86
4.7.1 Σημειακές πηγές ρύπανσης.....	86
4.7.2 Διάχυτες πηγές ρύπανσης.....	93
4.7.3 Συνολικές εισροές	94
4.7.4 Εκτίμηση σημαντικών πιέσεων	96
4.8 Ανάλυση IMPRESS.....	99
4.8.1 Εκτίμηση επιπτώσεων	99
4.8.2 Επικινδυνότητα μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων-Διαχείριση κινδύνου	108
4.9 Μοντέλο DPSIR	110
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	112
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	118
7. Βιβλιογραφία.....	119
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	128
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	129
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ	131
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV	132
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V	133
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI	135

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 ΕΚ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) κατανοώντας τη σημασία της προστασίας και διατήρησης του υδάτινου περιβάλλοντος στην Κοινότητα προχώρησε στην εκπόνηση της Οδηγίας 2000/60 ΕΚ που είναι Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (Ο.Π.Υ.), θεσπίζοντας έτσι τις βασικές αρχές μιας βιώσιμης πολιτικής των υδάτων στην Ε.Ε. Η Ο.Π.Υ. μετά από μακρόχρονη περίοδο συζητήσεων και διαπραγματεύσεων μεταξύ των χωρών της Ε.Ε. τέθηκε σε ισχύ στις 22 Δεκεμβρίου 2000. Η Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ αναμορφώνει την υφιστάμενη Ευρωπαϊκή Νομοθεσία και θέτει το νομοθετικό πλαίσιο για την ορθή διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων. Ο βασικός στόχος της Ο.Π.Υ. είναι η αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης όλων των υδάτων και η επίτευξη μιας καλής κατάστασης μέχρι το 2015. Επίσης, καθορίζει τις αρχές και προτείνει μέτρα για τη διατήρηση και προστασία όλων των υδάτων, ποτάμια, λίμνες, μεταβατικά, παράκτια και υπόγεια ύδατα, εισάγοντας για πρώτη φορά την έννοια της οικολογικής σημασίας των υδάτων παράλληλα και ανεξάρτητα της όποιας άλλης χρήσης τους. Στοχεύει στην ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων και για πρώτη φορά καλύπτονται όλες οι χρήσεις νερού, σε ενιαίο κοινό πλαίσιο για όλα τα κράτη της Ε.Ε. Σύμφωνα με το άρθρο 1 της Ο.Π.Υ., ο σκοπός της παρούσας Οδηγίας είναι η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και υπόγειων υδάτων, το οποίο να :

- Αποτρέπει την περαιτέρω επιδείνωση, προστατεύει και βελτιώνει την κατάσταση των υδάτινων οικοσυστημάτων αλλά και των εξαρτώμενων από αυτά χερσαίων οικοσυστημάτων και υγροτόπων.
- Προωθεί τη βιώσιμη χρήση του νερού βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων.
- Προωθεί την ενίσχυση της προστασίας και τη βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος.
- Διασφαλίζει την προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.
- Συμβάλλει στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασία.

Η καινοτομία που παρουσιάζει η Οδηγία είναι ότι η ποιότητα των υδάτων εκτός της χημικής μετράται πλέον και με οικολογικά ποιοτικά στοιχεία. Η οικολογική κατάσταση των υδατικών συστημάτων τονίζεται ιδιαίτερα καθώς τα κράτη μέλη υποχρεούνται να παρακολουθούν παραμέτρους ενδεικτικές της κατάστασης με τη βοήθεια των εξής ποιοτικών στοιχείων (Παράρτημα V - Οδηγία 2000/60/ΕΚ):

- Βιολογικά: ψάρια, βενθικά μακροασπόνδυλα, υδατική χλωρίδα.
- Υδρομορφολογικά: υδρολογικό καθεστώς (ποσότητα και δυναμική της ροής, σύνδεση με τα υπόγεια νερά), συνέχεια του ποταμού, βάθος και πλάτος, δομή της κοίτης του ποταμού, δομή της παρόχθιας βλάστησης.
- Φύσικο-χημικά: συνθήκες θερμοκρασίας και οξυγόνου, αλατότητα, οξύτητα, θρεπτικά.

1.2 Η εναρμόνιση της Οδηγίας 2000/60/EK στην Ελλάδα

Η εναρμόνιση της Οδηγίας 2000/60/EK στην Ελλάδα έγινε με το νόμο 3199/2003 με τον οποίο θεσπίζεται ένα γενικό νομοθετικό πλαίσιο για την προστασία και διαχείριση των υδάτων. Ο νόμος 3199/2003 έχει εξειδικευθεί με 5 Υπουργικές Αποφάσεις και το του Π.Δ. 51/2007 (ΦΕΚ 54/Α/8-3-2007) που εκδόθηκε για τον καθορισμό μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/EK.

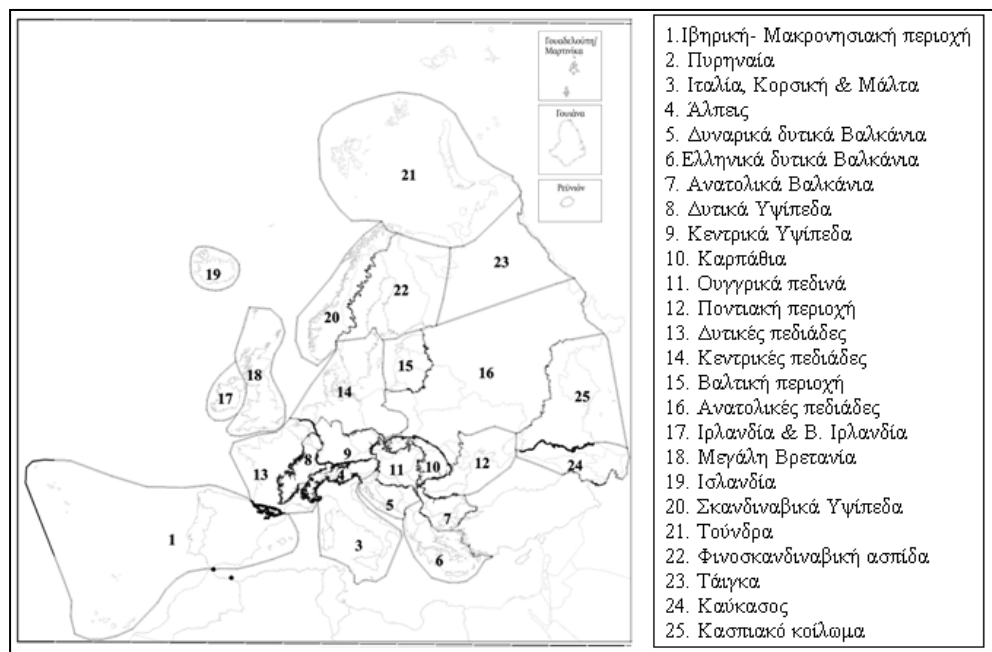
Ο νόμος 3199/2003 :

- Προβλέπει τη δημιουργία Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων σε επίπεδο ειδικής Γραμματείας στο ΥΠΕΧΩΔΕ (νυν ΥΠΕΚΑ) με στόχο την παύση της πολυδιάσπασης αρμοδιοτήτων.
- Προβλέπει την ανάκτηση κόστους των υπηρεσιών ύδατος στις διάφορες χρήσεις εισάγοντας το περιβαλλοντικό κόστος.
- Εισάγει τους ορισμούς της Οδηγίας 2000/60/EK.
- Προβλέπει την ίδρυση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων.
- Θέτει ως προτεραιότητα στη χρήση των υδατικών πόρων την ύδρευση.

1.3 Τυπολογία

Σύμφωνα με το παράρτημα II της Οδηγίας εντός της λεκάνης απορροής ποταμού τα συστήματα επιφανειακών υδάτων κατατάσσονται είτε σε μια από τις ακόλουθες κατηγορίες: ποταμοί, λίμνες, μεταβατικά, παράκτια ύδατα, είτε ως τεχνητά συστήματα επιφανειακών υδάτων, είτε ως ιδιαιτέρως τροποποιημένα. Ακολουθώντας για κάθε κατηγορία επιφανειακών υδάτων, τα σχετικά συστήματα διακρίνονται σε τύπους με βάση το «Σύστημα Α» ή το «Σύστημα Β» που ορίζονται στην Οδηγία. Η εφαρμογή της τυπολογίας κρίνεται απαραίτητη για την μετέπειτα εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης.

Στο σύστημα Α τα υδατικά συστήματα επιφανειακών υδάτων διαχωρίζονται πρώτα στις αντίστοιχες οικοπεριοχές στις οποίες ανήκουν (Εικόνα 1.1) και στη συνέχεια με βάση συγκεκριμένους «περιγραφείς» χωρίζονται σε τύπους (Πίνακας 1.1) (Παράρτημα ΙΙ, 1,2, Οδηγία 2000/60).



Εικόνα 1.1: Οι 25 οικοπεριοχές στις οποίες κατηγοριοποιούνται τα ποτάμια υδατικά σώματα σύμφωνα με το Σύστημα Α (Οδηγία 2000/60/ΕΚ).

Figure 1.1: The 25 ecoregions that the river water bodies are categorised according to System A (Directive 2000/60/EC).

Πίνακας 1.1: Περιγραφείς τυπολογίας σύμφωνα με το σύστημα Α για τα ποτάμια (Παράρτημα ΙΙ, Οδηγία 2000/60/ΕΚ).

Table 1.1: Typology descriptors according to System A for rivers (Annex II, Directive 2000/60/EC).

Σύστημα Α	
Υψόμετρο (m)	Υψηλό ≥ 800
	Μεσαίο 200 - 800
	Χαμηλό ≤ 200
Μέγεθος λεκάνης απορροής (km ²)	10-100
	100-1.000
	1.000-10.000
	≥ 10.000
Γεωλογία	Ασβεστολιθικά
	Πυριτικά
	Οργανικά

Στο σύστημα Β, ο βαθμός διαχωρισμού που θα επιτευχθεί θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με το βαθμό διαχωρισμού που θα είχε επιτευχθεί αν είχε ακολουθηθεί το σύστημα Α. Ως

αποτέλεσμα αυτού, χρησιμοποιούνται κάποιοι υποχρεωτικοί «περιγραφείς» και κάποιοι προαιρετικοί «περιγραφείς» ή συνδυασμός «περιγραφέων», ώστε οι βιολογικές συνθήκες αναφοράς για κάθε τύπο να προκύπτουν με αξιόπιστο τρόπο (Πίνακας 1.2), κάτι που κάνει το σύστημα Β πιο ευέλικτο, καθώς επιτρέπει την επιλογή κατάλληλων φυσικών χαρακτηριστικών που διαφοροποιούν μια περιοχή.

Πίνακας 1.2: Περιγραφείς τυπολογίας σύμφωνα με το σύστημα Β για τα ποτάμια (Παράρτημα ΙΙ, Οδηγία 2000/60/ΕΚ).

Table 1.2: Typology descriptors according to System A for rivers (Annex II, Directive 2000/60/EC).

Εναλλακτικοί περιγραφείς	Φυσικοί - χημικοί παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του ποταμού ή τμήματος του ποταμού και κατά συνέπεια τη δομή και τη σύνθεση του βιολογικού πληθυσμού
Υποχρεωτικοί περιγραφείς	Υψόμετρο
	Γεωγραφικό πλάτος
	Γεωγραφικό μήκος
	Γεωλογία
Προαιρετικοί περιγραφείς	Μέγεθος λεκάνης απορροής
	Απόσταση από την πηγή του ποταμού
	Ενέργεια του ρεύματος (συνάρτηση του ρεύματος και της κλίσης)
	Μέσο πλάτος νερού
	Μέσο βάθος νερού
	Μέση κλίση νερού
	Μορφή και σχήμα της κύριας κοίτης του ποταμού
	Κατηγορία παροχής (ροής) ποταμού
	Σχήμα κοιλάδας
	Μεταφορά στερεών
	Ικανότητα εξουδετέρωσης οξέων
	Μέση σύνθεση υποστρώματος

1.4 Βιολογικά ποιοτικά στοιχεία-Βενθικά μακροασπόνδυλα

Η επιλογή των βενθικών μακροασπονδύλων για τη χρήση τους ως βιολογικοί δείκτες ποιότητας του νερού έγκειται στο γεγονός ότι είναι πολυπληθή και συναντώνται παντού, συλλέγονται εύκολα με ημιποσοτικό τρόπο και μικρό οικονομικό κόστος, αντανακλούν τις τοπικές συνθήκες (δεν μετακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις), έχουν αρκετά μεγάλο κύκλο ζωής ώστε να καταγράφονται οι συνεχείς και αποσπασματικές διαταραχές και περιλαμβάνουν ταξινομικές ομάδες με διαφορετική ευαισθησία στη ρύπανση και κατά συνέπεια διαφορετική ανταπόκριση ανάλογα με την ένταση της ρύπανσης (Hellowell 1986, Metcalfe 1989, Mason

1991, De Pauw & Hawkes 1993, Barbour *et al.* 1999, Clarke *et al.* 2003, από Αρτεμιάδου 2007). Ακόμα, η ευρεία χρήση των βενθικών μακροασπονδύλων ως δείκτες ταξινόμησης της ποιότητας των ποταμών στην Ευρώπη [BMWP (Armitage *et al.* 1983), BBI (Gabriels *et al.* 2005), IBMWP (Alba-Tercedor *et al.* 2002), Ελληνικό Σύστημα Αξιολόγησης (Artemiadou & Lazaridou 2005), STAR_ICMi (Ευρωπαϊκή Απόφαση 2008/915/EK)] δείχνει ότι η επιλογή τους συνεισφέρει ουσιαστικά στην εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των ρεόντων υδάτων.

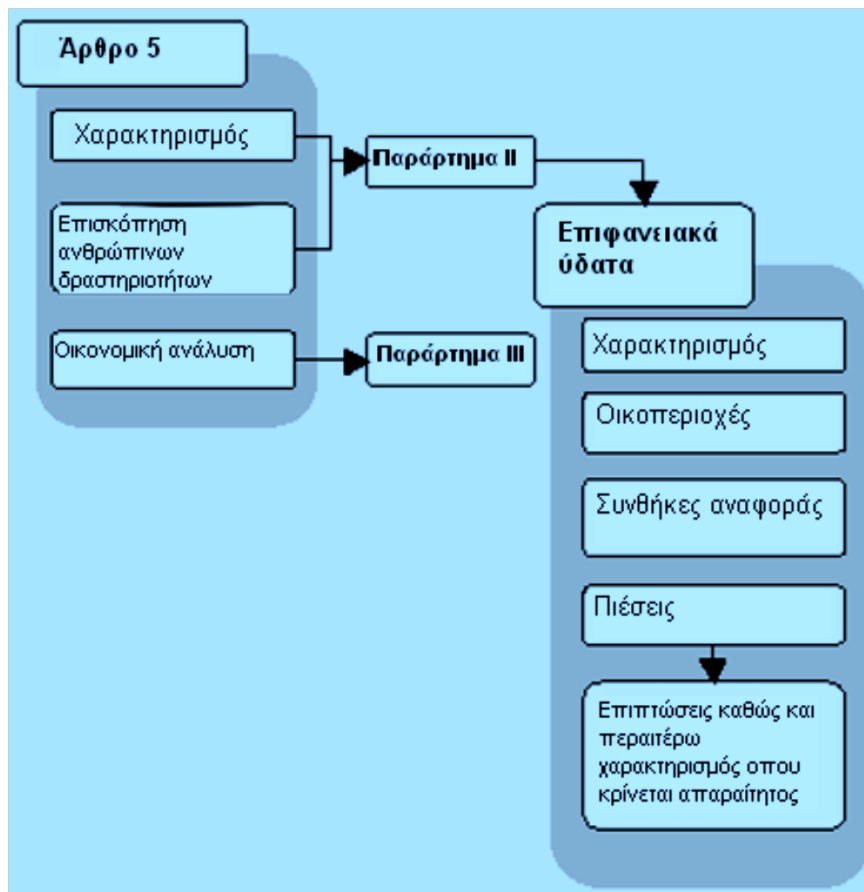
1.5 Ανάλυση πιέσεων

1.5.1 Ανθρωπογενείς πιέσεις

Σύμφωνα με το άρθρο 5 της Οδηγίας 2000/60/EK, κάθε κράτος μέλος χρειάζεται να εξασφαλίζει για κάθε λεκάνη απορροής που βρίσκεται στο έδαφος του, ανάλυση των χαρακτηριστικών της, εύρεση των πιέσεων και ανάλυση των επιπτώσεων, έτσι ώστε να δοθεί η κατάσταση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Κύριος στόχος της ανάλυσης πιέσεων είναι να προσδιοριστεί ποιες ανθρώπινες δραστηριότητες είναι υπεύθυνες για την μη επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας και πού.

Η εκτίμηση των επιπτώσεων πρέπει να γίνεται όπως ορίζεται στο Παράρτημα II (1.4-1.5) της Οδηγίας 2000/60/EK. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνει η συλλογή πληροφοριών για τον τύπο και το μέγεθος των σημαντικών ανθρωπογενών πιέσεων που ασκούνται στα συστήματα επιφανειακών υδάτων των λεκανών απορροής. Πιο συγκεκριμένα, χρειάζεται να γίνει ο προσδιορισμός και υπολογισμός της ρύπανσης από σημειακές και διάχυτες πηγές που προέρχονται από αστικές, βιομηχανικές, γεωργικές και άλλες εγκαταστάσεις και δραστηριότητες, ο υπολογισμός της κατανάλωσης ύδατος από αστικές, βιομηχανικές και άλλες χρήσεις λαμβάνοντας υπόψη τις εποχικές διακυμάνσεις, ο προσδιορισμός των σημαντικών μορφολογικών αλλοιώσεων των υδατικών σωμάτων, καθώς και ο υπολογισμός των μορφών χρήσεων γης, συμπεριλαμβάνοντας τον προσδιορισμό των κυριότερων αστικών, βιομηχανικών και γεωργικών περιοχών και κατά περίπτωση των αλιευτικών και δασικών.

Επιπρόσθετα, τα κράτη μέλη χρειάζεται να αξιολογήσουν την ευαισθησία της κατάστασης των συστημάτων των επιφανειακών υδάτων στις προαναφερόμενες πιέσεις. Σύμφωνα με το CIS working group 2,1:IMPRESS 2003, η εκτίμηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων περιλαμβάνει πέντε διαδοχικά στάδια, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.2.



Εικόνα 1.2: Σχηματική απεικόνιση βασικότερων σημείων του άρθρου 5 της Οδηγίας 2000/60/EK (τροποποιημένο από CIS working group 2,1:IMPRESS 2003).

Figure 1.2: Schematic figure of the basic points of article 5 of Directive 2000/60/EC (modified from CIS working group 2,1:IMPRESS 2003).

1.5.2 Ανάλυση πιέσεων-Επιπτώσεων (IMPRESS)

Απαραίτητο για να χαρακτηριστεί η Impress ανάλυση επιτυχημένη είναι να υπάρχει πλήρης κατανόηση των περιβαλλοντικών στόχων, πλήρης γνώση του υδατικού συστήματος και της λεκάνης απορροής και να χρησιμοποιείται ένα ακριβές ιδεατό μοντέλο (Εικόνα 1.3).



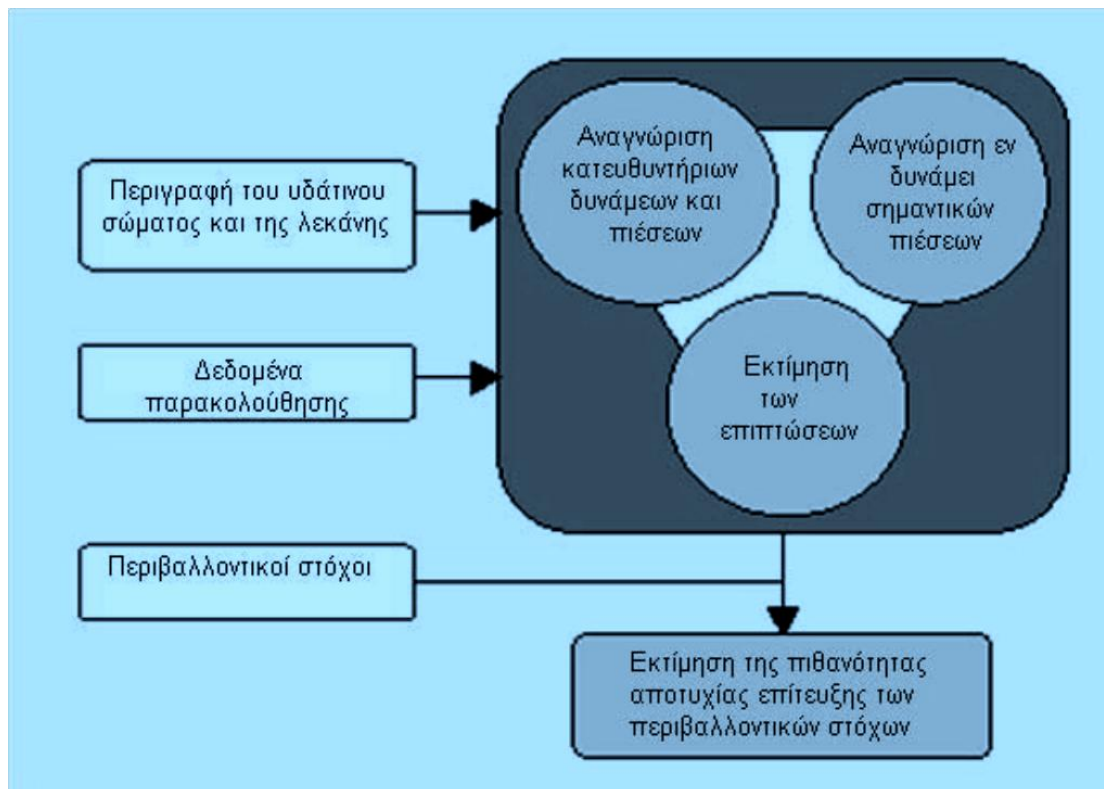
Εικόνα 1.3: Οι τρεις προϋποθέσεις για μια πετυχημένη Impress ανάλυση (τροποποιημένο από CIS working group 2,1:IMPRESS 2003).

Figure 1.3: The three prerequisites for a successful Impress analysis (modified from CIS working group 2,1:IMPRESS 2003).

Κύριος στόχος της Impress ανάλυσης είναι να αναγνωριστούν εκείνα τα υδατικά σώματα, που κινδυνεύουν να μην επιτύχουν τους προδιαγεγραμμένους στόχους της Οδηγίας 2000/60/EK. Οι περιβαλλοντικοί στόχοι για τα επιφανειακά ύδατα είναι:

- Καλή οικολογική και χημική κατάσταση μέχρι το 2015.
- Αποφυγή επιδείνωσης της κατάστασης.
- Προοδευτική μείωση της ρύπανσης από τις ουσίες προτεραιότητας και την παύση ή τη σταδιακή εξάλειψη των εκπομπών, των απορρίψεων και των διαρροών επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας.
- Επίτευξη των στόχων των προστατευόμενων περιοχών.

Τα βασικά στάδια στην Impress ανάλυση είναι η αναγνώριση των κινητήριων δυνάμεων και πιέσεων, η αναγνώριση των πιθανών σημαντικών πιέσεων, η εκτίμηση των επιπτώσεων και η αξιολόγηση της πιθανότητας να μην επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι της Οδηγίας (Εικόνα 1.4). Απαραίτητα βοηθητικά στοιχεία για να ολοκληρωθούν αυτά τα στάδια είναι η περιγραφή του υδατικού σώματος της λεκάνης, δεδομένα παρακολούθησης και περιβαλλοντικοί στόχοι που αποτελούν τη βάση για την ανάλυση της επικινδυνότητας.



Εικόνα 1.4: Βασικά στάδια IMPRESS ανάλυσης (τροποποιημένο από CIS working group 2,1:IMPRESS, 2003).

Figure 1.4: Basics steps for IMPRESS analysis analysis (modified from CIS working group 2,1:IMPRESS 2003).

Με τη χρήση του ιδεατού μοντέλου DPSIR αποτυπώνεται η κατάσταση που επικρατεί στο περιβάλλον στο οποίο επιδρούν ανθρωπογενείς πιέσεις και οι επιπτώσεις που έχουν αυτές στους ζωντανούς οργανισμούς. Μέσα από μία σειρά βημάτων, προκύπτουν συμπεράσματα για τις σχέσεις πηγής – αποτελέσματος και εντοπίζονται οι τρόποι να περιοριστεί και να εξαλειφθεί το πρόβλημα. Τα στοιχεία του πλαισίου DPSIR αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και δημιουργούν μια σχέση αιτίου – αποτελέσματος (Guidance Document No 3).

Η ανάλυση SWOT είναι ένα ακόμα μοντέλο που χρησιμοποιείται για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας 2000/60/EK. Είναι μια καθιερωμένη μέθοδος και συνδέεται με σύγχρονες μεθόδους σχεδιασμού, όπως επάρκεια πόρων και βιώσιμη διαχείριση. Η SWOT χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια για διάφορα θέματα (οικονομικά, τουριστικά, διαχειριστικά) και είναι ικανό εργαλείο για τον προσδιορισμό των πλεονεκτημάτων και των αδυναμιών ενός αντικειμένου μελέτης, των ευκαιριών που προσφέρονται και των απειλών που μπορεί να παρουσιάζονται από τις διάφορες δράσεις στο περιβάλλον. Εντοπίζοντας αυτούς τους παράγοντες, αναπτύσσονται στρατηγικές για την αξιοποίηση των ευκαιριών, την εξάλειψη των αδυναμιών και την αντιμετώπιση των ενδεχόμενων απειλών (Ozturk Kurtaslan & Demirel 2010).

1.6 Σκοπός

Βασικός σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των κυριότερων ποταμοχειμάρρων (Καβαλλάρι, Μπογδάνα, Κολχικό, Ανάληψη, Γερακαρού) που τροφοδοτούν τη λίμνη Κορώνεια μέσω του βιολογικού στοιχείου των βενθικών μακροασπονδύλων, καθώς και υδρομορφολογικών και φυσικών-χημικών στοιχείων. Επιμέρους στόχοι στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60/EK είναι ο καθορισμός της τυπολογίας των 5 ποταμοχειμάρρων καθώς και η εκτίμηση των ανθρωπογενών πιέσεων στις λεκάνες απορροής τους.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 Γεωγραφική θέση

Η λεκάνη της Μυγδονίας είναι ένα εκτεταμένο και επίμηκες βύθισμα, που διαχωρίζει τη χερσόνησο της Χαλκιδικής από τον κεντρικό κορμό της Μακεδονίας και αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου βυθίσματος του Προμυγδονιακού, το οποίο περιλαμβάνει επίσης και τις γειτονικές λεκάνες του Ζαγκλιβερίου και της Μαραθούσας (Ψιλοβίκος 1977 από Γκινίδη 2011).

Η περιοχή προστατεύεται από διεθνείς συμβάσεις, οδηγίες και ρυθμιστικές πράξεις όπως είναι η Σύμβαση Ramsar, το δίκτυο Natura 2000, η Οδηγία 79/409/ΕΟΚ για τις Ειδικά Προστατευόμενες Περιοχές (SPA), η Οδηγία 92/43/ΕΟΚ για τις Περιοχές Κοινοτικού Ενδιαφέροντος, η Σύμβαση της Βαρκελώνης και άλλες.

Το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την περιοχή είναι η ΚΥΑ 6919/2004 (ΦΕΚ 248 Δ/5-3-2004), με την οποία οι λιμναίες χερσαίες και υδάτινες περιοχές του υδροτοπικού συστήματος των λιμνών Βόλβης – Κορώνειας και Μακεδονικών Τεμπών έχουν χαρακτηριστεί ως «Εθνικό Πάρκο Υδροτόπων των λιμνών Κορώνειας – Βόλβης και των Μακεδονικών Τεμπών» και σε αυτές έχουν καθοριστεί τρεις ζώνες προστασίας (Αστερίου και συν. 2009).

Η λεκάνη της Μυγδονίας υποδιαιρείται σε 2 υπολεκάνες του Λαγκαδά και της Βόλβης. Η υπολεκάνη του Λαγκαδά καταλαμβάνει το δυτικό τμήμα της λεκάνης με έκταση 772 km².

Η λίμνη Κορώνεια βρίσκεται σε απόσταση περίπου 12 km ανατολικά – βορειοανατολικά από την πόλη της Θεσσαλονίκης. Είναι λίμνη γλυκού νερού και έχει σχήμα ελλειψοειδές. Οι κύριοι ποταμοχείμαρροι που εκβάλλουν σε αυτή είναι από βορειοδυτικά αυτοί του Καβαλλαρίου και του Μπογδάνα, από βόρεια του Κολχικού και της Ανάληψης και από νότια της Γερακαρούς. Ο Μπογδάνας πηγάζει από το όρος Βερτίσκο στο βόρειο τμήμα της λεκάνης της Κορώνειας και εκβάλλει ΒΔ στη λίμνη Κορώνεια. Το Κολχικό αποστραγγίζει επίσης το βόρειο τμήμα της λεκάνης της Κορώνειας και εκβάλλει στο Β.ΒΔ μέρος της λίμνης.

Οι λεκάνες απορροής των ποταμοχείμαρρων βρίσκονται εντός των ορίων της προστατευόμενης περιοχής GR 1220009 «Λίμνες Κορώνειας, Βόλβης Στενά Ρεντίνας και ευρύτερης περιοχής» (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1: Εθνικό πάρκο λίμνης Κορώνειας.
Figure 2.1: National park of lake Koroneia.

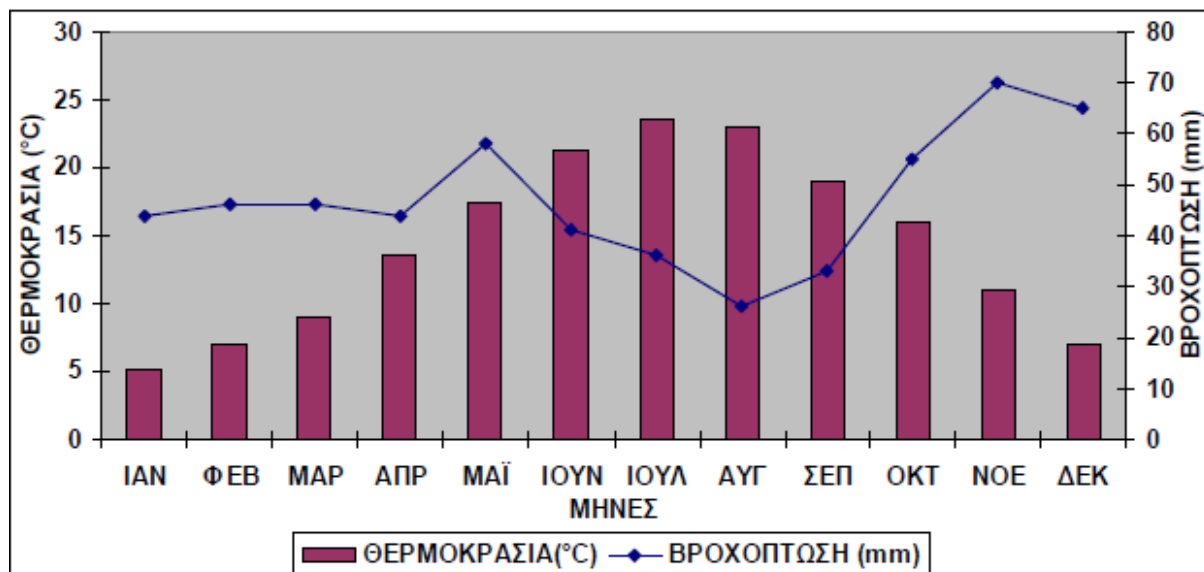
2.2 Κλιματικά στοιχεία

Τα κλιματικά στοιχεία της υπολεκάνης του Λαγκαδά προσομοιάζουν με εκείνα της πόλης της Θεσσαλονίκης, καθώς η μεταξύ τους απόσταση είναι σχετικά μικρή (12 km περίπου). Επιπλέον δεν εμφανίζεται κάποιο ιδιαίτερο κλιματικό φαινόμενο στην περιοχή μελέτης ώστε να διαφοροποιούνται οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν εκεί (Γιούρη 2008).

Ο κλιματικός τύπος της περιοχής με βάση την ταξινόμηση Koerppen, χαρακτηρίζεται ως τύπος κλίματος Csa, δηλαδή μεσογειακός τύπος κλίματος ή μεσόθερμος τύπος κλίματος με ξηρό και θερμό θέρος (Μουζούρη 2002 από Γιούρη 2008). Τα γενικά χαρακτηριστικά αυτού του κλιματικού τύπου είναι μεσόθερμο κλίμα με ξηρή περίοδο το θέρος, το οποίο μάλιστα είναι θερμό, ενώ στα τμήματα ανώτερου υψομέτρου επικρατούν συγκριτικά δριμύτερες κλιματικές συνθήκες (Φλάκας 1997 από Γιούρη 2008).

Η υψηλότερη μέση μηνιαία θερμοκρασία (23°C) εκδηλώνεται κατά τους θερινούς μήνες παράλληλα με τη χαμηλότερη μέση μηνιαία βροχόπτωση (28 mm) (Εικόνα 2.2). Η

υψηλότερη μέση βροχόπτωση παρατηρείται κατά το μήνα Νοέμβριο (70 mm). Η μέση μηνιαία τιμή υγρασίας είναι 67.5%, ενώ από ανεμολογική πλευρά κυριαρχούν άνεμοι βορειοδυτικής, βόρειας και βορειοανατολικής κατεύθυνσης με μέση μηνιαία ταχύτητα να κυμαίνεται από 4-4.5 m/sec (Μουζούρη 2002 από Γιούρη 2008).



Εικόνα 2.2: Ομβροθερμικό διάγραμμα Μετεωρολογικού σταθμού Α.Π.Θ (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης) για το χρονικό διάστημα 1951-2000 (Μουζούρη 2002 από Γιούρη 2008)

Figure 2.2: Climate diagram of the Meteorological station of A.U.Th (Aristotle University of Thessaloniki) for the time period 1951-2000 (Mouzouri 2002 from Giouri 2008)

2.3 Γεωλογία περιοχής

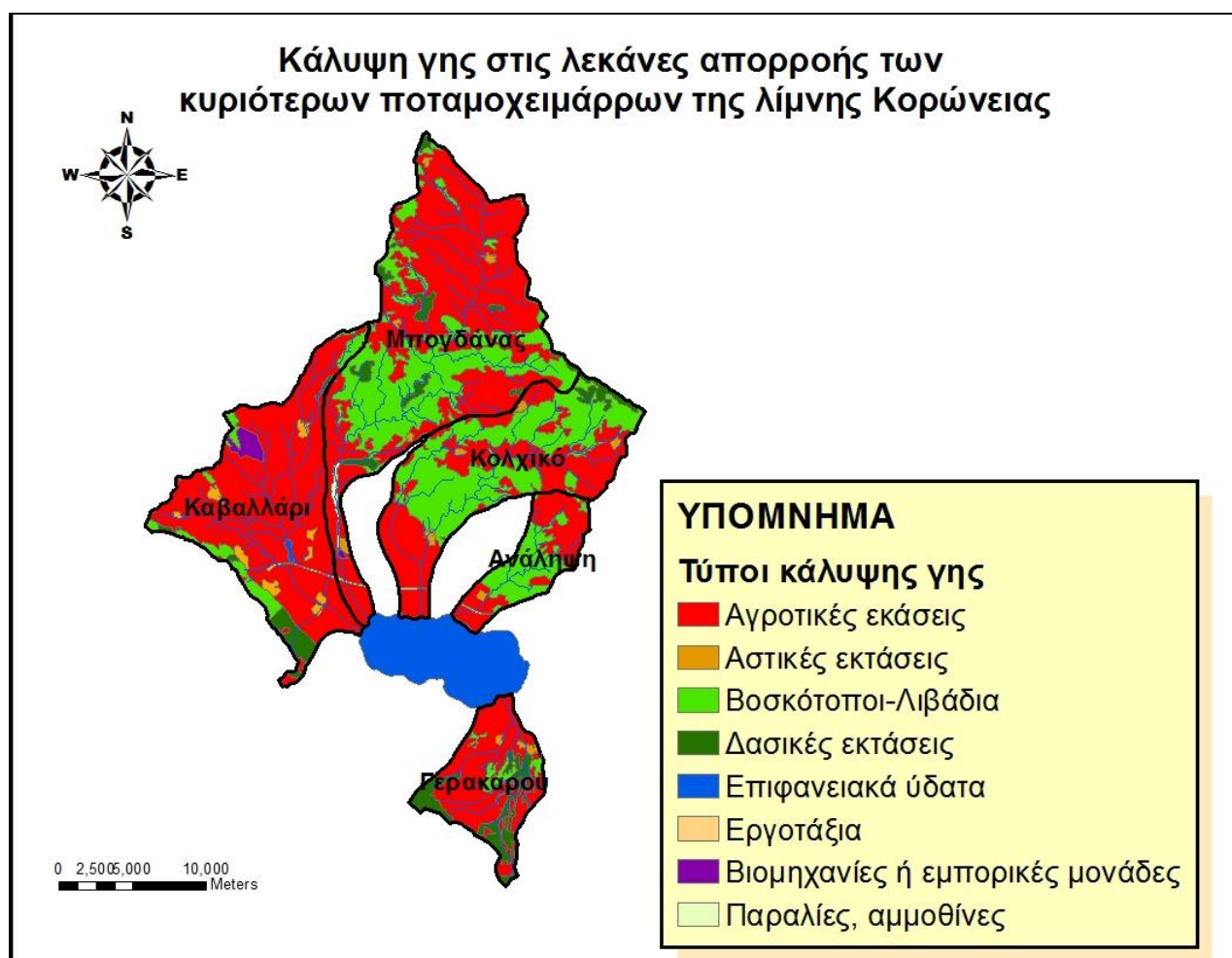
Η περιοχή ανήκει στη λεκάνη Μυγδονίας, η οποία αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα που ορίζεται από τα βουνά του Βερτίσκου, Καμήλας, Χορτιάτη, Χολομώντα και από τους ορεινούς όγκους των Κερδυλίων και του Στρατονικίου. Μέσα στη λεκάνη αυτή βρίσκεται και η ευρύτερη υπό έρευνα περιοχή της λίμνης Κορώνειας.

Το υπόβαθρο της λεκάνης αποτελείται από Προαλπικής και Αλπικής ηλικίας μεταμορφωμένα πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας και Περιοδοτικής ζώνης (γνεύσιοι, αμφιβολίτες, φυλλίτες χαλαζίτες και λίγα μάρμαρα). Τα ιζήματα που πλήρωσαν τη Λεκάνη Μυγδονίας είναι Μειοκαινικής-Ολοκαινικής ηλικίας πάχους 50-450 m και συνίστανται από αργίλους, άμμους, χάλικες, κροκαλοπαγή, μάργες και μίγματα αυτών. Κανονικά νεοτεκτονικά και ενεργά ρήγματα διατρέχουν τα μεταμορφωμένα πετρώματα, τις πυριγενείς διεισδύσεις και τα ιζήματα του Νεογενούς-Τεταρτογενούς. Τα ρήγματα σχετίζονται με την αύξηση κατά θέσεις

της υδραυλικής αγωγιμότητας κύρια των βραχωδών πετρωμάτων (Ψιλοβίκος 1977 από Γκινίδη 2011).

2.4 Κάλυψη γης-Υδρολογικά χαρακτηριστικά

Στις λεκάνες απορροής Καβαλλάριου, Μπογδάνα, Ανάληψης και Γερακαρούς μεγαλύτερη κάλυψη γης έχουν οι αγροτικές εκτάσεις, ενώ στου Κολχικού οι βοσκότοποι-λιβάδια (Εικόνα 2.3).



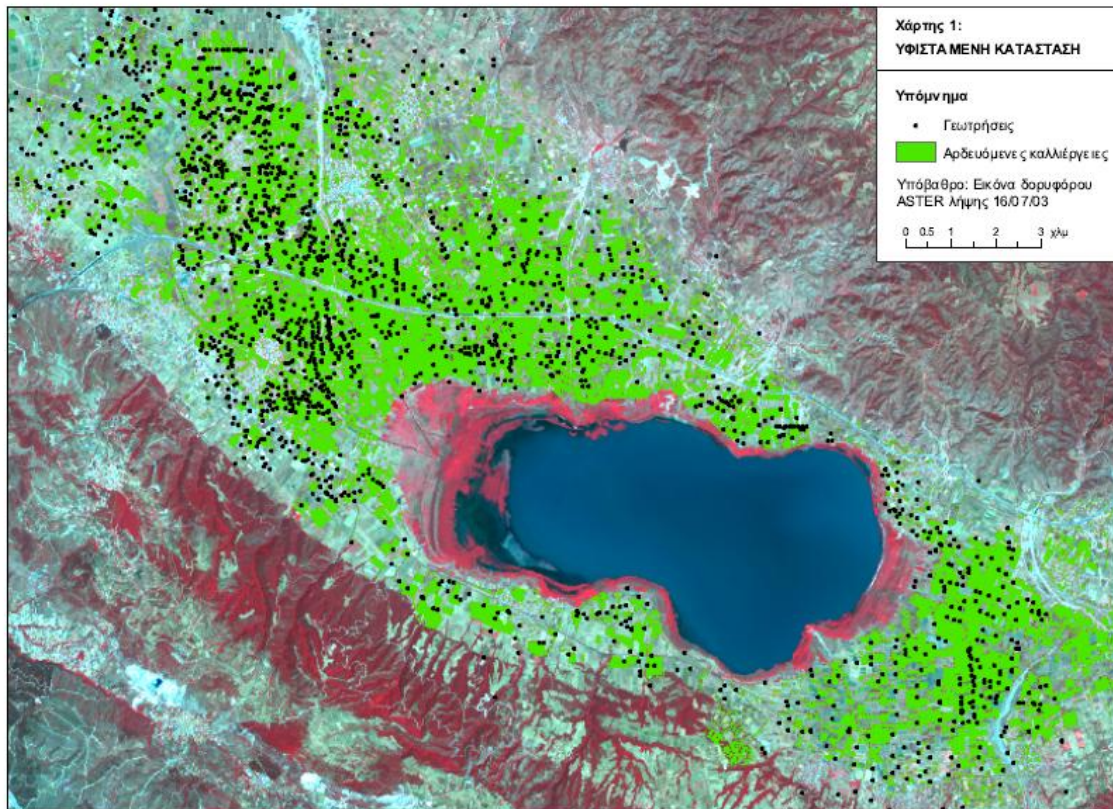
Εικόνα 2.3: Κάλυψη γης στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Figure 2.3: Land cover at the river basins of the main streams in lake Koroneia.

Το αρνητικό υδατικό ισοζύγιο που έχει καταγραφεί τα τελευταία χρόνια (Τζιμόπουλος 2005) οφείλεται κυρίως στην κακή διαχείριση του υδατικού δυναμικού και στην υπερκατανάλωση αρδευτικού νερού.

Η ταπείνωση της πιεζομετρικής επιφάνειας κατά 0,5 m ετησίως είχε ως αποτέλεσμα οι επιφανειακές απορροές από τους ποταμοχειμάρρους (Μπογδάνα, Κολχικό, Ανάληψη κ.λ.π.) να διηθούνται στα χαλαρά ιζήματα της πεδινής περιοχής τείνοντας να αναπληρώσουν τα κενά των υπόγειων υδροφορέων και έτσι ελάχιστες μόνο ποσότητες νερού να φθάνουν μέχρι τη λίμνη. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την υδρογεωλογική μελέτη του ΙΓΜΕ (Βεράνης & Κατιρτζόγλου 2001a,b από Ντότα 2008) το 1985 το σύνολο σχεδόν των επιφανειακών νερών από τους ποταμοχειμάρρους της ορεινής περιοχής κατέληγαν στη λίμνη και επαναπλήρωναν τη διαφορά βροχόπτωσης - εξάτμισης ($P_L - E_L = - 26 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) δημιουργώντας την υπερχειλίση της λίμνης προς τον ποταμοχείμαρρο Δερβένι. Την τελευταία 20ετία δεν παρατηρείται υπερχειλίση της λίμνης, ενώ οι επιφανειακές απορροές που καταλήγουν στη λίμνη εκτιμούνται σε $6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ (Τζιμόπουλος 2006). Επίσης, σύμφωνα με την ίδια μελέτη ο πυθμένας της λίμνης είναι σχεδόν αδιαπέρατος ($K \leq 10^{-9} \text{ m/sec}$) με αποτέλεσμα η τροφοδοσία από τον υπόγειο υδροφόρα να είναι ελάχιστη και να εκτιμάται σε $0,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Τα αίτια των αυξημένων ποσοτήτων αρδευόμενου νερού, στην υπολεκάνη της Κορώνειας, είναι κυρίως η εφαρμογή του συστήματος άρδευσης του αυτοκινούμενου κανονιού (καρούλι) και η καλλιέργεια της μηδικής (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. 2004 από Ντότα 2008).

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4 το μεγαλύτερο μέρος των γεωτρήσεων παρατηρείται στο αριστερό τμήμα της λίμνης όπου εκβάλλουν και οι χείμαρροι Μπογδάνας, Κολχικό και Καβαλλάρι. Επιπλέον, υπάρχει και η τάφρος Καβαλλαρίου που αποστραγγίζει όλη την περιοχή δυτικά της λίμνης Κορώνειας. Το νερό της τάφρου είναι επιβαρυμένο με σημαντικό φορτίο ρυπαντών από τις βιομηχανίες της περιοχής (Μυλόπουλος 2002 από Ντότα 2008).



Εικόνα 2.4: Γεωτρήσεις στη λεκάνη απορροής της Κορώνειας τον Αύγουστο του 2003 (από Ζαλίδης και συν. 2004)

Figure 2.4: Drillings at the river basin of Koroneia in August 2003 (from Zalidis *et al.* 2004)
Summary of revised management plan for lake Koroneia)

2.5 Περιοχές δειγματοληψίας

Η δειγματοληψία στους ποταμοχειμάρρους έγινε σύμφωνα με την τυπολογία και τις πιέσεις που ασκούνται (Πίνακας 2.1). Οι δειγματοληψίες των βενθικών μακροασπονδύλων πραγματοποιήθηκαν σε δυο περιόδους την περίοδο χαμηλής ροής (Οκτώβριος 2012) και την περίοδο υψηλής ροής (Απρίλιος 2013).

Πίνακας 2.1: Συντεταγμένες και υψόμετρο στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων των λεκανών απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Table 2.1: Coordinates and altitude of sampling sites sites of the main streams at the river basins of the lake Koroneia.

Λεκάνες απορροής	Σταθμοί	Συντεταγμένες		Υψόμετρο (m)
		X (m)	Y(m)	
Καβαλλάρι	KA1	421689.3	4505497	81
	KA2	419184.7	4507139	88
	KA3	417692.7	4512544	94
Μπογδάνας	MP1	422235.2	4506313	80
	MP2	420701.4	4508840	97
	MP3	420670.5	4509183	104
	MP4	424674	4525656	477
	MP5	424045.8	4526274	513
Κολχικό	KO1	425983.1	4507051	110
	KO2	426555.2	4511988	125
	KO3	427160	4512560	141
Ανάληψη	AN1	430381.3	4507511	99
	AN2	430710.7	4508131	111
Γερακαρού	GE1	432121.6	4499597	103
	GE2	432938.3	4497945	127
	GE3	433040	4495760	151

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Τυπολογία

Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι για την αναγνώριση των υδατικών σωμάτων χρησιμοποιήθηκαν:

- Το πρόγραμμα Arcgis Desktop 10.1 και πιο συγκεκριμένα η έκδοση του ArcInfo, στην οποία περιέχονται τρεις βασικές εφαρμογές: ArcCatalog, ArcMap και Toolbox.
- Το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου Digital Elevation Model (DEM)
- Γεωαναφερμένες δορυφορικές εικόνες από Google Earth
- Γεωλογικοί χάρτες ΙΓΜΕ 1:50000 (φύλλα Κερκίνης, Σοχού, Ζαγκλιβερίου, Κιλκίς, Θέρμης, Λαχανά, Θεσσαλονίκης):

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε να γίνει κατηγοριοποίηση με βάση το Σύστημα Β καθώς όπως προαναφέρθηκε είναι πιο ευέλικτο σύστημα. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τρεις υποχρεωτικοί περιγραφείς (υψόμετρο, μέγεθος λεκάνης απορροής, γεωλογία) και ένας προαιρετικός (κλίση). Ο καθορισμός των τύπων των επιφανειακών υδάτων έγινε με βάση το πρότυπο των Chronis *et al.* (2008) σύμφωνα με το οποίο κάθε διαφορετικός τύπος αντιστοιχεί σε ένα τετραψήφιο αριθμό. Κάθε ψηφίο του τετραψήφιου αριθμού εκφράζει έναν περιγραφέα (Πίνακας 3.1).

Αναλυτικότερα, η κατηγοριοποίηση των υψομέτρων που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση της τυπολογίας ακολούθησε την ταξινόμηση του Dikau (1989) με μια τροποποίηση ως προς την τρίτη κατηγορία η οποία συμπεριλαμβάνει την ημιορεινή και την ορεινή περιοχή για τα ποτάμια της Βόρειας και Κεντρικής Ελλάδας (Κεμιτζόγλου 2006).

Όσον αφορά τη διάκριση των υπολεκανών ακολουθήθηκε η κατηγοριοποίηση που προτείνεται στο σύστημα Α του Παραρτήματος ΙΙ της Οδηγίας 2000/60/EK με την τροποποίηση ότι συμπεριλήφθηκε και η κατηγορία 0 – 10 km² (Κανλή 2009).

Ακόμα, με τη χρήση γεωλογικών χαρτών ψηφιοποιήθηκαν τα πετρώματα της περιοχής, ώστε στη συνέχεια να καταταχθούν σε τρεις κατηγορίες σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που προτείνει η Οδηγία 2000/60/EK για τα ποτάμια συστήματα.

Τέλος για την κλίση, χρησιμοποιώντας ως βάση την ταξινόμηση του Demek (1972) και λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπ' όψη τη βιολογία και την οικολογία των ρεόφιλων και μεσαία ρεόφιλων ψαριών της Ελλάδας επιλέχθηκε η κατηγοριοποίηση που φαίνεται στον Πίνακα 3.1 (Κεμιτζόγλου 2006).

Πίνακας 3.1: Κατηγοριοποίηση των περιγραφών του Συστήματος Β (Οδηγίας 2000/60/ΕΚ)**Table 3.1:** Categorisation of the descriptors of System B (Directive 2000/60/EC)

Περιγραφέας	Κλάσεις	Περιγραφή κλάσης	Αριθμητικός χαρακτηρισμός τύπου
Υψόμετρο [(Dikau (1989) τροποποιημένο από Κεμιτζόγλου (2006)]	0-150 m	Πεδινό	1000
	150-600 m	Λοφώδες	2000
	>600 m	Ημιορεινό-Ορεινό	3000
Έκταση λεκάνης απορροής [Σύστημα Α (Οδηγία 2000/60) εκτός από κατηγορία 0-10 km ² (Κανλή 2009)]	0-10 km ²		000
	10-100 km ²		100
	100-1000 km ²		200
	1000-10000 km ²		300
	>10000 km ²		400
Γεωλογία Σύστημα Α (Οδηγία 200/60)	Ανθρακικά	Ca	10
	Πυριτικά	Si	20
	Οργανικά	C	30
Κλίση [Demek (1972), τροποποιημένο από Κεμιτζόγλου (2006)]	0-5°	Επίπεδο έως ελαφρώς κεκλιμένο	1
	5-15°	Ισχυρώς κεκλιμένο	2
	>15°	Απότομο έως κάθετο	3

3.2 Διαβαθμονόμηση

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ (Παράγραφος 1.4.1, Παράρτημα V) παρέχει το νομικό πλαίσιο για την εφαρμογή κοινής Ευρωπαϊκής πολιτικής στην προστασία των υδάτων και αρμόδιο για την εφαρμογή της είναι το εκάστοτε κράτος μέλος. Από την Οδηγία προβλέπεται η εξασφάλιση της συγκρισιμότητας των αποτελεσμάτων μεταξύ των κρατών μελών της Ε.Ε όσον αφορά την οικολογική ποιότητα. Για την πραγματοποίηση της άσκησης διαβαθμονόμησης οι χώρες των κρατών μελών έχουν ομαδοποιηθεί σε Γεωγραφικές Ομάδες Διαβαθμονόμησης (Geographical Intercalibration Groups) που μοιράζονται παρόμοιους τύπους επιφανειακών υδάτων (Guidance Document No 14). Η Ελλάδα μαζί με την Κύπρο, την Γαλλία, την Ισπανία, τη Μάλτα, την Σλοβενία και την Πορτογαλία ανήκουν στη Μεσογειακή Ομάδα. Σύμφωνα με την άσκηση διαβαθμονόμησης για τους Μεσογειακούς τύπους ποταμών διακρίνονται πέντε τύποι.

Επαρκή στοιχεία για τα μακροασπόνδυλα υπάρχουν μόνο για τις αναγνωρίσιμες υδατικές κατηγορίες ποταμών τύπου R-M1, R-M2, R-M4 και R-M5. Δεν υπάρχουν για τον τύπο R-M3, ο οποίος χαρακτηρίζει μεγάλα πεδινά ποτάμια. Για τον προσδιορισμό του τύπου του Μεσογειακού ποταμού λαμβάνονται υπόψη η λεκάνη απορροής, η γεωλογία του υποβάθρου και το καθεστώς ροής του ποταμού. Οι συνδυασμοί των χαρακτηριστικών αυτών των

περιγραφέων διαφοροποιούν τον τύπο του Μεσογειακού ποταμού, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστικά Μεσογειακού τύπου ποταμών (Οδηγία 2008/915/EK εκτός από R-M3 ,EC 2013).

Table 3.2: Characteristics of the Mediterranean river types (Decision 2008/915/EC except for R-M3, EC 2013).

Τύπος	Χαρακτηρισμός ποταμού	Έκταση (km ²)	Γεωλογία	Καθεστώς ροής
R-M1	Μικροί μεσογειακοί ποταμοί	<100	Μικτή	Έντονα εποχικό
R-M2	Μεσαίοι μεσογειακοί ποταμοί	100-1000	Μικτή	Έντονα εποχικό
R-M4	Ορεινοί μεσογειακοί ποταμοί		Μη πυριτικό υπόβαθρο	Έντονα εποχικό
R-M5	Προσωρινοί ποταμοί			Προσωρινό

3.3 Βενθικά μακροασπόνδυλα

3.3.1 Δειγματοληψίες βενθικών μακροασπονδύλων

Για τη συλλογή των βενθικών μακροασπονδύλων χρησιμοποιήθηκε απόχρη, επιφάνειας 575 cm² με άνοιγμα πόρων 0,09 cm που ακολουθεί το πρότυπο ISO 7828:1985 (Davies 2001). Η απόχρη τοποθετείται κάθετα στο υπόστρωμα και αντίθετα με τη ροή του ποταμού, ώστε τα μακροασπόνδυλα να παρασύρονται από το ρεύμα του ποταμού προς το δίχτυ της απόχρης. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ημιποσοτική μέθοδος τριών λεπτών λακτίσματος-σάρωσης (3 minute kick and sweep) (Armitage & Hogger 1994) και ενός λεπτού επιπλέον σάρωσης της παρόχθιας βλάστησης όταν αυτή υπάρχει (Wright 2000, Κεμιτζόγλου 2004). Το υλικό που συλλέχθηκε τοποθετήθηκε σε πλαστικά βάζα και συντηρήθηκε στη συνέχεια σε διάλυμα φορμόλης 4% και μεταφέρθηκε στο χώρο του εργαστηρίου του τμήματος Βιολογίας. Εκεί το κάθε δείγμα ξεπλύθηκε με νερό σε κόσκινο ανοίγματος 0,5 mm. Στη συνέχεια έγινε ο διαχωρισμός των οργανισμών από το υπόστρωμα, ο προσδιορισμός τους στην κατώτερη δυνατή ταξινομική ομάδα καθώς και η καταγραφή της αφθονίας κάθε ταξινομικής ομάδας. Για τον ακριβή προσδιορισμό τους χρησιμοποιήθηκε στερεοσκόπιο Novex Holland Model 65.560 RZT-SF, καθώς και ειδικές κλείδες για τις ταξινομικές ομάδες των βενθικών μακροασπονδύλων (Campaioli 1994, Tachet 2000, Πατσιά 2009). Η συλλογή των βενθικών μακροασπονδύλων έγινε σε 2 περιόδους, την περίοδο χαμηλής ροής (Οκτώβριος 2012) και την περίοδο υψηλής ροής (Απρίλιος 2013)

3.3.2 Πενταβάθμια κλίμακα

Η εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας ενός τυπικού οικοσυστήματος επιφανειακών υδάτων θα πρέπει να εκτιμάται με βάση την απόκλιση των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων από τις μη διαταραγμένες συνθήκες (συνθήκες αναφοράς), οι οποίες θα πρέπει να καθορίζονται για κάθε τύπο επιφανειακού ύδατος (παράρτημα V της Οδηγίας 2000/60/EK). Τα αποτελέσματα της οικολογικής ποιότητας παρουσιάζονται από τα κράτη μέλη σε πενταβάθμια κλίμακα (Πίνακας 3.3). Η προσπάθεια αυτή έχει ως σκοπό την εναρμόνιση των διαφόρων μεθόδων εκτίμησης της οικολογικής ποιότητας, έτσι ώστε οι πέντε αυτές κατηγορίες οικολογικής ποιότητας να είναι ισοδύναμες για όλα τα κράτη μέλη, με τη θέσπιση κριτηρίων και ορίων οικολογικής ποιότητας.

Πίνακας 3.3: Πενταβάθμια χρωματική κλίμακα έκφρασης της οικολογικής ποιότητας του νερού σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/EK.

Table 3.3: Five colour chromatic scale for expression of the ecological water quality according to the Directive 2000/60/EC.

Κατάσταση οικολογικής ποιότητας	Χρωματική κλίμακα
Υψηλή	Blue
Καλή	Green
Μέτρια	Yellow
Ελλιπής	Orange
Κακή	Red

3.3.3 Εκτίμηση οικολογικής ποιότητας

Για την εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα χρησιμοποιήθηκαν δύο δείκτες, ο πολυμετρικός δείκτης STAR (Buffagni *et al.* 2005, 2006) και το Ελληνικό Σύστημα Αξιολόγησης Ε.Συ.Α (Artemiadou & Lazaridou 2005).

3.3.3.1 Πολυμετρικός δείκτης STAR

Με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα υπολογίστηκαν για τα δείγματα των σταθμών δειγματοληψίας (τύπου R-M1 και R-M2) οι καθορισμένες βιολογικές μετρικές της Ευρωπαϊκής άσκησης διαβαθμονόμησης των μεθόδων εκτίμησης της ποιότητας του νερού (Buffagni *et al.* 2005, 2006). Οι βιολογικές παράμετροι που υπολογίστηκαν για τους σταθμούς τύπου R-M1 και R-M2 ήταν οι εξής (Buffagni *et al.* 2005):

ASPT-2: Βιολογικός Δείκτης Συνεχούς Παρακολούθησης της Μεγάλης Βρετανίας. Κάθε οικογένεια βαθμολογείται ανάλογα με την ανθεκτικότητά της στη ρύπανση. Η οικολογική ποιότητα σε κάθε σταθμό βρίσκεται από το άθροισμα των βαθμολογιών που βρέθηκαν στο δείγμα και μετέπειτα διαιρείται με τον αριθμό των οικογενειών που βαθμολογήθηκαν (Armitage *et al.* 1983). Μετέπειτα αφαιρείται από τον δείκτη η τιμή 2 για την κανονικοποίηση (normalization) των αποτελεσμάτων (Buffagni *et al.* 2005).

log(SelEPTD + 1): Αντιστοιχεί στο άθροισμα των ατόμων που ανήκουν στις οικογένειες των Εφημερόπτερων (Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae), Τριχόπτερων (Brachycentridae, Goeridae, Limnephilidae, Odontoceridae και Polycentropodidae), Πλεκόπτερων (Nemouridae) και Δίπτερων (Dolichopodidae, Stratiomyidae, Dixidae, Empididae, Athericidae). Με τον μετασχηματισμό του $\log(x+1)$ του SelEPTD προκύπτει η τιμή αυτού του δείκτη (Buffagni *et al.* 2005).

EPT: Ο συνολικός αριθμός των οικογενειών των Εφημερόπτερων, Πλεκόπτερων και Τριχόπτερων σε ένα δείγμα.

1-GOLD: Από την τιμή 1 αφαιρείται η σχετική αφθονία των Γαστερόποδων, των Ολιγόχαιτων και των Δίπτερων (Pinto *et al.* 2004).

N-families: Ο συνολικός αριθμός των ταξινομικών ομάδων στο δείγμα.

Δείκτης ποικιλότητας Shannon: Ο δείκτης Shannon δίνεται από τον τύπο (Shannon & Weaver 1963):

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

όπου :

- n_i = ο αριθμός των ατόμων της ταξινομικής ομάδας i.
- S = ο αριθμός των ταξινομικών ομάδων
- N = ο συνολικός αριθμός όλων των ατόμων.

Όλες οι βιολογικές μετρικές διαιρέθηκαν με τη διάμεσο που είχαν στα δείγματα αναφοράς [διαδικασία κανονικοποίησης σύμφωνα με τη μεθοδολογία των Buffagni *et al.* (2005)], για να μετατραπούν σε λόγο οικολογικής ποιότητας (Ecological Quality Ratio, EQR). Μετέπειτα η κάθε μετρική πολλαπλασιάστηκε με το ειδικό της βάρος (Πίνακας 3.4). Ο πολυμετρικός δείκτης STAR_ICMi προκύπτει από το άθροισμα των κατάλληλων γινομένων (Πίνακας 3.4) και στη συνέχεια τη διαίρεση με την αντίστοιχη διάμεσο που είχαν οι μετρικές στα δείγματα αναφοράς, ώστε να κανονικοποιηθεί (EQR τιμές) και να είναι δυνατή η σύγκριση με τα όρια ποιότητας που έχουν καθοριστεί από τη Γεωγραφική Ομάδα Διαβαθμονόμησης για τα

ποτάμια της Ελλάδας (Πίνακας 3.5). Οι διάμεσοι για κάθε βιοτική μετρική των δειγμάτων αναφοράς, καθώς και τα όρια των κατηγοριών ποιότητας προήλθαν από τα δεδομένα των Ntislidou *et al.* (2013). Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από μελέτες σε ποταμούς της Βόρειας, Βορειοδυτικής, Κεντρικής και Κεντροδυτικής Ελλάδας που έχουν διεξαχθεί από το 1992 από το εργαστήριο Ζωολογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Τσιαούση & Λαζαρίδου-Δημητριάδου 1994, Τσιαούση 1995, Αρτεμιάδου 1996, Υφαντής 1996, Copeland *et al.* 1997, Λαζαρίδου-Δημητριάδου 1998, Langrick *et al.* 1998, Artemiadou *et al.* 1999, Drouin *et al.* 1999, Yfantis *et al.* 1999, Lazaridou-Dimitriadou *et al.* 2000, Λαζαρίδου-Δημητριάδου 2001, Χατζηνικολάου 2001, Λαζαρίδου 2002, Ilia *et al.* 2005, Χειμωνοπούλου 2005, Chatzinikolaou *et al.* 2006, Πατσιά και συν. 2008, Κατσικάτσου 2006, Χατζηνικολάου 2007).

Πίνακας 3.4: Βιοτικές μετρικές και ειδικά βάρη αυτών που χρησιμοποιούνται κατά τον υπολογισμό του πολυμετρικού δείκτη STAR_ICMi για την Ευρωπαϊκή διαβαθμονόμηση των μεθόδων εκτίμησης της ποιότητας του νερού (Buffagni *et al.* 2006).

Table 3.4: Biotic metrics and respective weights in calculating the polymetric index STAR_ICMi on European Intercalibration of methods for assessing water quality (Buffagni *et al.* 2006).

Παράμετρος/metric	Ειδικό βάρος /Weight
ASPT-2	0,333
log(SelEPTD+1)	0,266
EPT	0,083
Δείκτης Shannon-Wiener	0,083
1-GOLD	0,067
N-families	0,167
$\text{STAR_ICMi} = (\text{EQR_ASPT-2}) * 0,333 + [\text{EQR_log(SelEPTD +1)}] * 0,266 + (\text{EQR_EPT}) * 0,083 +$ $(\text{EQR_Shannon}) * 0,083 + (\text{EQR_1-GOLD}) * 0,067 + (\text{EQR_N-families}) * 0,167$	
$\text{EQR_STAR_ICMi} = \text{STAR_ICMi} / \text{διάμεσος στα δείγματα αναφοράς}$	

Πίνακας 3.5: Όρια Υψηλής-Καλής και Καλής-Μέτριας ποιότητας του πολυμετρικού δείκτη STAR_ICMi που έχει καθοριστεί από τη Γεωγραφική Ομάδα Διαβαθμονόμησης για την περίπτωση της Ελλάδας (WFD intercalibration technical report, EC, 2007)

Table 3.5: High-Good and Good-Moderate boundary values of STAR_ICMi polymetric index specified by the Geographical Intercalibration Group for the case of Greece (WFD Intercalibration technical report, EC, 2007)

	Όριο Υψηλής-Καλής ποιότητας	Όριο Καλής-Μέτριας ποιότητας
R-M1 τύπος ποταμού		
EQR STAR_ICMi	0,95	0,71
R-M2 τύπος ποταμού		
EQR STAR_ICMi	0,94	0,71
R-M4 τύπος ποταμού		
EQR STAR_ICMi	0,96	0,72

3.3.3.2 Ελληνικό Σύστημα Αξιολόγησης Ε.Συ.Α

Το Ελληνικό Σύστημα Αξιολόγησης (Hellenic Evaluation System) (Artemiadou & Lazaridou 2005) δημιουργήθηκε στοχεύοντας στην ύπαρξη ενός βιολογικού δείκτη με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα που να είναι εφαρμόσιμος σε όλους τους τύπους ποταμών στην Ελλάδα, εφόσον σε αυτόν έχουν χρησιμοποιηθεί σταθμοί αναφοράς από όλους τους τύπους. Στηρίζεται στο αντίστοιχο Ισπανικό Σύστημα Αξιολόγησης (Ισπανικός BMWP', Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega 1988), όμως λαμβάνει υπόψη και τη σχετική αφθονία των ταξινομικών ομάδων των μακροασπονδύλων. Η βαθμολογία των ευαίσθητων ταξινομικών ομάδων κατά το Ε.Συ.Α. αυξάνεται με τη σχετική αφθονία τους, ενώ αντίθετα των ανθεκτικών ομάδων μειώνεται. Οι ευαίσθητες ομάδες έχουν βαθμό από 90 - 120, οι ανθεκτικές από 1 - 40 και η βαθμολογία 50 – 70 αναφέρεται στις μέτρια ανθεκτικές στην οργανική ρύπανση ταξινομικές ομάδες (Artemiadou & Lazaridou 2005).

Η βαθμολογία του δείκτη λαμβάνει υπόψη το άθροισμα των βαθμολογιών των ταξινομικών ομάδων των βενθικών μακροασπονδύλων (HES) και το πηλίκο της βαθμολογίας αυτής με τον αριθμό των ταξινομικών ομάδων που βαθμολογήθηκαν (AHES) για να ληφθεί υπόψη η εποχική διαφοροποίηση. Οι τιμές HES και AHES βαθμολογούνται από το 1 έως το 5 για πλούσια ή φτωχά ενδιαιτήματα σύμφωνα με Chatzinikolaou *et al.* (2006) και στο τέλος υπολογίζεται το ημιάθροισμα των βαθμών αυτών (SemiHES). Το τελικό αποτέλεσμα για την ερμηνεία της ποιότητας του νερού (HESII) που προκύπτει από το ημιάθροισμα βασίζεται σε πενταβάθμια κλίμακα (υψηλή, καλή, μέτρια, ελλιπής, κακή), όπως απαιτεί η Οδηγία 2000/60/EK.

3.4 Φύσικο-χημικές παράμετροι

Οι μετρήσεις των φύσικο-χημικών παραμέτρων έγιναν κατά την περίοδο χαμηλής ροής (Οκτώβριος 2012) και υψηλής ροής (Απρίλιος 2013), μαζί με τις δειγματοληψίες των βενθικών μακροασπονδύλων. Συγκεκριμένα, μετρήθηκαν στο πεδίο τιμές διαλυμένου οξυγόνου (mg/l), θερμοκρασίας (°C), pH και αγωγιμότητας (mS/cm) χρησιμοποιώντας το πολυόργανο Multi 3420 W.T.W και τα αντίστοιχα ηλεκτρόδια για τη μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου, θερμοκρασίας, pH και αγωγιμότητας.

Για τον προσδιορισμό του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD₅), συλλέχτηκε νερό σε φιάλες BOD των 250 ml. Μετρήθηκε η συγκέντρωση οξυγόνου κατά την ώρα συλλογής του δείγματος και έπειτα από 5 ημέρες (στο διάστημα αυτό οι φιάλες ήταν αεροστεγώς κλειστές και είχαν διατηρηθεί σε σκοτεινό θάλαμο στους 20 °C). Η διαφορά συγκέντρωσης (αρχική – τελική) έδωσε και την τιμή του BOD₅.

Για τον προσδιορισμό των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS mg/l) και των θρεπτικών έγινε συλλογή 1 l νερού σε μπουκάλια πολυπροπυλένιου σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας.

Όσον αφορά τα ολικά αιωρούμενα στερεά TSS (mg/l) υπολογίστηκαν ύστερα από διήθηση του νερού με προζυγισμένους ηθμούς 0,45 μm (Whatman GF/C ή Gelman) και ζύγιση των ηθμών μετά την ξήρανση τους στους 104°C για > 2 h (APHA 1985).

Στο φιλτραρισμένο νερό έγινε ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων του N και του P στο εργαστήριο του Τμήματος Βιολογίας με τη μέθοδο φωτομετρίας. Το άζωτο των αμμωνιακών αλάτων (N-NH₄) προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του κυανού της ινδοφαινόλης (APHA 1985), των νιτρικών αλάτων (N-NO₂) με τη μέθοδο του σουλφανυλικού οξέος (APHA 1985) και το άζωτο των νιτρικών αλάτων (N-NO₃) με τη μέθοδο του σουλφανυλικού οξέος, αφού είχε προηγηθεί αναγωγή των νιτρικών ιόντων σε νιτρώδη με τη χρησιμοποίηση της στήλης Cd-Hg (APHA 1985). Τέλος ο προσδιορισμός του φωσφόρου των ορθοφωσφορικών ιόντων (P-PO₄) έγινε με τη μέθοδο του ασκορβικού οξέος (APHA 1985).

Για την εκτίμηση των φύσικο-χημικών στοιχείων έγινε σύγκριση με τα επιτρεπόμενα όρια για την ύδρευση (KYA/Y2/2600/2001), τη διαβίωση των ιχθύων (σολομοειδών και κυπρινοειδών) που ορίζει η Οδηγία 2006/44/EK και για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα που ορίζονται με το ΦΕΚ1079/15.7.2010 στην απόφαση του Νομάρχη Θεσσαλονίκης. Για τις τιμές των θρεπτικών αλάτων έγινε η κατάλληλη μετατροπή των ορίων σε N και P, όπως φαίνεται στην παρένθεση στον Πίνακα 3.6. Τα όρια που χρησιμοποιήθηκαν για το φώσφορο και το ολικό άζωτο σύμφωνα με το ΦΕΚ1079/15.7.2010 είναι για ισοδύναμο πληθυσμού

10.000 έως 100.000 ατόμων, καθότι δεν υπήρχαν σαφή όρια για μικρότερους πληθυσμούς για τις συγκεκριμένες παραμέτρους.

Πίνακας 3.6: Επιτρεπόμενα όρια φυσικο-χημικών παραμέτρων για την ύδρευση (ΚΥΑ 2600/2001 όπως εναρμονίζεται από την Οδηγία 98/83/ΕΚ), τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/ΕΚ) και τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα (ΦΕΚ1079/15.7.2010). Η μετατροπή των ορίων των θρεπτικών αλάτων σε N και P φαίνεται στην παρένθεση. (1. πληθυσμός ≥ 4000 , 2. πληθυσμός < 4000)

Table 3.6: The permitted limits of all parameters are checked according to KYA 2600/2001 (for drinking water), Directive 2006/44/EC (for fish life) and FEK1079/15.7.2010 (for urban and industrial sewage). The calculation of the limits for P and N is shown in brackets. (1. population ≥ 4000 , 2. population < 4000).

Παράμετροι (mg/l)	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση για την ύδρευση (ΚΥΑ 2600/2001)	Ανώτερη συγκέντρωση διαβίωση ιχθύων (Οδηγία 2006/44/ΕΚ)		Ορια αποβλήτων (αστικών και βιομηχανικών) ΦΕΚ1079/15.7.2010
		Σολομοειδών	Κυπρινοειδών	
Αγωγιμότητα (mS/cm)	≤ 2.5	-	-	≤ 1
pH	6-9	6.5-9.5	-	6-8.5
TSS (mg/l)	-	≤ 25	≤ 25	
D.O. (mg/l)	-	≥ 6	≥ 4	
BOD ₅ (mg/l)	-	≤ 3	≤ 3	$\leq 25^1, \leq 40^2$
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	≤ 50 (11.29)	-	-	
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	$\leq 0,5$ (0.152)	$\leq 0,01$ (0.003)	$\leq 0,03$ (0.009)	
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	$\leq 0,5$ (0.389)	≤ 0.04 (0.031)	≤ 0.2 (0.156)	
Ολικό N				≤ 15
P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	-	$\leq 0,2$ (0.065)	$\leq 0,4$ (0.031)	
P-(P ₂ O ₅) (mg/l)	≤ 5 (1.09)	-	-	
P				≤ 2

3.5 Υδρομορφολογικές παράμετροι

3.5.1 Δείκτης HMS

Τα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά κάθε σταθμού δειγματοληψίας συμπληρώνονται στο πεδίο με στόχο την αποτίμηση της φυσικής δομής του ποταμού σύμφωνα με το RHS (River Habitat Survey) (Raven *et al.* 1998 a,b). Αυτά καταγράφονται σε 10 σημεία ίσης απόστασης, σε μια συνολική έκταση 25% που καλύπτει κάθε φορά 500 μέτρα κατά μήκος του ποταμού [το 25% πρέπει να κατανέμεται σε όλο το μήκος του ποταμού (ανώτερο, μεσαίο, κατώτερο τμήμα του ποταμού)]. Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν τη ροή, τη δομή του ποταμού, τις ανθρωπογενείς πιέσεις, τις χρήσεις γης.

Η εκτίμηση του βαθμού τροποποίησης του ποταμού καταγράφηκε σε κάθε σταθμό με τον δείκτη HMS (Habitat Modification Score) (Raven *et al.* 1998 a,b). Ο τελικός δείκτης προκύπτει από την άθροιση της βαθμολογίας των διαφόρων καταγραφών που γίνονται στα σημεία ελέγχου (διάφορες τεχνητές κατασκευές όπως ενισχύσεις όχθης, διευθετήσεις

ποταμών κ.α). Η τελική βαθμολογία του δείκτη HMS (Παράρτημα Ι) είναι ανεξάρτητη από τον τύπο του ποταμού, γι' αυτό και ο δείκτης μπορεί να συγκριθεί με την αντίστοιχη βαθμολογία οποιουδήποτε σταθμού. Ανάλογα με τη βαθμολογία η περιοχή έρευνας κατατάσσεται σε μια από τις κατηγορίες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7: Κατηγορίες τροποποίησης των ενδιαιτημάτων (HMC) με βάση τις τιμές του δείκτη HMS (Raven *et al.* 1998b).

Table 3.7: Habitat modification class (HMC) based on the values of HMS index (Raven *et al.* 1998b).

Τιμή HMS	Κατηγορία τροποποίησης- Habitat Modification Class (HMC)
0	Natural (Φυσικό-χωρίς τροποποίηση)
0-2	Semi-natural (Σχεδόν φυσικό-Μικρή τροποποίηση)
3-8	Predominantly unmodified (Εμφανώς μη τροποποιημένο)
9-20	Obviously modified (Εμφανώς τροποποιημένο)
21-44	Significantly modified (Σημαντικά τροποποιημένο)
45<	Heavily modified (Ισχυρά τροποποιημένο)

3.5.2 Δείκτης ποιότητας παρόχθιων ενδιαιτημάτων QBR

Με τον δείκτη QBR (Munne *et al.* 2003) γίνεται εκτίμηση της ποιότητας του παρόχθιου ενδιαιτήματος συνεκτιμώντας και την παρόχθια κάλυψη, την ποιότητα κάλυψης, την διευθέτηση του καναλιού, την κλίση, τη μορφή της παρόχθιας βλάστησης και το ποσοστό σκληρού υποστρώματος στο οποίο δεν μπορούν να ριζώσουν τα φυτά (Παράρτημα ΙΙ). Αυτές οι παράμετροι βαθμολογούνται ξεχωριστά και με βάση το άθροισμα των επιμέρους βαθμολογιών εκτιμάται η ποιότητα του ενδιαιτήματος (Munne *et al.* 2003). Ο δείκτης εκφράζεται σε εκατοντάβαθμια (0-100) κλίμακα και καταλήγει σε πέντε κατηγορίες ποιότητας, οι οποίες είναι αντίστοιχες με αυτές που προτείνει η Οδηγία 2000/60/EK (Munne *et al.* 2003) (Πίνακας 3.8) .

Πίνακας 3.8: Κλάσεις ποιότητας παρόχθιου ενδιαιτήματος σύμφωνα με τη βαθμολογία από το δείκτη QBR (Munne *et al.* 2003)

Table 3.8: Quality classes of the riparian habitats based on the QBR index (Munne *et al.* 2003).

Βαθμολογία	Ποιότητα παρόχθιου ενδιαιτήματος	Χρώμα
>=95	Παρόχθιο ενδιαιτήμα σε φυσική κατάσταση	Βλεπόμενα
75-90	Μικρή διαταραχή, καλή ποιότητα	Πράσινο
55-70	Σημαντική διαταραχή, μέτρια ποιότητα	Κίτρινο
30-50	Έντονη μεταβολή, ελλιπής ποιότητα	Κόκκινο
<=25	Πλήρης υποβάθμιση, κακή ποιότητα	Μαύρο

3.5.3 Δείκτης ποιότητας των ποτάμιων ενδιαιτημάτων IHF (Fluvial Habitat Index)

Με τον δείκτη IHF (Pardo *et al.* 2002) εκτιμούνται οπτικά τα ενδιαιτήματα μέσα στο κανάλι του ποταμού και δίνονται πληροφορίες σχετικές με: την ιζηματοποίηση στους ρηχούς υφάλους, στις μικρολίμνες και στο υπόλοιπο κανάλι, την συχνότητα των ρηχών υφάλων και τη σύνθεση του υποστρώματος, το καθεστώς ροής σε σχέση με το βάθος του ποταμού, τη σκίαση της κοίτης του ποταμού, άλλους ετερογενείς παράγοντες και την υδρόβια βλάστηση (Παράρτημα ΙΙΙ). Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε μια τριβάθμια κλίμακα ποιότητας όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.9.

Πίνακας.3.9: Κλάσεις ποιότητας ποτάμιων ενδιαιτημάτων σύμφωνα με τη βαθμολογία του δείκτη IHF (Pardo *et al.* 2002)

Table 3.9: Quality classes of the fluvial habitats based on the IHF index (Pardo *et al.* 2002).

Βαθμολογία	Ποιότητα ενδιαιτήματος	Χρώμα
>59	Καλή	Blue
40-59	Μέτρια	Yellow
<40	Κακή	Red

Επιπλέον για κάθε σταθμό δειγματοληψίας έγινε εκτίμηση της σύστασης του υποστρώματος σύμφωνα με την κλίμακα Wentworth (1922) που παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.10.

Πίνακας 3.10: Κλίμακα Wentworth για την εκτίμηση της σύστασης του υποστρώματος του πυθμένα του ποταμού (Wentworth 1922).

Table 3.10: Wentworth scale for the assessment of the composition of the substrate of the river bed (Wentworth 1922).

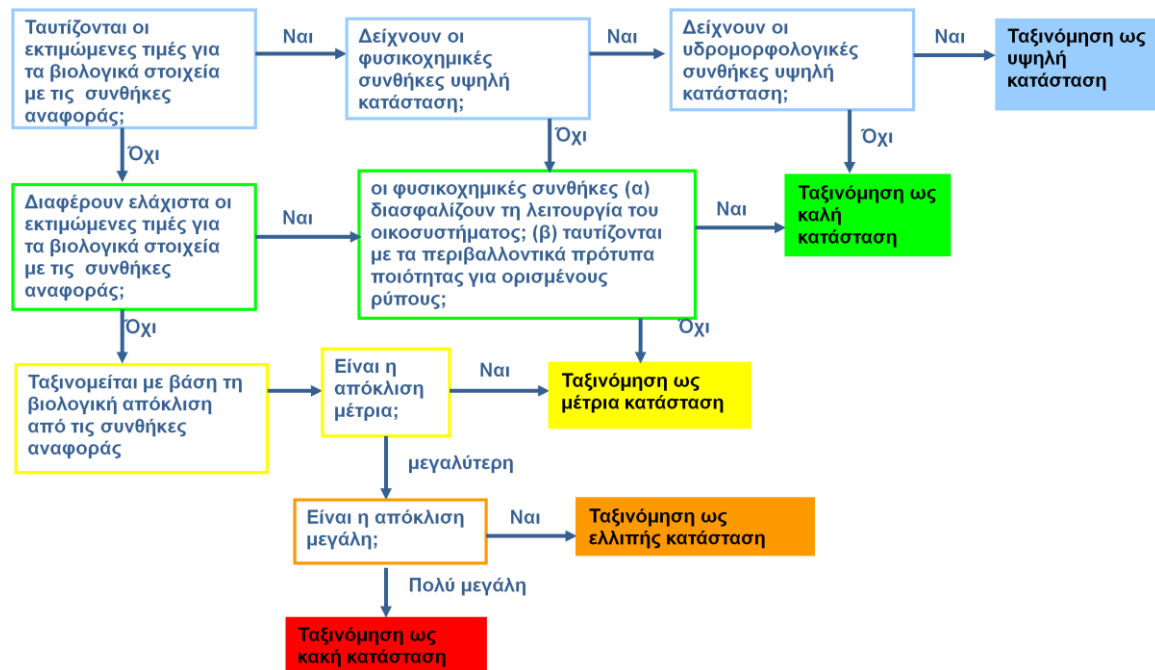
Κατηγορία υλικών υποστρώματος	Διάμετρος σε (mm)
Ογκόλιθοι	>256
Κροκάλες	16-256
Χαλίκια	4-16
Αδρό ίζημα	2-4
Άμμος	0,0625-2
Ιλύς	<0,0625

3.6 Κατάταξη οικολογικής κατάστασης υδατικών συστημάτων

Για την κατάταξη της οικολογικής κατάστασης των υδατικών συστημάτων το πρώτο βήμα είναι ο διαχωρισμός τους σε φυσικά, τεχνητά ή ιδιαιτέρως τροποποιημένα. Για τα φυσικά υδατικά συστήματα η οικολογική κατάσταση ταξινομείται σύμφωνα με το Κατευθυντήριο Κείμενο της Οδηγίας Πλαίσιο (Guidance Document No. 13). Στην Εικόνα 3.1 φαίνεται η σειρά με την οποία συγκρίνονται οι εκτιμώμενες τιμές των βιολογικών, φυσικο-χημικών και

των υδρομορφολογικών στοιχείων προκειμένου να εκτιμηθεί προσεγγιστικά η οικολογική κατάσταση.

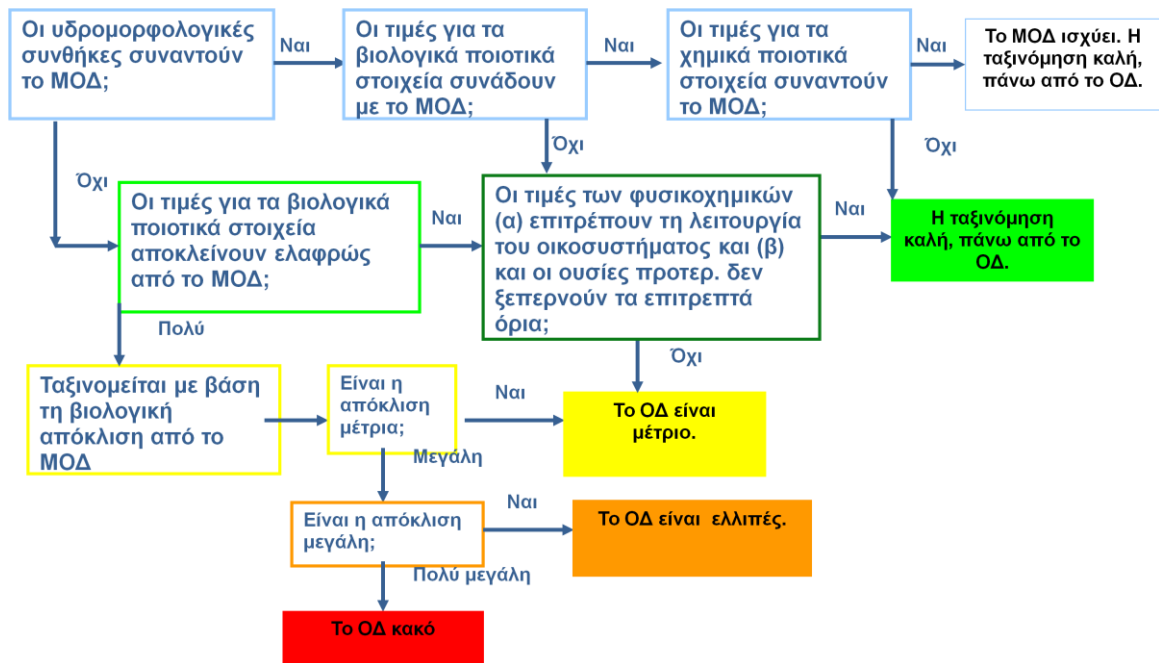
Σύμφωνα με την διαδικασία αυτή για τα φυσικά υδατικά σώματα εκτιμάται κατά πόσο οι συνθήκες αναφοράς αποκλίνουν από τις παρατηρούμενες τιμές καταρχάς των βιολογικών στοιχείων και αν όχι εν συνεχεία εξετάζονται οι φυσικο-χημικές και υδρομορφολογικές παράμετροι. Για την ταξινόμηση των υδατικών συστημάτων σε μέτρια ποιότητα, ελλιπή και κακή χρησιμοποιούνται μόνο τα βιολογικά στοιχεία.



Εικόνα 3.1: Κατάταξη της οικολογικής κατάστασης για τα φυσικά υδατικά σώματα (NWB).

Figure 3.1: Classification of ecological status for natural water bodies (NWB).

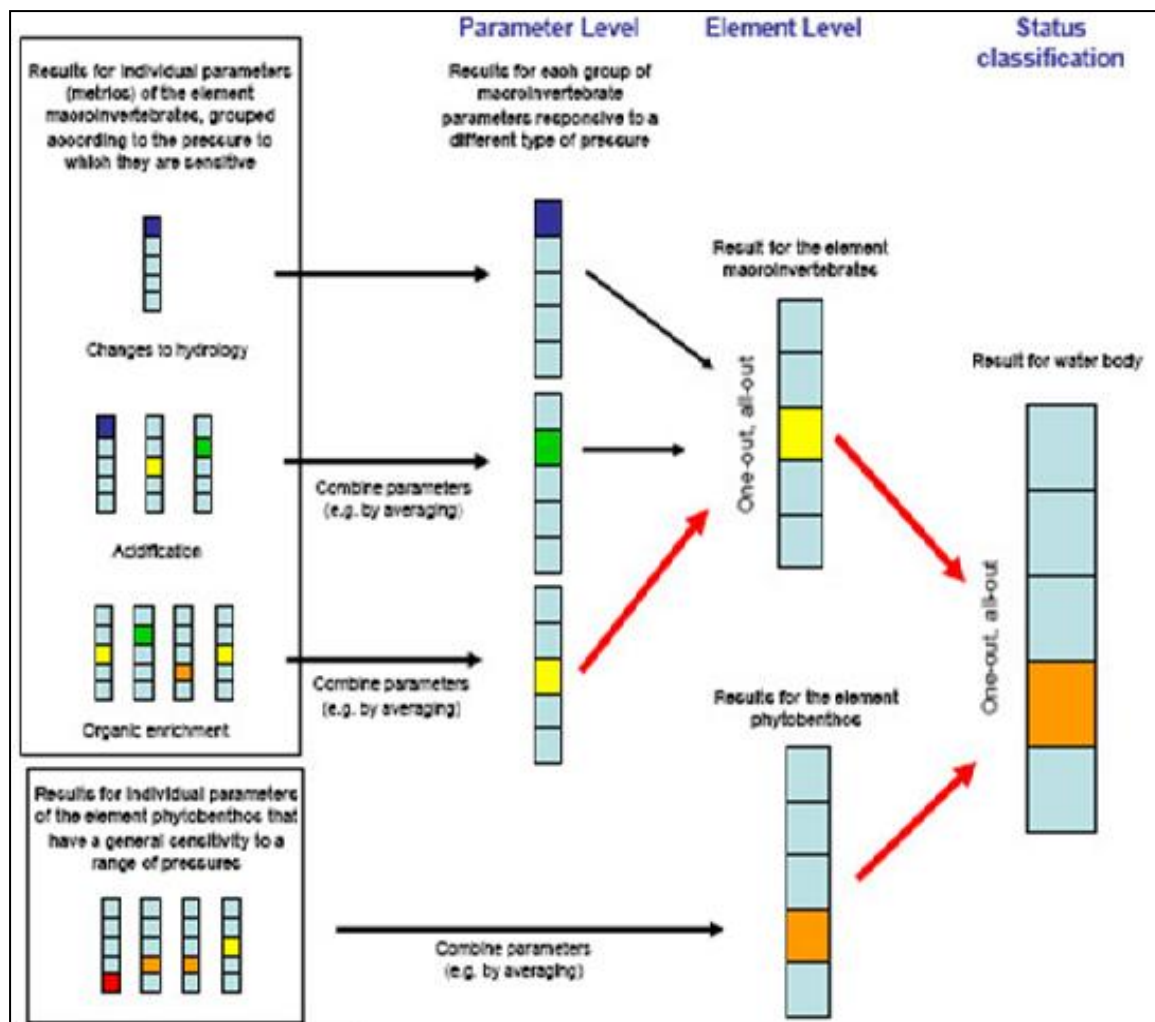
Για τα τεχνητά και ιδιαιτέρως τροποποιημένα συστήματα εξετάζονται πρώτα τα υδρομορφολογικά στοιχεία αν συναντούν το μέγιστο οικολογικό δυναμικό (ΜΟΔ) και κατόπιν τα βιολογικά και ακολούθως τα φυσικο-χημικά. Αν οι τιμές των βιολογικών και φυσικο-χημικών στοιχείων αποκλίνουν από το ΜΟΔ τότε για να καταλήξουμε στην μέτρια-ελλιπή-κακή κατάσταση λαμβάνουμε υπόψη μόνο τα βιολογικά στοιχεία (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2: Κατάταξη του οικολογικού δυναμικού για τεχνητά και ιδιαίτερος τροποποιημένα υδατικά σώματα (HMWB).

Figure 3.2: Classification of ecological potential for artificial and heavily modified water bodies (HMWB).

Για την τελική οικολογική κατάταξη του υδατικού συστήματος χρησιμοποιείται ο συνδυασμός όλων των παραμέτρων ισχύει η αρχή του «ένα εκτός όλα εκτός» (Εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3: Διάγραμμα συνδυασμού των παραμέτρων για την τελική κατάταξη των υδατικών σωμάτων.

Figure 3.3: Chart combination of parameters for the final classification of water bodies.

3.7 Στατιστική ανάλυση-Πολυπαραγοντικές μέθοδοι

Στις στατιστικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα αφθονίας κάθε ταξινομικής ομάδας βενθικών μακροασπονδύλων, καθώς και μετρήσεις φυσικο-χημικών παραμέτρων. Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν αναφέρονται παρακάτω.

3.7.1 Ιεραρχική μέθοδος ομαδοποίησης (CLUSTER)

Για την ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας με βάση την ομοιότητα ως προς τα βενθικά μακροασπόνδυλα χρησιμοποιήθηκε η ιεραρχική μέθοδος (Hierarchical Clustering

analysis), η οποία είναι μια «συσσωρευτική» ομαδοποίηση που χρησιμοποιεί αυστηρά μαθηματικά κριτήρια για να βρει ομάδες δειγμάτων τέτοιες όπου τα δείγματα μιας ομάδας να είναι περισσότερο όμοια μεταξύ τους από ότι με τα δείγματα άλλων ομάδων (Clarke & Warwick 1994). Για την κατασκευή του δενδρογράμματος χρησιμοποιήθηκε η μήτρα ομοιότητας που περιέχει τις τιμές του συντελεστή ομοιότητας Bray-Curtis για κάθε ζευγάρι δειγμάτων. Η μέθοδος αυτή δημιουργεί διακριτές ομάδες, με αποτέλεσμα να μη δείχνει τη σχέση μεταξύ των δειγμάτων κατά μήκος μιας συνέχειας και να καθίσταται πιο κατάλληλη για βιολογικά δεδομένα με ξεκάθαρη δομή, δηλαδή κάποια πρότυπα αφθονίας βιολογικών δεδομένων να ανήκουν αποκλειστικά και μόνο σε μια ομάδα, και να μην υπάρχει αλληλεπικάλυψη.

Για την εφαρμογή της ανάλυσης CLUSTER χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο Primer version 5.1.2 (Clarke & Warwick 1994). Η μήτρα πάνω στην οποία βασίστηκε το Δενδρόγραμμα αποτελούνταν από τις τιμές του δείκτη ομοιότητας Bray Curtis. Ο μετασχηματισμός που χρησιμοποιήθηκε για τα βιολογικά δεδομένα ήταν $\log(x+1)$.

3.7.2 Ανάλυση ANOSIM

Η ανάλυση ANOSIM (ANalysis Of SIMilarities) δείχνει αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δειγμάτων στις ομάδες που έχουν καθοριστεί πιο πριν, από την ανάλυση Cluster, χρησιμοποιώντας συνδυασμούς/τυχειότητα στη μήτρα ομοιότητας. Στα αποτελέσματα το R συνήθως κυμαίνεται μεταξύ του 0 και 1, δείχνοντας το βαθμό διαφοροποίησης μεταξύ των δειγμάτων.

Η ανάλυση έγινε στο στατιστικό πακέτο Primer version 5.1.2, και ο μετασχηματισμός των βιολογικών δεδομένων ήταν $\log(x+1)$

3.7.3 Ανάλυση SIMPER

Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε η πολυπαραγοντική ανάλυση Ποσοτών Ομοιότητας SIMPER (SIMilarity PERcentages), η οποία δείχνει ποια είδη είναι κυρίως υπεύθυνα για ένα παρατηρούμενο πρότυπο ομαδοποίησης δειγμάτων ή σε τι διαφέρουν μεταξύ τους οι ομάδες, που προέκυψαν από την ιεραρχική ομαδοποίηση (Clarke & Warwick 1994). Η μέθοδος υπολογίζει τη μέση ομοιότητα/ανομοιότητα μεταξύ όλων των ζευγών δειγμάτων που ανήκουν σε διαφορετική ομάδα και τη συνεισφορά που έχει κάθε ταξινομική ομάδα στη μέση αυτή ομοιότητα.

Η ανάλυση έγινε με το στατιστικό πακέτο Primer version 5.1.2, ο μετασχηματισμός των βιολογικών δεδομένων ήταν $\log(x+1)$ ενώ ως τιμή cut off για το επίπεδο ομοιότητας χρησιμοποιήθηκε το ποσοστό 90 %.

3.7.4 Ανάλυση περιβαλλοντικής διαβάθμισης (gradient analysis)

Η σύνδεση των περιβαλλοντικών δεδομένων με τα βιολογικά δεδομένα μπορεί να γίνει με την άμεση ανάλυση περιβαλλοντικής διαβάθμισης (direct gradient analysis). Στην ανάλυση αυτή το ενδιαφέρον εστιάζεται στις μετρήσεις περιβαλλοντικών μεταβλητών και στην επίδρασή τους πάνω στα βιολογικά δεδομένα. Η μέθοδος κατασκευάζει τις θεωρητικές εκείνες μεταβλητές (άξονες ταξιθέτησης) που εξηγούν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα βιολογικά δεδομένα και αποτελούν γραμμικούς συνδυασμούς των περιβαλλοντικών μεταβλητών που έχουν μετρηθεί και χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την ταξιθέτηση των ειδών και των δειγμάτων μπορεί να είναι γραμμικός (γραμμική απόκριση ειδών) ή πολυωνυμικός (κωδωνοειδής απόκριση των ειδών). Οι πρώτες δύο από τις θεωρητικές μεταβλητές που εξηγούν καλύτερα τα βιολογικά δεδομένα αποτελούν τους δυο πρώτους άξονες του διαγράμματος διασποράς (άξονες ταξιθέτησης).

Αρχικά, έγινε εφαρμογή της ανάλυσης αντιστοιχιών (Detrended Correspondence Analysis, DCA). Η ανάλυση αυτή είναι έμμεση ανάλυση περιβαλλοντικής διαβάθμισης με πολυωνυμικό αλγόριθμο ταξιθέτησης. Σκοπός είναι να ελεγχθεί αν τα βιολογικά δεδομένα αποκρίνονται γραμμικά στις θεωρητικές περιβαλλοντικές μεταβλητές που κατασκευάζει η μέθοδος (άξονες ταξιθέτησης) ή αν έχουν την καλύτερη απόκριση γύρω από κάποιες «βέλτιστες» τιμές των θεωρητικών αυτών μεταβλητών. Στην περίπτωση όπου το μήκος (length of gradient) της πρώτης θεωρητικής μεταβλητής (του πρώτου άξονα ταξιθέτησης) είναι μικρότερο τρεις φορές από την τυπική απόκλιση των βενθικών μακροασπονδύλων (standard deviation, SD) μέσα στα δείγματα, τότε τα βενθικά μακροασπόνδυλα αποκρίνονται περισσότερο γραμμικά στις θεωρητικές μεταβλητές. Στην περίπτωση αυτή η πιο κατάλληλη άμεση ανάλυση περιβαλλοντικής διαβάθμισης (direct gradient analysis) είναι η ανάλυση Redundancy (RDA). Αν το μήκος είναι τριπλάσιο ή μεγαλύτερο τότε η απόκριση θα είναι κωδωνοειδής (κανονική κατανομή) και επομένως η πιο κατάλληλη άμεση ανάλυση περιβαλλοντικής διαβάθμισης (direct gradient analysis) θα είναι η Ανάλυση Κανονικών Αντιστοιχιών (Canonical Correspondence Analysis, CCA). Ωστόσο, το όριο των 3 SD δεν είναι αυστηρό και σύμφωνα με τους Ter Braak & Prentice (1986) όταν το μήκος της

διαβάθμισης βρεθεί από 1.5-3 SD μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξίσου αποτελεσματικά τόσο η RDA, όσο και η CCA. Στην τελευταία περίπτωση λαμβάνεται ως καλύτερη αυτή στην οποία το p όλων των αξόνων της είναι < 0.05 .

Με την εφαρμογή του ελέγχου Monte Carlo υπολογίστηκε η σημαντικότητα της κάθε μιας από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους που μετρήθηκαν. Οι περιβαλλοντικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στην τελική ταξιθέτηση ήταν αυτές με $p\text{-value} < 0.05$ και συντελεστή διόγκωσης (inflation factor) μικρότερο του 20.

Για τη συγκεκριμένη ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα CANOCO for Windows version 4.5 (Ter Braak 1986). Για τον έλεγχο της γραμμικής ή κανονικής συσχέτισης των δεδομένων με τις περιβαλλοντικές μεταβλητές χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση DCA. Ο μετασχηματισμός που έγινε για τα βιολογικά δεδομένα ήταν ο $\log(x+1)$. Όσον αφορά τον μετασχηματισμό στις περιβαλλοντικές μεταβλητές για το pH και τη θερμοκρασία χρησιμοποιήθηκε το standard score, για τις % μεταβλητές το arcsinus και για όλες τις υπόλοιπες το $\log(x+1)$.

3.8 Ανάλυση πιέσεων

Για την αναγνώριση των κατευθυντήριων δυνάμεων και την αναγνώριση των πιέσεων, λαμβάνονται υπόψη οι κύριες κατηγορίες πιέσεων, οι οποίες προέρχονται από σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης.

3.8.1 Σημειακές πηγές ρύπανσης

Στις σημειακές πηγές ρύπανσης περιλαμβάνονται, τα αστικά λύματα, η σταβλισμένη κτηνοτροφία και η βιομηχανία.

Αστικά λύματα

Ο υπολογισμός των αστικών λυμάτων έγινε με βάση το μόνιμο πληθυσμό των οικισμών που είναι εντός των ορίων των λεκανών απορροής και του βαθμού επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους συντελεστές εισροής (Πίνακας 3.11). Χρησιμοποιήθηκε ο μόνιμος πληθυσμός που προέκυψε από την απογραφή του 2011 από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος (ΕΣΥΕ). Στους οικισμούς που δεν υπήρχαν στον πίνακα της ΕΣΥΕ θεωρήθηκε ότι ο πληθυσμός είναι μηδενικός.

Πίνακας 3.11: Συντελεστές εκπομπής για τον υπολογισμό των εισροών ρύπων από ανεπεξέργαστα αστικά λύματα, λύματα που υπόκεινται σε δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια επεξεργασία (¹Andreadakis

et al. 2007) και λύματα που προέρχονται από απορροφητικούς βόθρους (²Fribourg-Blanc & Courbet 2004).

Table 3.11: Emission factors for untreated urban wastewater, secondary or tertiary wastewater treatment (¹Andreadakis *et al.* 2007) and wastewater from tanks (²Fribourg-Blanc & Courbet 2004).

Παραγόμενος Ρυπαντής	Ανεπεξέργαστα λύματα (gr/κάτοικο*ημέρα) ¹	Απορροφητικοί βόθροι (gr/κάτοικο*ημέρα) ²	Δευτεροβάθμια επεξεργασία (gr/κάτοικο*ημέρα) ¹	Τριτοβάθμια επεξεργασία (gr/κάτοικο*ημέρα) ¹
BOD	60	36	6	3
Ολικό N	12	10,8	2,4	2,4
Ολικό P	2,5	2,4	2	0,5

Σταβλισμένη κτηνοτροφία

Για τον υπολογισμό του φορτίου των ρύπων από την σταβλισμένη κτηνοτροφία, αρχικά καταγράφηκε για τις περιοχές της λεκάνης απορροής ο αριθμός των κεφαλών των εκτρεφόμενων ζώων που είναι καταχωρημένα στην ΕΣΥΕ κατά την απογραφή γεωργίας-κτηνοτροφίας 2001. Στους οικισμούς που δεν υπήρχαν στον πίνακα της ΕΣΥΕ θεωρήθηκε ανύπαρκτη η κτηνοτροφική δραστηριότητα. Η εκτίμηση της εκροής έγινε με βάση τους συντελεστές εκροής από Economopoulos (1993) (Πίνακας 3.12). Ως γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες θεωρήθηκαν τα θηλυκά άτομα από τα στοιχεία της ΕΣΥΕ και ως βοοειδή τα αρσενικά, τα οποία βρέθηκαν έπειτα από αφαίρεση των κεφαλών των θηλυκών ατόμων από το συνολικό αριθμό (Πίνακας 3.12). Το ποσό εισροής φορτίου ρύπων που καταλήγει στα επιφανειακά ύδατα είναι το 20% του ποσού φορτίου εκπομπής για το BOD₅, το 15% του ολικού N και το 3% του ολικού P (Andreadakis *et al.* 2007).

Πίνακας 3.12: Συντελεστές εκπομπής για τις κτηνοτροφικές δραστηριότητες (Economopoulos 1993).

Table 3.12: Emission factors for livestock activities (Economopoulos 1993).

Είδος ζώου	Kg ζώου	Παράγοντας Εκροής (Kg/ζώο*χρόνο)		
		BOD	Ολικό N	Ολικό P
Βοοειδή	360	164	43,8	11,3
Γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες	590	228,5	82,1	12
Πρόβατα (Στερεή κοπριά)	68	58,4	23	6,6
Αμνοί (Στερεή κοπριά)	34,9	33,7	13,5	3,7
Χοίροι	45	32,9	7,3	2,3
Ιπποειδή	-	146	95,3	16,4
Όρνιθες	1	1,61	3,6	-
Γαλοπούλες (πτηνά αναπαραγωγής)	11,4	14,2	3	2,5
Πάπιες	16	6,4	ΜΔ	ΜΔ

ΜΔ: Μη διαθέσιμος συντελεστής

Βιομηχανία

Για την καταγραφή της βιομηχανικής δραστηριότητας αναζητήθηκαν στοιχεία από τα δημόσια ανοιχτά δεδομένα που παρέχονται από το ΥΠΕΚΑ (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής). Εξαιτίας έλλειψης επαρκών δεδομένων οι εισροές λυμάτων από τη βιομηχανία δεν υπολογίστηκαν στην παρούσα εργασία. Παρόλα αυτά παρουσιάζονται σε χάρτη οι βιομηχανίες που υπάρχουν σύμφωνα με το seveso, καθώς και ό,τι δραστηριότητα βιομηχανικής-βιοτεχνικής μορφής έχει εγκριθεί από τον Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας Βόλβης.

3.8.2 Μη σημειακές-Διάχυτες πηγές ρύπανσης

Οι διάχυτες πηγές ρύπανσης περιλαμβάνουν τις πιέσεις που προέρχονται από την μη σταβλισμένη κτηνοτροφία η οποία δεν μπορεί να ποσοτικοποιηθεί στην παρούσα εργασία και από τις γεωργικές δραστηριότητες. Οι πιέσεις που οφείλονται στις γεωργικές δραστηριότητες υπολογίστηκαν βάσει της κάλυψης των χρήσεων γης όπως έχουν οριστεί από το πρόγραμμα Corine Land Cover 2000.

Οι χρήσεις γης των λεκανών απορροής ομαδοποιήθηκαν στις κατηγορίες:

- Αγροτικές εκτάσεις
- Αστικές εκτάσεις
- Βοσκότοποι-Λιβάδια
- Δασικές εκτάσεις
- Επιφανειακά Ύδατα.

Κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες έχει ένα διαφορετικό συντελεστή εκπομπής θρεπτικών στο περιβάλλον (Andreadakis *et al.* 2007) (Πίνακας 3.13)

Στην περίπτωση αυτή, τα φορτία που υπολογίζονται ισοδυναμούν με τις εισροές καθώς οι εκροές (που θα αφορούσαν για παράδειγμα το ποσό λιπασμάτων που χρησιμοποιείται στις αγροτικές εκτάσεις) δεν είναι υπολογίσιμες.

Πίνακας 3.13: Συντελεστές απορροής θρεπτικών στις ομαδοποιημένες χρήσεις γης (Andreadakis *et al.* 2007).

Table 3.13: Nutrinet runoff factors for different land uses (Andreadakis *et al.* 2007).

Χρήσεις γης	Ολικό N (kg/ha*yr)	Ολικό P (kg/ha*yr)
Επιφανειακά Νερά	1,2	0,01
Δασικές Εκτάσεις	3	0,1
Βοσκότοποι	5	0,5
Αγροτικές Εκτάσεις	40	0,5
Αστικές περιοχές	5	1

3.8.3 Αναγνώριση σημαντικών πιέσεων

Σε αυτό το στάδιο είναι υποχρεωτική η εξέταση των πιέσεων που ασκούνται στο υδατικό σώμα. Όσον αφορά στις πιέσεις από πηγές ρύπανσης γίνεται σύγκριση των τιμών των συνολικών εισροών των θρεπτικών BOD₅, ολικού N και ολικού P στα επιφανειακά ύδατα με τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια για την ύδρευση (KYA Y2/2600/2001) και για τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/EK) (Πίνακας 3.14).

Συγκεκριμένα τα όρια για το ολικό άζωτο (TN) προέκυψαν από το άθροισμα του αζώτου των νιτρικών (N-NO₃), νιτρώδων (N-NO₂) και αμμωνιακών (N-NH₄) και για τον ολικό φώσφορο (TP) από το φώσφορο των ορθοφωσφορικών (P-PO₄) (Οδηγία 2006/44/EK) ή το φώσφορο του πεντοξειδίου του φωσφόρου (P₂O₅) (KYA 2600/2001). Για να προσδιοριστούν τα μέγιστα επιτρεπτά όρια εισροής σε κάθε λεκάνη απορροής πολλαπλασιάστηκαν τα όρια με την παροχή κάθε ποταμοχειμάρρου.

Για την αξιολόγηση των επιπτώσεων από τις πιέσεις ρύπανσης υπολογίστηκε το συνολικό BOD₅ που παράγεται από τα αστικά λύματα και τη σταβλισμένη κτηνοτροφία, καθώς και το συνολικό ολικό N και το συνολικό ολικό P που παράγονται στη λεκάνη απορροής από τα αστικά λύματα, τη σταβλισμένη κτηνοτροφία και τη γεωργία και συγκρίθηκε με τα επιτρεπόμενα όρια.

Πίνακας 3.14: Επιτρεπόμενα όρια φυσικο-χημικών παραμέτρων για την ύδρευση (KYA 2600/2001 όπως εναρμονίζεται από 98/83/EK) και για τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/EK). Η μετατροπή των ορίων των θρεπτικών αλάτων σε N και P φαίνεται στην παρένθεση.

Table 3.14: The permitted limits of all parameters are checked according to KYA 2600/2001 (for drinking water) and Directive 2006/44/EC (for fish life). The calculation of the limits for P and N is shown in brackets.

Παράμετροι (mg/l)	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση για την ύδρευση (KYA 2600/2001)	Ανώτερη συγκέντρωση διαβίωση ιχθύων (Οδηγία 2006/44/EK)	
		Σολομοειδών	Κυπρινοειδών
BOD ₅ (mg/l)	-	≤3	≤3
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	≤50 (11.29)	-	-
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	≤0,5 (0.152)	≤0,01 (0.003)	≤0,03 (0.009)
N-NH ₄ ⁺	≤0,5 (0.389)	≤0.04 (0.031)	≤0.2 (0.156)
P-PO ₄ ⁺ (mg/l)	-	≤0,2 (0.065)	≤0,4 (0.031)
P-(P ₂ O ₅) (mg/l)	≤5 (1.09)	-	-

Όσον αφορά στις πιέσεις από μορφολογικές αλλοιώσεις θεωρήθηκε ότι ασκούνται σημαντικές πιέσεις στους υπόγειους υδροφορείς αν οι αγροτικές εκτάσεις καταλαμβάνουν ποσοστό μεγαλύτερο του 40% της ολικής έκτασης της λεκάνης απορροής (LAWA 2002). Αν οι αστικές περιοχές καλύπτουν περισσότερο από το 2,5 % της ολικής έκτασης της λεκάνης (Environment Agency 2005) ή αγροτική χρήση γης είναι μεγαλύτερη από 40% από το μήκος του ποταμού (Environment Agency 2005), τότε ασκούνται σημαντικές πιέσεις στα επιφανειακά ύδατα. Η ύπαρξη σημαντικών πιέσεων δεν σημαίνει ότι το υδατικό σώμα κινδυνεύει να μην πετύχει καλή κατάσταση μέχρι το 2015 αλλά μόνο, ότι υπόκειται σε πιέσεις που έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν επιπτώσεις.

3.8.4 Ανάλυση επιπτώσεων των πιέσεων - IMPRESS

Η εκτίμηση των επιπτώσεων και της πιθανότητας μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων έγινε σύμφωνα με τους Castro *et al.* (2005) (Πίνακες 3.15-3.17). Τα δεδομένα που χρειάζονται για την εκτίμηση των επιπτώσεων με βάση τις πιέσεις ρύπανσης είναι χρονοσειρές θρεπτικών, βιολογική ποιότητα και φυσικο-χημικές μετρήσεις, ενώ για την εκτίμηση με βάση τις μορφολογικές πιέσεις χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης τροποποίησης ενδαιτημάτων (HMS).

Λαμβάνοντας υπόψη τη βιολογική ποιότητα, τις φυσικο-χημικές μετρήσεις που ξεπερνούν τα επιτρεπόμενα όρια, τις χρονοσειρές θρεπτικών που παρουσιάζουν αυξητική τάση, καθώς και το μέγεθος των μορφολογικών αλλοιώσεων (δείκτης HMS) γίνεται η εκτίμηση των επιπτώσεων από την άσκηση των πιέσεων (ρύπανσης και μορφολογικών) σε κάθε λεκάνη απορροής (Πίνακας 3.15). Οι πιέσεις από τις πηγές ρύπανσης θεωρούνται σημαντικές όταν οι εισροές ρυπαντικού φορτίου ξεπερνούν τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων, το πόσιμο νερό ή την άρδευση. Ως προς τις μορφολογικές πιέσεις θεωρούνται σημαντικές για τον υπόγειο υδροφόρο όταν οι αγροτικές εκτάσεις καταλαμβάνουν ποσοστό μεγαλύτερο από 40% της ολικής έκτασης της λεκάνης απορροής (LAWA 2002). Αν οι αστικές περιοχές καλύπτουν περισσότερο από το 2,5 % της ολικής έκτασης της λεκάνης (Environment Agency 2005) ή η αγροτική χρήση γης είναι μεγαλύτερη από 40% από το μήκος του ποταμού (Environment Agency 2005) οι πιέσεις είναι σημαντικές για τα επιφανειακά ύδατα. Για τις μορφολογικές πιέσεις παίζει ρόλο η τιμή του δείκτη HMS (Πίνακας 3.15).

Πίνακας 3.15: Κατηγοριοποίηση των υδατικών σωμάτων ανάλογα με τη βεβαιότητα των επιπτώσεων που εμφανίζουν (τροποποιημένο από: Castro *et al.* 2005).

Table 3.15: Classification of water bodies according to the certainty of the effects that they present (modified from: Castro *et al.* 2005).

		ΠΙΕΣΕΙΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ			ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ (Raven <i>et al.</i> 1998 a, b)
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΣΙΓΟΥΡΕΣ	Αν ισχύουν όλα τα παρακάτω:			Μέσο HMS > 8
		Μέση βιολογική ποιότητα κατώτερη της καλής	Χρονοσειρές θρεπτικών αύξουσας συγκέντρωσης	Μέσες τιμές χημικών παραμέτρων μεγαλύτερες από πρότυπα για άρδευση	
	ΠΙΘΑΝΕΣ	Αν ισχύουν τουλάχιστον δύο από τα παρακάτω:			2 < Μέσο HMS ≤ 8
		Μέση βιολογική ποιότητα κατώτερη της καλής	Χρονοσειρές θρεπτικών αύξουσας συγκέντρωσης	Μέσες τιμές χημικών παραμέτρων μεγαλύτερες από πρότυπα για πόσιμο νερό	
	ΧΩΡΙΣ	Αν ισχύουν όλα τα παρακάτω:			Μέσο HMS ≤ 2
		Μέση βιολογική ποιότητα ανώτερη της καλής	Χρονοσειρές θρεπτικών σταθερής ή ελαττωμένης συγκέντρωσης	Μέσες τιμές χημικών παραμέτρων μικρότερες από πρότυπα για διαβίωση ψαριών	

Στη συνέχεια, ανάλογα με τη σημαντικότητα των πιέσεων και την κατηγορία των επιπτώσεων γίνεται η εκτίμηση του βαθμού επικινδυνότητας μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων (Πίνακας 3.16) (Castro *et al.* 2005).

Πίνακας 3.16: Κατηγοριοποίηση της επικινδυνότητας μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων σε τέσσερις ποσοτικές κατηγορίες (Castro *et al.* 2005).

Table 3.16: Classification of the risk not achieving the environmental objectives, into four quantitative categories (modified from: Castro *et al.* 2005).

ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ		ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ			
		ΣΙΓΟΥΡΕΣ	ΠΙΘΑΝΕΣ	ΧΩΡΙΣ	ΑΠΟΥΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ	ΝΑΙ	ΥΨΗΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ
	ΌΧΙ	ΥΨΗΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΑΝΥΠΑΡΚΤΗ	ΧΑΜΗΛΗ
	ΑΠΟΥΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΥΨΗΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΧΑΜΗΛΗ	ΔΕΝ ΕΚΤΙΜΑΤΑΙ

Ο σχεδιασμός των μέτρων παρακολούθησης που απαιτείται να εφαρμοστούν για την διαχείριση του κινδύνου μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων προσδιορίζεται ανάλογα με τη σημαντικότητα των πιέσεων και την κατηγορία των επιπτώσεων (Πίνακας 3.17).

Πίνακας 3.17: Κατηγοριοποίηση της διαχείρισης κινδύνου σε τέσσερις κατηγορίες παρακολούθησης (τροποποιημένος από Castro *et al.* 2005).

Table 3.17: Design of monitoring measures (modified from: Castro *et al.* 2005).

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ		ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ			
		ΣΙΓΟΥΡΕΣ	ΠΙΘΑΝΕΣ	ΧΩΡΙΣ	ΑΠΟΥΣΙΑ ΔΕΛΟΜΕΝΩΝ
ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ	ΝΑΙ	Άμεση εφαρμογή προγράμματος μέτρων	Μακροχρόνιο πρόγραμμα μέτρων	Εφαρμογή εποπτικής παρακολούθησης	Εφαρμογή παρακολούθησης διερεύνησης
	ΌΧΙ	Συμπληρωματική ανάλυση IMPRESS	Εφαρμογή επιχειρησιακής παρακολούθησης	Διατήρηση των συνθηκών	Εφαρμογή εποπτικής παρακολούθησης
	ΑΠΟΥΣΙΑ ΔΕΛΟΜΕΝΩΝ	Εφαρμογή επιχειρησιακής παρακολούθησης		Εφαρμογή εποπτικής παρακολούθησης	Άμεση συμπληρωματική IMPRESS ανάλυση

3.8.5 Μέθοδος DPSIR

Σύμφωνα με τα όσα ορίζει η Οδηγία-Πλαίσιο, για την ανάλυση των πιέσεων και των επιπτώσεων χρησιμοποιείται το μοντέλο DPSIR, το οποίο παρέχει ένα γενικό μηχανισμό για την ανάλυση των περιβαλλοντικών πιέσεων σε σχέση με την αειφόρο ανάπτυξη. Σύμφωνα με το μοντέλο μια ανθρωπογενής δραστηριότητα (Κατευθυντήρια δύναμη - D) ασκεί άμεση επίδραση (Πίεση P) στο περιβάλλον η οποία αλλάζει την κατάσταση (Κατάσταση - S) προκαλώντας περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Επιπτώσεις - I) με αποτέλεσμα να χρειάζονται μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος (Ανταπόκριση - R). Η προσέγγιση της μεθόδου αυτής (DPSIR) περιλαμβάνει πέντε βήματα ελέγχου (Guidance Document No 3):

D-riving Forces - Κατευθυντήριες Δυνάμεις: Δραστηριότητες που προκαλούν μεταβολές στον περιβαλλοντικό, οικονομικό, κοινωνικό και δημογραφικό τομέα και επηρεάζουν τον τρόπο ζωής των κοινωνιών. Τέτοιες κινητήριες δυνάμεις είναι η κλιματική αλλαγή, οι αλλαγές στις χρήσεις γης, οι αγροτικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες, η αστική ανάπτυξη κ. α.

P-ressures - Πιέσεις: Η άμεση επίδραση της κατευθυντήριας δύναμης (π.χ. η χρήση φυτοφαρμάκων και χημικών λιπασμάτων από την αγροτική δραστηριότητα προκαλεί επίπτωση στην ποιότητα του νερού).

S-tate - Κατάσταση: Η περιγραφή (παρατηρούμενες τιμές) και αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης των υδατικών πόρων (που είναι αποτέλεσμα παρατηρούμενης τιμής φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων) με σκοπό την λήψη αποφάσεων.

I- mpacts - Επιπτώσεις: Οι επιπτώσεις που προκαλούνται από την επίδραση των πιέσεων και την αλλαγή της κατάστασης του συστήματος .

R-esponse - Αντίδραση: Αναφέρεται στα μέτρα που πρέπει να ληφθούν με σκοπό τη βελτίωση της κατάστασης των υδατικών πόρων ενός συστήματος, ώστε να αποφευχθούν ή να περιοριστούν οι αρνητικές επιπτώσεις.

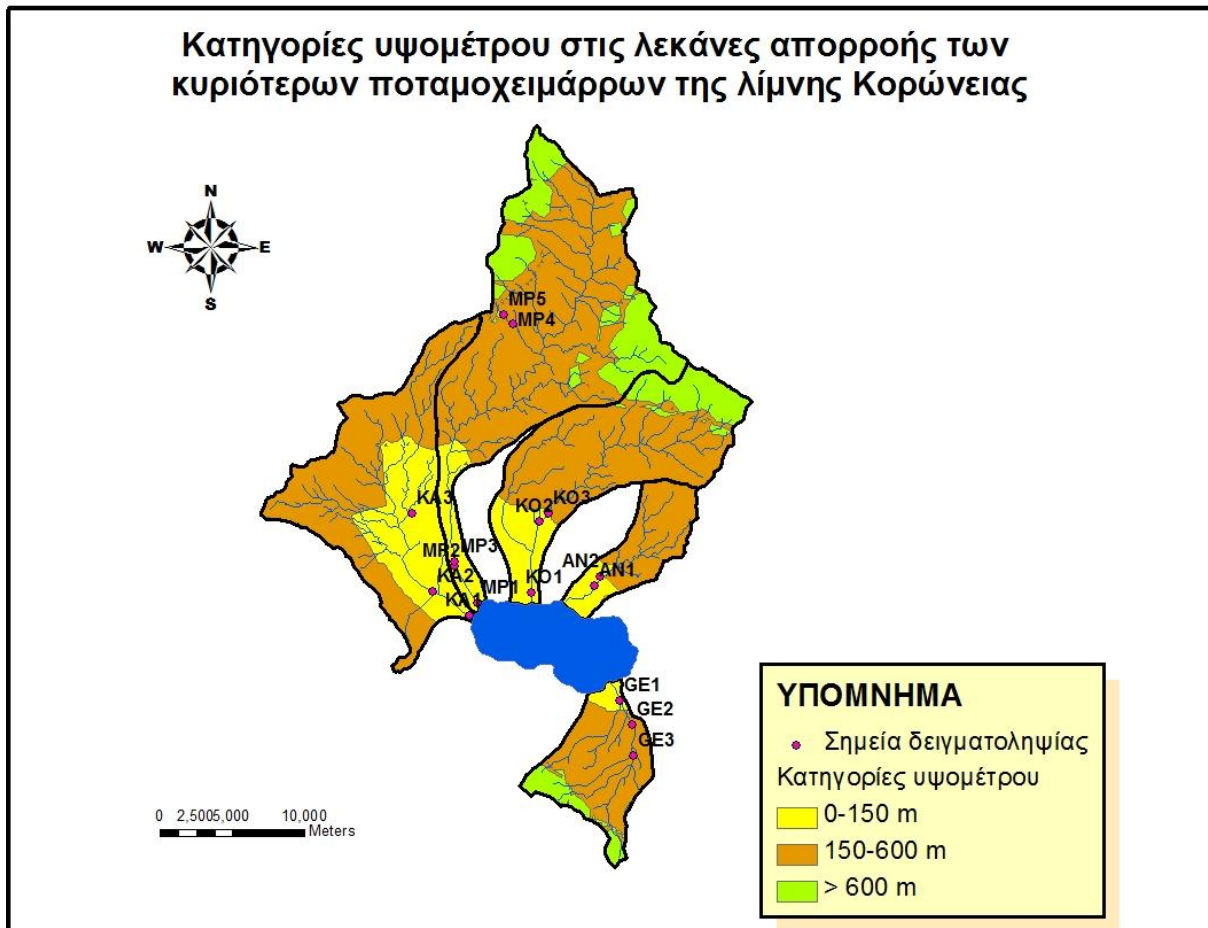
3.8.6 Ανάλυση SWOT

Η ανάλυση SWOT είναι ένα ακόμα μοντέλο που χρησιμοποιείται για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας 2000/60/EK. Είναι μια καθιερωμένη μέθοδος και συνδέεται με τις σύγχρονες μεθόδους σχεδιασμού, όπως επάρκεια πόρων και βιώσιμη διαχείριση. Η SWOT είναι ένα ικανό εργαλείο για τον προσδιορισμό των δυνατών (Strengths) και αδύνατων σημείων (Weaknesses) μιας περιοχής μελέτης, των ευκαιριών (Opportunities) που προσφέρονται και των απειλών (Threats) που μπορεί να παρουσιάζονται από τις διάφορες δράσεις στο περιβάλλον. Εντοπίζοντας αυτούς τους παράγοντες, αναπτύσσονται στρατηγικές για την αξιοποίηση των ευκαιριών, την εξάλειψη των αδυναμιών και την αντιμετώπιση των ενδεχόμενων απειλών (Ozturk Kurtaslan & Demirel, 2010).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Τυπολογία

Στις Εικόνες 4.1-4.4 παρουσιάζονται οι κατηγορίες υψομέτρου, έκτασης, γεωλογικού υποβάθρου και κλίσεων σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που περιγράφηκε στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων που τροφοδοτούν την λίμνη Κορώνεια (Καβαλλάρι, Μπογδάνας, Κολχικό, Ανάληψη και Γερακαρού).



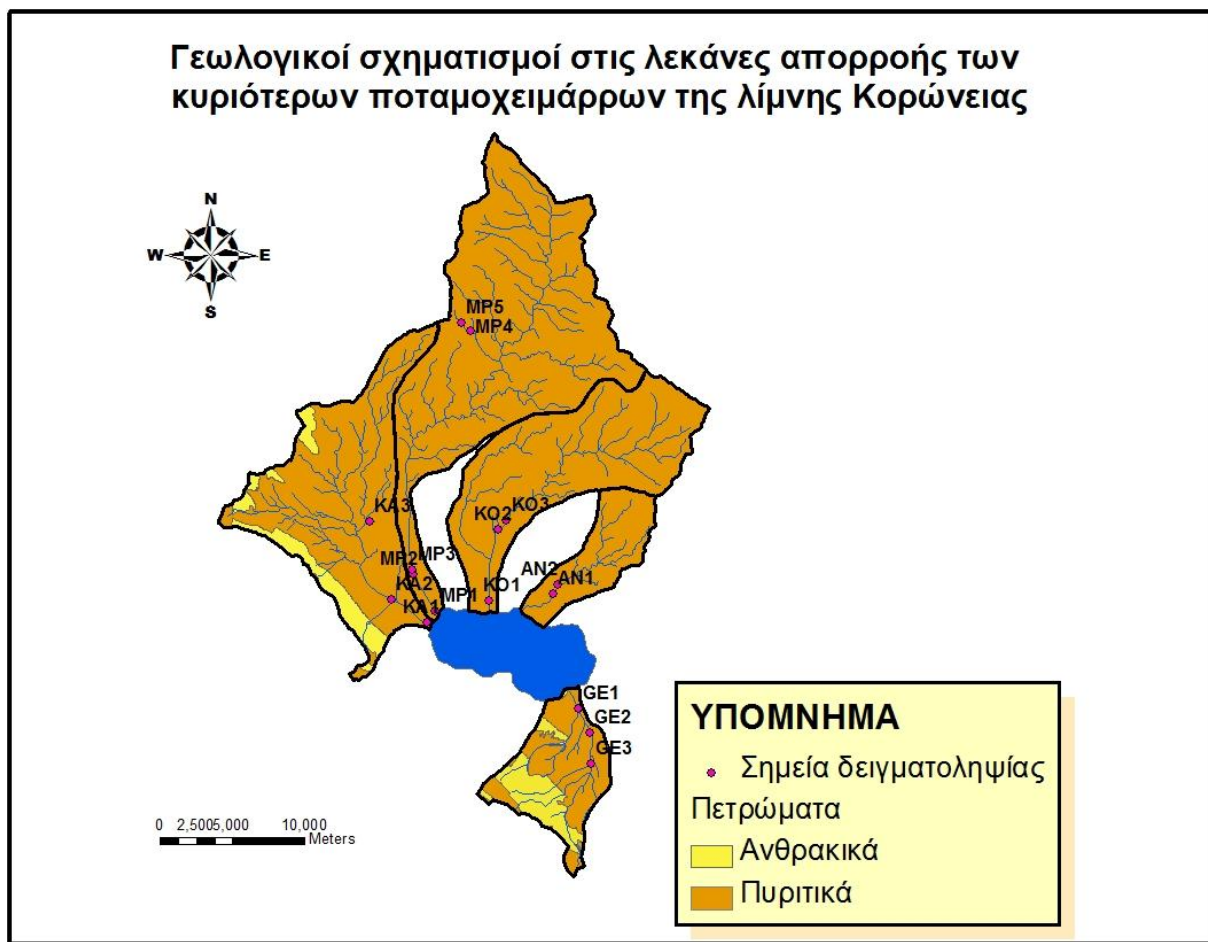
Εικόνα 4.1: Κατηγοριοποίηση υψόμετρου των λεκανών απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.1: Altitude categorization at the river basins of the main streams of the lake Koroneia.



Εικόνα 4.2: Κατηγοριοποίηση της έκτασης των λεκανών απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.2: Catchment's size categorization at the river basins of the main streams of the lake Koroneia.



Εικόνα 4.3: Κατηγοριοποίηση γεωλογικού υποβάθρου των λεκανών απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

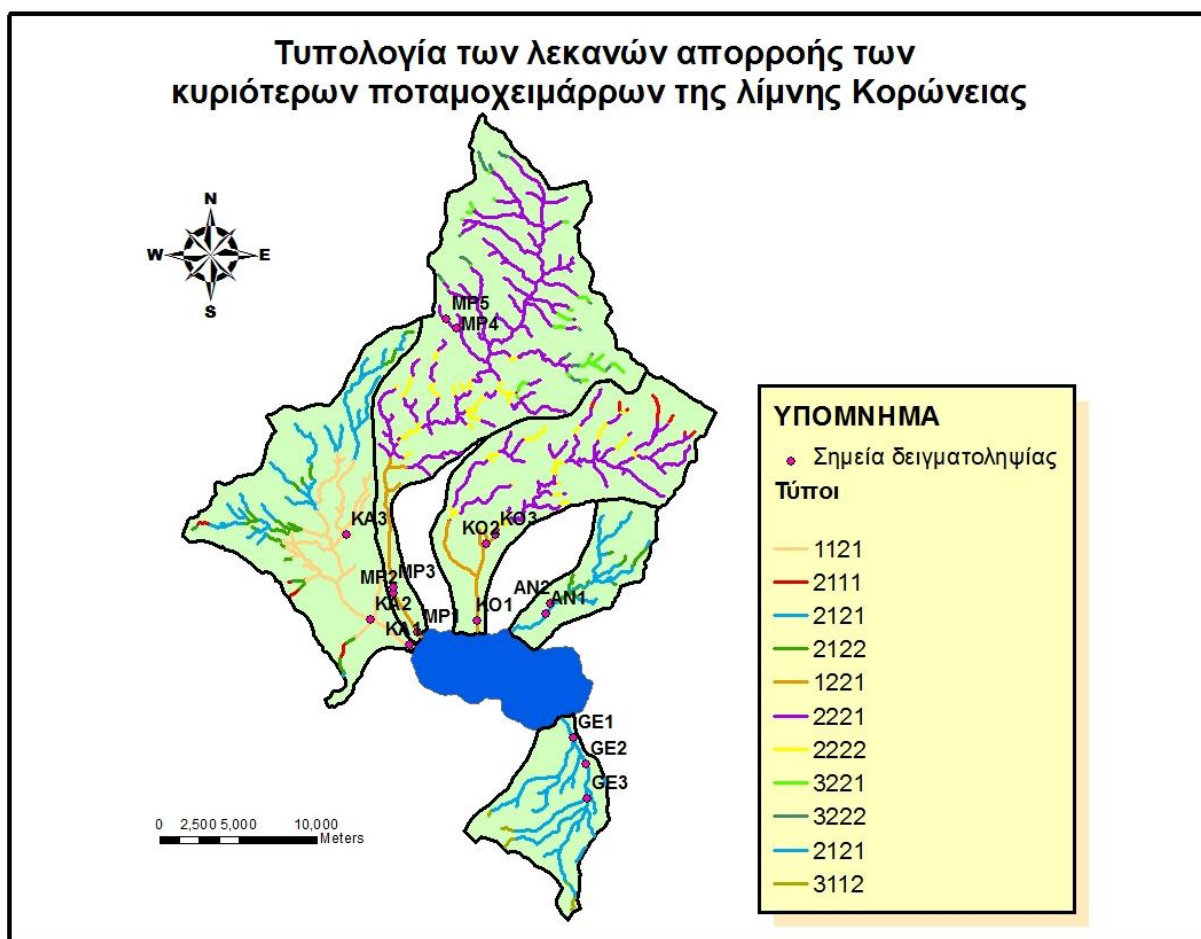
Figure 4.3: Classification of the geology background at the river basins of the main streams of the lake Koroneia.



Εικόνα 4.4: Κατηγοριοποίηση της κλίσης ανάγλυφου των λεκανών απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.4: Slope categorization at the river basins of the main streams of the lake Koroneia.

Έχοντας λάβει υπόψη τις προηγούμενες κατηγοριοποιήσεις προέκυψε η τυπολογία των ποταμοχειμάρρων όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.5. Συγκεκριμένα, βρέθηκαν 4 διαφορετικοί τύποι στο υδατικό σύστημα του Καβαλλαρίου, 5 στο υδατικό σύστημα του Μπογδάνα, 4 στο Κολχικό, 2 στην Ανάληψη και 2 στην Γερακαρούς. Οι σταθμοί δειγματοληψίας επιλέχθηκαν με βάση την τυπολογία και τις πιέσεις. Επειδή δεν ήταν εφικτή η πρόσβαση σε όλους τους υδατικούς τύπους, έγινε προσπάθεια να καλυφθούν τουλάχιστον αυτοί με την μεγαλύτερη έκταση. Οι σταθμοί στον ποταμοχέιμαρρο του Καβαλλαρίου ανήκαν στον τύπο 1121, στο Μπογδάνα στον 1221 και 2221, στο Κολχικό στον 1221, στην Ανάληψη στον 2121 και στη Γερακαρού στον 2121.



Εικόνα 4.5: Τυπολογία των σταθμών δειγματοληψίας στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας, σύμφωνα με το Σύστημα Β της Οδηγίας 2000/60.
Figure 4.5: Typology for the sampling sites of river basins of the main streams of the lake Koroneia.

4.1.1 Σημεία δειγματοληψίας

Τα σημεία δειγματοληψίας όπως προαναφέρθηκε επιλέχθηκαν βάσει τυπολογίας, πιέσεων και προσβασιμότητας. Στον Πίνακα 4.1 ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή κάθε σημείου δειγματοληψίας.

Πίνακας 4.1: Περιγραφή των σταθμών δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων των λεκανών απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Table 4.1: Description of the sampling sites of the main streams at the river basins of the lake Koroneia.

Λεκάνες απορροής	Σταθμοί	Περιγραφή
Καβαλλάρι	KA1	Βρίσκεται στις εκβολές του ποταμοχείμαρρου Καβαλλαρίου στη λίμνη Κορώνεια
	KA2	Βρίσκεται κατόντη του χωριού Καβαλλάρι
	KA3	Βρίσκεται ανάντη του χωριού Καβαλλάρι
Μπογδάνας	MP1	Βρίσκεται στις εκβολές του ποταμοχείμαρρου Μπογδάνα στη λίμνη Κορώνεια
	MP2	Βρίσκεται κατόντη του βιολογικού σταθμού ΕΕΛ Λαγκαδά
	MP3	Βρίσκεται ανάντη του βιολογικού σταθμού ΕΕΛ Λαγκαδά
	MP4	Βρίσκεται κατόντη του χωριού Δορκάδα και μονάδας τυροκομίας-γιαουρτιού Δορκάδας
	MP5	Βρίσκεται ανάντη του οικισμού Δορκάδα στα ορεινά τμήματα του ποταμοχείμαρρου Μπογδάνα
Κολχικό	KO1	Βρίσκεται στις εκβολές του ποταμοχείμαρρου Κολχικού στη λίμνη Κορώνεια
	KO2	Βρίσκεται κατόντη του χωριού Κολχικό
	KO3	Βρίσκεται ανάντη του χωριού Κολχικό
Ανάληψη	AN1	Βρίσκεται κατόντη του χωριού Ανάληψη
	AN2	Βρίσκεται ανάντη του χωριού Αναληψη
Γερακαρού	GE1	Βρίσκεται στις εκβολές του ποταμοχείμαρρου Γερακαρούς στη λίμνη Κορώνεια
	GE2	Βρίσκεται κατόντη του χωριού Γερακαρού
	GE3	Βρίσκεται ανάντη του χωριού Γερακαρού

4. 2 Βενθικά μακροασπόνδυλα

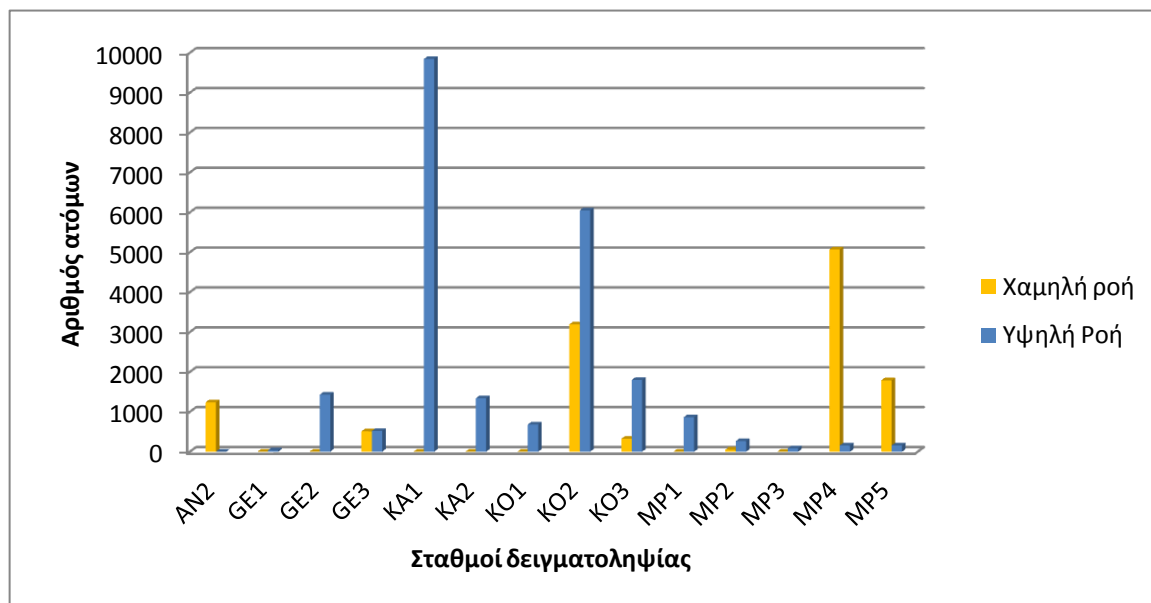
Στις δυο περιόδους δειγματοληψίας αναγνωρίστηκαν συνολικά 35390 άτομα βενθικών μακροασπονδύλων που κατατάσσονται σε 75 ταξινομικές ομάδες (Πίνακας 4.2).

Πίνακας 4.2: Ταξινομικές ομάδες βενθικών μακροασπονδύλων που απαντήθηκαν στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Table 4.2: Taxa of benthic macroinvertebrates that were at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia.

Diptera	Heteroptera	Ostracoda
1. Anthomyidae	34. Corixidae	62. Ostracoda
2. Athericidae	35. Gerridae	Bivalvia
3. Ceratopogonidae	36. Nepidae	63. Sphaeriidae
4. Chironomidae (not red)	37. Notonectidae	Gastropoda
5. Culicidae	Plecoptera	64. Ancyliidae
6. Dixidae	38. Nemouridae	65. Hydrobiidae
7. Empididae	39. Perlodidae	66. Lymnaeidae
8. Ephydriidae	40. Leuctridae	67. Physidae
9. Limoniidae	41. Taeniopterygidae	68. Planorbidae
10. Muscidae	Trichoptera	69. Valvatidae
11. Psychodidae	42. Philopotamidae	Oligochaeta
12. Sciomyzidae	43. Hydropsychidae	70. Oligochaeta (not red)
13. Simuliidae	44. Hydroptilidae	Platyelminthes
14. Stratiomyidae	45. Leptoceridae	71. Dugesidae
15. Syrphidae	46. Limnephilidae	Hirudinomorpha
16. Tabanidae	47. Polycentropodidae	72. Erpobdellidae
17. Tipulidae	48. Psychomyidae	73. Glossiphonidae
Ephemeroptera	49. Sericostomatidae	Acari
18. Baetidae	Odonata	74. Hydracarina
19. Caenidae	50. Aeshnidae	Arachnida
20. Ephemerellidae	51. Calopterygidae	75. Araneae
21. Ephemeridae	52. Coenagriidae	
22. Heptageniidae	53. Cordulegasteridae	
23. Leptophlebiidae	54. Corduliidae	
24. Siphonouridae	55. Gomphidae	
Coleoptera	56. Lestidae	
25. Dryopidae	57. Libellulidae	
26. Dytiscidae	58. Platycnemididae	
27. Elminthidae	Amphipoda	
28. Gyrinidae	59. Gammaridae	
29. Haliplidae	Isopoda	
30. Helodidae	60. Asellidae	
31. Helophoridae	Decapoda	
32. Hydraenidae	61. Potamonidae	
33. Hydrophilidae		

Στην Εικόνα 4.6 δίνεται η αφθονία των βενθικών μακροασπονδύλων ανά εποχή και σταθμό δειγματοληψίας. Στους σταθμούς που υπήρχε νερό και στις 2 περιόδους GE3, KO2, KO3, MP2 η αφθονία ήταν μεγαλύτερη κατά την περίοδο υψηλής ροής εν αντιθέσει με τους σταθμούς MP4 και MP5 που η αφθονία ατόμων καθώς και ταξινομικών ομάδων ήταν μεγαλύτερη κατά τη χαμηλή ροή.



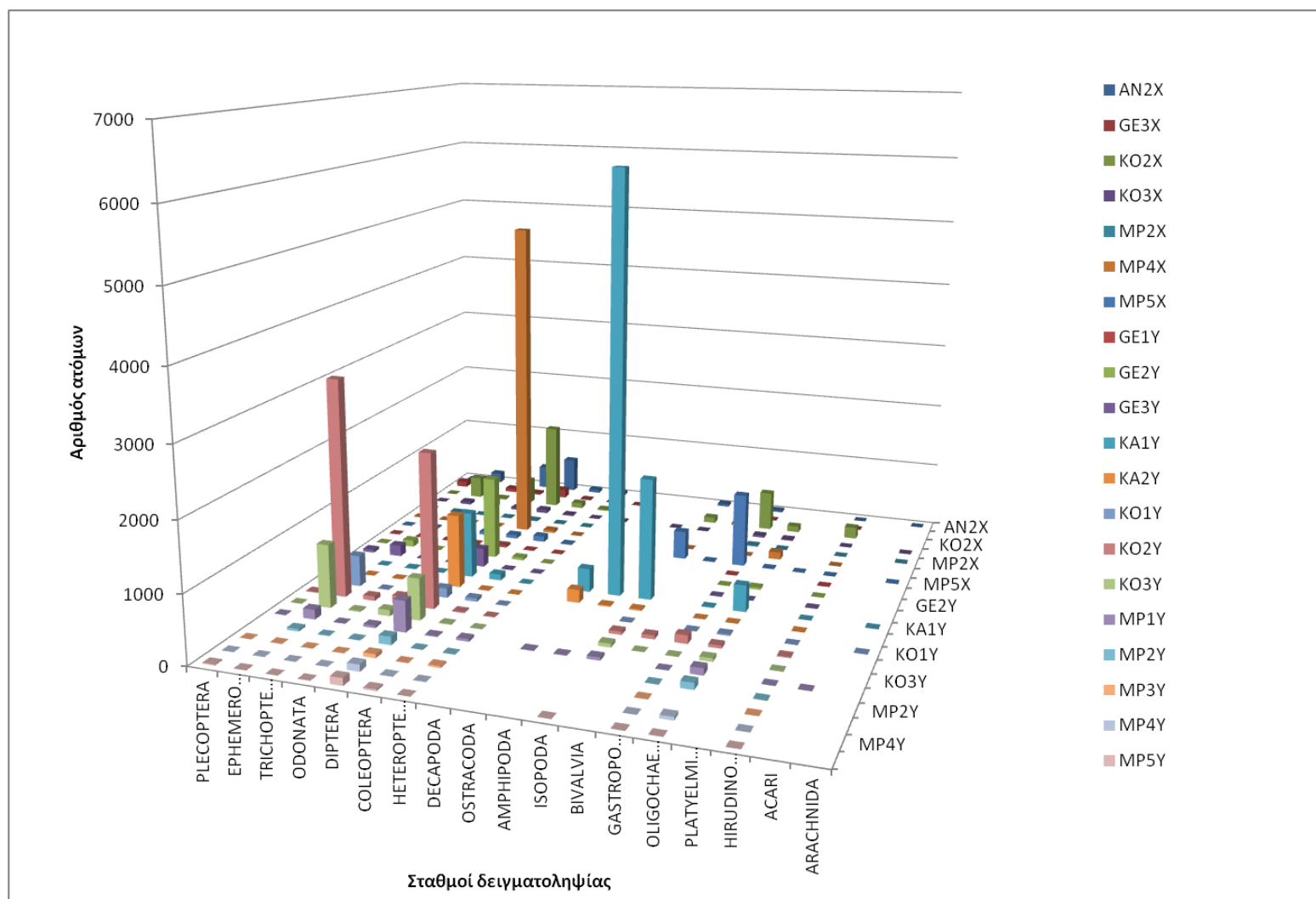
Εικόνα 4.6: Αφθονία βενθικών μακροασπονδύλων κατά την περίοδο χαμηλής και υψηλής ροής στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.6: Abundance of benthic macroinvertebrates at the period of low and high flow at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia.

Κατά την περίοδο χαμηλής ροής ο σταθμός με τη μεγαλύτερη αφθονία ήταν ο MP4X στη λεκάνη Μπογδάνα ενώ κατά την περίοδο υψηλής ροής ο σταθμός KA1Y στη λεκάνη Καβαλλαρίου.

Κατά την περίοδο χαμηλής ροής, στους σταθμούς AN2X, KO2X και MP4X τη μεγαλύτερη αφθονία είχε η ταξινομική ομάδα των Diptera, στους σταθμούς GE3X και KO3X τα Ephemeroptera και Trichoptera αντίστοιχα, ενώ στους σταθμούς MP2X και MP4X τα Gastropoda.

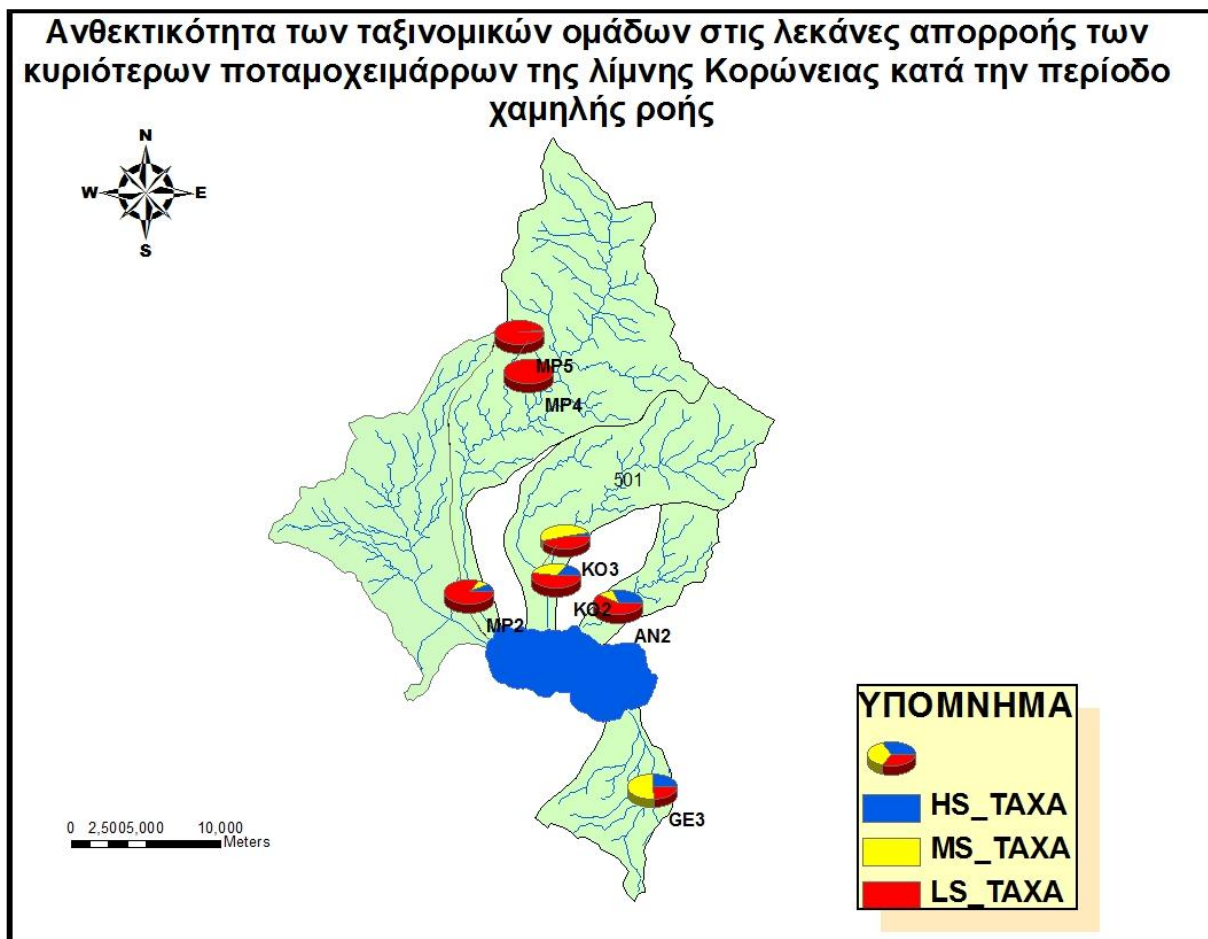
Κατά την περίοδο υψηλής ροής στους σταθμούς GE1Y- GE3Y, KA2Y, και MP1Y- MP5Y τη μεγαλύτερη αφθονία είχε η ταξινομική ομάδα των Diptera. Στους σταθμούς KA1Y και KO1Y-KO3Y τη μεγαλύτερη αφθονία είχαν τα Amphipoda και Ephemeroptera αντίστοιχα (Εικόνα 4.7).



Εικόνα 4.7: Αφθονία των ταξινομικών ομάδων των βενθικών μακροσπονδυλίων στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας. (X: Χαμηλή ροή, Y: Υψηλή περίοδος ροής)

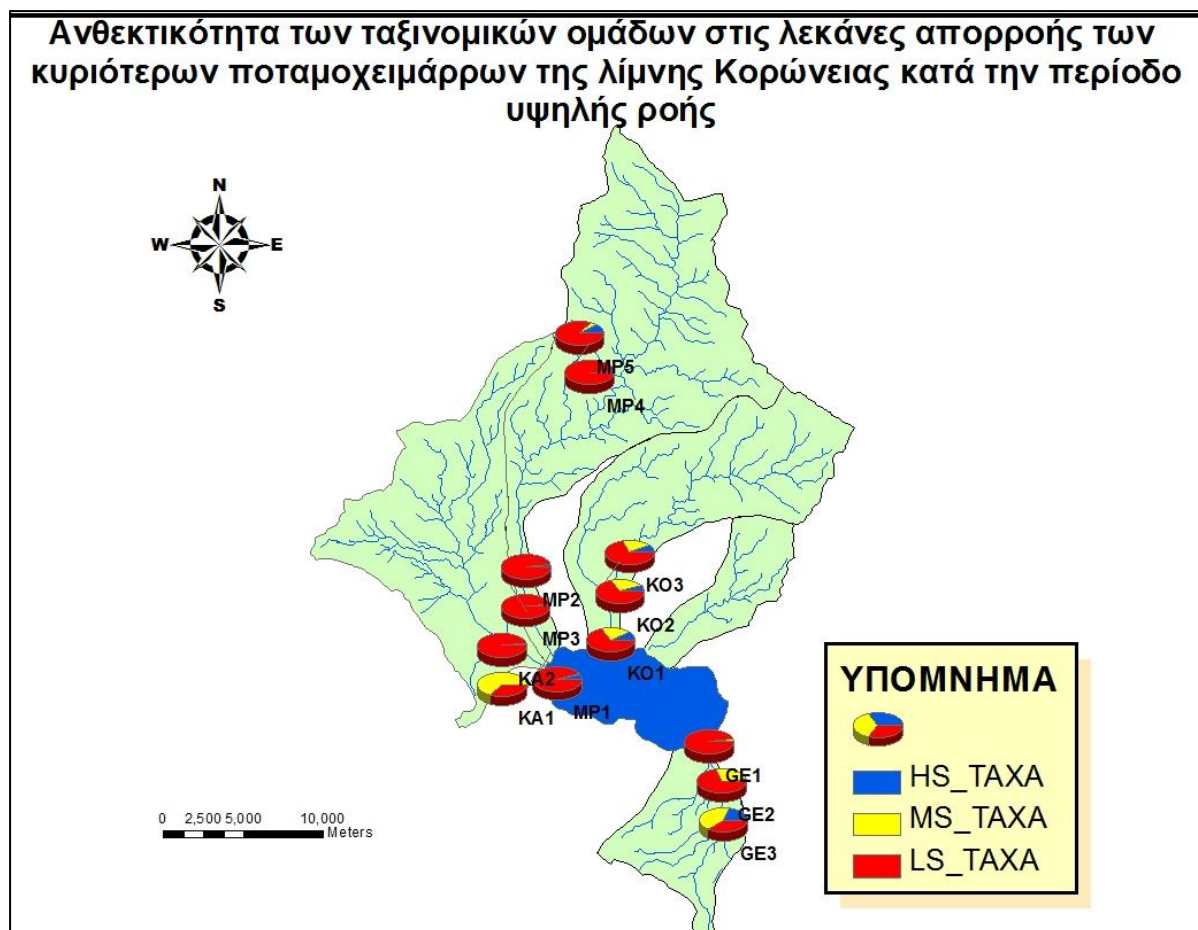
Figure 4.7: Abundance of taxa of the benthic macroinvertebrates at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia. (X : Low flow, Y: High flow season)

Όσον αφορά την ανθεκτικότητα των ταξινομικών ομάδων στους σταθμούς GE3X, GE3Y, KO3X και KA1Y κυρίαρχες ήταν οι μεσαίας ανθεκτικότητας στη ρύπανση ταξινομικές ομάδες σε αντίθεση με τους υπόλοιπους σταθμούς που κυριάρχησαν σε αφθονία τα ανθεκτικά taxa (Εικόνες 4.8, 4.9).



Εικόνα 4.8: Ποσοστιαία κατανομή των ταξινομικών ομάδων των βενθικών μακροασπονδύλων ως προς την ανθεκτικότητά τους στη ρύπανση στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, κατά την περίοδο χαμηλής ροής. (HS_TAXA: ευαίσθητες, MS_TAXA: μέτριας ευαισθησίας, LS_TAXA: ανθεκτικές στη ρύπανση ταξινομικές ομάδες σύμφωνα με το Ε.ΣΥ.Α.)

Figure 4.8: The percentage distribution to resistance or sensitivity in pollution of benthic macroinvertebrate taxa at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia, at the low flow period. (HS_TAXA: Sensitive MS_TAXA: Medium sensitive LS_TAXA: Resistant to pollution taxa according to HESII)



Εικόνα 4.9: Ποσοστιαία κατανομή των ταξινομικών ομάδων των βενθικών μακροασπονδύλων ως προς την ανθεκτικότητά τους στη ρύπανση στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, κατά την περίοδο υψηλής ροής. (HS_TAXA: ευαίσθητες, MS_TAXA: μέτριας ευαισθησίας, LS_TAXA: ανθεκτικές στη ρύπανση ταξινομικές ομάδες σύμφωνα με το Ε.ΣΥ.Α.)

Figure 4.9: The percentage distribution to resistance or sensitivity in pollution of benthic macroinvertebrates taxa at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia, at the high flow period. (HS_TAXA: Sensitive MS_TAXA: Medium sensitive LS_TAXA: Resistant to pollution taxa according to HESII)

4.2.1 Εκτίμηση οικολογικής ποιότητας με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα

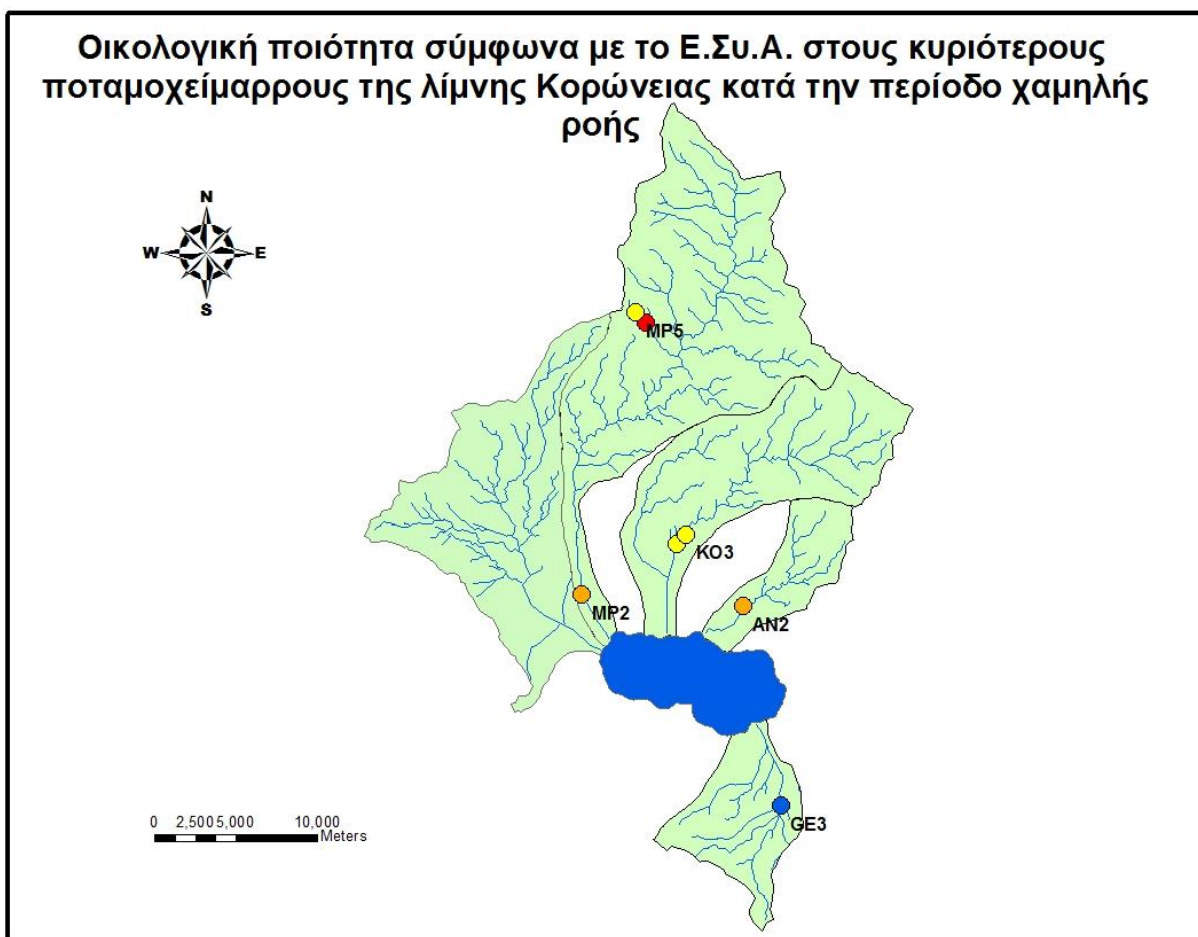
Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πολυμετρικού δείκτη EQR STAR_ICMi, του Ελληνικού συστήματος αξιολόγησης (Ε.Συ.Α) καθώς και ο τύπος R-M στον οποίο ανήκει κάθε σταθμός. Σε κάποιους σταθμούς δεν ήταν δυνατό να υπολογιστεί ο δείκτης EQR STAR_ICMi καθώς ήταν τύπου R-M5, οπότε εκτιμήθηκε η οικολογική ποιότητα μόνο βασισμένη στο Ε.Συ.Α. Σύμφωνα με τον πολυμετρικό δείκτη EQR STAR_ICMi η οικολογική ποιότητα ήταν κατώτερη της μέτριας εκτός από τους σταθμούς GE3X, GE3Y, KO2Y και KO3Y που ήταν καλή.

Πίνακας 4.3: Τύποι R-M και αξιολόγηση της ποιότητας του νερού κατά την περίοδο χαμηλής (X) και υψηλής ροής (Y) σύμφωνα με τον πολυμετρικό δείκτη STAR_ICMi και το Ε.Συ.Α, στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας. Ο χρωματισμός είναι σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα που προτείνει η Οδηγία 2000/60/ΕΚ.

Table 4.3: R-M types and water quality assessment at the period of low (X) and high (Y) flow according to the polymetric index STAR_ICMi and HESII index at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia. The colour code is in compliance with the WFD.

Σταθμός	Ονομασία σταθμού	Τύπος	EQR STAR_ICMi	Ε.Συ.Α
AN2X	Ανάληψη ανάντη	R-M1	0.48	2
GE3X	Γερακαρού ανάντη	R-M1	0.80	4.5
KO2X	Κολχικό κατάντη	R-M1	0.56	2.5
KO3X	Κολχικό ανάντη	R-M1	0.60	3
MP2X	Μπογδάνας κατάντη ΕΕΛ	R-M5	-	2
MP4X	Μπογδάνας κατάντη Δορκάδα	R-M1	0.22	1
MP5X	Μπογδάνας ανάντη Δορκάδα	R-M1	0.56	3
GE1Y	Γερακαρού εκβολές	R-M5	-	2
GE2Y	Γερακαρού κατάντη	R-M5	-	3.5
GE3Y	Γερακαρού ανάντη	R-M1	0.83	3.5
KA1Y	Καβαλλάρι εκβολές	R-M5	-	3
KA2Y	Καβαλλάρι κατάντη	R-M5	-	2
KO1Y	Κολχικό εκβολές	R-M5	-	3
KO2Y	Κολχικό κατάντη	R-M1	0.75	4
KO3Y	Κολχικό ανάντη	R-M1	0.72	3.5
MP1Y	Μπογδάνας εκβολές	R-M5	-	3
MP2Y	Μπογδάνας κατάντη ΕΕΛ	R-M5	-	1.5
MP3Y	Μπογδάνας ανάντη ΕΕΛ	R-M5	-	1.5
MP4Y	Μπογδάνας Δορκάδα κατάντη	R-M1	0.17	1
MP5Y	Μπογδάνας Δορκάδα ανάντη	R-M1	0.44	2

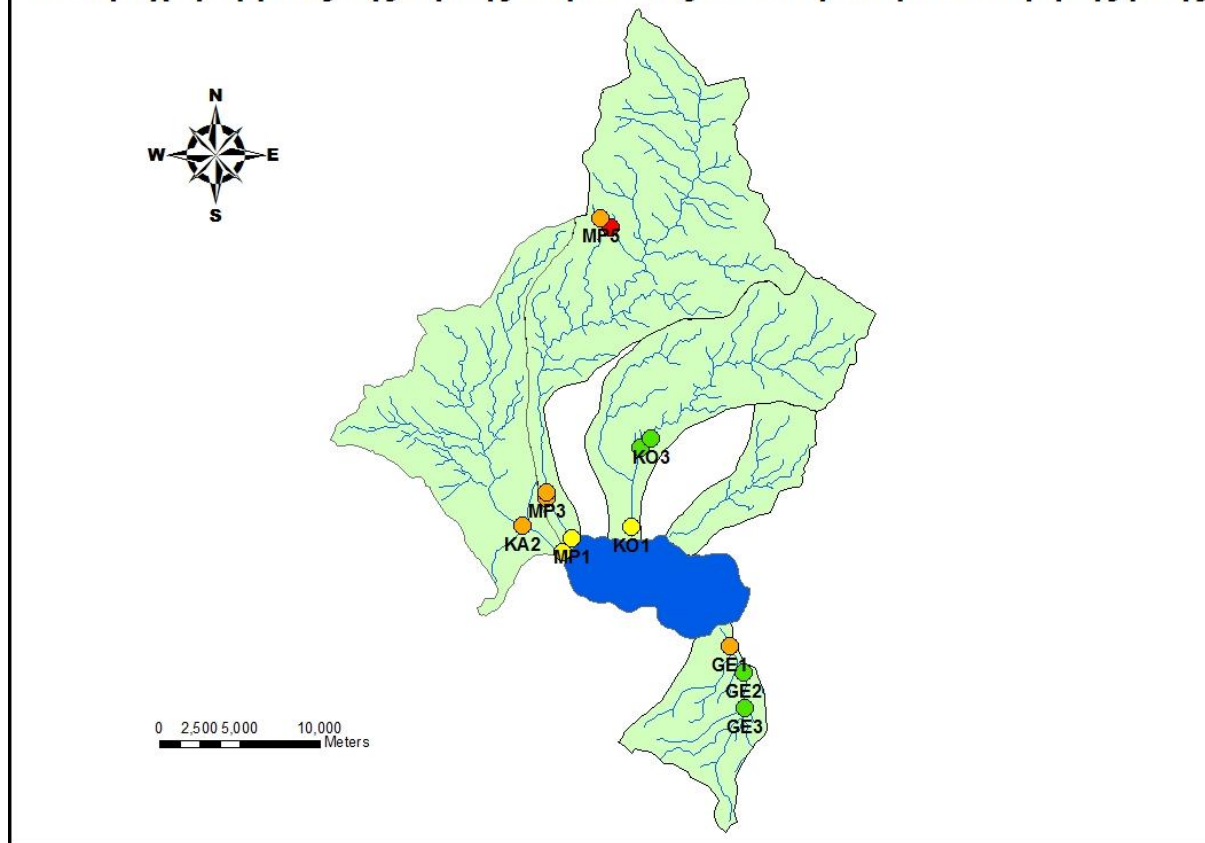
Στις Εικόνες 4.10, 4.11 δίνεται σχηματικά η οικολογική ποιότητα των σταθμών δειγματοληψίας στις δυο περιόδους ροής σύμφωνα με το Ε.Συ.Α. Όσον αφορά τους σταθμούς που υπήρχε νερό και στις δυο περιόδους ροής, στο σταθμό GE3 η ποιότητα από υψηλή στη χαμηλή ροή έγινε καλή στην υψηλή ροή, οι σταθμοί KO2 και KO3 από μέτριας ποιότητας έγιναν καλής ποιότητας στην υψηλή ροή, οι σταθμοί MP2 και MP4 παρέμειναν ελλιπούς και κακής ποιότητας αντίστοιχα (υψηλή ροή) και ο σταθμός MP5 από μέτριας έγινε ελλιπούς ποιότητας (υψηλή ροή).



Εικόνα 4.10: Ποιότητα του νερού σύμφωνα με το Ε.Συ.Α στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, κατά την περίοδο χαμηλής ροής.

Figure 4.10: Water quality according to HESII at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia, at the low flow period.

Οικολογική ποιότητα σύμφωνα με το Ε.Συ.Α. στους κυριότερους ποταμοχειμάρρους της λίμνης Κορώνειας κατά την περίοδο υψηλής ροής



Εικόνα 4.11: Ποιότητα του νερού σύμφωνα με το Ε.Συ.Α στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, κατά την περίοδο υψηλής ροής.

Figure 4.11: Water quality according to HESII at the river basins of the main streams of the lake Koroneia, at the high flow period.

4.3 Φύσικο-χημικά ποιοτικά στοιχεία

Τα αποτελέσματα των φυσικών-χημικών παραμέτρων (Πίνακες 4.4-4.6) συγκρίθηκαν με τα πρότυπα όρια για το πόσιμο νερό (ΚΥΑ Υ2/2600/2001), τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/EK) και τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα (ΦΕΚ1079/15.7.2010). Στους Πίνακες 4.4-4.6 δίνονται τα όρια διαβίωσης τόσο για τα σολομοειδή όσο και για τα κυπρινοειδή, όμως η σύγκριση έγινε μόνο με των κυπρινοειδών καθώς οι σταθμοί βρίσκονται σε χαμηλά υψόμετρα, εκτός των σταθμών MP4 και MP5 που είναι σε μεγαλύτερα υψόμετρα και έγινε και με τα όρια για σολομοειδή.

Οι τιμές της θερμοκρασίας ήταν μέσα στα όρια για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα και για τη διαβίωση των ιχθύων (Πίνακας 4.4).

Οι τιμές της αγωγιμότητας ήταν μέσα στα όρια για το πόσιμο νερό σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας εκτός από το σταθμό GE1Y (υψηλή ροή). Κατά την περίοδο χαμηλής ροής τα όρια της αγωγιμότητας για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα ξεπεράστηκαν στους σταθμούς MP2X και MP4X-MP5X, και κατά την περίοδο υψηλής ροής στους σταθμούς GE1Y, KA1Y-KA2Y και MP4Y-MP5Y.

Τα ολικά αιωρούμενα στερεά βρέθηκε να υπερβαίνουν τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων στη λεκάνη του Μπογδάνα στους σταθμούς MP5X κατά την περίοδο χαμηλής ροής, MP3Y και MP4Y κατά την περίοδο υψηλής ροής. Επίσης, στη λεκάνη Γερακαρούς ξεπεράστηκε το όριο για τη διαβίωση των ιχθύων στο σταθμό GE3X κατά την περίοδο χαμηλής ροής 2012.

Οι τιμές pH όλων των σταθμών δειγματοληψίας ήταν μέσα στα όρια για το πόσιμο νερό και τη διαβίωση των ιχθύων. Κατά την περίοδο χαμηλής ροής τα όρια του pH για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα ξεπεράστηκαν στο σταθμό AN2X και κατά την περίοδο υψηλής ροής στους σταθμούς GE1Y-GE2Y, KO1Y-KO3Y, MP3Y και MP5Y.

Πίνακας 4.4: Οι τιμές θερμοκρασίας, αγωγιμότητας, ολικά διαλυμένων στερεών (TDS), ολικά αιωρούμενων στερεών (TSS), αλατότητας και pH του νερού των σταθμών δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, καθώς και τα όρια της ΚΥΑ 2600/2001 για το πόσιμο νερό, της Οδηγίας 2006/44/EK για τη διαβίωση των σολομοειδών και των κυπρινοειδών και του ΦΕΚ1079/15.7.2010 για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. [(με κόκκινα γράμματα δηλώνονται οι υπερβάσεις των ορίων της Οδηγίας 2006/44/EK για τη διαβίωση των ιχθύων έντονα κόκκινα της ΚΥΑ 2600/2001 για το πόσιμο νερό, και έντονα πλάγια γράμματα των ορίων του ΦΕΚ1079/15.7.2010 για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα) (X: Χαμηλή ροή, Y: Υψηλή περίοδος ροής)].

Table 4.4: Values of temperature, conductivity, total dissolved solids (TDS), total suspended solids (TSS), salinity and pH which were recorded at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia. The permitted limits of the parameters are checked according to KYA 2600/2001 (for drinking water), Directive 2006/44/EC (for fish life) and FEK1079/15.7.2010 (for urban and industrial wastewater). [(The values higher than the proposed limits for fish life (Directive 2006/44/EC) are marked with red letters, for the drinking water (KYA 2600/2001) with red bold letters and for urban and industrial wastewater (FEK1079/15.7.2010) with italic bold letters) (X : Low flow, Y: High flow season)].

		Θερμοκρασία (°C)	Αγωγιμότητα (mS/cm)	TDS (g/l)	TSS (mg/l)	Αλατότητα (ppt)	pH
Όρια αποβλήτων (αστικών και βιομηχανικών) ΦΕΚ1079/15.7.2010		≤30	≤1				6-8.5
Όρια ΚΥΑ Υ2/2600/2001 για πόσιμο νερό			≤2.5				6.5-9.5
Όρια για τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/EK)		≤21.5			≤25		6-9
(σολομοειδή – κυπρινοειδή)		≤28			≤25		6-9
Χαμηλή ροή	AN2X	18.3	0.61	0.6	1.6	0.2	8.68
	GE3X	16.9	0.66	0.66	101.4	0.2	8.08
	KO2X	17.7	0.79	0.79	1.6	0.3	8.52
	KO3X	18.9	0.73	0.73	2.7	0.3	8.15
	MP2X	16.9	1.01	1.01	23.5	0.4	8.1
	MP4X	14.7	1.28	1.28	3.6	0.6	8.12
	MP5X	13.8	2.08	2.1	133.89	1	7.35
Υψηλή ροή	GE1Y	12.1	4.9	-	0.67	-	8.69
	GE2Y	10.6	0.482	-	0	-	8.58
	GE3Y	13.6	0.47	-	0.27	-	8.43
	KA1Y	18	1.959	-	24.6	-	8.41
	KA2Y	13.6	1.564	-	6.13	-	7.78
	KO1Y	23	0.585	-	5.2	-	9.06
	KO2Y	20.5	0.639	-	1.33	-	8.89
	KO3Y	20.7	0.635	-	5.2	-	8.73
	MP1Y	22	0.584	-	4.67	-	7.19
	MP2Y	19	0.862	-	5.9	-	7.89
	MP3Y	25	0.542	-	25.5	-	8.57
	MP4Y	17.8	1.019	-	36.5	-	7.13
	MP5Y	18.6	1.01	-	6.9	-	9.09

Οι τιμές N-NO_3 , σε κανένα σταθμό δεν υπερέβησαν τα όρια για το πόσιμο νερό (Πίνακας 4.5). Όσον αφορά τα N-NO_2 , ξεπεράστηκαν τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων στη λεκάνη του Μπογδάνα στους σταθμούς MP2X, MP4X και MP5X κατά τη χαμηλή ροή και MP1Y- MP5Y κατά την υψηλή ροή καθώς και στη λεκάνη του Καβαλλαρίου στο σταθμό KA1Y (υψηλή ροή). Επιπλέον, στη λεκάνη του Μπογδάνα, στους σταθμούς MP4X (χαμηλή ροή) και MP2Y (υψηλή ροή) ξεπεράστηκαν και τα όρια για το πόσιμο νερό.

Οι τιμές των N-NH_4 υπερέβησαν τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων στους σταθμούς MP4X-MP5X (χαμηλή ροή) και MP1Y- MP5Y (υψηλή ροή) στη λεκάνη του Μπογδάνα. Επιπρόσθετα, στους σταθμούς MP4X (χαμηλή ροή) και MP3Y και MP4Y κατά την υψηλή περίοδο ροής ξεπεράστηκαν και τα όρια για πόσιμο νερό.

Οι τιμές ολικού N δεν ξεπέρασαν τα όρια για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα.

Τα P-PO_4 υπερέβησαν τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων και το πόσιμο νερό στη λεκάνη του Μπογδάνα στους σταθμούς MP2X (χαμηλή ροή) και MP2Y και MP4Y κατά την περίοδο υψηλής ροής, καθώς και στη λεκάνη του Καβαλλαρίου στους σταθμούς KA1Y και KA2Y (υψηλή ροή). Επίσης, τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων ξεπεράστηκαν και στο σταθμό MP4X. Τα όρια για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα ξεπεράστηκαν στο σταθμό KA2Y.

Πίνακας 4.5: Οι συγκεντρώσεις N-NO₃, N-NO₂, N-NH₄ και P-PO₄ στο νερό των σταθμών δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, καθώς και τα όρια της ΚΥΑ 2600/2001 για το πόσιμο νερό, της Οδηγίας 2006/44/EK για τη διαβίωση των σολομοειδών και των κυπρινοειδών και του ΦΕΚ1079/15.7.2010 για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. [(με κόκκινα γράμματα δηλώνονται οι υπερβάσεις των ορίων της Οδηγίας 2006/44/EK για τη διαβίωση των ιχθύων, με έντονα κόκκινα οι υπερβάσεις των ορίων της ΚΥΑ 2600/2001 για το πόσιμο νερό και με έντονα πλάγια γράμματα οι υπερβάσεις των ορίων του ΦΕΚ1079/15.7.2010 για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα) (X: Χαμηλή ροή, Y: Υψηλή περίοδος ροής)].

Table 4.5: The concentrations of N-NO₃, N-NO₂, N-NH₄ and P-PO₄ which were recorded at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia. The permitted limits of the parameters are checked according to KYA 2600/2001 (for drinking water), Directive 2006/44/EC (for fish life) and FEK1079/15.7.2010 (for urban and industrial wastewater). [(The values higher than the proposed limits for fish life (Directive 2006/44/EC) are marked with red letters, for the drinking water (KYA 2600/2001) with red bold letters and for urban and industrial wastewater (FEK1079/15.7.2010) with italic bold letters), (X : Low flow, Y: High flow season)]

		N-NO ₃ (mg/l)	N-NO ₂ (mg/l)	N-NH ₄ (mg/l)	Ολικό N (mg/l)	P-PO ₄ (mg/l)
Ορια αποβλήτων (αστικών και βιομηχανικών) ΦΕΚ1079/15.7.2010					≤15	≤2
Όρια ΚΥΑ Y2/2600/2001 για πόσιμο νερό		≤11.29	≤0.152	≤0.389		≤1.09
Όρια για τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/EK) (σολομοειδή κυπρινοειδή)			≤0.003 ≤0.009	≤0.031 ≤0.156		≤0.065 ≤0.131
Χαμηλή ροή	AN2X	0.009	0.000	0.034	0.024	0.021
	GE3X	0.441	0.000	0.462	0.021	0.012
	KO2X	1.716	0.002	1.735	0.018	0.084
	KO3X	0.612	0.000	0.633	0.021	0.057
	MP2X	1.058	0.022	1.113	0.033	1.252
	MP4X	0.604	0.432	3.986	2.950	0.857
	MP5X	1.070	0.133	1.277	0.074	0.021
Υψηλή ροή-	GE1Y	0.358	0.005	0.378	0.015	0.002
	GE2Y	0.172	0.006	0.201	0.023	0.001
	GE3Y	0.768	0.004	0.798	0.026	0.000
	KA1Y	1.279	0.019	1.412	0.114	1.702
	KA2Y	3.300	-	3.300	-	2.100
	KO1Y	0.539	0.006	0.580	0.035	0.004
	KO2Y	0.796	0.008	0.897	0.093	0.006
	KO3Y	0.052	0.005	0.148	0.090	0.007
	MP1Y	0.596	0.012	0.785	0.177	0.060
	MP2Y	1.059	0.242	1.661	0.360	1.327
	MP3Y	0.216	0.021	0.736	0.499	0.013
	MP4Y	0.121	0.057	1.317	1.139	1.635
	MP5Y	0.428	0.005	0.471	0.039	0.003

Όπως φαίνεται από τις τιμές διαλυμένου οξυγόνου (Πίνακας 4.6), αυτό δεν επαρκούσε για τη διαβίωση των ιχθύων στη λεκάνη του Μπογδάνα στο σταθμό MP5X (χαμηλή ροή) και MP4Y κατά την περίοδο υψηλής ροής.

Όσον αφορά τις τιμές BOD₅ την περίοδο χαμηλής ροής ξεπέρασαν τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων στη λεκάνη Ανάληψης στο σταθμό AN2X, στη λεκάνη Γερακαρούς στο σταθμό GE3X στη λεκάνη Κολχικού στο σταθμό KO3X και στη λεκάνη Μπογδάνα στους σταθμούς MP2X και MP4X. Κατά την περίοδο υψηλής ροής οι τιμές BOD₅ υπερέβησαν τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων στη λεκάνη Μπογδάνα στους σταθμούς MP2Y και MP3Y. Τα όρια για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα δεν ξεπεράστηκαν σε κανένα σταθμό.

Πίνακας 4.6: Οι τιμές συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου (DO), του κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου (DO%), η συγκέντρωση του βιοχημικώς απαιτούμενου οξυγόνου (BOD₅) στο νερό στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, καθώς και τα όρια της Οδηγίας 2006/44/EK για τη διαβίωση των σολομοειδών και των κυπρινοειδών και του ΦΕΚ1079/15.7.2010 για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. [(με κόκκινα γράμματα δηλώνονται οι υπερβάσεις των ορίων της Οδηγίας 2006/44/EK για τη διαβίωση των ιχθύων και με έντονα πλάγια των ορίων του ΦΕΚ1079/15.7.2010 για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα), (X: Χαμηλή ροή, Y: Υψηλή περίοδος ροής), (1. πληθυσμός ≥4000, 2. πληθυσμός <4000)]

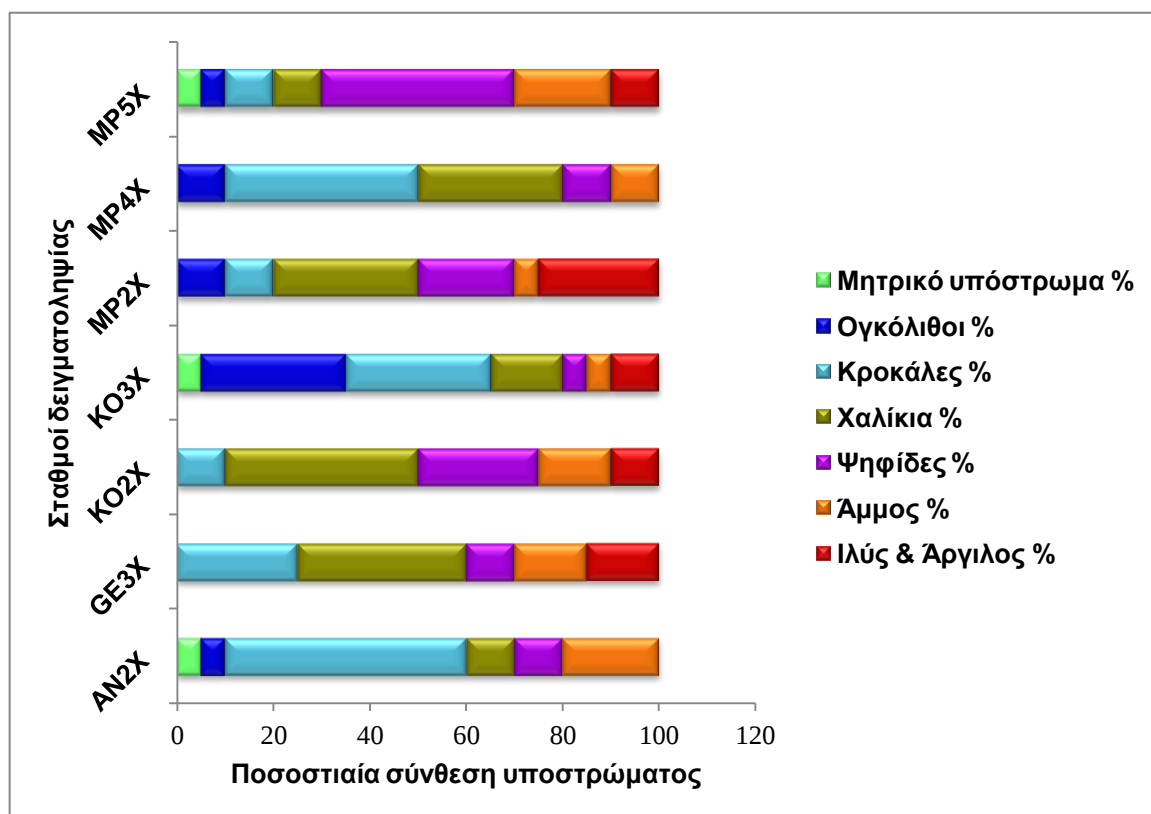
Table 4.6: The values of dissolved oxygen concentration (DO), oxygen saturation (DO%), biochemical oxygen demand (BOD₅) which were recorded at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia. The permitted limits of the parameters are checked according to Directive 2006/44/EC (for fish life) and FEK1079/15.7.2010 (for urban and industrial wastewater). [(The values higher than the proposed limits for fish life (Directive 2006/44/EC) are marked with red letters and for urban and industrial wastewater(FEK1079/15.7.2010) with italic bold letters), (X : Low flow, Y: High flow season), (1. population ≥4000, 2. population <4000)].

		Πληθυσμός	DO (%)	DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)
Όρια αποβλήτων (αστικών και βιομηχανικών) ΦΕΚ1079/15.7.2010					25 ¹ , 40 ²
Όρια για τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/EK)				≥6	≤3
(σολομοειδή – κυπρινοειδή)				≥4	≤6
Χαμηλή ροή	AN2X	<4000		129	11.93
	GE3X	<4000		95	9.08
	KO2X	<4000		109.7	10.33
	KO3X	<4000		97.1	8.95
	MP2X	>4000		73.3	7.01
	MP4X	<4000		73.2	6.6
	MP5X	<4000		52.2	5.07
Υψηλή ροή	GE1Y	<4000	-	10.6	3.2
	GE2Y	<4000	-	11.2	4.2
	GE3Y	<4000	-	10	2.5
	KA1Y	>4000	-	10.3	3.1
	KA2Y	>4000	-	6.7	1.5
	KO1Y	<4000	-	13.3	3.7
	KO2Y	<4000	-	9.8	1.9
	KO3Y	<4000	-	9.6	0.6
	MP1Y	>4000	-	7	1.4
	MP2Y	>4000	-	5.6	4.3
	MP3Y	>4000	-	7.2	6.7
	MP4Y	<4000	-	1.5	1.2
	MP5Y	<4000	-	10.8	0.8

4.4 Υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία

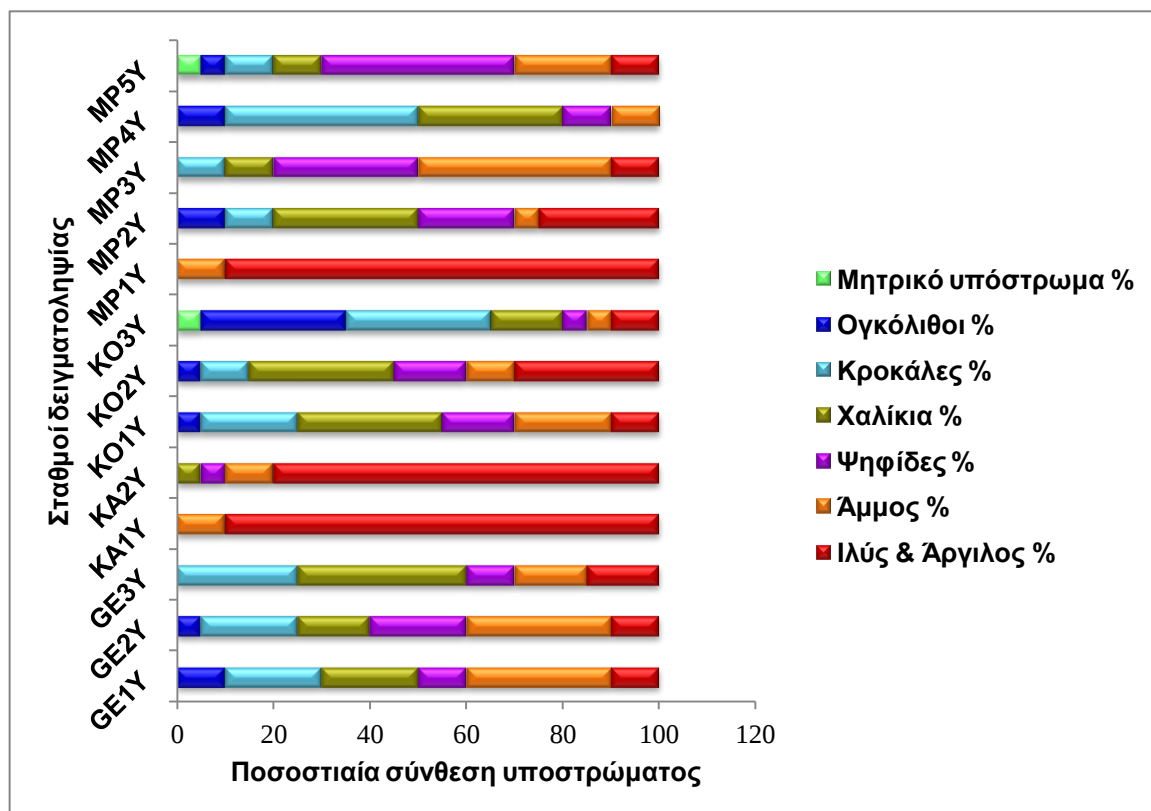
Σύμφωνα με την κλίμακα του Wentworth (1922) παρατίθεται η σύσταση του υποστρώματος στους σταθμούς δειγματοληψίας κατά τις δυο περιόδους ροής (Εικόνες 4.12, 4.13). Στους σταθμούς που είναι στα κατάντη τμήματα των ποταμοχειμάρρων κυριάρχησαν τα μικρής τάξεως υλικά (ιλύς, άργιλος, άμμος, ψηφίδες) και μικρό ποσοστό κροκάλων, ενώ στους

σταθμούς με μεγαλύτερο υψόμετρο συμμετείχαν σε μεγαλύτερο βαθμό και τα πιο μεγάλης τάξεως υλικά όπως ψηφίδες, χαλίκια, κροκάλες και ογκόλιθοι.



Εικόνα 4.12: Σύσταση υποστρώματος κατά την περίοδο χαμηλής ροής στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκανής απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.12: Categories of substrate at the period of low flow at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia.



Εικόνα 4.13: Σύσταση υποστρώματος κατά την περίοδο υψηλής ροής στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.13: Categories of substrate at the period of high flow at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia.

Οι σταθμοί που βρέθηκε να είναι εμφανώς, σημαντικά ή κυρίως τροποποιημένοι βρίσκονται σε σημεία που υπάρχουν ανθρωπογενείς παρεμβάσεις όπως αυτοκινητόδρομοι, γέφυρες ή κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Οι κατηγορίες που προέκυψαν με βάση το δείκτη τροποποίησης των ενδιαιτημάτων (HMS) φαίνονται στον Πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7: Βαθμός τροποποίησης του ενδιαιτήματος (Raven *et al.* 1998b) στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Table 4.7: Habitat modification score (Raven *et al.* 1998b) at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia.

Σταθμοί δειγματοληψίας	Βαθμός τροποποίησης (HMS) Οκτώβριος 2012	Βαθμός τροποποίησης (HMS) Απρίλιος 2013
AN2 (Ανάληψη ανάντη)	9-Εμφανώς τροποποιημένο (Πέρασμα, Επιβάρυνση πρανών από βόσκηση, Διευθέτηση πρανών, Bank mowing, Γέφυρα για αυτοκίνητα)	-
GE1 (Γερακαρού εκβολές)	-	6-Κυρίως μη-τροποποιημένο (Διευθέτηση πρανών ή κοίτης, ενίσχυση ολόκληρου του πρανού, Two stage channel)
GE2 (Γερακαρού κατάντη)	-	41-Σημαντικά τροποποιημένο (Ενίσχυση και Διευθέτηση πρανών και κοίτης, Επιχωματώσεις, Τεχνητό κανάλι, Φράγμα, Πέρασμα, Κανάλι, Γέφυρα)
GE3 (Γερακαρού ανάντη)	4-Κυρίως μη-τροποποιημένο (Ενίσχυση κοίτης, Πέρασμα)	4-Κυρίως μη-τροποποιημένο (Ενίσχυση κοίτης, Πέρασμα)
KA1 (Καβαλλάρι εκβολές)	-	5-Κυρίως μη-τροποποιημένο (Διευθέτηση πρανών ή κοίτης, bank mowing, two-stage bank modification)
KA2 (Καβαλλάρι κατάντη)	-	27-Σημαντικά τροποποιημένο (Γέφυρες, Ενίσχυση και διευθέτηση πρανών και κοίτης, Επιχωματώσεις, Τεχνητό κανάλι, Πέρασμα)
KO1 (Κολχικό εκβολές)	-	3-Κυρίως μη-τροποποιημένο (Επιβάρυνση πρανών από βόσκηση, Two stage bank modification)
KO2 (Κολχικό κατάντη)	50-Ισχυρά τροποποιημένο (Ενίσχυση και Διευθέτηση πρανών και κοίτης, Επιχωματώσεις, Τεχνητό κανάλι, Φράγμα, Πέρασμα, Επιβάρυνση πρανών από βόσκηση, Κανάλι, Γέφυρα)	50-Ισχυρά τροποποιημένο (Ενίσχυση και Διευθέτηση πρανών και κοίτης, Επιχωματώσεις, Τεχνητό κανάλι, Φράγμα, Πέρασμα, Επιβάρυνση πρανών από βόσκηση, Κανάλι, Γέφυρα)
KO3 (Κολχικό ανάντη)	3-Κυρίως μη-τροποποιημένο (Επιβάρυνση πρανών από βόσκηση, Two stage bank modification)	3-Κυρίως μη-τροποποιημένο-Επιβάρυνση πρανών από βόσκηση, Two stage bank modification
MP1 (Μπογδάνας εκβολές)	-	4-Κυρίως μη-τροποποιημένο (Ενίσχυση κοίτης, Πέρασμα)
MP2 (Μπογδάνας κατάντη ΕΕΛ)	12-Εμφανώς τροποποιημένο (Ενίσχυση πρανών, Διευθέτηση πρανών ή κοίτης, Πέρασμα, Επιβάρυνση από βόσκηση, Επιχωματώσεις, Επιχωματώσεις ανάσχεσης, γέφυρα)	12-Εμφανώς τροποποιημένο (Ενίσχυση πρανών, Διευθέτηση πρανών ή κοίτης, Πέρασμα, Επιβάρυνση από βόσκηση, Επιχωματώσεις, Επιχωματώσεις ανάσχεσης, γέφυρα)
MP3 (Μπογδάνας ανάντη ΕΕΛ)	-	9-Εμφανώς τροποποιημένο (Διευθέτηση πρανών ή κοίτης, Πέρασμα, Two stage bank modification, Ενίσχυση ολόκληρου του πρανού, γέφυρα)
MP4 (Μπογδάνας κατάντη Δορκάδα)	2-Ημι-φυσικό (Πέρασμα)	2-Ημι-φυσικό (Πέρασμα)
MP5 (Μπογδάνας ανάντη Δορκάδα)	14-Εμφανώς τροποποιημένο (Γέφυρα, Κανάλι, Ενίσχυση ολόκληρου του πρανού, Επιβάρυνση πρανών από βόσκηση)	14-Εμφανώς τροποποιημένο (Γέφυρα, Κανάλι, Ενίσχυση ολόκληρου του πρανού, Επιβάρυνση πρανών από βόσκηση)

Σύμφωνα με το δείκτη παρόχθιων ενδιαιτημάτων (QBR) (Πίνακας 4.8) η ποιότητα ήταν κατώτερη της μέτριας σε 10 σταθμούς. Πιο συγκεκριμένα στους σταθμούς ΚΑ1 και ΚΑ2 της λεκάνης Καβαλλαρίου, ΚΟ1 και ΚΟ2 της λεκάνης Κολχικού, ΜΡ1-ΜΡ3 και ΜΡ5 στη λεκάνη Μπογδάνα και GE1-GE2 στη λεκάνη Γερακαρούς. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι αυτοί οι σταθμοί βρίσκονται κοντά σε αυτοκινητόδρομους-κατοικημένες περιοχές ή έχουν υποστεί αλλοίωση από τη βόσκηση και τη γεωργική δραστηριότητα (Πίνακας 4.7).

Όσον αφορά το δείκτη ποτάμιων ενδιαιτημάτων (IHF) (Πίνακας 4.8) η ποιότητα βρέθηκε κατώτερη της μέτριας, στους σταθμούς ΚΑ2 της λεκάνης Καβαλλαρίου (η δειγματοληψία ήταν δυνατή μόνο στο τεχνητό υπόστρωμα) και ΜΡ1-ΜΡ2 (σημεία χωρίς την εμφάνιση διαφορετικών τύπων ροής και ποικιλίας υποστρώματος) της λεκάνης Μπογδάνα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός της διαφοροποίησης του δείκτη IHF σε 2 σταθμούς μεταξύ υψηλής και χαμηλής ροής. Στους σταθμούς ΚΟ2 και ΜΡ5 κατά την υψηλή περίοδο ροής η ποιότητα σύμφωνα με το δείκτη IHF έγινε καλή από μέτρια, πράγμα το οποίο πρέπει να οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την υψηλή ροή υπάρχει μεγαλύτερη παροχή νερού με συνέπεια περισσότερων τύπων ροής.

Πίνακας 4.8: Τιμές των δεικτών QBR και IHF στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Table 4.8: QBR and IHF index values at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia.

Σταθμοί δειγματοληψίας	QBR Οκτώβριος 2012	QBR Απρίλιος 2013	IHF Οκτώβριος 2012	IHF Απρίλιος 2013
AN2 (Ανάληψη ανάντη)	55	-	49	-
GE1 (Γερακαρού εκβολές)	-	10	-	51
GE2 (Γερακαρού κατάντη)	-	15	-	61
GE3 (Γερακαρού ανάντη)	95	95	53	50
KA1 (Καβαλλάρι εκβολές)	-	35	-	42
KA2 (Καβαλλάρι κατάντη)	-	10	-	38
KO1 (Κολχικό εκβολές)	-	50	-	56
KO2 (Κολχικό κατάντη)	10	10	47	67
KO3 (Κολχικό ανάντη)	60	60	72	72
MP1 (Μπογδάνας εκβολές)	-	40	-	38
MP2 (Μπογδάνας κατάντη ΕΕΛ)	38	41	20	20
MP3 (Μπογδάνας ανάντη ΕΕΛ)	-	25	-	44
MP4 (Μπογδάνας κατάντη Δορκάδα)	65	65	59	59
MP5 (Μπογδάνας ανάντη Δορκάδα)	30	30	56	65

4.5 Τελική οικολογική κατάταξη

Όπως αναφέρθηκε και στη μεθοδολογία για την κατάταξη της οικολογικής κατάστασης είναι απαραίτητη η διάκριση των φυσικών και των τροποποιημένων υδατικών σωμάτων και για το κάθε υδατικό σώμα να προσδιοριστεί η οικολογική κατάσταση για τα φυσικά υδατικά σώματα και το οικολογικό δυναμικό για τα τροποποιημένα υδατικά σώματα. Στον Πίνακα 4.9 αναφέρεται η τελική τιμή δείκτη, ο δείκτης προέλευσης, ο χρωματικός κώδικας και η τελική οικολογική κατάσταση για κάθε φυσικό υδατικό σύστημα. ενώ στον Πίνακα 4.10

αναφέρονται τα παραπάνω και το μέγιστο οικολογικό δυναμικό για κάθε τροποποιημένο υδατικό σύστημα.

Στο σταθμό GE3X παρόλο που η βιολογική ποιότητα ήταν καλή, εξαιτίας της υπέρβασης του ορίου διαβίωσης των ιχθύων για το TSS, η τελική οικολογική κατάσταση προέκυψε μέτρια.

Πίνακας 4.9: Τελική κατάταξη οικολογικής κατάστασης για τα φυσικά υδατικά συστήματα των σταθμών δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Table 4.9: Final ecological quality for the natural water bodies at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia.

Σταθμός	Ονομασία σταθμού	Τύπος	Χρωματικός κώδικας	Δείκτης Προέλευσης	Τύπος συστήματος	Τελική οικολογική κατάσταση
AN2X	Ανάληψη ανάντη	R-M1	0.48	EQR STAR_ICMi	Φυσικό (NWB)	
GE3X	Γερακαρού ανάντη	R-M1	0.80	EQR STAR_ICMi	Φυσικό (NWB)	
KO3X	Κολχικό ανάντη	R-M1	0.60	EQR STAR_ICMi	Φυσικό (NWB)	
MP2X	Μπογδάνας κατάντη ΕΕΛ	R-M5	2.00	Ε.Συ.Α	Φυσικό (NWB)	
MP4X	Μπογδάνας Δορκάδα κατάντη	R-M1	0.22	EQR STAR_ICMi	Φυσικό (NWB)	
MP5X	Μπογδάνας ανάντη Δορκάδα	R-M1	0.56	EQR STAR_ICMi	Φυσικό (NWB)	
GE1Y	Γερακαρού εκβολές	R-M5	2.00	Ε.Συ.Α	Φυσικό (NWB)	
GE2Y	Γερακαρού κατάντη	R-M5	3.50	Ε.Συ.Α	Φυσικό (NWB)	
GE3Y	Γερακαρού ανάντη	R-M1	0.83	EQR STAR_ICMi	Φυσικό (NWB)	
KA1Y	Καβαλλάρι εκβολές	R-M5	3.00	Ε.Συ.Α	Φυσικό (NWB)	
KO1Y	Κολχικό εκβολές	R-M5	2.00	Ε.Συ.Α	Φυσικό (NWB)	
KO3Y	Κολχικό ανάντη	R-M1	0.72	EQR STAR_ICMi	Φυσικό (NWB)	
MP1Y	Μπογδάνας εκβολές	R-M5	3.00	Ε.Συ.Α	Φυσικό (NWB)	
MP2Y	Μπογδάνας κατάντη ΕΕΛ	R-M5	1.50	Ε.Συ.Α	Φυσικό (NWB)	
MP3Y	Μπογδάνας ανάντη ΕΕΛ	R-M5	1.50	Ε.Συ.Α	Φυσικό (NWB)	
MP4Y	Μπογδάνας κατάντη Δορκάδα	R-M1	0.17	EQR STAR_ICMi	Φυσικό (NWB)	
MP5Y	Μπογδάνας ανάντη Δορκάδα	R-M1	0.44	EQR STAR_ICMi	Φυσικό (NWB)	

Πίνακας 4.10: Μέγιστο οικολογικό δυναμικό για τα ιδιαίτερος τροποποιημένα υδατικά συστήματα στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας.

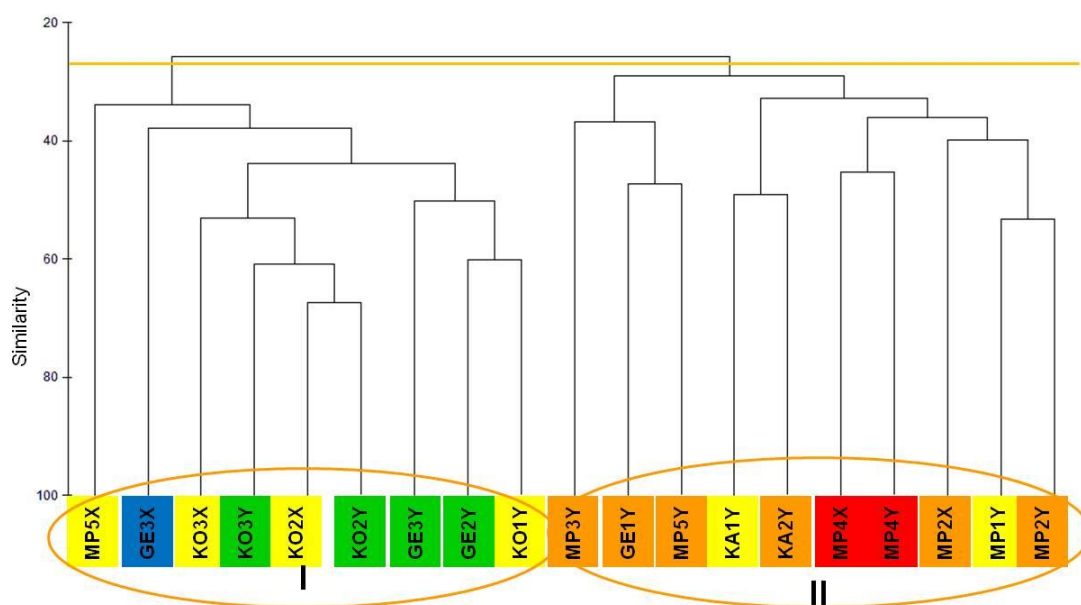
Table 4.10: Maximum ecological potential for heavily modified water bodies at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia.

Σταθμός	Ονομασία σταθμού	Τύπος	Χρωματικός κώδικας	Δείκτης Προέλευσης	Τύπος συστήματος	Μέγιστο οικολογικό δυναμικό
KO2X	Κολχικό κατάντη	R-M1	0.56	EQR STAR_ICMi	Εμφανώς τροποποιημένο (HMWB)	
KA2Y	Καβαλλάρι κατάντη	R-M5	2.00	Ε.Συ.Α	Εμφανώς τροποποιημένο (HMWB)	
KO2Y	Κολχικό κατάντη	R-M1	0.75	EQR STAR_ICMi	Εμφανώς τροποποιημένο (HMWB)	

4.6 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις

4.6.1 Ανάλυση Cluster

Στην Εικόνα 4.14 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης Cluster, σύμφωνα με την οποία προέκυψαν 2 ομάδες. Στη ανάλυση δεν συμπεριλήφθηκε ο σταθμός AN2X καθώς ήταν ένας στον ποταμοχείμαρρο της Ανάληψης και πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία σε μια μόνο περίοδο (χαμηλή ροή). Γενικά, φάνηκε η τάση για διάκριση των σταθμών ανάλογα με την ποιότητά τους. Πιο συγκεκριμένα, οι σταθμοί από μέτρια μέχρι καλή ποιότητα ανήκαν σε μια ομάδα (I) και από κακή έως και μέτρια σε μια άλλη ομάδα (II). Στην ομάδα I ανήκαν οι σταθμοί MP5X του Μπογδάνα, GE3X, GE2Y και GE3Y της Γερακαρούς και KO2X, KO3X, KO1Y-KO3Y του Κολχικού. Στην ομάδα II ανήκαν οι σταθμοί: KA1Y-KA2Y του Καβαλλαρίου, GE1Y της Γερακαρούς και MP2X, MP4X, MP1Y, MP2Y, MP3Y, MP4Y και MP5Y του Μπογδάνα.



Εικόνα 4.14: Ιεραρχική ομαδοποίηση βασισμένη στην αφθονία των βενθικών μακροασπονδύλων στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχείμαρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας. Τα χρώματα στους σταθμούς είναι σύμφωνα με την πενταβάθμια χρωματική κλίμακα της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ.

Figure 4.14: Hierarchical clustering based on the abundance of the benthic macroinvertebrates at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia. The colours denote the ecological quality according to the chromatic scale of the Directive 2000/60/EC.

4.6.2 Ανάλυση Anosim

Από την ανάλυση Anosim προέκυψε το $R=0.566$ (επίπεδο σημαντικότητας $p=0.001<0.5$) που σημαίνει ότι υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων των σταθμών δειγματοληψίας που δημιουργήθηκαν στην ανάλυση Cluster.

4.6.3 Ανάλυση Simper

Από τις ομάδες που δημιουργήθηκαν από την ανάλυση Cluster έγινε η ανάλυση Simper. Στην ομοιότητα και των δυο ομάδων συνέβαλαν τα Chironomidae με διαφορετικά ποσοστά συμμετοχής σε κάθε ομάδα. Συγκεκριμένα, στην ομάδα I οι ταξινομικές ομάδες των Chironomidae (15.8%) και των Baetidae (14.07%) συνέβαλαν στην ομοιότητα της ομάδας Πίνακας 4.11). Στην ομάδα II η συνεισφορά των Chironomidae ήταν πολύ μεγαλύτερη (57.52%) και μαζί με την ταξινομική ομάδα των Oligochaeta (14.83%) συνέβαλε στην ομοιότητα της ομάδας (Πίνακας 4.12).

Πίνακας 4.11: Συνολική ομοιότητα της ομάδας I στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, σύμφωνα με την ανάλυση Simper.

Table 4.11: Overall similarity of group I at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia, according to Simper analysis.

Μέση Ομοιότητα ομάδας I	43.57	
Ταξινομικές ομάδες	Μέση αφθονία	Συνεισφορά %
Chironomidae (not red)	301.89	15.8
Baetidae	481.33	14.07
Caenidae	79.67	10.6
Simuliidae	326.67	10.13

Πίνακας 4.12: Συνολική ομοιότητα της ομάδας II στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, σύμφωνα με την ανάλυση Simper.

Table 4.12: Overall similarity of group II at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia, according to Simper analysis.

Μέση Ομοιότητα ομάδας II	33.38	
Ταξινομικές ομάδες	Μέση αφθονία	Συνεισφορά %
Chironomidae (not red)	765.5	57.52
Oligochaeta (not red)	76.6	14.93
Dityscidae	14.5	7.85

Η συνολική ανομοιότητα μεταξύ των δυο ομάδων (74.32%) οφειλόταν κυρίως στις οικογένειες Baetidae, Caenidae και Simuliidae με ποσοστά συνεισφοράς 6.56%, 6.07% και

6.03% αντίστοιχα και με πολύ μικρή συμμετοχή στα δείγματα των σταθμών της ομάδας II (Πίνακας 4.13).

Πίνακας 4.13: Συνολική ανομοιογένεια για τις ομάδες I και II στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, σύμφωνα με την ανάλυση Simper.

Table 4.13: Overall dissimilarity between the groups I and II at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia, according to Simper analysis.

Μέση ανομοιογένεια ομάδας I & II	74.32		
Ταξινομικές ομάδες	Ομάδα I	Ομάδα II	Συνεισφορά %
	Μέση αφθονία	Μέση αφθονία	
Baetidae	481.33	18.2	6.56
Caenidae	79.67	0.2	6.07
Simuliidae	326.67	9.8	6.03

4.6.4 Canoco

Στην ανάλυση DCA η τιμή του μήκους της διαβάθμισης (3.284) είναι > 3 οπότε υποδηλώνει ότι πρέπει να γίνει ανάλυση CCA. Στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη την δοκιμασία Monte Carlo και το συντελεστή διόγκωσης (inflation factor) επιλέχθηκαν οι περιβαλλοντικές μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση. Στον Πίνακα 4.14 δίνονται οι περιβαλλοντικές μεταβλητές καθώς και οι συντεταγμένες τους στους δυο πρώτους άξονες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα στον πρώτο άξονα τα P-PO₄ είναι η σημαντικότερη παράμετρος και στο δεύτερο άξονα η ιλύς-άργιλος και το διαλυμένο οξυγόνο.

Πίνακας 4.14: Συσχέτιση των παραμέτρων με τους άξονες στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Table 4.14: Relation between the parameters and the axes at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia.

	ENVI AX1	ENVI AX2
DO (mg/l)	-0.5759	-0.6283
BOD ₅ (mg/l)	-0.2261	0.1438
T (°C)	0.1028	-0.0019
Conductivity(mS/cm)	0.5485	-0.1246
TSS (mg/l)	0.2203	0.2402
Gravel	-0.2112	0.2528
Silt	0.6163	-0.6303
N-NO ₃ (mg/l)	0.302	-0.3746
P-PO ₄ (mg/l)	0.8139	-0.1534

Οι δυο πρώτοι άξονες που επιλέχτηκαν για να γίνει η γραφική απεικόνιση εξηγούν το 23.2% της διακύμανσης των οικογενειών και το 38.7% της διακύμανσης της συσχέτισης οικογενειών-περιβαλλοντικών παραμέτρων (Πίνακας 4.15).

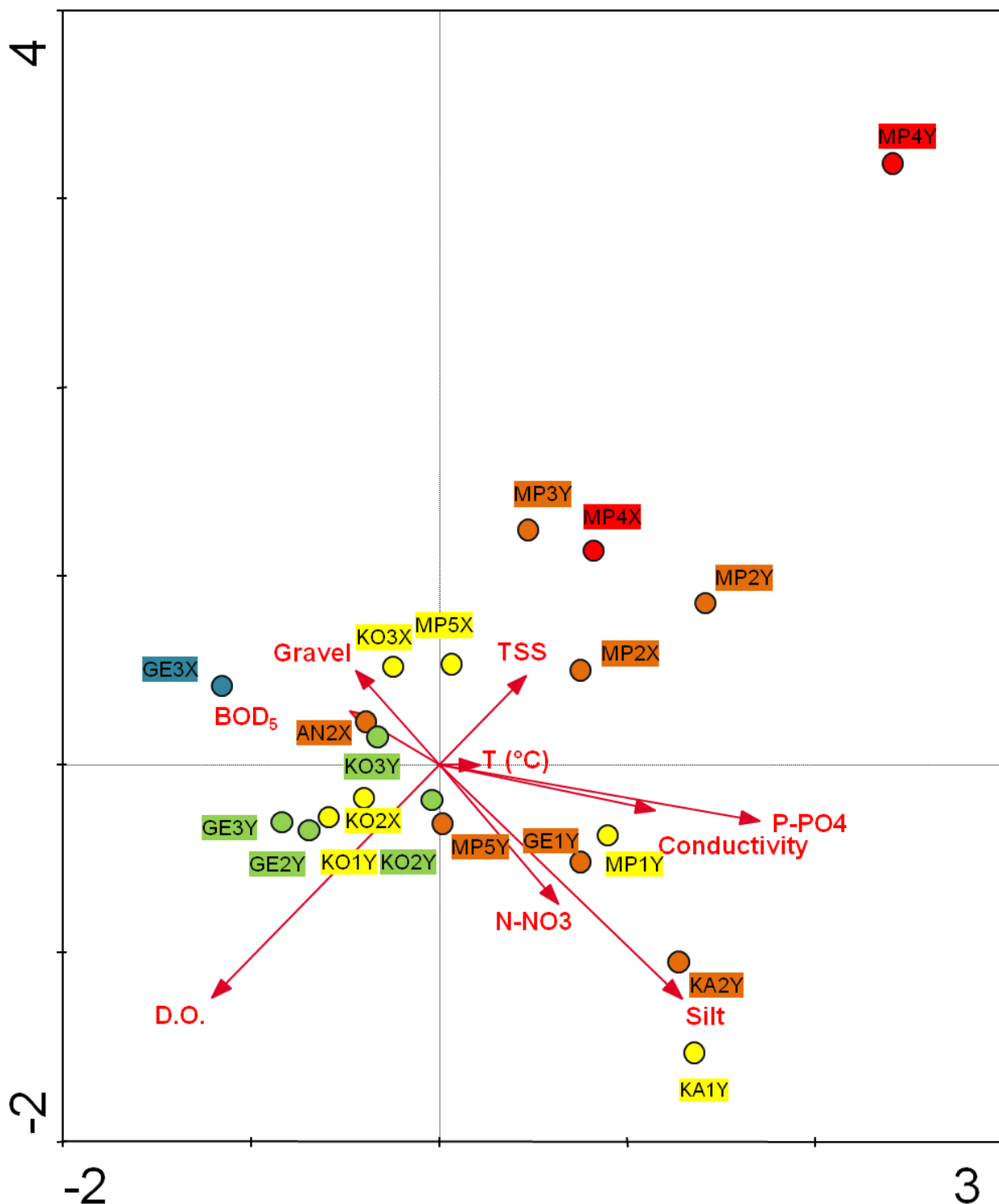
Πίνακας 4.15: Αποτελέσματα της Ανάλυσης Κανονικών Αντιστοιχιών (CCA) στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Table 4.15: Results of the Canonical Correspondence Analysis CCA at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia.

Άξονες	1	2	3	4
Ιδιοτιμές	0.357	0.279	0.239	0.217
Συσχετίσεις οικογενειών περιβαλλοντικών παραμέτρων	0.951	0.953	0.972	0.868
Αθροιστικό ποσοστό διακύμανσης των δεδομένων των οικογενειών	13	23.2	31.9	39.9
συσχέτισης οικογενειών-περιβάλλοντος	21.7	38.7	53.3	66.6
Τεστ σημαντικότητας του 1ου άξονα P-value				0.61
Τεστ σημαντικότητας όλων των αξόνων P-value				0.005

Οι σταθμοί που έδειξαν θετική συσχέτιση με P-PO₄ ήταν οι GE1Y στη λεκάνη της Γερακαρούς, KA1Y και KA2Y στη λεκάνη Καβαλλαρίου, MP2X, MP4X-MP5X και MP1Y-MP5Y στη λεκάνη Μπογδάνα (Εικόνα 4.15). Θετική συσχέτιση με την ιλύ-άργιλο έδειξαν οι σταθμοί GE1Y στη λεκάνη της Γερακαρούς, KA1Y και KA2Y στη λεκάνη Καβαλλαρίου, MP2X, MP4X και MP1Y-MP4Y στη λεκάνη Μπογδάνα, ενώ με το διαλυμένο οξυγόνο οι σταθμοί AN2X στη λεκάνη Ανάληψης, KO2X, KO3X, KO1Y-KO2Y στη λεκάνη του Κολχικού, GE3X, GE2Y-GE3Y στη λεκάνη Γερακαρούς και MP5Y στη λεκάνη του Μπογδάνα.

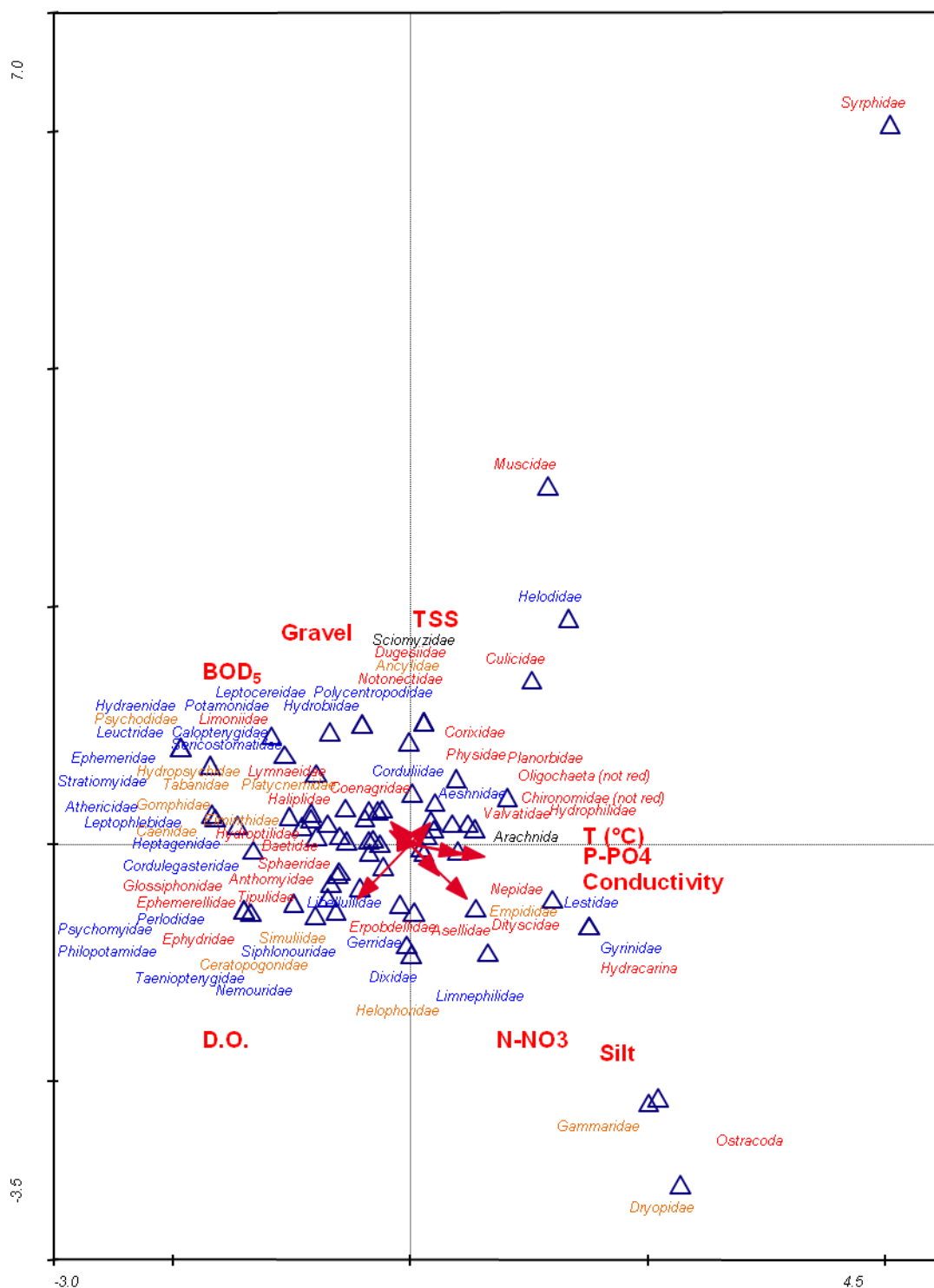
Αυτό που παρατηρείται είναι ότι οι σταθμοί που σύμφωνα με το Ε.Συ.Α είχαν από μέτρια έως κακή ποιότητα, είχαν υψηλή συσχέτιση με τη συγκέντρωση P-PO₄ και την ιλύ-άργιλο ως τύπο υποστρώματος, ενώ οι σταθμοί που σύμφωνα με το Ε.Συ.Α είχαν από μέτρια έως καλή ποιότητα [με εξαίρεση το σταθμό AN2X (ελλιπής ποιότητα)], είχαν υψηλή συσχέτιση με το διαλυμένο οξυγόνο.



Εικόνα 4.15: Διάγραμμα συσχέτισης των 20 σταθμών δειγματοληψίας και των μεταβλητών όπως προκύπτει από την επιρροή των τελευταίων στις ταξινομικές ομάδες κάθε σταθμού στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας. Τα χρώματα στους σταθμούς είναι σύμφωνα με την πενταβάθμια χρωματική κλίμακα της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ.

Figure 4.15: Correlation graph of the 20 sampling sites and the parameters as resulted from the influence of the latter in all taxa of every site at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia. The colours denote the ecological quality according to the chromatic scale of the Directive 2000/60/EC.

Σύμφωνα με το διάγραμμα συσχέτισης περιβαλλοντικών μεταβλητών και βενθικών μακροασπονδύλων η πλειοψηφία των υψηλόβαθμων σύμφωνα με το Ε.Συ.Α. βενθικών μακροασπονδύλων είχαν θετική συσχέτιση με το διαλυμένο οξυγόνο και αρνητική με τα $P-PO_4$ και την ιλύ-άργιλο. Αντίθετα, οι ταξινομικές ομάδες βενθικών μακροασπονδύλων που συσχετίστηκαν αρνητικά με το διαλυμένο οξυγόνο και θετικά με τα $P-PO_4$ και την ιλύ-άργιλο ανήκαν στις χαμηλόβαθμες ταξινομικές ομάδες σύμφωνα με το Ε.Συ.Α. (Εικόνα 4.16).



Εικόνα 4.16: Διάγραμμα συσχέτισης των ταξινομικών ομάδων των βενθικών μακροσπονδύλων και των μεταβλητών που κρίθηκαν σημαντικοί στην ανάλυση CCA στους σταθμούς δειγματοληψίας των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.16: Correlation graph of taxa of the benthic macroinvertebrates with the parameters that were viewed to be the most important by the CCA analysis at the sampling sites of the main streams at the river basin of the lake Koroneia.

4.7 Ανάλυση πιέσεων

4.7.1 Σημειακές πηγές ρύπανσης

Αστικά λύματα

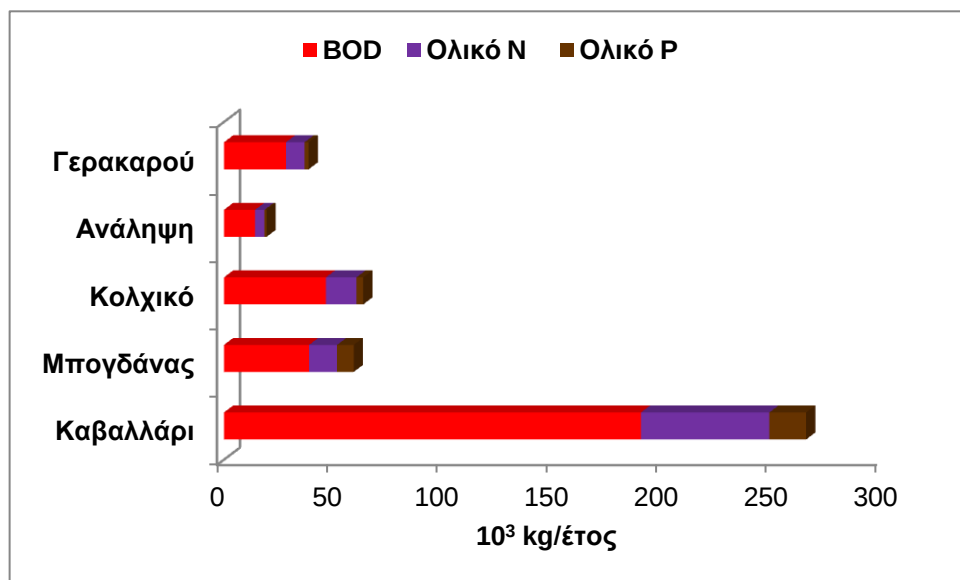
Συνολικά και στις πέντε λεκάνες απορροής περιλαμβάνονται 28 οικισμοί. Συγκεκριμένα στη λεκάνη του Καβαλλαρίου οι οικισμοί είναι 9, εκ των οποίων ο πληθυσμός του οικισμού Παλαιοχώρα δεν αναφέρεται στον πίνακα της ΕΣΥΕ και θεωρήθηκε μηδενικός. Οι οικισμοί εξυπηρετούνται από απορροφητικούς βόθρους εκτός από τους οικισμούς Δρυμό και Λητή που τα υγρά απόβλητά τους υπόκεινται σε δευτεροβάθμια επεξεργασία στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) Μυγδονίας στη Λητή. Στη λεκάνη του Μπογδάνα περιλαμβάνονται 9 οικισμοί εκ των οποίων οι 5 εξυπηρετούνται από απορροφητικούς βόθρους, ενώ τα υγρά απόβλητα της Δορκάδας καταλήγουν ανεπεξέργαστα στον αποδέκτη και αυτά των οικισμών Λαγκαδά, Ξυλόπολης και Πολυδενδρίου υπόκεινται σε δευτεροβάθμια επεξεργασία στις αντίστοιχες ΕΕΛ. Στις λεκάνες Κολχικού, Ανάληψης και Γερακαρού περιλαμβάνονται 4, 3 και 3 οικισμοί αντίστοιχα και εξυπηρετούνται από απορροφητικούς βόθρους (προσωπική επικοινωνία με κ. Πασχαλίδη, Διευθυντή ΔΕΥΑ Λαγκαδά).

Τα αποτελέσματα των εισροών των αστικών λυμάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.16 και στην Εικόνα 4.17.

Πίνακας 4.16: Εισροές αστικών λυμάτων (BOD, ολικό N και P) στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Table 4.16: Urban wastewater inflow (BOD, total N and P) at the river basins of the main streams of the lake Koroneia.

Λεκάνη	Δημοτικά Διαμερίσματα	Πληθυσμός	BOD (10 ³ kg/έτος)	Ολικό N (10 ³ kg/έτος)	Ολικό P (10 ³ kg/έτος)
Καβαλλάρι	Μελισσοχώρι	3287	43.19	12.96	2.88
	Δρυμός	3659	8.01	3.21	2.67
	Λητή	3302	7.23	2.89	2.41
	Παλαιοχώρα	0	0.00	0.00	0.00
	Άσσηρος	1975	25.95	7.79	1.73
	Λαγυνά	3591	47.19	14.16	3.15
	Καβαλάρι	1993	26.19	7.86	1.75
	Περιβολάκι	1160	15.24	4.57	1.02
	Ηράκλειο	1278	16.79	5.04	1.12
	Σύνολο	20245	189.80	58.46	16.72
Μπογδάνας	Λαγκαδάς	7764	17.00	6.80	5.67
	Πολυδένδρι	304	0.67	0.27	0.22
	Μαυροράχη	31	0.41	0.12	0.03
	Θεοδόσια	229	3.01	0.90	0.20
	Ξυλόπολη	855	1.87	0.75	0.62
	Λαχανάς	377	4.95	1.49	0.33
	Νικόπολη	134	1.76	0.53	0.12
	Δορκάδα	372	8.15	1.63	0.34
	Γαλήνη	69	0.91	0.27	0.06
	Σύνολο	10135	38.73	12.76	7.59
Κολχικό	Κολχικό	1831	24.06	7.22	1.60
	Πέντε Βρύσες	322	4.23	1.27	0.28
	Όσσα	387	5.09	1.53	0.34
	Κρυονέρι	991	13.02	3.91	0.87
	Σύνολο	3531	46.40	13.92	3.09
Ανάληψη	Ανάληψη	633	8.32	2.50	0.55
	Λοφίσκος	261	3.43	1.03	0.23
	Αρετή	186	2.44	0.73	0.16
	Σύνολο	1080	14.19	4.26	0.95
Γερακαρού	Βασιλούδι	673	8.84	2.65	0.59
	Γερακαρού	1223	16.07	4.82	1.07
	Αρδαμέρι	251	3.30	0.99	0.22
	Σύνολο	2147	28.21	8.46	1.88



Εικόνα 4.17: Εισροές αστικών λυμάτων (BOD, ολικό N και P) στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.17: Urban wastewater inflow (BOD, total N and P) at the river basins of the main streams of the lake Koroneia.

Σταβλισμένη κτηνοτροφία

Για τους οικισμούς που δεν υπήρχαν στον πίνακα της ΕΣΥΕ (Παλαιοχώρα, Πολυδένδρι, Μαυροράχη, Δορκάδα, Γαλήνη, Πέντε Βρύσες και Αρετή) θεωρήθηκε μηδενικός ο αριθμός εκτρεφόμενων ζώων. Οι εισροές θρεπτικών ανάλογα με το είδος της κτηνοτροφικής δραστηριότητας για κάθε λεκάνη απορροής δίνονται στον Πίνακα 4.17 και στις Εικόνες 4.18, 4.19.

Στη λεκάνη Καβαλλαρίου μεγαλύτερες εισροές BOD και ολικού P προέρχονται από τις γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες και ολικού N από τα πουλερικά.

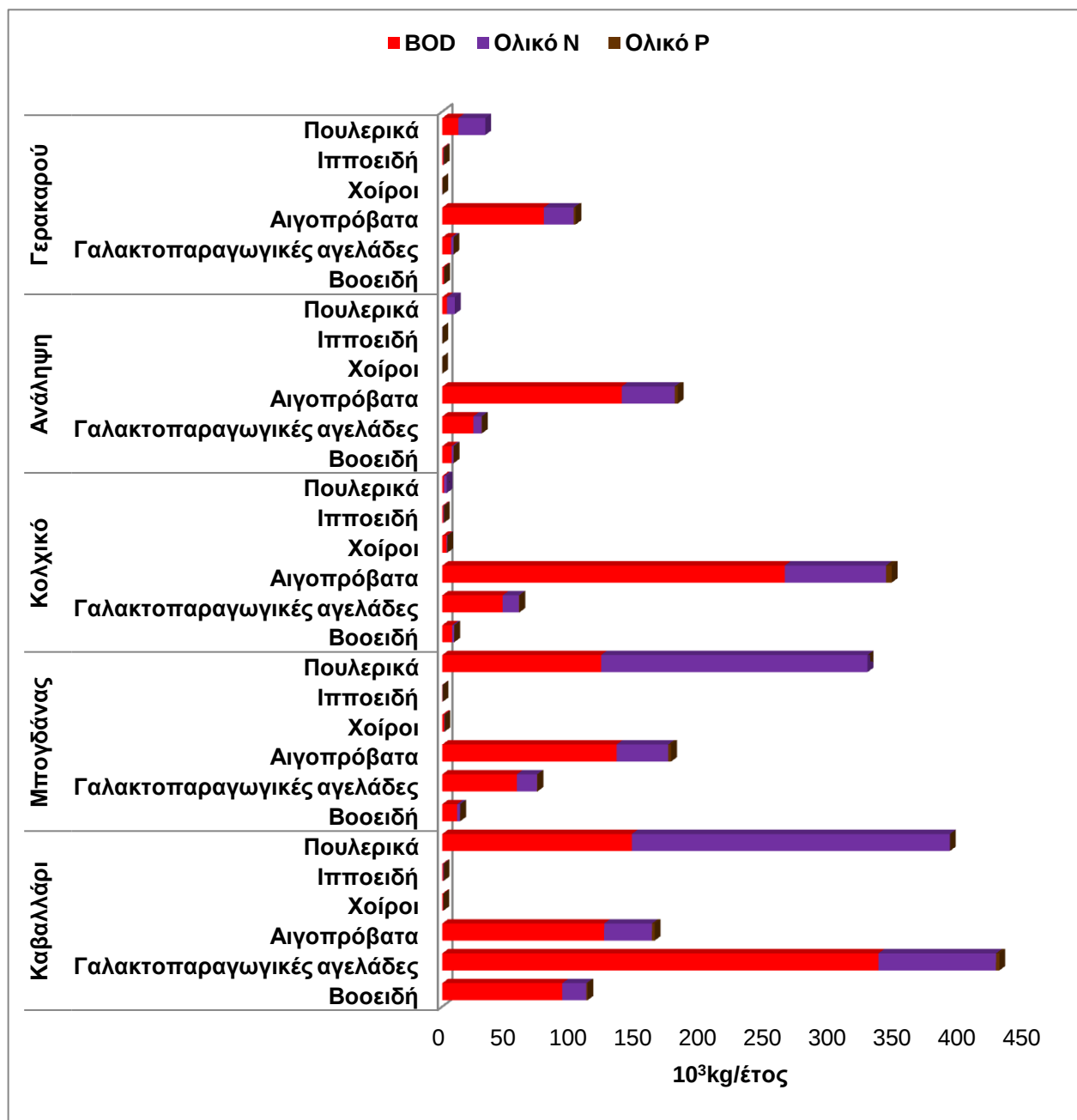
Στη λεκάνη Μπογδάνα μεγαλύτερες εισροές BOD και ολικού P προέρχονται από τα αιγοπρόβατα και ολικού N από τα πουλερικά.

Στις λεκάνες Κολχικού, Ανάληψης και Γερακαρού μεγαλύτερες εισροές BOD, ολικού N και ολικού P προέρχονται από τα αιγοπρόβατα.

Πίνακας 4.17: Εισροές (BOD, ολικό N και P) από δραστηριότητες σταβλισμένης κτηνοτροφίας στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

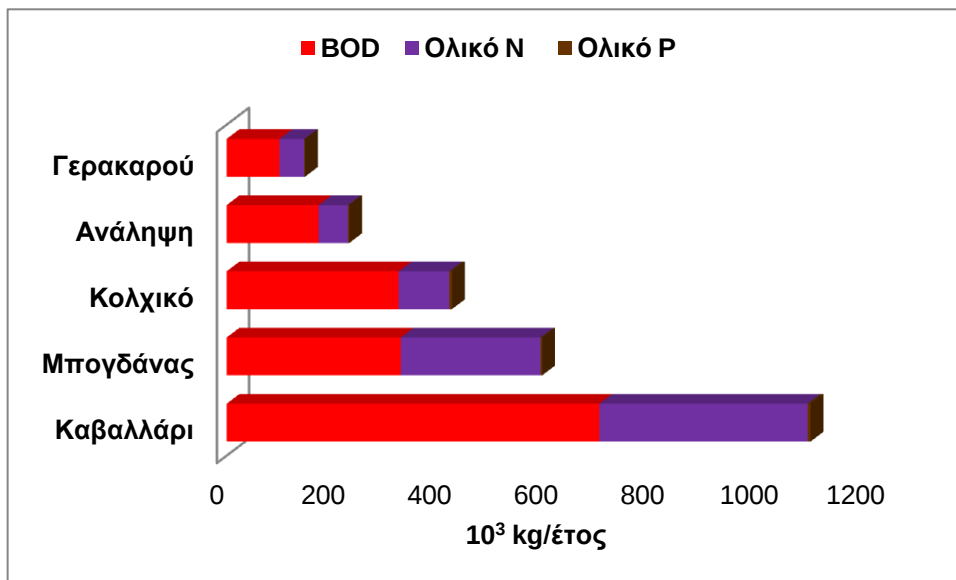
Table 4.17: Inflows (BOD, total N and P) by livestock activities at the river basins of the main streams of the lake Koroneia.

Λεκάνη	Είδος ζώου	BOD (10 ³ kg/έτος)	Ολικό N (10 ³ kg/έτος)	Ολικό P (10 ³ kg/έτος)
Καβαλλάρι	Βοοειδή	92.50	18.53	0.96
	Γαλακτοπαραγωγικές			
	αγελάδες	336.08	90.56	2.65
	Αιγοπρόβατα	124.74	36.85	2.11
	Χοίροι	0.71	0.12	0.01
	Ιπποειδή	0.70	0.34	0.01
	Πουλερικά	146.09	244.99	0.00
	Σύνολο	700.82	391.39	5.74
Μπογδάνας	Βοοειδή	11.45	2.29	0.12
	Γαλακτοπαραγωγικές			
	αγελάδες	57.49	15.49	0.45
	Αιγοπρόβατα	134.37	39.69	2.28
	Χοίροι	1.49	0.25	0.02
	Ιπποειδή	0.18	0.09	0.00
	Πουλερικά	122.40	205.27	0.00
	Σύνολο	327.37	263.08	2.87
Κολχικό	Βοοειδή	7.68	1.54	0.08
	Γαλακτοπαραγωγικές			
	αγελάδες	46.57	12.55	0.37
	Αιγοπρόβατα	263.91	77.95	4.47
	Χοίροι	3.34	0.56	0.03
	Ιπποειδή	0.82	0.40	0.01
	Πουλερικά	1.29	2.16	0.00
	Σύνολο	323.59	95.15	4.97
Ανάληψη	Βοοειδή	7.28	1.46	0.08
	Γαλακτοπαραγωγικές			
	αγελάδες	23.95	6.45	0.19
	Αιγοπρόβατα	138.29	40.85	2.34
	Χοίροι	0.00	0.00	0.00
	Ιπποειδή	0.06	0.03	0.00
	Πουλερικά	3.64	6.10	0.00
	Σύνολο	173.22	54.89	2.61
Γερακαρού	Βοοειδή	1.21	0.24	0.01
	Γαλακτοπαραγωγικές			
	αγελάδες	6.86	1.85	0.05
	Αιγοπρόβατα	78.27	23.12	1.33
	Χοίροι	0.09	0.01	0.00
	Ιπποειδή	0.79	0.39	0.01
	Πουλερικά	12.38	20.77	0.00
	Σύνολο	99.59	46.38	1.41



Εικόνα 4.18: Εισροές (BOD, ολικό N και P) από δραστηριότητες σταβλισμένης κτηνοτροφίας ανά κατηγορία ζώου στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.18: Inflows (BOD, total N and P) by livestock activities at the river basins of the main streams of the lake Koroneia by animal category.

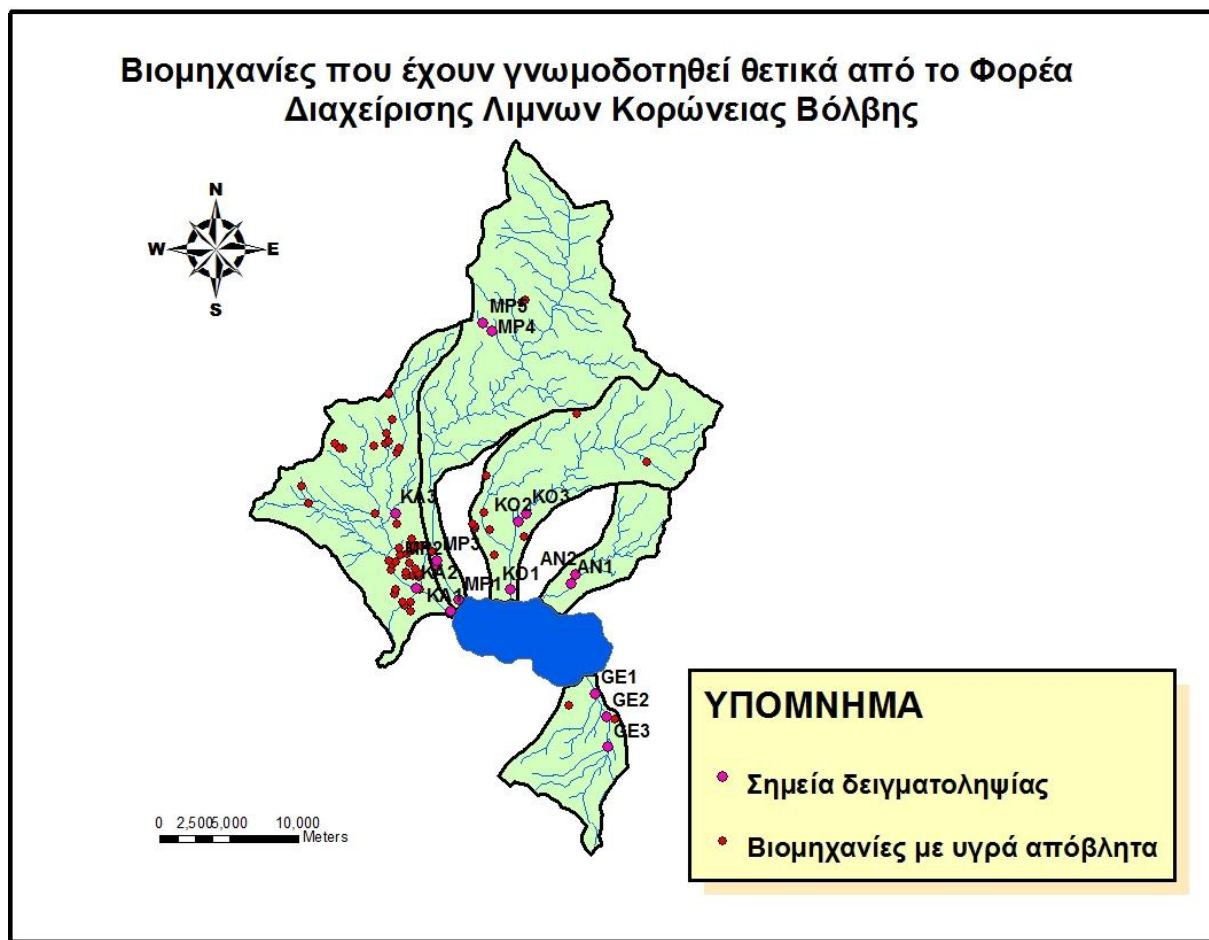


Εικόνα 4.19: Εισροές (BOD, ολικό N και P) από δραστηριότητες σταβλισμένης κτηνοτροφίας στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.19: Inflows (BOD, total N and P) by livestock activities at the river basins of the main streams of the lake Koroneia.

Βιομηχανία

Ως προς τα επικίνδυνα απόβλητα που παράγονται εντός του δήμου Λαγκαδά την ευθύνη επεξεργασίας τους έχουν οι παραγωγικοί φορείς. Θεωρητικά γίνεται επεξεργασία από τις ίδιες τις βιομηχανίες και έπειτα το υγρό φορτίο εναποτίθεται είτε απευθείας σε υδάτινους αποδέκτες ή σε τάφρους είτε καταλήγει στο δίκτυο της ΔΕΥΑΛ (Ε.Σ. Δήμου Λαγκαδά 2011). Στην Εικόνα 4.20 παρατίθενται οι βιομηχανίες που παράγουν υγρά απόβλητα και έχουν γνωμοδοτηθεί θετικά από το Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας-Βόλβης. Στις λεκάνες Καβαλλαρίου και Μπογδάνα υπάρχει έντονη βιομηχανική δραστηριότητα.



Εικόνα 4.20: Βιομηχανίες που παράγουν υγρά απόβλητα και γνωμοδοτήθηκαν θετικά από Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας-Βόλβης. (Δεδομένα από Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας-Βόλβης)

Figure 4.20: Industries that produce liquid waste and are given permission from the Management Agency of the lakes Koroneia-Volvi. (Data from the Management Agency of lakes Koroneia-Volvi)

Αντληση ύδατος

Οι γεωτρήσεις που έχουν γνωμοδοτηθεί θετικά κατά τα χρόνια λειτουργίας του Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας Βόλβης φαίνονται στην Εικόνα 4.21. Είναι γνωστό από παλαιότερες μελέτες πως οι γεωτρήσεις γύρω από τη λίμνη Κορώνεια είναι πολύ περισσότερες και εξαιτίας τους έχει υπεραντληθεί ο υδροφόρος ορίζοντας. Το 2001 έγινε μια προσπάθεια καταγραφής των γεωτρήσεων και το συμπέρασμα που προέκυψε κατέδειξε ότι σε 19 αγροκτήματα γύρω από την Κορώνεια υπάρχουν 1976 γεωτρήσεις. Οι περισσότερες από αυτές είναι ηλεκτροδοτημένες, ελάχιστες είναι οι αναξιοποίητες, ενώ μόνον 250 έχουν αδειοδοτηθεί βάσει του Ν. 1739/1987 (Αστερίου και συν. 2008).



Εικόνα 4.21: Γεωτρήσεις που γνωμοδοτήθηκαν θετικά από Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας-Βόλβης. (Δεδομένα από Φορέα Λιμνών Κορώνειας-Βόλβης)

Figure 4.21: Drillings that were given permission by the Management Agency of the lakes Koroneia-Volvi. (Data from the Management Agency of lakes Koroneia-Volvi)

4.7.2 Διάχυτες πηγές ρύπανσης

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα εισροών από τις χρήσεις γης που προέκυψαν από το Corine Landcover 2000, και για τις πέντε λεκάνες απορροής, η μεγαλύτερη εισροή ολικού N και ολικού P προέρχεται κυρίως από τις αγροτικές εκτάσεις. Εξάιρεση αποτελεί η λεκάνη Κολχικού στην οποία οι εισροές ολικού P προέρχονται κυρίως από τους βοσκότοπους-λιβάδια που κατέχουν και μεγαλύτερη κάλυψη γης (Πίνακας 4.18).

Πίνακας 4.18: Έκταση σε εκτάρια (ha) και εισροές ολικού N και P από τις χρήσεις γης στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Table 4.18: Area in hectares (ha) and categories of land use and inflows of total N and P from the land use at the river basins of the main streams of the lake Koroneia.

Λεκάνη	Κατηγορίες Χρήσεων γης	Εκτάρια (ha)	Ολικό N (10^3 kg/έτος)	Ολικό P (103kg/έτος)
Καβαλλάρι	Αγροτικές εκτάσεις	11509.21	460.37	5.75
	Αστικές εκτάσεις	493.94	2.47	0.49
	Βοσκότοποι-Λιβάδια	1087.56	5.44	0.54
	Δασικές εκτάσεις	691.15	2.07	0.07
	Επιφανειακά Νερά	54.52	0.07	0.00
	Άλλο	390.79		
	Σύνολο	14227.17	470.41	6.86
Μπογδάνας	Αγροτικές εκτάσεις	13861.38	554.46	6.93
	Αστικές εκτάσεις	207.22	1.04	0.21
	Βοσκότοποι-Λιβάδια	6859.79	34.30	3.43
	Δασικές εκτάσεις	883.08	2.65	0.09
	Άλλο	208.20		
	Σύνολο	22019.66	592.44	10.66
Κολχικό	Αγροτικές εκτάσεις	5828.75	233.15	2.91
	Αστικές εκτάσεις	169.63	0.85	0.17
	Βοσκότοποι-Λιβάδια	6161.70	30.81	3.08
	Δασικές εκτάσεις	365.35	1.10	0.04
	Επιφανειακά Νερά	19.66	0.02	0.00
	Άλλο	28.49		
	Σύνολο	12573.57	265.93	6.20
Ανάληψη	Αγροτικές εκτάσεις	1955.99	78.24	0.98
	Αστικές εκτάσεις	34.04	0.17	0.03
	Βοσκότοποι-Λιβάδια	1722.07	8.61	0.86
	Επιφανειακά ύδατα	19.24	0.02	0.00
	Άλλο	33.13		
	Σύνολο	3764.47	87.04	1.87
Γερακαρού	Αγροτικές εκτάσεις	3716.57	148.66	1.86
	Αστικές εκτάσεις	97.49	0.49	0.10
	Βοσκότοποι-Λιβάδια	357.57	1.79	0.18
	Δασικές εκτάσεις	1328.86	3.99	0.13
	Επιφανειακά Νερά	2.59	0.00	0.00
	Σύνολο	5503.07	154.93	2.27

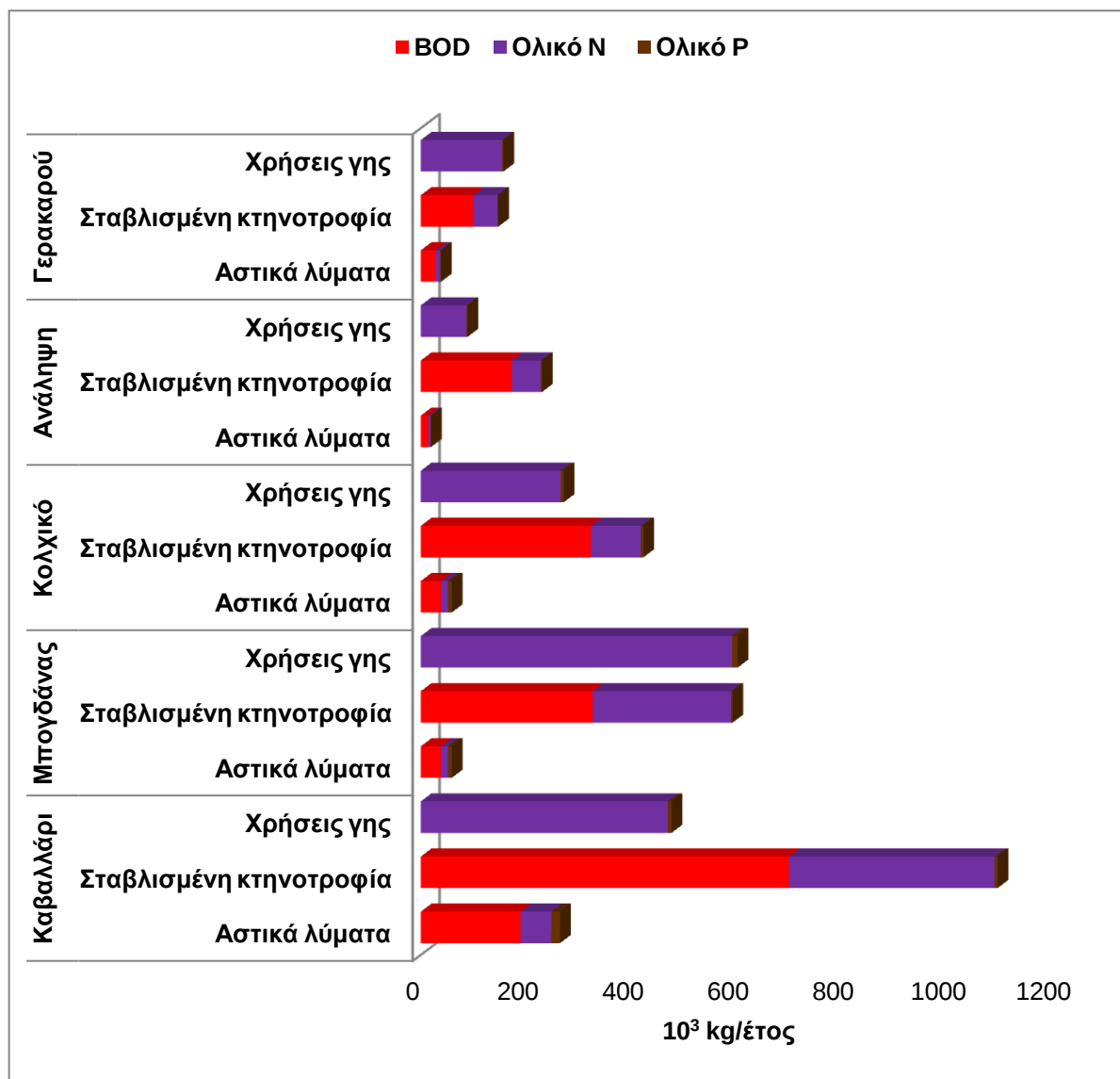
4.7.3 Συνολικές εισροές

Οι συνολικές εισροές BOD, ολικού N και P που προέκυψαν από τις σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης φαίνονται στον Πίνακα 4.19 και στην Εικόνα 4.22. Η εισροή BOD και ολικού N προέρχεται από τη σταβλισμένη κτηνοτροφία και τις χρήσεις γης αντίστοιχα και για τις 5 λεκάνες απορροής. Όσον αφορά την εισροή ολικού P στις λεκάνες Καβαλλαρίου και Κολχικού προέρχεται από τα αστικά λύματα, στις λεκάνες Μπογδάνας και Γερακαρού τις χρήσεις γης και στη λεκάνη Ανάληψης τη σταβλισμένη κτηνοτροφία.

Πίνακας 4.19: Συνολική εισροή BOD, ολικού N και P στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Table 4.19: The overall inflow of BOD, total N and P at the river basins of the main streams of the lake Koroneia.

Λεκάνη	Είδος πιέσεων	Πηγή εισροών	BOD (10 ³ kg/έτος)	Ολικό N (10 ³ kg/έτος)	Ολικό P (10 ³ kg/έτος)
Καβαλλάρι	Σημειακές Σύνολο Σημειακών Διάχυτες	Αστικά λύματα	189.80	58.46	16.72
		Σταβλισμένη κτηνοτροφία	700.82	391.39	5.74
			890.61	449.85	22.46
		Χρήσεις γης		470.41	6.86
		Σύνολο	890.61	920.27	29.32
Μπογδάνας	Σημειακές Σύνολο Σημειακών Διάχυτες	Αστικά λύματα	38.73	12.76	7.59
		Σταβλισμένη κτηνοτροφία	327.37	263.08	2.87
			366.10	275.84	10.46
		Χρήσεις γης		592.44	10.66
		Σύνολο	366.10	868.28	21.11
Κολχικό	Σημειακές Σύνολο Σημειακών Διάχυτες	Αστικά λύματα	38.73	12.76	7.59
		Σταβλισμένη κτηνοτροφία	323.59	95.15	4.97
			362.32	107.91	12.56
		Χρήσεις γης		265.93	6.20
		Σύνολο	362.32	373.83	18.76
Ανάληψη	Σημειακές Σύνολο Σημειακών Διάχυτες	Αστικά λύματα	14.19	4.26	0.95
		Σταβλισμένη κτηνοτροφία	173.22	54.89	2.61
			187.41	59.15	3.56
		Χρήσεις γης		87.04	1.87
		Σύνολο	187.41	146.19	5.43
Γερακαρού	Σημειακές Σύνολο Σημειακών Διάχυτες	Αστικά λύματα	28.21	8.46	1.88
		Σταβλισμένη κτηνοτροφία	99.59	46.38	1.41
			127.81	54.84	3.29
		Χρήσεις γης		154.93	2.27
		Σύνολο	127.81	209.77	5.56



Εικόνα 4.22: Συνολική εισροή BOD, ολικού N και P στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.22 The overall inflow of BOD, total N and P at the river basins of the main streams of the lake Koroneia.

4.7.4 Εκτίμηση σημαντικών πιέσεων

Πιέσεις ρύπανσης

Για την εκτίμηση της σημαντικότητας των πιέσεων ρύπανσης έγινε σύγκριση των συνολικών εισροών ρυπαντικού φορτίου με τα όρια για πόσιμο νερό και για διαβίωση των ιχθύων. Τα πρότυπα όρια προσαρμόστηκαν στις λεκάνες απορροής πολλαπλασιάζοντάς τα με τη μέση παροχή από τα έτη 1996-2000 (Νυμφόπουλος και συν. 2002). Για τον ποταμοχείμαρρο του Καβαλλαρίου δεν βρέθηκαν αντίστοιχα δεδομένα παροχής και χρησιμοποιήθηκε η παροχή

που μετρήθηκε στο πεδίο αναγμένη ανά 3 μήνες, που είναι και οι μήνες στους οποίους υπάρχει νερό. Όπως προκύπτει, (Πίνακας 4.20) οι συνολικές εισροές ρυπαντικού φορτίου ξεπερνούν τα όρια και στις 5 λεκάνες απορροής. Εξάιρεση αποτελεί η εισροή ολικού P στη λεκάνη Μπογδάνα που δεν ξεπερνά τα όρια για το πόσιμο νερό. Συνεπώς οι πιέσεις που προέρχονται από σημειακές πιέσεις ρύπανσης είναι σημαντικές.

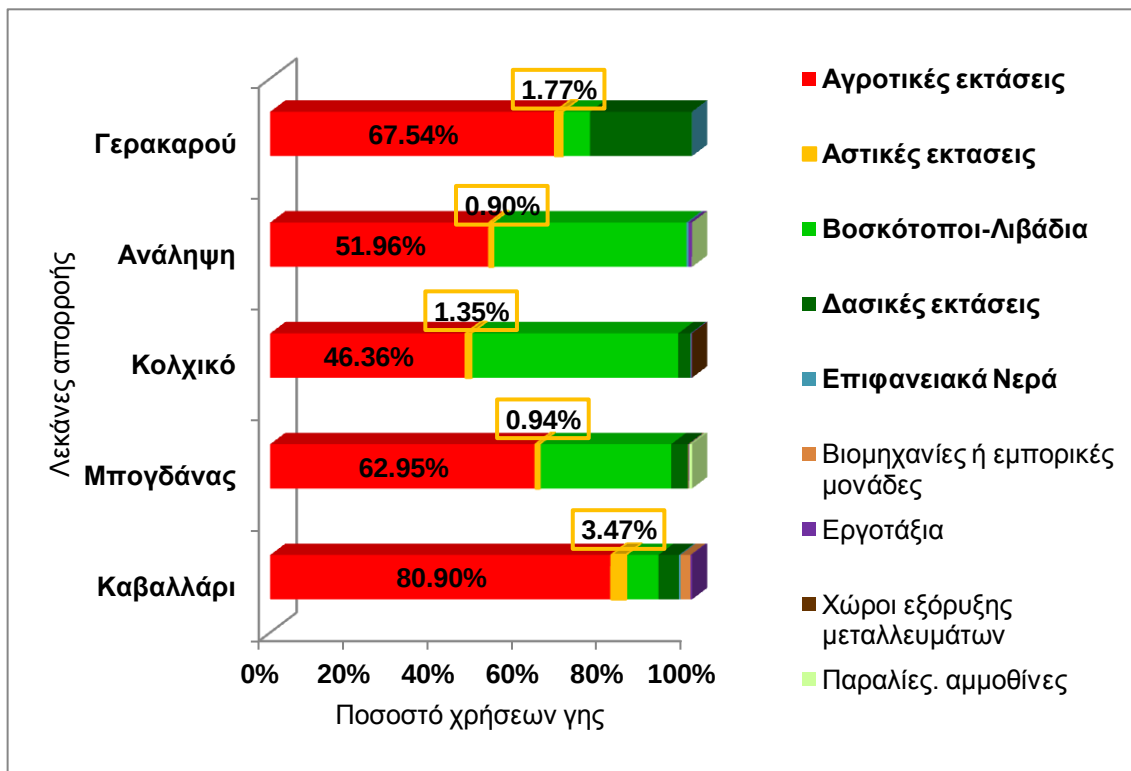
Πίνακας 4.20: Σύγκριση εισροών ρύπανσης και ανώτατων εισροών στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας. Στη λεκάνη Καβαλλαρίου οι μονάδες μέτρησης είναι σε $10^3 \text{ kg}/3$ μήνες

Table 4.20: Comparison of pollution inflow and upper limits of inflow at the river basins of the main streams of the lake Koroneia. At the river basin of Kavallari the units are in $10^3 \text{ kg}/3$ months.

Λεκάνη		Εισροές ($10^3 \text{ kg}/\text{έτος}$)	Όρια για ύδρευση ($10^3 \text{ kg}/\text{έτος}$)	Όρια διαβίωσης σολομοειδών ($10^3 \text{ kg}/\text{έτος}$)	Όρια διαβίωσης κυπρινοειδών ($10^3 \text{ kg}/\text{έτος}$)
Καβαλλαρίου	BOD ₅	219.60	-	0.001	0.19
	Ολικό N	226.92	0.38	0.002	0.01
	Ολικό P	7.23	0.07	0.01	0.00
Μπογδάνα	BOD ₅	366.10	-	36.59	73.19
	Ολικό N	868.28	144.31	0.41	2.01
	Ολικό P	21.11	26.63	0.79	1.60
Κολχικού	BOD ₅	362.32	-	7.30	14.60
	Ολικό N	373.83	28.80	0.08	0.40
	Ολικό P	18.76	5.31	0.16	0.32
Ανάληψης	BOD ₅	187.41	-	0.82	1.64
	Ολικό N	146.19	3.24	0.01	0.05
	Ολικό P	5.43	0.60	0.02	0.04
Γερακαρού	BOD ₅	127.81	-	5.77	11.54
	Ολικό N	209.77	22.76	0.07	0.32
	Ολικό P	5.56	4.20	0.13	0.25

Μορφολογικές αλλοιώσεις

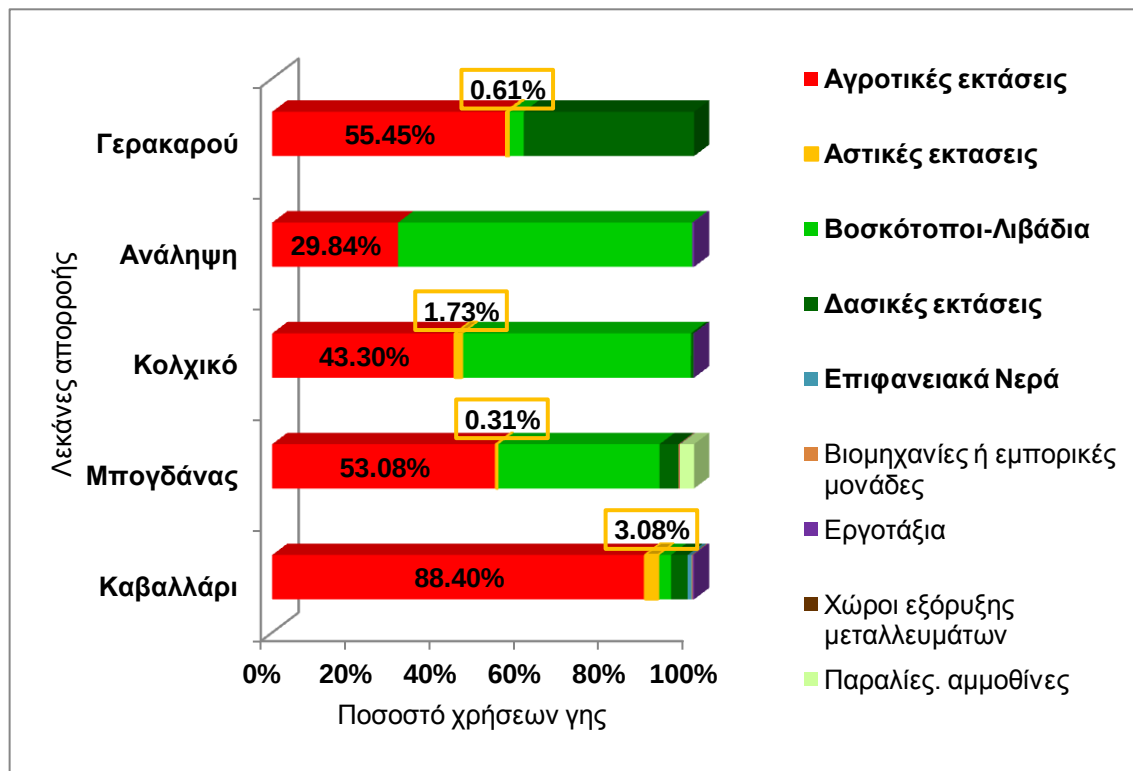
Στην Εικόνα 4.23 φαίνονται τα ποσοστά των κατηγοριών χρήσεων γης στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας. Το ποσοστό των αγροτικών εκτάσεων και στις 5 λεκάνες απορροής είναι μεγαλύτερο από 40% (Environment Agency 2005), γεγονός που καθιστά την πίεση από τη γεωργική δραστηριότητα σημαντική για τους υπόγειους υδροφορείς. Όσον αφορά τις αστικές εκτάσεις, στη λεκάνη του Καβαλλαρίου ξεπερνούν το όριο του 2.5% (Lawa 2002) καθιστώντας την αστική πίεση σημαντική μορφολογική αλλοίωση.



Εικόνα 4.23: Ποσοστό χρήσεων γης στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.23: Percentage of land use at the river basins of the main streams of the lake Koroneia

Το ποσοστό γεωργικής χρήσης από το μήκος του ποταμού ξεπερνά το 40% σε όλες τις λεκάνες εκτός της Ανάληψης (Εικόνα 4.24). Κατά συνέπεια, οι μορφολογικές αλλοιώσεις είναι σημαντικές για τα επιφανειακά ύδατα.



Εικόνα 4.24: Ποσοστό χρήσεων γης κατά μήκος ποταμού στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Figure 4.24: Percentage of land use to the stream length level, at the river basins of the main streams of the lake Koroneia

4.8 Ανάλυση IMPRESS

4.8.1 Εκτίμηση επιπτώσεων

Για την εκτίμηση των επιπτώσεων σύμφωνα με τον πίνακα του Castro χρειάζονται υδρομορφολογικά, βιολογικά και φυσικο-χημικά στοιχεία.

Υδρομορφολογικά στοιχεία

Η μέση τιμή του HMS όπως προέκυψε και στις πέντε λεκάνες απορροής ήταν >8, με συνέπεια στο σύνολο τους οι ποταμοχέιμαρροι να θεωρούνται εμφανώς ή σημαντικά τροποποιημένα συστήματα (Πίνακας 4.21).

Πίνακας 4.21: Μέσο HMS σε κάθε λεκάνη απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Table 4.21: Average HMS for each river basin of the main streams of the lake Koroneia.

Λεκάνη	Μέσο HMS	Κατηγορία τροποποίησης (HMC)
Καβαλλάρι	16	Εμφανώς τροποποιημένο
Μπογδάνας	8.63	Εμφανώς τροποποιημένο
Κολχικό	21.8	Σημαντικά τροποποιημένο
Ανάληψη	9	Εμφανώς τροποποιημένο
Γερακαρού	13.75	Εμφανώς τροποποιημένο

Βιολογικά στοιχεία

Από τη μέση βιολογική ποιότητα σύμφωνα με το Ε.Συ.Α προέκυψε ότι σε όλες τις λεκάνες η βιολογική ποιότητα είναι κατώτερη της καλής (μέτρια ή ελλιπής) εκτός από της Γερακαρούς που είναι καλή (Πίνακας 4.22).

Πίνακας 4.22: Μέση βιολογική ποιότητα σύμφωνα με το Ε.Συ.Α σε κάθε λεκάνη απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

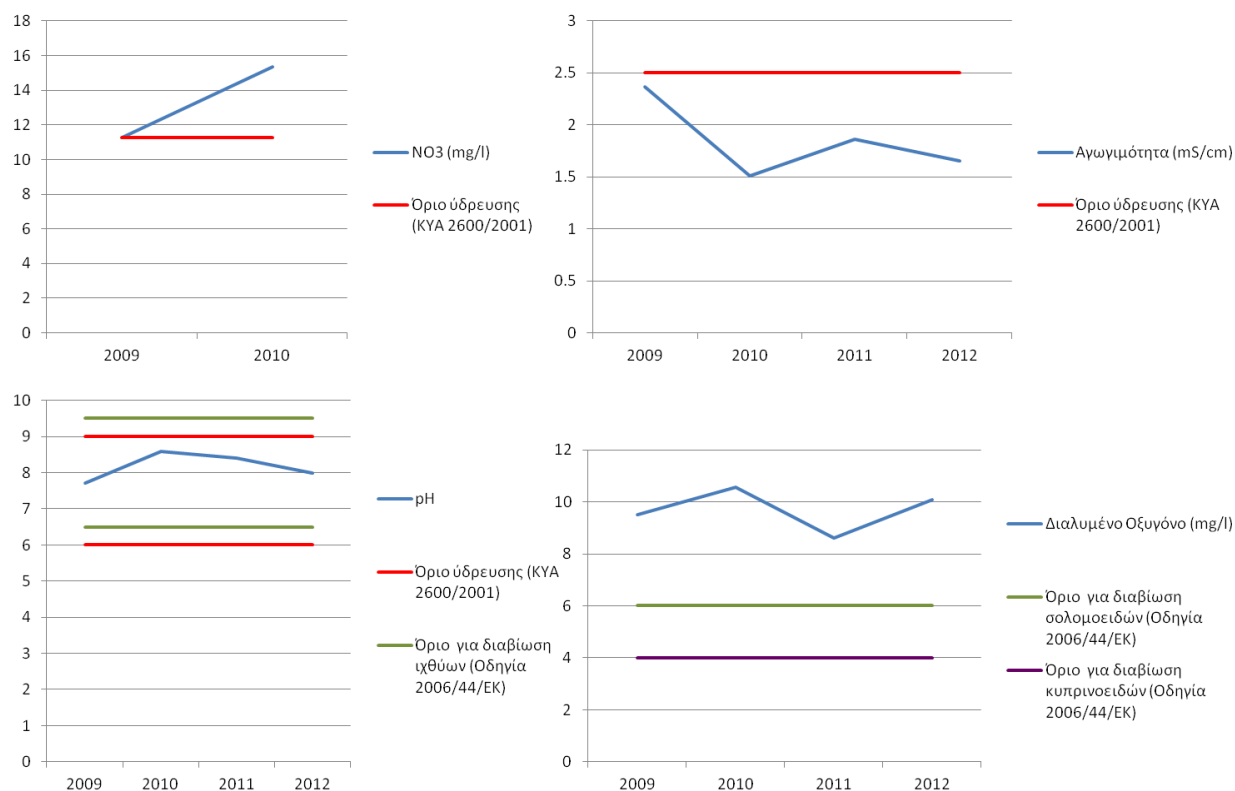
Table 4.22: Average biological quality according to HESII for each river basin of the main streams of the lake Koroneia.

Λεκάνη	Μέσος δείκτης (Ε.ΣΥ.Α)
Καβαλλάρι	2.5
Μπογδάνας	2
Κολχικό	3
Ανάληψη	2
Γερακαρού	3.5

Φύσικο-χημικά ποιοτικά στοιχεία

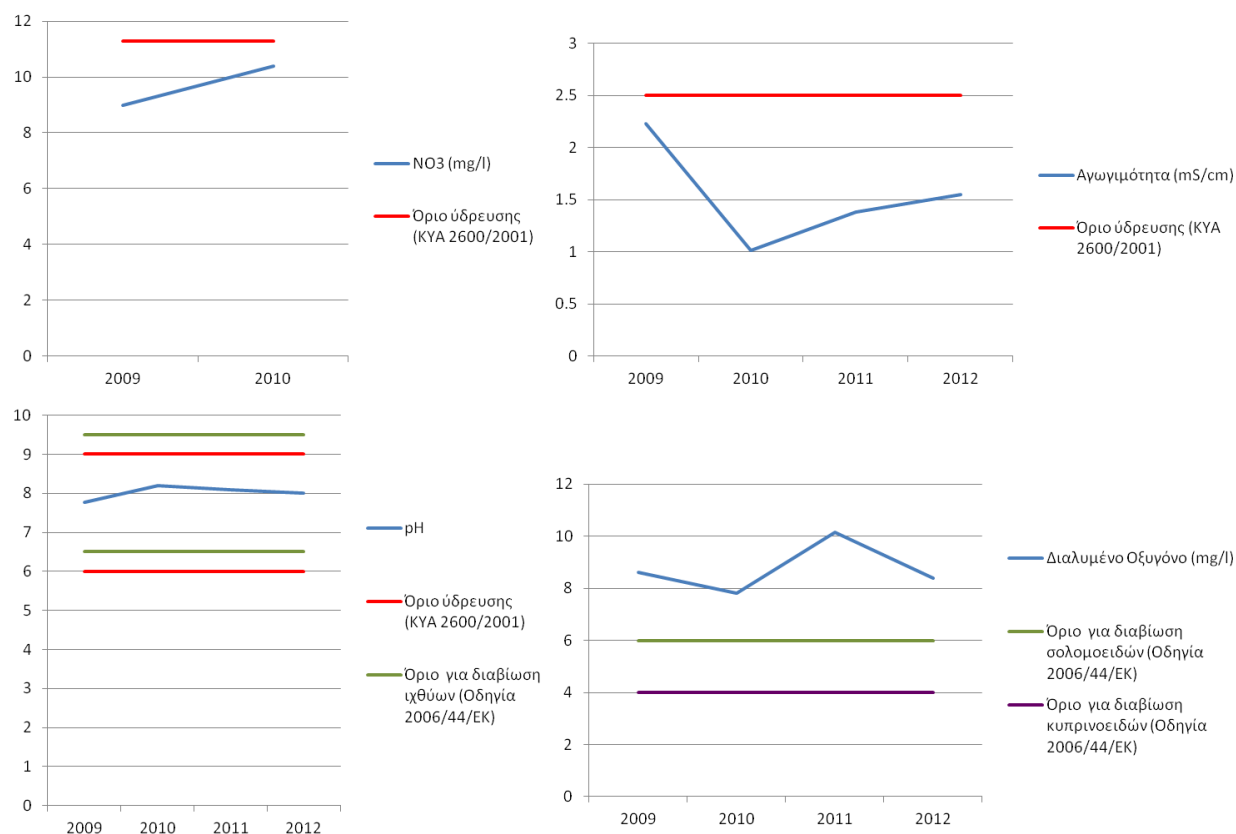
Χρονοσειρές θρεπτικών

Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια από το Φορέα Διαχείρισης των Λιμνών Κορώνειας - Βόλβης για τη συλλογή δεδομένων με θρεπτικά στοιχεία. Στην παρούσα φάση δεν είναι δυνατό να βγει κάποιο συμπέρασμα για το αν οι χρονοσειρές έχουν αύξουσα ή φθίνουσα τάση, καθότι είναι λίγα τα χρόνια συλλογής των δεδομένων και δεν υπάρχει μια σαφής ανοδική ή καθοδική τάση (Εικόνες 4.25-4.29). Μόνο για το σταθμό Καβαλλάρι εκβολές (ΚΑ1) θα μπορούσε να ειπωθεί, και αυτό με πολύ μεγάλη επιφύλαξη (τιμές μόνο από 2 έτη) πως υπάρχει μια ανοδική τάση στις τιμές των N-NO₃. Συνεπώς για την Impress ανάλυση δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από χρονοσειρές.



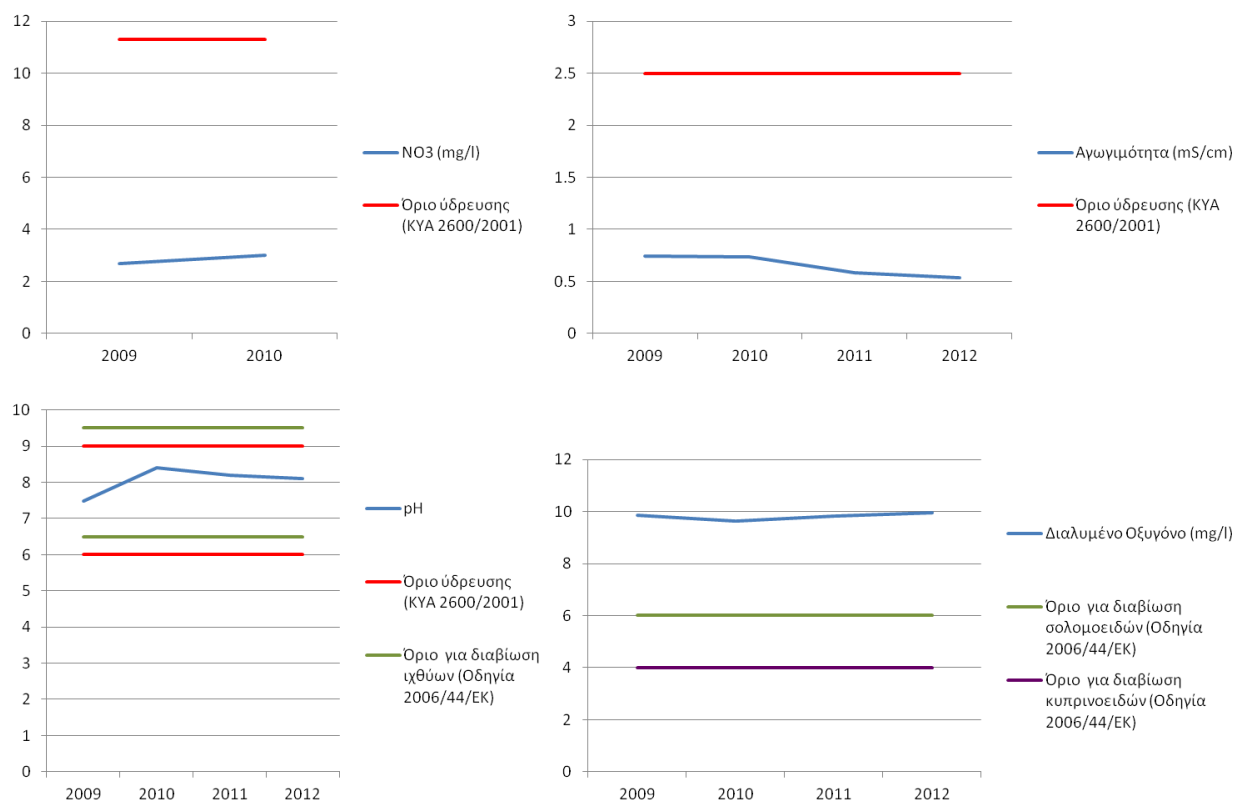
Εικόνα 4.25: Χρονοσειρές για N-NO₃, αγωγιμότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο στο σταθμό Καβαλλάρι εκβολές (KA1) στη λεκάνη απορροής Καβαλλαρίου [Με κόκκινη γραμμή σημειώνεται το όριο για την ύδρευση (KYA 2600/2001) και με πράσινη και μωβ γραμμή σημειώνονται τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/ΕΚ). Τα δεδομένα προέρχονται από το Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας Βόλβης].

Figure 4.25: Time series of N-NO₃, conductivity, pH and dissolved oxygen at the site Kavallari ekvoles (KA1) at the river basin of Kavallari [with red line is mentioned the proposed limits for drinking water (KYA 2600/2001 and with green and purple the limits for the life of fish (Directive 2006/44/EC). The data are from the Management Agency of the lakes Koroneia and Volvi]



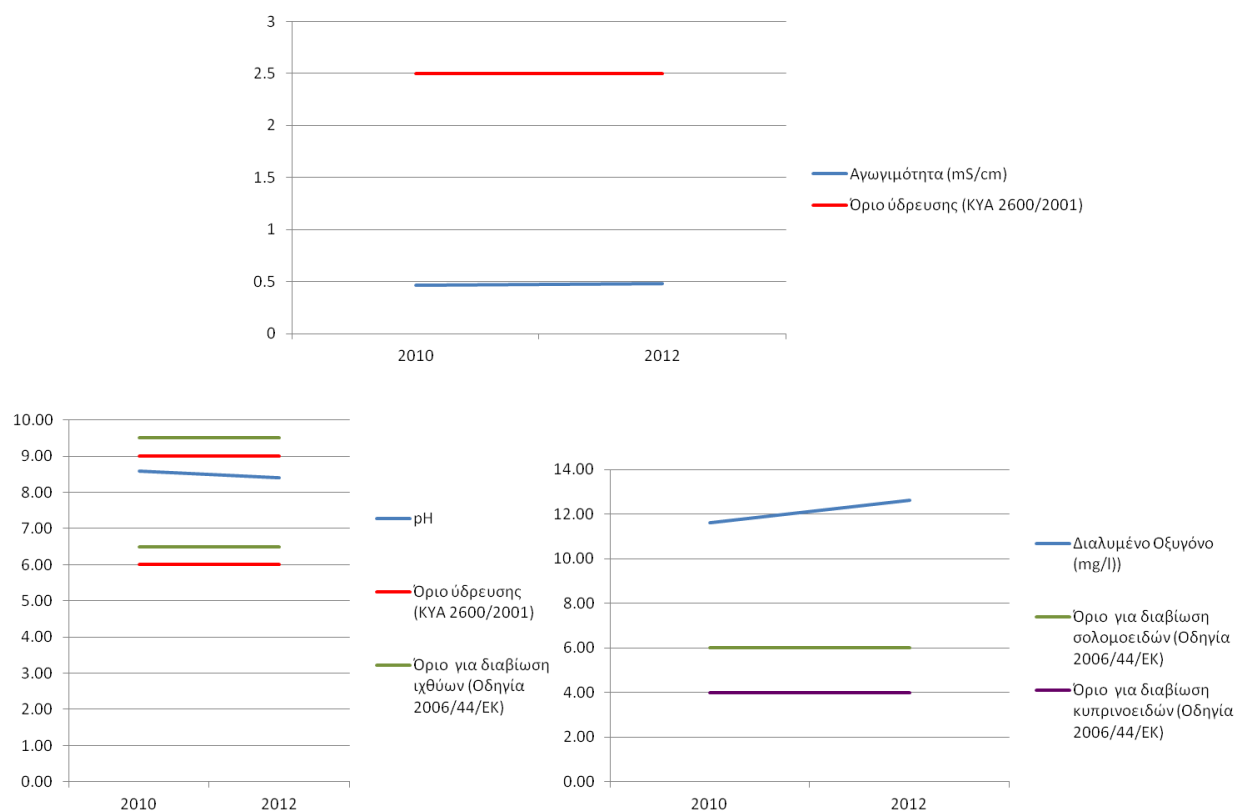
Εικόνα 4.26: Χρονοσειρές για N-NO₃, αγωγιμότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο στο σταθμό Μπογδάνας εκβολές (MP1) στη λεκάνη απορροής Μπογδάνα [Με κόκκινη γραμμή σημειώνεται το όριο για την ύδρευση (ΚΥΑ Υ2/2600/2001) και με πράσινη και μωβ γραμμή σημειώνονται τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/ΕΚ). Τα δεδομένα προέρχονται από το Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας Βόλβης].

Figure 4.26: Time series of N-NO₃, conductivity, pH and dissolved oxygen at the site Bogdanas ekvoles (MP1) at the river basin of Bogdanas [with red line is mentioned the proposed limits for drinking water (KYA Υ2/2600/200) and with green and purple the proposed limits for the life of fish (Directive 2006/44/EC). The data are from the Management Agency of the lakes Koroneia and Volvi]



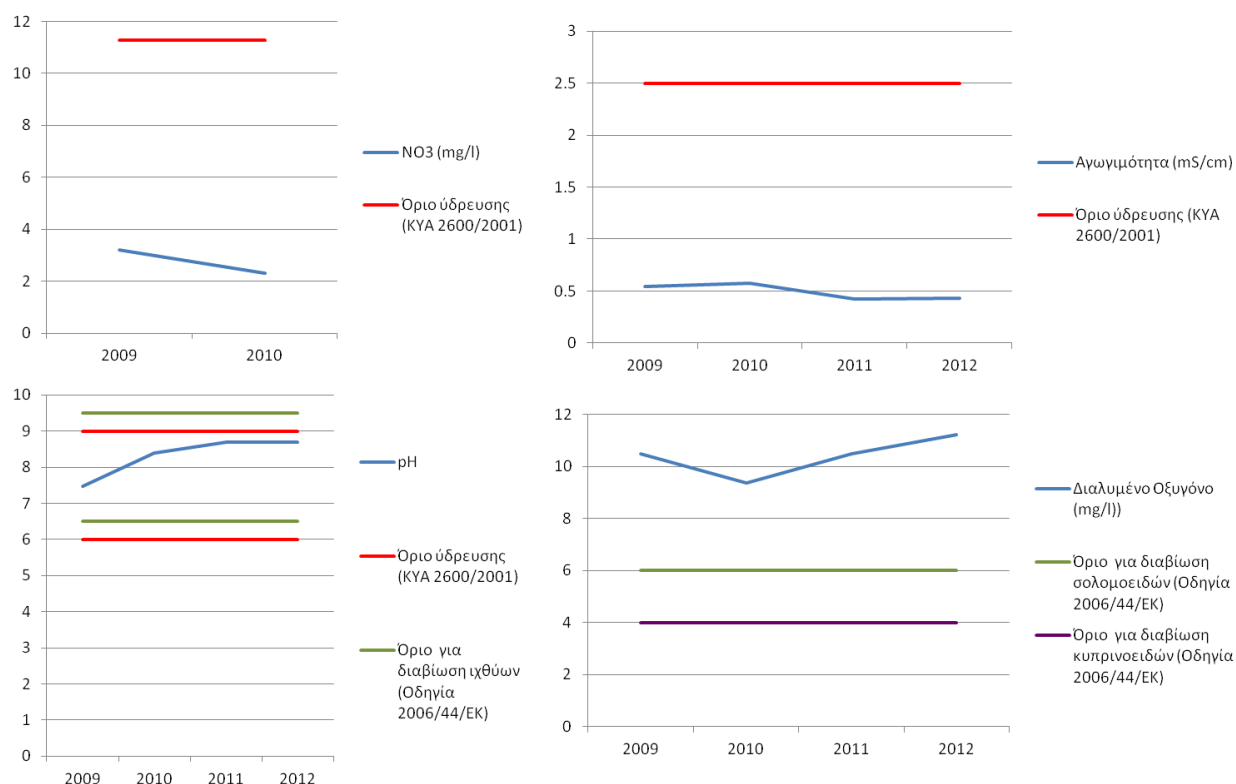
Εικόνα 4.27: Χρονοσειρές για N-NO₃, αγωγιμότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο στο σταθμό Κολχικό ανάντη (ΚΟ3) στη λεκάνη απορροής Κολχικού [Με κόκκινη γραμμή σημειώνεται το όριο για την ύδρευση (ΚΥΑ Υ2/2600/2001) και με πράσινη και μωβ γραμμή σημειώνονται τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/ΕΚ). Τα δεδομένα προέρχονται από το Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας Βόλβης].

Figure 4.27: Time series of N-NO₃, conductivity, pH and dissolved oxygen at the site Kolhiko ananti (ΚΟ1) at the river basin of Kolhiko [with red line is mentioned the proposed limits for drinking water (ΚΥΑ Υ2/2600/2001) and with green and purple the proposed limits for the life of fish (Directive 2006/44/EC). The data are from the Management Agency of the lakes Koroneia and Volvi]



Εικόνα 4.28: Χρονοσειρές για αγωγιμότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο στο σταθμό Ανάληψη ανάντη (AN2) στη λεκάνη απορροής Ανάληψης [Με κόκκινη γραμμή σημειώνεται το όριο για την ύδρευση (ΚΥΑ Υ2/2600/2001) και με πράσινη και μωβ γραμμή σημειώνονται τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/ΕΚ). Τα δεδομένα προέρχονται από το Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας Βόλβης].

Figure 4.28: Time series of conductivity, pH and dissolved oxygen at the site Analipsi ananti (AN2) at the river basin of Analipsi [with red line is mentioned the proposed limits for drinking water (ΚΥΑ Υ2/2600/2001) and with green and purple the proposed limits for the life of fish (Directive 2006/44/EC). The data are from the Management Agency of the lakes Koroneia and Volvi]



Εικόνα 4.29: Χρονοσειρές για N-NO₃, αγωγιμότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο στο σταθμό Γερακαρού εκβολές (GE1) στη λεκάνη απορροής Γερακαρούς [Με κόκκινη γραμμή σημειώνεται το όριο για την ύδρευση (ΚΥΑ Υ2/2600/2001) και με πράσινη και μωβ γραμμή σημειώνονται τα όρια για τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/ΕΚ). Τα δεδομένα προέρχονται από το Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας Βόλβης].

Figure 4.29: Time series of N-NO₃, conductivity, pH and dissolved oxygen at the site Gerakarou ekvolos (GE1) at the river basin of Gerakarou [with red line is mentioned the proposed limits for drinking water (KYA Υ2/2600/2001) and with green and purple the proposed limits for the life of fish (Directive 2006/44/EC). The data are from the Management Agency of the lakes Koroneia and Volvi]

Φύσικο-χημικές μετρήσεις

Από τη μέση φύσικο-χημική ποιότητα (Πίνακας 4.23), προέκυψε ότι στις λεκάνες Καβαλλαρίου και Μπογδάνα ξεπερνώνται τα όρια για ύδρευση λόγω των τιμών των P-PO₄ και N-NH₄ αντίστοιχα. Στη λεκάνη του Κολχικού όλες οι φύσικο-χημικές μετρήσεις ήταν μέσα στα όρια για ύδρευση και διαβίωση των ιχθύων, ενώ στις λεκάνες Ανάληψης και Γερακαρούς ξεπεράστηκαν τα όρια για διαβίωση των ιχθύων λόγω των τιμών BOD₅ και TSS αντίστοιχα.

Πίνακας 4.23: Οι μέσες φυσικο-χημικές μετρήσεις των N-NO₃, N-NO₂, N-NH₄, P-PO₄, διαλυμένου οξυγόνου (DO), αγωγιμότητας, BOD₅, TSS και pH στις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας, καθώς και τα όρια της ΚΥΑ 2600/2001 για το πόσιμο νερό και της Οδηγίας 2006/44/ΕΚ για τη διαβίωση των σολομοειδών και των κυπρινοειδών. (με κόκκινα γράμματα δηλώνονται οι υπερβάσεις των ορίων της Οδηγίας 2006/44/ΕΚ για τη διαβίωση των ιχθύων και με , έντονα κόκκινα οι υπερβάσεις των ορίων της ΚΥΑ 2600/2001 για το πόσιμο νερό).

Table 4.23: The average physicochemical measurements of N-NO₃, N-NO₂, N-NH₄, P-PO₄, dissolved oxygen (DO), conductivity, BOD₅, TSS and pH at the river basins of the main streams of the lake Koroneia. The permitted limits of all parameters are checked according to KYA 2600/2001 (for drinking water) and Directive 2006/44/EC (for fish life). (The values higher than the proposed limits for fish life Directive 2006/44/EC are marked with red letters and for the drinking water KYA 2600/2001 with red bold letters)

		N-NO ₃ (mg/l)	N-NO ₂ (mg/l)	N-NH ₄ (mg/l)	P-PO ₄ (mg/l)	DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	Αγωγιμότητα (mS/cm)	TSS (mg/l)	pH
Όρια ΚΥΑ 2600/2001 για πόσιμο νερό		≤11.29	≤0.152	≤0.389	≤1.09			<2.5		6.5-9.5
Όρια για τη διαβίωση των ιχθύων (Οδηγία 2006/44/ΕΚ)										
(σολομοειδή)			≤0.003	≤0.031	≤0.065	≥6	≤3		≤25	6-9
(κυπρινοειδή)			≤0.009	≤0.156	≤0.131	≥4	≤6		≤25	6-9
Λεκάνες	Καβαλλάρι	2.289	0.019	0.114	1.901	8.500	2.300	1.762	15.365	8.095
	Μπογδάνας	0.644	0.115	0.659	0.646	6.348	6.376	1.048	30.058	7.930
	Κολχικό	0.743	0.004	0.052	0.032	10.396	4.576	0.676	3.206	8.670
	Ανάληψη	0.009	0.000	0.024	0.021	11.930	10.280	0.610	1.600	8.680
	Γερακαρού	0.435	0.004	0.021	0.004	10.447	5.050	1.628	25.585	8.445

Λαμβάνοντας υπόψη λοιπόν το γεγονός ότι:

1. το μέσο HMS>8 σε όλες τις λεκάνες απορροής
2. η βιολογική ποιότητα είναι κατώτερη της καλής σε όλες τις λεκάνες εκτός από της Γερακαρούς
3. οι φυσικο-χημικές μετρήσεις ξεπερνούν τα όρια της ύδρευσης στις λεκάνες Καβαλλαρίου και Μπογδάνα και τα όρια διαβίωσης των ιχθύων στις λεκάνες Ανάληψης και Γερακαρούς

προέκυψε ότι:

- βάσει των μορφολογικών πιέσεων οι επιπτώσεις είναι σίγουρες σε όλες τις λεκάνες απορροής
- βάσει των πιέσεων ρύπανσης οι επιπτώσεις:
 - ο στις λεκάνες Καβαλλαρίου και Μπογδάνα είναι πιθανές (Πίνακας 4.24).
 - ο στη λεκάνη Κολχικού και Ανάληψης είναι πιθανές με μια επιφύλαξη καθώς το κριτήριο της υπέρβασης των ορίων ύδρευσης δεν πληρείται, αλλά υπάρχει υπέρβαση των ορίων διαβίωσης των ιχθύων στη λεκάνη Ανάληψης (Πίνακας 4.26).

- ο στη λεκάνη Γερακαρούς είναι πιθανές με μια επιφύλαξη, καθότι παρόλο που η βιολογική ποιότητα προέκυψε καλή, τα όρια διαβίωσης των ιχθύων ξεπερνώνται με αποτέλεσμα η τελική οικολογική κατάσταση που προκύπτει να είναι μέτρια (Πίνακας 4.26).

Πίνακας 4.24: Εκτίμηση των επιπτώσεων από πιέσεις ρύπανσης και μορφολογικές πιέσεις στις λεκάνες απορροής Καβαλλαρίου και Μπογδάνα (τροποποιημένος από Castro *et al.* 2005).

Table 4.24: Assessment of the effects from pollution pressures and morphological pressures at the river basins of Kavallari and Bogdanas (modified from Castro *et al.* 2005).

		ΠΙΕΣΕΙΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ			ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ (Raven <i>et al.</i> 1998 a,b)
Ε Π Ι Π Τ Ω Σ Ε Ι Σ	ΣΠΟΥΡΕΣ	Αν ισχύουν όλα τα παρακάτω:			Μέσο HMS > 8
		Μέση βιολογική ποιότητα κατώτερη της καλής	Χρονοσαφές θρεπτικών αξουσας συγκέντρωσης	Μέσες τιμές φυσικών-χημικών παραμέτρων μεγαλύτερες από πρότυπα για άρδευση	
	ΠΙΘΑΝΕΣ	Αν ισχύουν τουλάχιστον δύο από τα παρακάτω:			2 < Μέσο HMS ≤ 8
		Μέση βιολογική ποιότητα κατώτερη της καλής	Χρονοσαφές θρεπτικών σταθερής ή ελαττούμενης συγκέντρωσης	Μέσες τιμές φυσικών-χημικών παραμέτρων μεγαλύτερες από πρότυπα για ύδρευση	
	ΧΩΡΙΣ	Αν ισχύουν όλα τα παρακάτω:			Μέσο HMS ≤ 2
		Μέση βιολογική ποιότητα ανώτερη της καλής	Χρονοσειρές θρεπτικών σταθερής ή ελαττούμενης συγκέντρωσης	Μέσες τιμές φυσικών-χημικών παραμέτρων μικρότερες από πρότυπα για διαβίωση ψαριών	

Πίνακας 4.25: Εκτίμηση των επιπτώσεων από πιέσεις ρύπανσης και μορφολογικές πιέσεις στις λεκάνες απορροής Κολχικού, Ανάληψης και Γερακαρούς (τροποποιημένος από Castro *et al.* 2005).

Table 4.25: Assessment of the consequences from pollution pressures and morphological pressures at the river basins of Kolhiko, Analipsi and Gerakarou (modified from Castro *et al.* 2005).

		ΠΙΕΣΕΙΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ			ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ (Raven et al. 1998 a,b)
Ε Π Ι Π Τ Ω Σ Ε Ι Σ	ΣΙΓΟΥΡΕΣ	Αν ισχύουν όλα τα παρακάτω:			Μέσο HMS > 8
		Μέση βιολογική ποιότητα κατώτερη της καλής	Χρονοσειρές θρεπτικών αυξουσας συγκέντρωσης	Μέσες τιμές φυσικών-χημικών παραμέτρων μεγαλύτερες από πρότυπα για άρδευση	
		Αν ισχύουν τουλάχιστον δύο από τα παρακάτω:			
	ΠΙΘΑΝΕΣ	Μέση βιολογική ποιότητα κατώτερη της καλής		Μέσες τιμές φυσικών-χημικών παραμέτρων μεγαλύτερες από πρότυπα για άρδευση	2 < Μέσο HMS ≤ 8
	ΧΩΡΙΣ	Αν ισχύουν όλα τα παρακάτω:			Μέσο HMS ≤ 2
		Μέση βιολογική ποιότητα ανώτερη της καλής	Χρονοσειρές θρεπτικών σταθερής ή ελαττωμένης συγκέντρωσης	Μέσες τιμές φυσικών-χημικών παραμέτρων μικρότερες από πρότυπα για διαβίωση ψαριών	

4.8.2 Επικινδυνότητα μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων-Διαχείριση κινδύνου

Δεδομένου ότι:

- οι επιπτώσεις βάσει των μορφολογικών πιέσεων είναι σίγουρες και οι μορφολογικές αλλοιώσεις είναι σημαντικές και στις πέντε λεκάνες απορροής η επικινδυνότητα μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων είναι υψηλή και για τη διαχείριση του κινδύνου χρειάζεται άμεση εφαρμογή προγράμματος μέτρων (Πίνακες 4.26, 4.27).
- οι επιπτώσεις βάσει των πιέσεων ρύπανσης είναι πιθανές και οι πιέσεις ρύπανσης που ασκούνται και στις πέντε λεκάνες απορροής είναι σημαντικές, η επικινδυνότητα μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων είναι μέτρια και για τη διαχείριση του κινδύνου χρειάζεται μακροχρόνιο πρόγραμμα μέτρων (Πίνακες 4.26, 4.27).

Πίνακας 4.26: Εκτίμηση επικινδυνότητας μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων και για τις πέντε λε κάνες απορροής (τροποποιημένος από Castro *et al.* 2005).

Table 4.26: Risk assessment for not achieving the environmental objectives for the five river basins (modified from Castro *et al.* 2005).

ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ		ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ			
		ΣΙΓΟΥΡΕΣ	ΠΙΘΑΝΕΣ	ΧΩΡΙΣ	ΑΠΟΥΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ	ΝΑΙ	ΥΨΗΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ
	ΌΧΙ	ΥΨΗΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΑΝΥΠΑΡΚΤΗ	ΧΑΜΗΛΗ
	ΑΠΟΥΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΥΨΗΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΧΑΜΗΛΗ	ΔΕΝ ΕΚΤΙΜΑΤΑΙ

Πίνακας 4.27: Μέτρα για τη διαχείριση του κινδύνου μη επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων απορροής (τροποποιημένος από Castro *et al.* 2005).

Table 4.27: Measures to manage the risk not achieving the environmental objectives for the five river basins (modified from Castro *et al.* 2005).

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ		ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ			
		ΣΙΓΟΥΡΕΣ	ΠΙΘΑΝΕΣ	ΧΩΡΙΣ	ΑΠΟΥΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ	ΝΑΙ	Άμεση εφαρμογή προγράμματος μέτρων	Μακροχρόνιο πρόγραμμα μέτρων	Εφαρμογή εποπτικής παρακολούθησης	Εφαρμογή παρακολούθησης διερεύνησης
	ΌΧΙ	Συμπληρωματική ανάλυση IMPRESS	Εφαρμογή επιχειρησιακής παρακολούθησης	Διατήρηση των συνθηκών	Εφαρμογή εποπτικής παρακολούθησης
	ΑΠΟΥΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	Εφαρμογή επιχειρησιακής παρακολούθησης		Εφαρμογή εποπτικής παρακολούθησης	Άμεση συμπληρωματική IMPRESS ανάλυση

4.9 Μοντέλο DPSIR

Με βάση την κατάσταση και τα δεδομένα που υπάρχουν στην περιοχή έγινε η ανάλυση του μοντέλου DPSIR για τις λεκάνες απορροής των κυριότερων ποταμοχειμάρρων της λίμνης Κορώνειας.

Κινητήριες Δυνάμεις (Driving forces)

- Α. Αστική και βιομηχανική ανάπτυξη
- Β. Έντονη κτηνοτροφική δραστηριότητα
- Γ. Έντονη γεωργική δραστηριότητα
- Δ. Άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Πιέσεις (Pressures)

- Α. Αστικά λύματα, αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, μορφολογικές αλλοιώσεις
- Β. Κτηνοτροφικά απόβλητα
- Γ. Χρήση φυτοφαρμάκων και χημικών λιπασμάτων, υπεράντληση από γεωτρήσεις, μορφολογικές αλλοιώσεις
- Δ. Εκτροπή, διευθέτηση της κοίτης των ποταμοχειμάρρων με αναβαθμίδες

Κατάσταση (State)

- Α. Υψηλή περιεκτικότητα σε TP, BOD που προέρχονται από αστικά λύματα και αύξηση των ανθεκτικών στη ρύπανση taxa
- Α, Δ. Αλλοίωση κοίτης και όχθης (γέφυρες, διέλευση οχημάτων, μέσο HMS>8)
- Β, Γ. Υψηλή περιεκτικότητα σε TN, TP, BOD που προέρχονται από κτηνοτροφική και γεωργική δραστηριότητα και αύξηση των ανθεκτικών στη ρύπανση taxa
- Γ. Χαμηλή στάθμη υδροφόρου ορίζοντα
- Δ. Υποβάθμιση παρόχθιας βλάστησης
- Δ. Τροποποίηση του ενδιαιτήματος

Επιπτώσεις (Impacts)

- Α, Β, Γ. Υποβάθμιση ποιότητας ως προς φυσικο-χημικά και βιολογικά δεδομένα και περαιτέρω επιβάρυνση της λίμνης Κορώνειας από τροφοδότηση με νερό μέτριας-ελλιπούς ποιότητας από τους πέντε ποταμοχειμάρρους.
- Α. Αλλοίωση φυσικού τοπίου
- Α. Διακοπή συνέχειας παρόχθιας ζώνης και υποβάθμιση παρόχθιων ενδιαιτημάτων

- Γ. Εξάντληση των υδροφόρων οριζόντων, αλλοίωση παρόχθιων ενδιαιτημάτων και χαμηλές τιμές QBR στα πεδινά
- Δ. Υποβάθμιση ποιότητας των υδάτων ως προς τα βιολογικά στοιχεία και όχληση του τοπίου

Απόκριση (Response)

- Α. Εξυπηρέτηση περισσότερων οικισμών από ΕΕΛ, δημιουργία νέων ΕΕΛ και επεξεργασία αποβλήτων. Εξοικονόμηση νερού σε αντίθετη περίπτωση επιβολή προστίμων.
- Α. Συλλογή, ανακύκλωση και περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση
- Β. Εκσυγχρονισμός των κτηνοτροφικών μονάδων με επεξεργασία των αποβλήτων τους
- Γ. Παύση αδειών για εξόρυξη νέων γεωτρήσεων, ορθολογική χρήση και τιμολόγηση του νερού
- Γ. Απαγόρευση επέκτασης των υδροβόρων καλλιεργειών, ενημέρωση και ευαισθητοποίηση πολιτών και αγροτών
- Γ. Εκ νέου διάρθρωση των καλλιεργειών με ξηρικές, χρήση επεξεργασμένων λυμάτων (β' βαθμού επεξεργασία) για την άρδευση,
- Δ. Δημιουργία διαδρόμων για ιχθυοπανίδα, φερτή ύλη στις αναβαθμίδες και αποκατάσταση του φυσικού τοπίου
- Α, Β, Γ, Δ. Περαιτέρω βιοπαρακολούθηση των λεκανών απορροής (φύσικο-χημικά, βιολογικά και υδρομορφολογικά)

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι 16 σταθμοί δειγματοληψίας που εξετάστηκαν συνολικά για τους πέντε ποταμοχειμάρρους ανήκαν σε τέσσερις διαφορετικούς τύπους (1121, 1221, 2221 και 2121) σύμφωνα με το σύστημα Β της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Όλοι οι σταθμοί είχαν πυριτικό γεωλογικό υπόβαθρο και κλίσεις 0 – 5 μοίρες. Η διαφοροποίηση στην τυπολογία μεταξύ των σταθμών οφειλόταν στο μέγεθος της λεκάνης και στο υψόμετρο. Το μέγεθος της λεκάνης μπορεί να καθορίσει το πλάτος του ποταμού, τη σύσταση του υποστρώματος και κατά συνέπεια τη βενθοπανίδα (Skoulikidis *et al.* 2009). Το υψόμετρο επίσης μπορεί να ευνοήσει ή να είναι απαγορευτικό στην παρουσία κάποιων ταξινομικών ομάδων (Skoulikidis *et al.* 2009). Στις λεκάνες που μελετήθηκαν αυτές με μικρή έκταση είχαν και πιο χονδρόκοκκο υλικό, ενώ όσον αφορά το υψόμετρο δεν παρατηρήθηκαν διαφορές καθότι οι δυο σταθμοί (MP4, MP5) που είχαν μεγαλύτερο υψόμετρο δέχονταν πιέσεις με αποτέλεσμα τη μεταβολή της σύνθεσης της πανίδας τους λόγω αυτών (Skoulikidis 2009).

Οι σταθμοί GE3, MP2, KO2 και KO3 εμφάνισαν μεγαλύτερη αφθονία ατόμων βενθικών μακροασπονδύλων κατά την υψηλή ροή, πράγμα το οποίο είναι αναμενόμενο σύμφωνα με τον Statzner *et al.* (1988) και έχει παρατηρηθεί και σε άλλες μελέτες στα ελληνικά Μεσογειακά ποτάμια (Artemiadou *et al.* 2008, Λάμπου 2012, Σιμελιάδου 2012). Εξαίρεση αποτελούν οι σταθμοί MP4 και MP5 που παρουσίασαν μεγαλύτερη αφθονία ατόμων καθώς και ταξινομικών ομάδων κατά την περίοδο χαμηλής ροής και συμφωνούν με τα αποτελέσματα του Βαβαλίδη (2011) καθώς και την υπόθεση για την εποχικότητα των Gasith & Resh (1999), κατά την οποία στην υψηλή ροή τα πλημμυρικά φαινόμενα είναι έντονα, παρασέρνουν άτομα και μπορεί να αλλάξουν τη δομή του υποστρώματος με αποτέλεσμα τη μείωση της αφθονίας ατόμων.

Κατά την περίοδο χαμηλής ροής ο σταθμός με τη μεγαλύτερη αφθονία ήταν ο MP4X στη λεκάνη Μπογδάνα και οφείλεται στη μεγάλη συμμετοχή της οικογένειας Chironomidae (not red), γεγονός που συμφωνεί με την Lazaridou-Dimitriadou (2002) κατά την οποία την περίοδο (Ιούνιο-Νοέμβριο) παρουσιάζουν το πληθυσμιακό τους μέγιστο. Κατά την περίοδο υψηλής ροής ο σταθμός KA1Y στη λεκάνη Καβαλλαρίου είχε τη μεγαλύτερη αφθονία βενθικών μακροασπονδύλων και οφειλόταν στη μεγάλη αφθονία των Gammaridae. Σύμφωνα με τον Hynes (1955) η εποχικότητα μπορεί να επηρεάσει την αφθονία καθότι επαναστρατολογούνται νέα άτομα σε πολλά είδη της οικογένειας στα μέσα της άνοιξης.

Πιο συγκεκριμένα, κατά την περίοδο χαμηλής ροής, στους σταθμούς AN2X, KO2X και MP4X τη μεγαλύτερη αφθονία είχε η ταξινομική ομάδα των Diptera. Οι κυρίαρχες

οικογένειες ήταν τα Simuliidae στους δυο πρώτους σταθμούς και τα Chironomidae (not red) στον άλλο σταθμό. Η κυριαρχία διαφορετικών οικογενειών οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα Simuliidae προτιμούν χοντρόκοκκο υλικό (AN2X) ή παρουσία μακροφύτων (KO2X) (Schroder *et al.* 2013), ενώ τα Chironomidae έχουν την ικανότητα να διαβιούν σε ποικίλα ενδιαίτηματα λόγω της ύπαρξης ειδών με πολλούς τροφικούς τύπους (Henriquez-Oliviera *et al.* 2003), καθώς και σε σταθμούς που δέχονται λύματα από τυροκομεία (Theodoropoulos & Iliopoulou-Georgoudaki 2010) όπως στην περίπτωση του σταθμού MP4X. Στους σταθμούς GE3X και KO3X κυριάρχησαν τα Ephemeroptera (Caenidae) και Trichoptera (Hydropsychidae) αντίστοιχα που είναι χαρακτηριστικά στα ανάντη τμήματα των ποτάμιων ενδιαιτημάτων (Chatzinikolaou *et al.* 2006), ενώ στους σταθμούς MP2X και MP5X τα Gastropoda (Physidae), τα οποία προτιμούν τις ψηφίδες ως τύπο υποστρώματος (Oscor *et al.* 2011) και απαντώνται σε ήρεμα, μεσαίου υψομέτρου ύδατα (Lazaridou 2002), γεγονός που επιβεβαιώνεται από τα χαρακτηριστικά αυτών των σταθμών.

Κατά την περίοδο υψηλής ροής στους σταθμούς GE1Y- GE3Y, KA2Y και MP1Y- MP5Y τη μεγαλύτερη αφθονία είχε η ταξινομική ομάδα των Diptera. Οι κυρίαρχες οικογένειες ήταν τα Simuliidae (GE3Y), τα Syrphidae (MP4Y) και τα Chironomidae (not red) στους υπόλοιπους σταθμούς. Τα Simuliidae που προτιμούν χοντρόκοκκο υπόστρωμα, και ξύλα αποβρασμένα (Schroder *et al.* 2013) ήταν πιο άφθονα στο σταθμό GE3Y. Τα Syrphidae που μπορούν να διαβιώσουν σε ανοξικές συνθήκες (Mezquita *et al.* 1999) κυριάρχησαν στο σταθμό MP4Y που η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (D.O) ήταν πολύ χαμηλή (1.5 mg/l), Τα Chironomidae (not red) απαντούν σε μεγάλη αφθονία σε σταθμούς με λεπτόκοκκο υλικό (Mezquita *et al.* 1999), τεχνητό υπόστρωμα (Χατζηνικολάου 2007), οργανικό φορτίο από αστικά λύματα (Moreno & Callista 2005) καθώς και σε σταθμούς που δέχονται έντονες ανθρωπογενείς πιέσεις (Ili *et al.* 2005), πράγμα το οποίο επιβεβαιώνεται από τα χαρακτηριστικά των σταθμών στους οποίους ήταν η κυρίαρχη οικογένεια. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι στο σταθμό KA2Y παρότι το υπόστρωμα ήταν κυρίως λεπτόκοκκο η δειγματοληψία δεν ήταν δυνατό να γίνει στο φυσικό υπόστρωμα και έγινε στο τσιμέντο κάτω από τη γέφυρα. Στους σταθμούς KA1Y και KO1Y-KO3Y τη μεγαλύτερη αφθονία είχαν τα Amphipoda (Gammaridae) και Ephemeroptera (Baetidae) αντίστοιχα. Η πολλή μεγάλη αφθονία των Gammaridae (θρυμματοφάγα) μπορεί να οφείλεται στην εποχικότητα (Hynes 1955) όπως προαναφέρθηκε, καθώς και στην αφθονία των μακρόφυτων (καλάμια) που προσφέρουν τροφή (Manchinelli 2008), αυξάνουν τη συγκέντρωση οξυγόνου (Πρόχασκα 2005) καταστώντας τη δυνατή για τη διαβίωσή τους (Dakou 2006) στο σταθμό KA1Y. Όσον αφορά τη μεγάλη αφθονία των Baetidae έχει παρατηρηθεί και σε άλλα μεσογειακά

συστήματα κατά την περίοδο υψηλής ροής (Artemiadou 2008, Χατζηνικολάου 2007, Chatzinikolaou 2008) να είναι η πιο άφθονη οικογένεια. Επίσης, η ικανότητά τους να διαβιούν σε περιβάλλοντα με διακύμανση της ροής (Hynes 1970) καθώς και η προτίμηση ενδιαιτημάτων με μακρόφυτα (Berner & Pescador 1988) δικαιολογεί την παρουσία τους σε αυτούς τους σταθμούς.

Όσον αφορά την ανθεκτικότητα των ταξινομικών ομάδων στους σταθμούς GE3X, GE3Y, KO3X και KA1Y επικράτησαν οι μεσαίας ανθεκτικότητας στη ρύπανση ταξινομικές ομάδες σε αντίθεση με τους υπόλοιπους σταθμούς που κυριάρχησαν σε αφθονία οι ανθεκτικές. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη αφθονία οικογενειών με μεσαία ευαισθησία στη ρύπανση, και στο γεγονός ότι οι σταθμοί βρίσκονται ανάντη οικισμών οπότε δεν δέχονται σημαντικές ανθρωπογενείς πιέσεις. Για το σταθμό KA1Y οφείλεται στη μεγάλη αφθονία των Gammaridae.

Συγκρίνοντας τους δυο βιοτικούς δείκτες (Ε.Συ.Α και EQR_STAR_ICMi) παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν 6 στις 20 περιπτώσεις που έδωσαν διαφορετικά αποτελέσματα υπερκετιμώντας από τον Ε.Συ.Α (GE3X, KO2X, KO3X, MP5X) ή υποκετιμώντας (MP4X, MP4Y) την οικολογική ποιότητα. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο ότι το Ε.Συ.Α λαμβάνει υπόψη περισσότερες ταξινομικές ομάδες από ότι ο πολυμετρικός δείκτης με αποτέλεσμα να δίνει ακριβέστερη εκτίμηση της ποιότητας των σταθμών σε σχέση με τον STAR_ICMi.

Η οικολογική ποιότητα στις δύο περιόδους δειγματοληψίας δεν φάνηκε να ακολουθεί συγκεκριμένο εποχικό πρότυπο σε όλους τους σταθμούς αλλά εξαρτήθηκε από τις επικρατούσες συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα, σε δυο σταθμούς (KO2 & KO3) ήταν καλύτερη την περίοδο υψηλής ροής όπως συμβαίνει και σε άλλα ελληνικά ποτάμια (Lazaridou *et al.* 2000, Lekka *et al.* 2004), ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς η οικολογική ποιότητα παρέμεινε είτε κατώτερη της καλής είτε από υψηλή έγινε καλή (GE3) γεγονός που συμφωνεί και με τα αποτελέσματα των Cheimonopoulou *et al.* (2011).

Στη λεκάνη του Μπογδάνα, η ποιότητα στους σταθμούς κυμάνθηκε από κακή έως μέτρια. Η ελλιπής ποιότητα που βρέθηκε στους σταθμούς MP5, MP3 και MP2 μπορεί να εξηγηθεί από τις σημειακές πιέσεις που δέχονται αυτοί οι σταθμοί. Συγκεκριμένα, στο σταθμό MP5 οφείλεται στην παρουσία κτηνοτροφικής μονάδας κοντά στο σταθμό (έντονη βόσκηση), όπως σημειώθηκε και από τους Λάμπου (2012) και Βαβαλίδης (2012), και στις υδρομορφολογικές αλλοιώσεις (γέφυρα, κανάλι) σύμφωνα με το δείκτη HMS που συνέβαλαν στην ποιότητα αυτή. Η ποιότητα των σταθμών MP3 και MP2 επηρεάστηκε από την κτηνοτροφία, τις βιομηχανίες και τη γεωργική δραστηριότητα που ασκείται ανάντη των σταθμών, καθώς και την εναπόθεση των λυμάτων του βιολογικού σταθμού ΕΕΛ Λαγκαδά ανάντη του σταθμού

MP2, γεγονός που έχει παρατηρηθεί σε ανάλογες περιπτώσεις (Ortiz 2005) και φαίνεται και από τις φυσικο-χημικές μετρήσεις στις οποίες τα $N-NO_2$ και $P-PO_4$ ξεπέρασαν τα όρια για το πόσιμο νερό.

Ο σταθμός MP4 του Μπογδάνα που δεχόταν ρύπους από τυροκομείο της περιοχής εμφάνισε κακή οικολογική ποιότητα. Τα τυροκομεία στην Ελλάδα αποτελούν μια από τις σημαντικότερες πηγές ρύπανσης και πολλές μικρές μονάδες παραγωγής ευθύνονται για μεγάλες ποσότητες ανεπεξέργαστων λυμάτων που καταλήγουν στα ποτάμια (Theodoropoulos & Plioroulou-Georgoudaki 2010, Karadima *et al.* 2010). Σύμφωνα με τους Karadima *et al.* (2010) η οικολογική ποιότητα των σταθμών που επηρεαζόταν από τυροκομείο της περιοχής στο Βουραϊκό ποταμό (Πελοπόννησος) ήταν μέτρια έως κακή. Η επίδραση των αποβλήτων του τυροκομείου επιβεβαιώνεται και από τις φυσικο-χημικές μετρήσεις που ξεπερνούν τα όρια της αγωγιμότητας για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα καθώς και τα όρια για το πόσιμο νερό ως προς τα $N-NO_2$, $N-NH_4$, $P-PO_4$, TSS και BOD_5 , γεγονός που έχει παρατηρηθεί σε ύδατα στα οποία εισέρχονται λύματα τυροκομείων (Βαβαλίδης 2011, Karadima *et al.* 2010).

Ο εκβολικός σταθμός MP1 είχε μέτρια ποιότητα παρά το γεγονός ότι οι σταθμοί ανάντη αυτού είχαν ελλιπή ποιότητα. Η βελτίωση της βιολογικής ποιότητας μπορεί να οφείλεται στην παρουσία μακρόφυτων (καλαμιών) τα οποία βοηθούν στη βελτίωση της ποιότητας του νερού και χρησιμοποιούνται για αυτό το λόγο και σε εγκαταστάσεις βιολογικών καθαρισμών (Πρόχασκα 2005).

Στη λεκάνη του Καβαλλαρίου ο σταθμός KA2 παρουσίασε ελλιπή ποιότητα καθότι βρίσκεται κατάντη του οικισμού Καβαλλαρίου, κτηνοτροφικών μονάδων και βιομηχανιών που είναι πιθανό να ρίχνουν τα λύματά τους, ενώ δέχεται και πιέσεις από τη μεγάλη έκταση της αγροτικής γης. Η βελτίωση της βιολογικής ποιότητας στο σταθμό KA1 μπορεί να οφείλεται στην έντονη παρουσία μακρόφυτων (καλαμιών), όπως προαναφέρθηκε και για το σταθμό MP1.

Στη λεκάνη του Κολχικού ο σταθμός KO3 παρουσίασε μέτρια (χαμηλή ροή) και καλή (υψηλή ροή) ποιότητα, καθότι δεν δέχεται σημαντικές πιέσεις από την αγροτική δραστηριότητα (η κυρίαρχη κάλυψη ανάντη είναι βοσκότοποι) και κυριαρχεί το χοντρόκοκκο υλικό ως υπόστρωμα (Λάμπου 2012, Skoulikidis *et al.* 2002). Στο σταθμό KO2 παρά το γεγονός ότι βρίσκεται κατάντη του Κολχικού, ομοίως η οικολογική ποιότητα βρέθηκε μέτρια (χαμηλή ροή) και καλή (υψηλή ροή) (Σιμελιάδου 2012). Στο σταθμό KO1 η οικολογική ποιότητα ήταν ελλιπής γεγονός που οφείλεται κυρίως στις πιέσεις που ασκεί η γεωργική δραστηριότητα (Chatzinikolaou 2010).

Στη λεκάνη Γερακαρούς ο σταθμός GE3 παρουσίασε υψηλή (χαμηλή ροή) και καλή (υψηλή ροή) ποιότητα, καθότι δεν δέχεται σημαντικές πιέσεις. Το γεγονός ότι έχει πλούσια παρόχθια βλάστηση και βρίσκεται μέσα σε δάσος προσδίδει στο σταθμό πλούσιο οργανικό υλικό που μπορεί να φιλοξενήσει ποικιλία οργανισμών, όπως φαίνεται και από την ισόποση αφθονίας των οργανισμών ανάλογα με την ευαισθησία τους στη ρύπανση. Επιπλέον βοηθητικό ρόλο παίζει και η κυριαρχία του χοντρόκοκκου υλικού ως υπόστρωμα (Λάμπου 2012, Skoulidakis *et al.* 2002). Στο σταθμό δειγματοληψίας GE2 η οικολογική ποιότητα βρέθηκε καλή παρά το γεγονός ότι βρίσκεται κατάντη του οικισμού Γερακαρού (Σιμελιάδου 2012). Στο σταθμό GE1 η ποιότητα ήταν ελλιπής κυρίως εξαιτίας της γεωργικής δραστηριότητας ανάντη του σταθμού (Chatzinikolaou 2010).

Στους σταθμούς που παρατηρήθηκε μέτρια ή κατώτερη της μέτριας βιολογική ποιότητα, οι φύσικο-χημικές μετρήσεις συμφωνούσαν με την βιολογική ποιότητα ξεπερνώντας τα επιτρεπόμενα όρια. Οι σταθμοί αυτοί συνήθως δέχονταν πιέσεις από τις αστικές περιοχές (Bellos *et al.* 2004 Nikolaidis *et al.* 2009), την αγροτική χρήση γης (Chatzinikolaou 2010, Skoulidakis *et al.* 2002, Theodoropoulos 2010), τα τυροκομεία (Karadima *et al.* 2010) ή τις κτηνοτροφικές μονάδες (Λάμπου 2012, Βαβαλίδης 2011).

Σύμφωνα με την ανάλυση Simper οι σταθμοί διακρίθηκαν σε δυο ομάδες. Η ομάδα I αποτελούνταν από σταθμούς από μέτρια έως καλή ποιότητα και η ομάδα II από σταθμούς μέτριας έως κακής ποιότητας. Η ανομοιότητα μεταξύ των δυο ομάδων οφείλεται κυρίως στις ταξινομικές ομάδες των Baetidae, Caenidae και Simulidae που είχαν μεγαλύτερη μέση αφθονία στους σταθμούς της ομάδας I καθότι έχουν την ικανότητα να διαβιούν σε περιβάλλοντα με διακύμανση της ροής (Hynes 1970, Berner & Pescador 1988), απαντώνται σε ανάντη τμήματα ποτάμιων ενδιαιτημάτων (Chatzinikolaou *et al.* 2006) και προτιμούν πιο χοντρόκοκκο υλικό ή παρουσία μακροφύτων (Schroder *et al.* 2013), γεγονός που χαρακτηρίζει τους σταθμούς αυτούς.

Στην ανάλυση Canoco οι σημαντικότερες μεταβλητές που σχετίστηκαν με τα βενθικά μακροασπόνδυλα ήταν τα P-PO₄ (άξονας I) καθώς και το υπόστρωμα (ιλύς-άργιλος) και το διαλυμένο οξυγόνο (άξονας II). Η ανάλυση Canoco έδειξε ότι οι σταθμοί που ομαδοποιήθηκαν στην ομάδα II της ανάλυσης Cluster είχαν θετική συσχέτιση με την ιλύ-άργιλο και κάποιοι και με τα P-PO₄, σε αντίθεση με τους σταθμούς μέτριας έως καλής ποιότητας (ομάδα I) που είχαν θετική συσχέτιση με το διαλυμένο οξυγόνο. Η κατώτερη της μέτριας ποιότητα έχει παρατηρηθεί σε σταθμούς με αυξημένες τιμές P-PO₄ (Theodoropoulos 2010) ή με υπόστρωμα ιλύ-άργιλο (Σιμελιάδου 2012), ενώ η μέτρια και ανώτερη της μέτριας σε σταθμούς με υψηλές τιμές διαλυμένου οξυγόνου (Βαβαλίδης 2011).

Σύμφωνα με το διάγραμμα συσχέτισης περιβαλλοντικών μεταβλητών και βενθικών μακροασπονδύλων η πλειοψηφία των ευαίσθητων στη ρύπανση σύμφωνα με το Ε.Συ.Α βενθικών μακροασπονδύλων συσχετίστηκαν θετικά με το διαλυμένο οξυγόνο και αρνητικά με τα $P-PO_4$ και την ιλύ-άργιλο. Αντίθετα, οι ταξινομικές ομάδες βενθικών μακροασπονδύλων που συσχετίστηκαν αρνητικά με το διαλυμένο οξυγόνο και θετικά με τα $P-PO_4$ και την ιλύ-άργιλο ανήκαν στις ανθεκτικές στη ρύπανση ταξινομικές ομάδες σύμφωνα με το Ε.Συ.Α.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η ανάλυση των πιέσεων έδειξε πως και οι πέντε ποταμοχειμάρροι δέχονται σημαντικές πιέσεις κυρίως λόγω της γεωργίας, της κτηνοτροφίας ή και των τροποποιήσεων των ενδιαιτημάτων τους.
- Η μέση οικολογική ποιότητα και στους πέντε ποταμοχειμάρρους με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα και το δείκτη του Ε.Συ.Α. κρίθηκε κατώτερη της καλής, εκτός της Γερακαρούς που κρίθηκε καλή. Οι σταθμοί ξεχωριστά εμφάνισαν ποιότητα από κακή έως υψηλή.
- Η τελική οικολογική κατάσταση κρίθηκε κατώτερη της καλής και στους πέντε ποταμοχειμάρρους.
- Η επικινδυνότητα μη επίτευξης «καλής» οικολογικής κατάστασης κρίθηκε μέτρια και υψηλή και στους πέντε ποταμοχειμάρρους, που σημαίνει ότι χρειάζεται μακροχρόνιο πρόγραμμα μέτρων ή άμεση εφαρμογή προγράμματος μέτρων για τη διαχείριση του κινδύνου.
- Τα μέτρα που προτείνονται είναι:
 - ο Εξυπηρέτηση περισσότερων οικισμών από ΕΕΛ, δημιουργία νέων ΕΕΛ και επεξεργασία αποβλήτων. Εξοικονόμηση νερού σε αντίθετη περίπτωση επιβολή προστίμων.
 - ο Συλλογή, ανακύκλωση και περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση
 - ο Εκσυγχρονισμός των κτηνοτροφικών μονάδων με επεξεργασία των αποβλήτων τους
 - ο Παύση αδειών για εξόρυξη νέων γεωτρήσεων, ορθολογική χρήση και τιμολόγηση του νερού
 - ο Απαγόρευση επέκτασης των υδροβόρων καλλιεργειών, ενημέρωση και ευαισθητοποίηση πολιτών και αγροτών
 - ο Εκ νέου διάρθρωση των καλλιεργειών με ξηρικές, χρήση επεξεργασμένων λυμάτων (β' βαθμού επεξεργασία) για την άρδευση,
 - ο Δημιουργία διαδρόμων για ιχθυοπανίδα, φερτή ύλη στις αναβαθμίδες και αποκατάσταση του φυσικού τοπίου
 - ο Περαιτέρω βιοπαρακολούθηση των λεκανών απορροής (φύσικο-χημικά, βιολογικά και υδρομορφολογικά)

7. Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

Απόφαση Νομάρχη Θεσσαλονίκης 30/οικ.2885. Καθορισμός χρήσεων επιφανειακών υδάτων και ειδικών όρων για τη διάθεση λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων σε κάθε αποδέκτη του Ν. Θεσσαλονίκης. (ΦΕΚ 1079/15.7.2010)

Αρτεμιάδου, Β (1996). Μηνιαία διακύμανση της οικολογικής ποιότητας των ρεόντων υδάτων του ποταμού Αλιάκμονα σε δύο σταθμούς. Διπλωματική εργασία. Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Αστερίου, Μ, Δημητριάδης Ι & Τεκίδης Η (2008). 2^η Έκθεση Υλοποίησης του ΕΠΠΕΡ & Αξιολόγησης των όρων προστασίας του Εθνικού Πάρκου Κορώνειας – Βόλβης και Μακεδονικών Τεμπών (Μάρτιος 2006 – Δεκέμβριος 2007). Φορέας Διαχείρισης λιμνών Κορώνειας-Βόλβης, Λαγκαδάς

Αστερίου, Μ, Δημητριάδης Ι & Τεκίδης Η (2009). 3^η Έκθεση Αξιολόγησης Εφαρμογών των όρων προστασίας του Εθνικού Πάρκου Λιμνών Κορώνειας – Βόλβης και Μακεδονικών Τεμπών (Ιανουάριος 2008 – Δεκέμβριος 2008). Φορέας Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας – Βόλβης, Λαγκαδάς

Βαβαλίδης, Θ (2011). Εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των ρεμάτων Νέας Απολλωνία και Μελλισουργού με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα και τα ψάρια. Μεταπτυχιακή Διπλωματική, Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Γιούρη, Ν Α (2008). Γεωχημική – Ορυκτολογική περιβαλλοντική μελέτη των ιζημάτων και υδάτων του ποταμού Μπογδάνα στην περιοχή Ασσήρου, Ν. Θεσσαλονίκης. Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Γκινίδη, Π Δ (2011). Διαχείριση υδατικών πόρων στη λεκάνη Κορώνειας: Εφαρμογή της ασαφούς λογικής. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Ζαλίδης, Γ, Τακαβάκογλου Β & Αλεξανδρίδης Θ (2004). Περίληψη Αναθεωρημένου Σχεδίου Αποκατάστασης της Λίμνης Κορώνειας του Νομού Θεσσαλονίκης. Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας

Ε.Σ. Δήμου Λαγκαδά – Α' Φάση Στρατηγικού Σχεδιασμού (2011)
Available at: <http://www.lagadas.gr/img/aEpixirisiako.pdf>

Κανλή, Λ (2009). Σύγκριση ποτάμιων τυπολογικών συστημάτων στην Ελλάδα, Μεταπτυχιακή Διπλωματική, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη

Κατσικάτσου, Μ (2006). Μελέτη των σταθμών αναφοράς στις ορεινές περιοχές του ποταμού Πηνειού. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Κεμιτζόγλου, Δ (2006). Καθορισμός των τύπων ποτάμιων συστημάτων της Βόρειας και Κεντρικής Ελλάδας. Μεταπτυχιακή Διπλωματική, Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Κοινή Υπουργική Απόφαση 2600/2001. Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ. του συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998

Λαζαρίδου-Δημητριάδου, Μ (1998). Έλεγχος της οικολογικής ποιότητας των επιφανειακών υδάτων της Κ. και Δ. Μακεδονίας με τη χρήση βιολογικών δεικτών. Τελική έκθεση πεπραγμένων 1995 και 1997. Υπουργείο Ανάπτυξης, ΓΓΕΤ

Λαζαρίδου-Δημητριάδου, Μ (2001). Παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων της λίμνης Ν. Πλαστήρα σε σχέση με τους χειμαρροποτάμους της λεκάνης απορροής της λίμνης Ν. Πλαστήρα. Εργαστήριο Ζωολογίας. Τμήμα Βιολογίας. Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Λαζαρίδου, Μ (2002). Προστασία, διαχείριση και ανάδειξη της λιμνοθάλασσας Narta και του ποταμού Αώου (Vjose). Εργαστήριο Ζωολογίας. Τμήμα Βιολογίας. Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Λάμπου, Α (2012). Εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας ποταμών της νήσου Σαμοθράκη για το έτος 2011 σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ. Μεταπτυχιακή Διπλωματική, Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Νόμος 3199/2003. Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000. (ΦΕΚ Α' 280/9.12.2003)

Ντότα, Α (2008). Η συμβολή της ΚΑΠ στην προστασία του περιβάλλοντος και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Εφαρμογή στην περιοχή της λίμνης Κορώνειας. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Νυμφόπουλος, Μ Κ, Μυλόπουλος Ν & Κατιρτζόγλου Κ (2002). A qualitative-quantitative study of water and environmental pollution at the broader area of the Mygdonia basin, Thessaloniki, N. Greece. Πανελλήνια Γεωγραφικά Συνέδρια, Συλλογή Πρακτικών 2 (2002): 436-444

Available at: <https://geolib.geo.auth.gr/ojs-2.2.2/index.php/pgc/article/viewFile/9359/9110>

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L327/1, Luxembourg

Οδηγία 2006/44 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 6ς Σεπτεμβρίου 2006 περί της ποιότητας των γλυκών υδάτων που έχουν ανάγκη προστασίας ή βελτιώσεως για τη διατήρηση της ζωής των ιχθύων, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L267/20, Luxembourg

Οδηγία 2008/915/ΕΚ της 30ής Οκτωβρίου 2008 για καθορισμό, σύμφωνα με την οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, των τιμών των ταξινομήσεων στα συστήματα παρακολούθησης των κρατών μελών, βάσει των αποτελεσμάτων της διαβαθμονόμησης. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L266/47, Luxembourg

Πατσια, Α, Κανλή Λ, Αγγελάκου Γ & Κασιάπη Α (2008). Οικολογική Μελέτη των Ρέοντων Υδάτων του Ελληνικού τμήματος της Λεκάνης Απορροής του ποταμού Νέστου σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ κατά την Περίοδο Ιουνίου του 2008. 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Πανελληνίας Ένωσης Βιοεπιστημόνων. Θεσσαλονίκη

Πατσια, Α (2009). Φωτογραφικοί κλειδικοί χαρακτήρες των ταξινομικών ομάδων βενθικών μακροασπονδύλων του Ελληνικού Συστήματος αξιολόγησης. Ειδικές περιπτώσεις μελέτης: ποταμοί Στρυμόνας και Νέστος. Μεταπτυχιακή Διπλωματική. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.)

Πρόχασκα, Χ Α (2005). Μελέτη της επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων με χρήση φυσικών συστημάτων. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημείας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Σιμελιάδου, Ε (2012). Εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας του ποταμού Χαβρία το έτος 2011. Μεταπτυχιακή Διπλωματική, Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Τζιμόπουλος, Χ & Πλιάτσικα Δ (2005). Έρευνα διαχείρισης υδρολογικής λεκάνης Κορώνειας. Heleco 2005, ΤΕΕ, Αθήνα, 3-6 Φεβρουαρίου

Τζιμόπουλος, Χ, Γκινίδη Π, Γιαννόπουλος Σ, Ευαγγελίδης Χ, Χαλκίδης, Η, Γιαννακοπούλου Ε, (2006). Το πρόβλημα της διαχείρισης της υδρολογικής λεκάνης Κορώνειας. Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Συμβουλίου Περιβάλλοντος Α.Π.Θ. «Τα περιβαλλοντικά προβλήματα της Θεσσαλονίκης & της ευρύτερης περιοχής: Οι απόψεις του Α.Π.Θ.», 1-4 Ιουνίου, Θεσσαλονίκη, σελ. 265-272

Τσιαούση, Β & Λαζαρίδου-Δημητριάδου Μ (1994). Μελέτη της εφαρμοσιμότητας των βιολογικών δεικτών στο σύστημα του ποταμού Αγγίτη. Πρακτικά 16ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας Βιολογικών Επιστημών, 5-7

Τσιαούση, Β (1995). Εκτίμηση της ποιότητας των ρέοντων υδάτων και της εφαρμοσιμότητας των βιολογικών δεικτών με τη χρήση βενθικών μακροασπόνδυλων στο σύστημα του ποταμού Αγγίτη. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Υφαντής, Γ (1996). Οικολογική ποιότητα των ρέοντων υδάτων του ποταμού Αλιάκμονα σε είκοσι σταθμούς το μήνα Απρίλιο. Διπλωματική εργασία. Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Χατζηνικολάου Γ (2001). Παρακολούθηση της οικολογικής ποιότητας των νερών του ποταμού Αξιού. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Χατζηνικολάου, Γ (2007). Επίδραση διαχειριστικών πρακτικών στην ποιότητα νερού και στη οικολογία των ποταμών της Ελλάδας. Ο Πηνειός ως ειδική περίπτωση μελέτης, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Χειμωνοπούλου Μ (2005). Οικολογική εκτίμηση του Τριπόταμου-σύστημα ποταμού Αλιάκμονα. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Alba-Tercedor, J & Sánchez-Ortega A (1988). Un metodo rapido para evaluar calidad biologica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica* 4: 51-56

Alba-Tercedor, J, Jáimez-Cuéllar P, Álvarez M, Avilés J, Bonada N, Casas J, Mellado A, Ortega M, Pardo I, Prat N, Rieradevall M, Robles S, Sáinz-Cantero C E, Sánchez-Ortega A, Suárez L, Toro M, Vidal-Abarca M R, Vivas S & Zamora-Muñoz C (2002) .Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica* 21: 175-185

Andreadakis, A, Gavalakis E, Kaliakatsos L, Noutsopoulos C & Tzimas A (2007). The implementation of the Water Framework Directive (WFD) at the river basin of Anthemountas with emphasis on the pressures and impacts analysis. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science and Technology*, Rhodes island, Greece

APHA (1976). Standard methods for examination of water and wastewater. 14th edn. American Public Health Association, Washington, D.C.

APHA (1985). Standard methods for examination of water and wastewater. 16th edn. American Public Health Association, Washington, D.C.

Armitage, PD & Hogger J (1994). *Invertebrates Ecology and Methods of Survey*. Sandy RSPB, Bedfordshire

Armitage, PD, Moss D, Wright JF, & Furse MT (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Wat. Res.* 17(3): 333-34

Artemiadou, V, Kampa E & Lazaridou-Dimitriadou M (1999). Estimation of the Ecological Quality of Surface Waters of the River Axios (Central Macedonia) during 1997. *Proceedings of the VIII European Ecological Congress 'The European Dimension in Ecology; Perspectives and Challenges for the 21st Century'*, 18–23 September, Halkidiki, Greece, p. 407.

Artemiadou, V & Lazaridou M (2005). Evaluation Score and Interpretation Index for the ecological quality of running waters in Central and Northern Hellas. *Environmental Monitoring and Assessment* 110: 1–40.

Artemiadou, V, Statiri X, Brouziotis T & Lazaridou M (2008) Ecological quality of small mountainous Mediterranean streams (river type R-M4) and performance of the European intercalibration metrics. *Hydrobiologia* 605:75–88

Bellos, D, Savvidis T & Tsekos I (2004). Nutrient chemistry of River Pinios Thessalia, Greece. *Environmental International* 30: 105 – 115.

Berner, L & Pescador M L (1988). *The mayflies of Florida*. Gainesville: University Presses, of Florida, Florida. p.385

Bouchard, R W (2004). Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest, Identification Manual for Students, Citizen Monitors, and Aquatic Resource Professionals. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. p. 208

Buffagni, A, Erba S, Birk S, Cazzola M, Feld C, Ofenböck T, Murray-Bligh J, Furse MT, Clarke R, Herring D, Soszka H & Van de Bund W (2005). Towards European Inter-Calibration for the Water Framework Directive: Procedures and examples for different river types from the E.C. Project STAR. Istituto di Ricerca Sulle Acque, Rome, p. 460

Buffagni, A, Erba S, Cazzola M, Murray-Bligh J, Soszka H & Pietro Genoni P (2006). The STAR common metrics approach to the WFD intercalibration process: Full application for small, lowland rivers in three European countries. *Hydrobiologia* 566: 379-399

Campaoli, S, Ghetti PF, Minelli A & Ruffo S (1994). Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane (Vol I, II). APR & B , p. 484.

Castro, CD, Infante AP, Rodriguez JR, Lerma RSX & Martinez FJS (2005). Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales. Centro de Publicaciones, Ministerio de Medio Ambiente – Dirección General del Agua, Madrid, Spain.

Chatzinikolaou, Y, Dakos V & Lazaridou M (2006). Longitudinal impacts of anthropogenic pressures on benthic macroinvertebrate assemblages in a large transboundary Mediterranean river during the low flow period. *Acta hydrochim. Hydrobiologia* 34: 453-463.

Chatzinikolaou, Y, Dakos V & Lazaridou M (2008). Assessing the Ecological Integrity of a Major Transboundary Mediterranean River Based on Environmental Habitat Variables and Benthic Macroinvertebrates (Aoos-Vjose River, Greece-Albania). *International Review of Hydrobiology* 93 (1): 73-78

Chatzinikolaou, Y, Ioannou A & Lazaridou M (2010). Intra-basin spatial approach on pollution load estimation in a large Mediterranean river. *Desalination* 250: 118–129

Cheimonopoulou, M.T., Bobori., B.C., Ioannis Theocharopoulos, Lazaridou, M., (2011). Assessing ecological quality with macroinvertebrates and fish : A case study from a small Mediterranean river. *Environmental Management*. 47(2):279-290.

Chronis, I, Lazaridou M, Zalidis G & Tsotsolis N (2008). Identification, Typology And Type Specific Reference Conditions Of River Water Bodies In The Hellenic Part Of The Strymonas River Basin, As A Transboundary Case Study. IV International Symposium on Transboundary Waters Management, 15th – 18th October 2008, Thessaloniki, Greece.

CIS Working group 2.1: IMPRESS (2003). Guidance on the Analysis of Pressures and Impacts. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg

Clarke, K R & Warwick M R (1994) Change in Marine communities: An approach to statistical Analysis and Interpretation. Plymouth Marine Laboratory: Plymouth. Clarke, K. R. & Gorley R N (2001) Primer v5: User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory: Plymouth.

Copeland, R S, Lazaridou-Dimitriadou M, Artemiadou V, Yfantis G, White KN & Mourelatos S (1997). Ecological Quality of the Water in the Catchment of River Aliakmonas (Macedonia, Hellas). Proceedings of the 5th International Congress of Environmental Science and Technology. 1–4 September, Molyvos, 2, 27–36.

Dakou, E, Goethals P L M, D’heygere T, Dedeker A P, Gabriels W, De Pauw N & Lazaridou-Dimitriadou M (2006). Development of artificial network models predicting macroinvertebrate taxa in the river Axios (Northern Greece). *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* 42 (4): 241-250

Davies, A (2001). The use and limits of various methods of sampling and interpretation of benthic macro-invertebrates. *Journal of Limnology* 60: 1-6.

Dikau, R (1989). The application of a digital relief model to landform analysis. Taylor and Francis, London, p. 51-77.

Drouin, S, Artemiadou V, Lazaridou-Dimitriadou M & White KN (1999). An Integrated Water Quality Assessment of the River Axios During the 1998 Low Flow Season. Proceedings of the VI International Congress of Environmental Science and Technology. 30 August–2 September, Samos, 1, 120–129.

EC (2003). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 3 “Analysis of pressures and impacts”. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg

EC (2003). Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential. Guidance No. 13. Produced by Working Group 2A. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg

EC (2005). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 14 “Guidance on the Intercalibration process 2004-2006”. Office for Official publications of the European Communities, Luxembourg.

EC (2013). Commission Decision of 20 September 2013 establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise and repealing Decision 2008/915/EC

Economopoulos, A P (1993). Assessment of sources of air, water and Land Pollution. Guide to rapid source inventory techniques and their use in formulating environmental control strategies. Part one: Rapid inventory techniques in environmental pollution. World Health Organization. Geneva.

Environment Agency (2005). Technical Assessment Method for Morphological Alterations in Rivers. Water Framework Directive Programme – Environment Agency.

Fribourg Blanc, B & Courbet C, (2004). Calcul des émissions de polluants organiques et de fertilisants dans l'eau, Second lot: collecte et mise en forme des informations de base nécessaires au calcul des émissions urbaines et industrielles répertoriées, dispersées et surfaciques. Office International de l'Eau, Paris, France.

Gabriels, W, Goehals P L M, & De Pauw N (2005). Implications of taxonomic modifications and alien species on biological water quality assessment as exemplified by the Belgian Biotic Index method. *Hydrobiologia* 542:137–150

Gasith, A & Resh V H (1999). Stream in Mediterranean Climate Regions : Abiotic Influences and Biotic Responses to Predictable Seasonal Effects. *Annual review of Ecology and Systematics* 30: 51-81.

Grasshoff, K (1976). *Methods of seawater analysis*. Verlag & Chemie. New York. 600p.

Henriques-Oliviera, A L, Nessimian J L & Dorvilli L F M (2003). Feeding habits of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio De Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63(2): 269-281

Hynes, H (1955). The reproductive cycle of some British freshwater Gammaridae. *Journal of Animal Ecology*. 24: 352 – 387

Ilija, G, Ioannou A, Patsia A, Davis M, Chatzinikolaou Y & Lazaridou M (2005). Assessment of the Water and Habitat Quality of the Greek Part of Strymonas River (Macedonia, Hellas), in Accordance with the EU Water Framework Directive. *IASME Transactions*, Issue 6, Volume 2, p. 1059-1064.

Kampa, E, Artemiadou V & Lazaridou-Dimitriadou M (2000). Ecological quality of the river Axios (N. Greece) during spring and summer, 1997. *Belg. J. Zool.* 130 (supplement): 23-29.

Karadima, C, Theodoropoulos C, Rouvalis A & Iliopoulou – Gergudaki J (2010). Ecological Risk Assessment of cheese whey effluents along a medium sized river in southwest Greece. *Journal of Environmental Science and Health*. 45 : 775 – 781.

Langrick, J, Artemiadou V, Yfantis G, Lazaridou-Dimitriadou M & White KN (1998). An Integrated Water Quality Assessment of the River Axios, Northern Greece. *Proceedings of the International Conference: Protection and Restoration of the Environment IV*, 1–4 July, Chalkidiki, 1, 135–143.

Lazaridou-Dimitriadou, M, Artemiadou V, Yfantis G, Mourelatos S & Mylopoulos Y (2000). Contribution to the ecological quality of Aliakmon river (Macedonia, Greece): A multivariate approach. *Hydrobiologia* 410: 47–58.

Lazaridou-Dimitriadou, M (2002). Seasonal variation of the water quality of rivers and streams of eastern Mediterranean. *Web Ecology* 3: 20-32.

LAWA, (2002) German Guidance Document for the implementation of the EC Water Framework Directive. *Länderarbeitsgemeinschaft Wasser*, Mainz, Germany

Lekka, E, Kagalou E, Lazaridou-Dimitriadou M, Albanis T, Dakos B, Lampropoulou D & Sakkas V (2004). Assessment of the water quality and habitat quality of a Mediterranean river (Kalamas, Epirus, Hellas), in accordance with the EU Water Framework Directive. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 32: 175-188

- Mancinelli, G (2008). Quantitative assessment of animal-induced leaf damage: a test with three brackish crustaceans feeding on leaf detritus. *Transitional Waters Bulletin* 2 (4): 38-48
- Mezquita, F, Hernandez R & Rueda J (1999). Ecology and distribution of ostracods in a polluted Mediterranean river. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 148: 87–103
- Moreno, P & Callisto M (2006). Benthic macroinvertebrates in the watershed of an urban reservoir in southeastern Brazil. *Hydrobiologia* 560:311–321
- Munné, A, Prat N, Solà C & Rieradevall M (2003). A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13: 147–163.
- Nikolaidis, N, Karageorgis A, Kapsimalis V, Drakopoulou P, Skoulikidis N, Behrendt H & Levkon Z (2009). Management nutrient emissions of Axios River catchment: Their effect in the coastal zone of Thermaikos Gulf, Greece. *Ecological Modeling* 220: 383-396.
- Ntislidou, C, Artemiadou V, Kanli L, Buffagni A & Lazaridou M (2013). The intercalibration of Hellenic Evaluation System for Mediterranean rivers of type R-M1 and R-M2 at Northern and Central Greece. *Ecological indicators* 29: 208-218
- Ortiz, J D, Marti E & Angles Puig M (2005) Recovery of the macroinvertebrate community below a wastewater treatment plant input in a Mediterranean stream. *Hydrobiologia* 545:289–302
- Oscos, J, Galicia D, Miranda R (2011). Identification guide of freshwater macroinvertebrates of Spain. University of Navarra, Pamplona, Spain editions
- Ozturk Kurtaslan, B & Demirel O (2010). Pollution caused by peoples' use for socio-economic purposes (agricultural, recreation and tourism) in the Gölcük Plain Settlement at Bozdag Plateau (Ödemiş-İzmir/Turkey): a case study. *Environ Monit Assess* 175: 419–430.
- Pardo, I, Álvarez M, Casas JJ, Moreno JL, Vivas S, Bonada N, Alba-Tercedor J, Jaime P, Moyá G, Prat N, Robles S, Suárez ML, Toro M & Vidal-Abarca MR (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica* 21: 115-133
- Pinto, P, Rosado J, Morais M & Antunes I (2004). Assessment methodology for southern siliceous basins in Portugal. In: Hering D., P. F. M. Verdonschot, O. Moog & L. Sandin eds), *Integrated Assessment of Running Waters in Europe*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. *Hydrobiologia* 516: 191–214.
- Raven, P, Boon P, Dawson F & Ferguson A (1998a). Towards an integrated approach to classifying and evaluating rivers in the UK. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 8: 383-393.
- Raven, P, Holmes N, Dawson F & Everard M (1998b). Quality assessment using River Habitat Survey data. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 8: 477-499

Schroder, M, Kiesel J, Kieseld, Schattmanna A, Jähnige S C, Lorenza A W, Kramma S, Keizer-Vlekc H, Rolauffsa P, Grafb W, Leitnerb P, Heringa D (2013). Substratum associations of benthic invertebrates in lowland and mountain streams. *Ecological Indicators* 30: 178-189

Shannon, C, & Weaver W (1963). The mathematical theory of communication. University of Illinois, p. 217.

Statzner, B, Gore J A, & Resh V H (1988). Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications . *J.N. Am. Benthol. Soc.* 7: 307-360

Skoulikidis, N, Gritzalis K & Kouvarda T (2002). Hydrochemical and ecological quality assessment of a Mediteranean river system. *Global Nest* 4: 29-40

Skoulikidis, N (2009). The environmental state of rivers in the Balkans—A review within the DPSIR framework. *Science of the Total Environment* 407: 2501–2516

Skoulikidis, N, Gritzalis K, Kouvarda T & Buffagni A (2009). The development of an ecological quality assessment and classification system for Greek running waters based on benthic macroinvertebrates. *Hydrobiologia* 516: 149–160.

Tachet, H, Richoux P, Bournaud M & Usseglio - Polatera P (2000). *Invertebres d'Eau Douce. Systematique, Biologie, Ecologie.* (Editions) CNRS, Paris. p. 587.

Ter Braak, C J F (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67(5): 1167-1179.

Theodoropoulos, C, Iliopoulou- Georgudaki (2010). Response of biota to land use changes and water quality degradation in two medium-sized river basins in southwestern Greece. *Ecological Indicators* 10: 1231–1238

Wentworth, C (1922). A scale of grade and class terms for clastic sentiments. *Journal of Geology* 30: 377-392.

Wright, J F (2000). An Introduction to RIVPACS, pp. 1-24. In: J.F. Wright, D.W.Sutcliffe & M.T. Furse (eds): *Assessing the Biological Quality of Fresh Waters: RIVPACS and Other Techniques.* Freshwater Biological Association Ambleside: pp. 373.

Yfantis, G, Artemiadou V, Lazaridou-Dimitriadou M & Mourelatos S (1999). Ecological evaluation of water quality in the river Aliakmonas (Macedonia, Hellas). *Contrib. Zoogeography Ecol. Eastern Mediterranean Region* 1: 485–493.

Zalidis, G, Takavakoglou V & Alexandridis T (2004). Summary of the Revised Restoration Plan of Lake Koronia. Department of Agronomy, Laboratory of Applied Soil Science. Pages 28. In Greek.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Κανόνες βαθμολόγησης των επιμέρους τεχνητών τροποποιήσεων που εμφανίζονται στα σημεία δειγματοληψίας για τον υπολογισμό του δείκτη HMS

Α. Τροποποιήσεις σε κάθε σημείο ελέγχου		Βαθμολόγηση ανά σημείο ελέγχου	
Ενίσχυση πρανών	2		
Ενίσχυση κοίτης	2		
Διευθέτηση πρανών ή κοίτης	1		
Two-stage bank modification	1		
Επιχωματώσεις	1		
Τεχνητό κανάλι	8		
Φράγμα, πέρασμα	2		
Επιβάρυνση πρανών από βόσκηση	0, αν εμφανίζεται σε λιγότερα από 3 σημεία ελέγχου 1, αν εμφανίζεται σε 3 μέχρι 5 σημεία ελέγχου 2, αν εμφανίζεται σε περισσότερα από 6 σημεία ελέγχου		
Β. Υπαρκτές τροποποιήσεις που δεν καταγράφηκαν στα σημεία ελέγχου			
Ένα πρανές (ή κανάλι)		Και	τα
δύο πρανή			
Τεχνητό υπόστρωμα	1	-	
Ενίσχυση ολόκληρου του πρανούς	2	3	
Ενίσχυση του ανώτερου ή του κατώτερου τμήματος του πρανούς	1	2	
Διευθέτηση πρανών	1	2	
Επιχωματώσεις	1	1	
Επιχωματώσεις ανάσχεσης	1	1	
Two-stage channel	1	3	
Κοπή βλάστησης	1	-	
Bank mowing	1	1	
Κανάλι	8 για το κάθε ένα		
Φράγμα, πέρασμα	2 για το κάθε ένα		
C. Βαθμολόγηση για χαρακτηριστικά τροποποίησης στο σύνολο του σταθμού			
	Ένα	Δύο ή περισσότερα	Σταθμός
Γέφυρα για πεζούς	0	0	
Γέφυρα για αυτοκίνητα	1	2	
Επεμβάσεις όπως ξύλινα μικρά φράγματα	1	2	
Σημείο όπου επηρεάζεται μερικώς από έλεγχο ροής			1
Σημείο όπου επηρεάζεται εκτεταμένα από έλεγχο ροής			2
Εν μέρει απόκλιση της κοίτης** από τη φυσική της θέση			5
Εκτεταμένη * απόκλιση της κοίτης από τη φυσική της θέση			10

*Εκτεταμένη σημαίνει, το λιγότερο το ένα τρίτο του μήκους του καναλιού

**Πληροφορίες από χάρτη

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

QBR Δείκτης

Πρωτόκολλο δεδομένων πεδίου
Ποιότητα παρόχθιον ενδιαιτήματος



Το άθροισμα για κάθε τμήμα δεν μπορεί να είναι αρνητικό ή να υπερβαίνει το 25

σταθμός	
ημερ/νία	

Συνολική παρόχθια κάλυψη

μέρος 1 Βαθμολογία

Βαθμολογία	
25	> 80% της παρόχθιας κάλυψης (εκτός των ετήσιων φυτών)
10	50-80% της παρόχθιας κάλυψης
5	10-50% της παρόχθιας κάλυψης
0	<10% της παρόχθιας κάλυψης
+ 10	Εάν η συνέχεια μεταξύ της παρόχθιας βλάστησης και του δάσους είναι απόλυτη
+ 5	Εάν η συνέχεια είναι πάνω από 50%
- 5	Συνέχεια μεταξύ 25 και 50%
- 10	Συνέχεια κάτω από 25%

μέρος 2 Βαθμολογία

Βαθμολογία	
25	> 75% της δεινυρώδους κάλυψης
10	50-75% της δεινυρώδους κάλυψης ή 25-50% της δεινυρώδους κάλυψης αλλά το 25% καλυμμένο με θάμνους
5	Δεινυρώδης κάλυψη κάτω από 50% αλλά η θαμνώδης κάλυψη τουλάχιστον μεταξύ 10 και 25%
0	Δεινυρώδης ή θαμνώδης κάλυψη κάτω από 10%
+ 10	Τουλάχιστον 50% του καναλιού έχει ελφύφωτα ή θάμνους
+ 5	25-50% του καναλιού έχει ελφύφωτα ή θάμνους
+ 5	Δέντρα και θάμνοι βρίσκονται στις ίδιες νησίδες
- 5	Κανονική κατανομή δέντρων αλλά η θαμνώδης περιοχή είναι > 50%
- 5	Δέντρα και θάμνοι κατανομημένα σε χωριστές νησίδες, χωρίς συνέχεια
- 10	Κανονική κατανομή δέντρων και θαμνώδης περιοχή < 50%

Ποιότητα κάλυψης

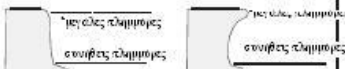
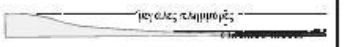
μέρος 3 Βαθμολογία

Βαθμολογία		Type 1	Type 2	Type 3
25	Αριθμός αυτόχθονων ειδών δέντρων	>1	>2	>3
10	Αριθμός αυτόχθονων ειδών δέντρων	1	2	3
5	Αριθμός αυτόχθονων ειδών δέντρων	0	1	1 - 2
0	Απουσία αυτόχθονων δέντρων	-	-	-
+ 10	Η δεινυρώδης βλάστηση είναι συνεχής κατά μήκος του ποταμού και καλύπτει τουλάχιστον 75% του ορίου της παρόχθιας περιοχής			
+ 5	Η δεινυρώδης βλάστηση είναι σχεδόν συνεχής και καλύπτει τουλάχιστον 50% του ορίου της παρόχθιας περιοχής			
+ 5	Η παρόχθια βλάστηση είναι σκιασμένη			
+ 5	Ο αριθμός των ειδών των θάμνων είναι:	>2	>3	>4
- 5	Παρουσία κτισμάτων στην παρόχθια περιοχή			
- 5	Παρουσία απομονωμένων ειδών μη αυτόχθονων δέντρων			
- 10	Παρουσία συναθροίσεων ειδών μη αυτόχθονων δέντρων			
- 10	Παρουσία σκουπιδιών			

Διευθέτηση καναλιού

μέρος 4 Βαθμολογία

Βαθμολογία	
25	Μη υποποποιημένο κανάλι ποταμού
10	Τεχνητά τείχη, που περιορίζουν το κανάλι του ποταμού
5	Τροποποιημένο κανάλι με ασυνέχεις σταθερές κατασκευές κατά μήκος της όχθης
0	Πλήρως αναλωμένο ποτάμι
- 10	Κοίτη ποταμού με σταθερές κατασκευές
- 10	Εγκαταστάσεις κατασκευές στο κανάλι

Κλίση και μορφή της παρόχθιας ζώνης		Βαθμολογία	
		Αριστερά	Δεξιά
Πολύ απότομες, κατακόρυφες ή ακόμα και κοίλες (κλίση > 75%) όχθες δεν αναμένονται να υπερχειλίζουν από μεγάλες πλημμύρες		6	6
Όμοια με προηγούμενη κατηγορία, με μια πλημμυριγενή ζώνη που διαφοροποιεί την ανώτατη συνθήκη στάθμη από το κύριο κανάλι		5	5
Κλίση της όχθης μεταξύ 45 και 75°, με ή χωρίς βαθμίδες		3	3
Κλίση μεταξύ 20 και 45°, με ή χωρίς βαθμίδες		2	2
Κλίση < 20°, μεγάλη παρόχθια ζώνη		1	1
Παρουσία ενός ή περισσότερων νησίδων στο ποτάμι			
Πλάτος όλων των νησίδων "α" > 5 m		- 2	
Πλάτος όλων των νησίδων "α" < 5 m		- 1	
Ποσοστό σκληρών υποστρωμάτων στα οποία δεν μπορούν να ριζώσουν τα φυτά			
> 80%		Μη εφαρμόσιμη	
60 – 80%		+ 6	
30 – 60%		+ 4	
20 – 30%		+ 2	
Συνολική βαθμολόγηση			

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III

PHF: Δείκτης ποταμίων ενδιαιτημάτων Δείκτης ποταμίων ενδιαιτημάτων για μεσογειακά ποτάμια. Δείκτης PHF.

Τμήματα

Βαθμολογία

1. Συμβατοποίηση των ρηχών υφάλων και του υπόλοιπου καναλιού-ιζηματοποίηση μικρολίμνης

Ρηχοί υφάλοι	Πέτρες, χαλίκια και αβρό ιζηματοποιημένα σε λεπτόκοκο υπόστρωμα από 0-30%	10	
	Πέτρες, χαλίκια και αβρό ιζηματοποιημένα σε λεπτόκοκο υπόστρωμα από 30-60%	5	
	Πέτρες, χαλίκια και αβρό ιζηματοποιημένα σε λεπτόκοκο υπόστρωμα >60%	0	
Μικρολίμνη	Ιζηματοποίηση 0-30%	10	
	Ιζηματοποίηση 30-60%	5	
	Ιζηματοποίηση >60%	0	
Σύνολο			

2. Συχνότητα ρηχών υφάλων

Υψηλή συχνότητα ρηχών υφάλων (απόσταση μεταξύ των ρ. υφάλων/πλάτος κοίτης <7)	10	
Μεσαία συχνότητα (απόσταση μεταξύ των ρ. υφάλων/πλάτος κοίτης 7-15)	8	
Περιοριστική (απόσταση μεταξύ των ρ. υφάλων/πλάτος κοίτης 15-25)	6	
Σπάνια ή μηδενική (απόσταση μεταξύ των ρ. υφάλων/πλάτος κοίτης >25)	4	
Μόνο μικρολίμνες	2	
Σύνολο		

3. Σύσταση υποστρώματος

Ογκόλιθοι και κροκάλες %	1-10%	2	
	>10	5	
Χαλίκια και αβρό ιζημα %	1-10%	2	
	>10	5	
Άμμος %	1-10%	2	
	>10	5	
Πύς %	1-10%	2	
	>10	5	
Σύνολο			

4. Καθεστώς ροής (ρηχό ποτάμι <0.5 m, αργό < 0.3m/sec)

4 κατηγορίες: Αργό-βαθύ, αργό-ρηχό, γρήγορο-βαθύ, γρήγορο-ρηχό	10	
Μόνο 3 από τα 4 καθεστώτα	8	
Μόνο 2 από τα 4 καθεστώτα	6	
Μόνο 1 από τα 4 καθεστώτα	4	
Σύνολο		

5. Σκίαση της κοίτης ποταμού

Σκιασμένο με κάποιες ανοιχτές περιοχές	10	
Πλήρως σκιασμένο	7	
Μεγάλες ανοιχτές περιοχές	5	
Καθόλου σκιασμένο	3	
Σύνολο		

6. Ετερογένεια συστατικών

Οργανικό υλικό	>10 ή <75%	4	
	<10 ή >75%	2	
Παρουσία κλαδιών και ξύλων στο κανάλι		2	
Ρίζες δέντρων στην όχθη		2	
Φυσικά φράγματα		2	
Σύνολο			

7. Κάλυψη υδρόβιας βλάστησης

%Plocon + βρύα	Πέτρες, βότσαλα και χαλίκια ιζηματοποιημένα ε λεπτόκοκο υπόστρωμα από 0-30%	10-50%	10
		<10 ή >50%	5
% Pecton		10-50%	10
		<10 ή >50%	5
% φανερόγαμα και Charales		10-50%	10
		<10 ή >50%	5
Σύνολο			

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

Πρωτόκολλο Δειγματοληψίας Βενθικών Μακροασπόνδυλων Φύσικο-χημικών, Υποστρώματος και Βλάστησης Ποταμών

Σταθμός δειγματοληψίας:
Συντεταγμένες
Ερευνητής:

X: _____

Ημερομηνία

Y: _____

Το παρόν συμπλήρωσε ο/η

Ωρα:

Υψόμετρο:

Πίνακας Ενδιατημάτων ✓ Όταν υπάρχει ο τύπος ενδιατημάτων	Μακρόφυτ α >10% του συνόλου	Φυσικό υπόστρωμα					Απομεινάρι α κοίτης	Τεχνητό Υπόστρωμα		Κλαδι ά
1. Ρηχός ύφαλος [riffle] (σχετικά μικρό βάθος, με γρήγορη ροή)		CROM	FPO M	Χονδρόκο κκο***	Μεικτό *	Λεπτόκο κκο**		Άλλο	Τσιμέντ ο	
Όριο καναλιού										
Όριο νησίδας										
Κυρίως κανάλι										
2. Λοιπό κανάλι [run] (όλες οι υπόλοιπες καταστάσεις εκτός από της 1 και 3)										
Όριο καναλιού										
Όριο νησίδας										
Κυρίως κανάλι										
3. Μικρολίμνη [pool] (σχετικά μεγάλο βάθος, φαινομενικά χωρίς ή ελάχιστη ροή)										
Όριο καναλιού										
Όριο νησίδας										
Κυρίως κανάλι										

* Μεικτό: όταν δεν ισχύουν τα παραπάνω
 ** Χονδρόκοκκο: Ποσοστιαία σύνθεση τύπων υποστρώματος αθροιστικά πάνω από 70% για τις κατηγορίες ογκόλιθοι, κροκάλες, χαλίκια
 *** Λεπτόκοκκο: Ποσοστιαία σύνθεση τύπων υποστρώματος αθροιστικά πάνω από 70% για τις κατηγορίες αδρό, ίζημα, άμμος, ιλύς

Τουλάχιστον ένα ✓	Πλούσιος σταθμός
	Φτωχός σταθμός

Φωτογραφία/video:

Έρευνα στα πλαίσια:

Νερό	Θερμοκρασία (°C)		D.O. (%) (πεδίο)	
	Αγωγιμότητα (mS/cm)		D.O. (mg/l) (πεδίο)	
	TDS (g/l)		D.O. (mg/l) (BOD)	
	Αλατότητα (ppt)		TSS (mg/l)	
	pH			
	Redox (mV)		Σχήμα ποταμού και θέσεις δειγματοληψίας (κάτοψη)	
	Χλωριόντα (mg/l)		Μην ξεχνάτε την απόσταση της κάτοψης	
	Νιτρικά ιόντα (mg/l)			
	Νιτρώδη ιόντα (mg/l)			
	Αμμωνιακά ιόντα (mg/l)			
Φωσφορικά ιόντα (mg/l)				
Θολερότητα (NTU)				
Υπόστρωμα (%)	Μητρικό Υπόστρωμα			
	Ογκόλιθοι (>256 mm)			
	Κροκάλες (16-256 mm)			
	Χαλίκια (4-16 mm)			
	Ψηφίδες (2-4 mm)			
	Άμμος (0,0625 – 2 mm)			
	Ιλύς & Αργίλος (< 0,0625 mm)			
Βλάστηση	Υδρόβια: % κάλυψη (χονδρικά)			
	Σκίαση: % στις 12:00			
	Παρόχθια: λίγη, μέτρια, πολλή			
Καιρός	Βροχή, άνεμος, ηλιοφάνεια κλπ.			
	Θ αέρα (°)			

Ροή (m/s)

Απόσταση (m) 0 _____

Βάθος (cm)

Διάφορες παρατηρήσεις

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

Ελληνικό Σύστημα Αξιολόγησης / Hellenic Evaluation System (Artemiadou & Lazaridou 2005)

Ευαισθησία	Ταξινομικές ομάδες/ Taxa	Παρούσες/ Present (0-1%)	Κοινές/Common (1.01-10%)	Αφθονές /Abundant (>10%)
Ευαίσθητες ταξινομικές ομάδες	α) Capniidae, Chloroperlidae, β) Siphonuridae, γ) Aphelocheiridae, δ) Blephariceridae ε) Phryganeidae, Molanidae, Odontoceridae, Bareidae, Lepidostomatidae, Thremmatidae, Brachycentridae, Helicopsychidae	100	110	120
	α) Leuctridae, Perlodidae, Perlidae, β) Sericostomatidae, Goeridae, γ) Neophemeridae	90	97	100
	α) Nemouridae, Taeniopterygidae, β) Ephemeridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, γ) Leptoceridae, Polycentropodidae, Psychomyidae, Philopotamidae, Limnephilidae, Rhyacophilidae, Glossosomatidae, Ecnomidae, δ) Aeshnidae, Lestidae, Corduliidae, Libellulidae, ε) Athericidae, Dixidae, στ) Helodidae, Gyrinidae, Hydraenidae, ζ) Sialidae, η) Grapsidae, Potamonidae (Brachyura) θ) Astacidae, (Macrura)	80	86	90
Μέτρια ανθεκτικές ταξινομικές ομάδες	α) Potamanthidae, β) Calopterygidae, Cordulegasteridae γ) Stratiomyidae, δ) Hydrobiidae	70	75	78
	α) Platycnemididae, Gomphidae, β) Tabanidae, Ceratopogonidae, Empididae, γ) Elminthidae δ) Viviparidae, Neritidae, ε) Unionidae,	60	64	67
	α) Caenidae, Oligoneuriidae, Polymitarcidae, Isonychiidae, β) Hydropsychidae, γ) Ancylidae, Acroloxidae, δ) Gammaridae, Corophidae, ε) Atyidae στ) Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae, ζ) Dryopidae, Helophoridae, Hydrochidae, Clambidae η) Psychodidae, Simuliidae	50	53	56
	α) Ephemerellidae, Baetidae, β) Hydroptilidae γ) Tipulidae, Dolichopodidae, Anthomyidae, Limoniidae, δ) Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Hydroscaphidae ε) Hydracarina στ) Piscicolidae, Glossiphonidae	40	38	35
Ανθεκτικές ταξινομικές ομάδες	α) Coenagriidae, β) Chironomidae (not red), γ) Dytiscidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, δ) Corixidae, Hebridae, Veliidae, Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Pleidae, Naucoridae, Notonectidae, Belostomatidae, ε) Asellidae, Ostracoda, στ) Physidae, Bythiniidae, Bythinellidae, Molaniidae, Ellobiidae, ζ) Hirudinidae, η) Sphaeriidae θ) Oligochaeta (except for Tubificidae)	30	25	20
	α) Chironomidae (red), Rhagionidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydriidae, Chaoboridae β) Lymnaeidae, Planorbidae, γ) Erpobdellidae	20	12	3
	α) Tubificidae, β) Valvatidae, γ) Syrphidae	10	2	1

Τα Chironomidae (not red) και Oligochaeta (except for Tubificidae) βαθμολογούνται όπως παραπάνω αλλά με όρια στις κατηγορίες αφθονιών 0-10%, 10,01-20%, >20%.

Δείγματα που συλλέχθηκαν από πολλούς τύπους ενδιατημάτων

HBMWP (HES)	X	HASPT (AHES)	Y
>1532	5	>64,72	5
1326-1532	4	54,57-64,72	4
830-1325	3	45,82-54,56	3
341-829	2	31,73-45,81	2
0-340	1	0-31,72	1

Δείγματα που συλλέχθηκαν από λίγους τύπους ενδιατημάτων

HBMWP (HES)	X	HASPT (AHES)	Y
>1053	5	>55,69	5
756-1052	4	45,18-55,69	4
389-755	3	35,33-45,17	3
167-388	2	27,50-35,32	2
0-166	1	0-27,49	1

Semi-sum (HBMWP+HASPT/2=Semi-HES)	Ερμηνεία/ Interpretation
5	Υψηλή/High
4,5	Υψηλή/ High
4	Καλή/ Good
3,5	Καλή/ Good
3	Μέτρια/Moderate
2,5	Μέτρια/Moderate
2	Ελλιπής/ Poor
1,5	Ελλιπής/ Poor
1	Κακή/ Bad

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI

Φωτογραφικό υλικό από τους σταθμούς δειγματοληψίας

Καβαλλάρι



Σταθμός ΚΑ1

από Ρωμανίδη Γιώργο



Σταθμός ΚΑ2

από Ρωμανίδη Γιώργο



Σταθμός ΚΑ3

από Ρωμανίδη Γιώργο

Μπογδάνας



Σταθμός ΜΡ1

από Ρωμανίδη Γιώργο



Σταθμός ΜΡ2

από Ρωμανίδη Γιώργο



Σταθμός ΜΡ3

από Ρωμανίδη Γιώργο



Σταθμός ΜΡ4

από προσωπικό αρχείο



Σταθμός ΜΡ5

από προσωπικό αρχείο

Κολχικό



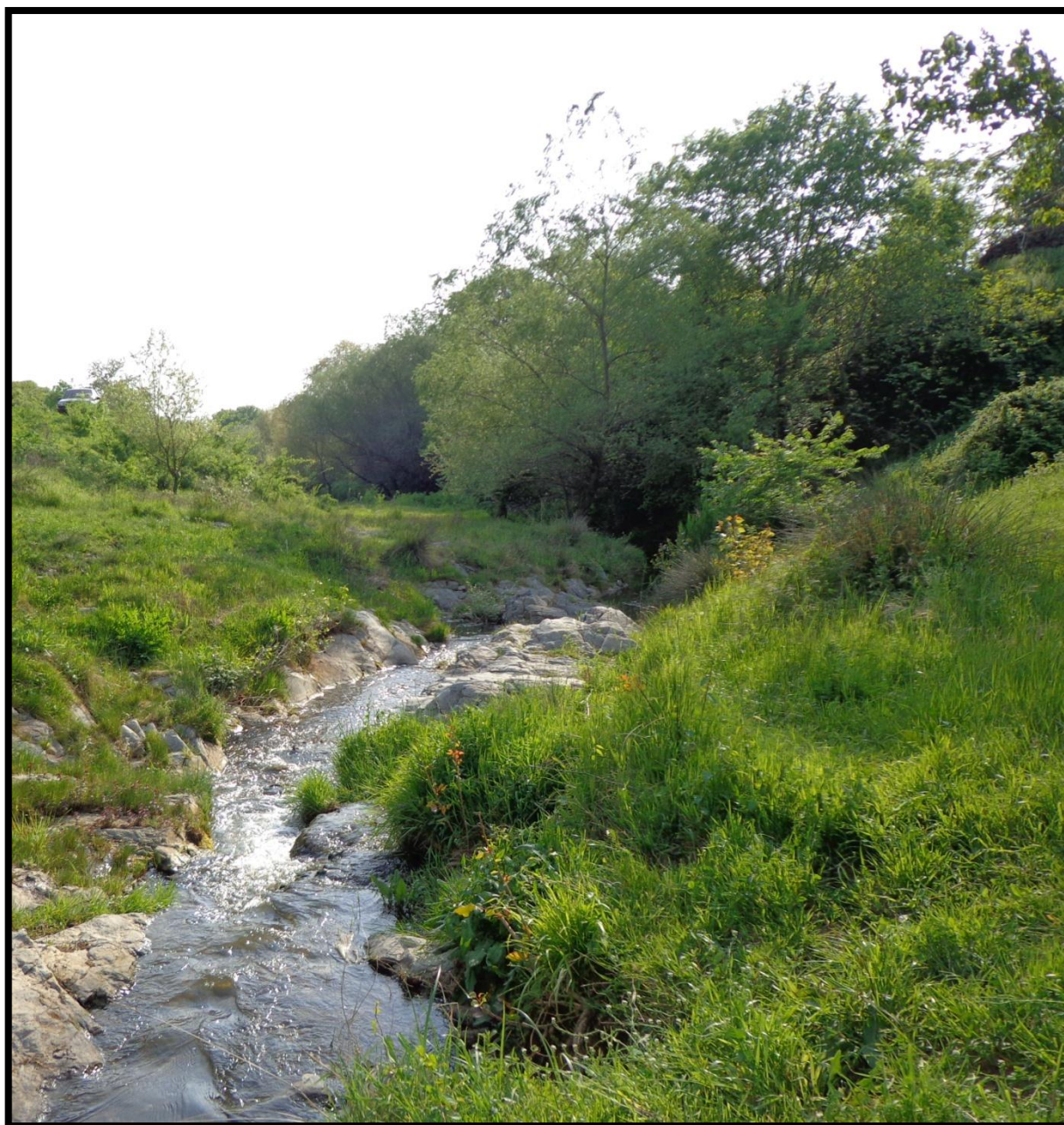
Σταθμός ΚΟ1

από Ρωμανίδη Γιώργο



Σταθμός ΚΟ2

από Ρωμανίδη Γιώργο



Σταθμός ΚΟ3

από Ρωμανίδη Γιώργο

Ανάληψη



Σταθμός AN1

από προσωπικό αρχείο



Σταθμός AN2

από Ρωμανίδη Γιώργο

Γερακαρού



Σταθμός GE1

από Ρωμανίδη Γιώργο



Σταθμός GE2

από Ρωμανίδη Γιώργο



Σταθμός GE3

από Ρωμανίδη Γιώργο