

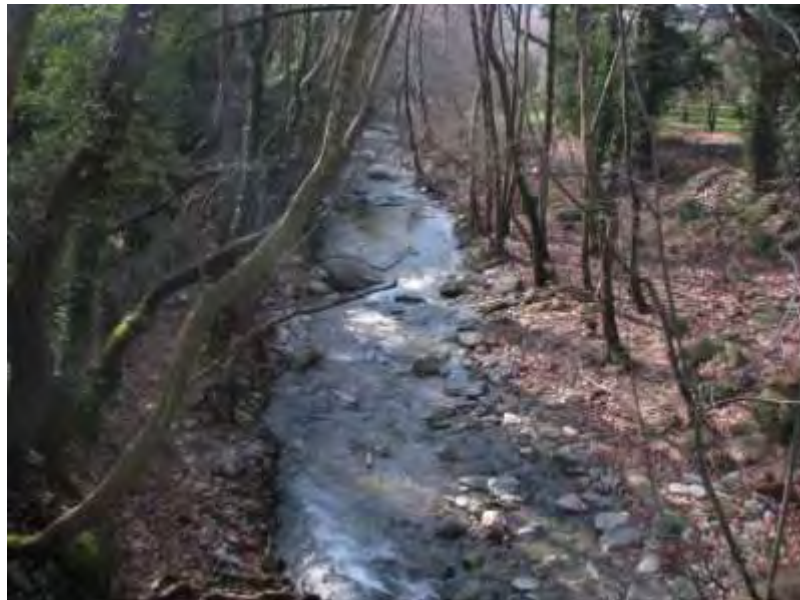
**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ,
ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
‘ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ’**

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ
ΧΡΗΣΤΟΥ Ι. ΡΟΥΜΠΟΥ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΤΚΟΛΟΣ Γ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΡΕΟΝΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΠΗΛΙΟΥ
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ**



ΒΟΛΟΣ 2013

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. Κούγκολος Γ. Αθανάσιος, Καθηγητής του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Επιβλέπων)
2. Σφουγγάρης Αθανάσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Μέλος)
3. Λασπίδου Χρυσή, Επίκουρος Καθηγήτρια του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Μέλος).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1. Εκτίμηση ποιότητας ρεόντων υδάτων.....	11
1.2. Χρήση βιολογικών δεικτών για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων	13
1.3. Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα νερά 2000/60.....	14
1.4. Τα βενθικά μακροασπόνδυλα ως δείκτες καθαρότητας των υδάτων.....	15
1.5. Χρησιμοποιούμενοι βιοδείκτες βασισμένοι στα βενθικά μακροασπόνδυλα στην Ευρώπη.....	16
1.5.1. Ο βιοδείκτης Trent Biotic Index (TBI).....	16
1.5.2. Ο βιοδείκτης Extended Trent Biotic Index (ETBI)	18
1.5.3. Ο βιοδείκτης Belgian Biotic Index (BBI)	20
1.5.4. Ο βιοδείκτης Biological Monitoring Working Party (BMWP)	22
1.5.5. Ο βιοδείκτης Average Score Per Taxa (ASPT)	23
1.5.6. Ο βιοδείκτης Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP)	23
1.6. Χρησιμοποιούμενοι βιοδείκτες βασισμένοι στα βενθικά μακροασπόνδυλα στην Ελλάδα.....	25
1.6.1. Ο βιοδείκτης Hellenic Evaluation Score (HES).....	25
1.6.2. Ο βιοδείκτης Average Hellenic Evaluation Score (AHES).....	27
1.6.3. Ο Ελληνικός Βιοτικός Δείκτης (ΕΒΔ).....	28
1.7. Σύγκριση μεθόδων δειγματοληψίας.....	29
1.8. Σκοπός και αντικείμενο της παρούσας ερευνητικής εργασίας.....	30
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	31
2.1. Περιγραφή της περιοχής μελέτης.....	31
2.2. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά νερού στις θέσεις δειγματοληψίας.....	36
2.2.1. Ιοντική Χρωματογραφία.....	37
2.3. Βιολογικά χαρακτηριστικά νερού – Δειγματοληψία βενθικών μακροασπονδύλων.....	38
2.3.1. Μέθοδος δειγματοληψίας με απόχη (3-min Kick-Sweep)	38
2.3.2. Δειγματολήπτης Surber.....	39

2.4. Αναγνώριση βενθικών μακροασπονδύλων	40
2.5. Υπολογισμός βιολογικών δεικτών και οικολογικής ποιότητας υδάτων ...	40
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	41
3.1. Αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων	41
3.2. Αποτελέσματα δειγματοληψιών – Βιολογικά δεδομένα	42
3.2.1. Θέση Καραμάνη	43
3.2.1.1. Μέθοδος Surber – Καλοκαίρι 2012	43
3.2.1.2. Μέθοδος 3-min Kick-Sweep - Καλοκαίρι 2012	43
3.2.1.3. Μέθοδος Surber – Φθινόπωρο 2012	44
3.2.1.4. Μέθοδος 3-min Kick-Sweep – Φθινόπωρο 2012	45
3.2.2. Θέση Σερβανάτες	50
3.2.2.1. Μέθοδος Surber – Καλοκαίρι 2012	50
3.2.2.2. Μέθοδος 3-min Kick-Sweep - Καλοκαίρι 2012	50
3.2.2.3. Μέθοδος Surber – Φθινόπωρο 2012	50
3.2.2.4. Μέθοδος 3-min Kick-Sweep - Φθινόπωρο 2012	51
3.2.3. Αφθονία βενθικών μακροασπονδύλων	55
3.3 Υπολογισμός βιολογικών δεικτών και εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων	59
3.3.1. Θέση Καραμάνη	59
3.3.2. Θέση Σερβανάτες	59
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	63
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	69
6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	71
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	76

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή του τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Αθανάσιο Γ. Κούγκολο για τη δυνατότητα που μου παρείχε να πραγματοποιήσω την παρούσα ερευνητική μελέτη υπό την επίβλεψη του στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος 'Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος' του οικείου τμήματος.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Αθανάσιο Σφουγγάρη και την Επίκουρο Καθηγήτρια του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κα. Χρυσή Λασπίδου για την τιμή που μου έκαναν να είναι μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής για την παρούσα διπλωματική εργασία.

Θα ήταν παράλειψη μου αν δεν εξέφραζα τις ευχαριστίες μου στον καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Νικόλαο Γσιρόπουλο και την Δρ. Λία Γκόλια (ΙΔΑΧ) με την καθοδήγηση των οποίων πραγματοποιήθηκαν οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων νερού που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύζυγο μου Κατερίνα και την κόρη μου Αθηνά για την στήριξη τους καθ' όλο το διάστημα της προετοιμασίας αυτής της εργασίας. Η υπομονή που έδειξαν, ακόμα και όταν έπρεπε να απουσιάζω όταν και οι δύο με χρειαζόντουσαν μου επέτρεψε να συνεχίσω και να ολοκληρώσω την παρούσα εργασία.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το νερό αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους της γης, η παρουσία του οποίου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ίδια τη ζωή. Παρά το γεγονός όμως ότι το πάνω από το 70% της γης καλύπτεται από νερό, η ποσότητα του καθαρού, γλυκού και αξιοποιήσιμου για τις ανάγκες του ανθρώπου νερού στον 'γαλάζιο πλανήτη' γη είναι πολύ μικρή. Μόνο το 3% των παγκόσμιων υδατικών αποθεμάτων είναι γλυκό νερό, ενώ το υπόλοιπο 97% ανήκει στους ωκεανούς. Από το μικρό αυτό ποσοστό των αποθεμάτων σε γλυκό νερό το 77% είναι δεσμευμένο στους παγετώνες, το 22% είναι υπόγειο νερό και μόλις το 1% ρέει στα ποτάμια, στις λίμνες και στα διάφορα υδάτινα οικοσυστήματα. Γίνεται δηλαδή κατανοητό ότι η ποσότητα του καθαρού νερού στη γη, το οποίο ο άνθρωπος μπορεί να χρησιμοποιήσει για τις ανάγκες του είναι περιορισμένη, η δε διατήρηση της καλής οικολογικής κατάστασης των αποθεμάτων αυτών είναι ζωτικής σημασίας για τον άνθρωπο και το περιβάλλον γενικότερα.

Η κακή διαχείριση όμως των υδάτινων αποθεμάτων και η περιβαλλοντική πίεση που ασκείται στα υδάτινα οικοσυστήματα εξαιτίας των διάφορων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων λειτουργούν σε βάρος της ποιότητας του διαθέσιμου νερού, με αποτέλεσμα ένα πολύτιμο κοινωνικό αγαθό να υποβαθμίζεται και σε ορισμένες περιπτώσεις να μετατρέπεται σε απόβλητο. Η συνεχής υποβάθμιση των υδάτινων σωμάτων εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας έχει προκαλέσει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον, τόσο σε ερευνητικό όσο και σε θεσμικό και πολιτικό επίπεδο για την προστασία των υδάτινων αποθεμάτων και τη διατήρηση της οικολογικής ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Σε αυτήν την κατεύθυνση επιθυμεί να κινηθεί και η παρούσα ερευνητική εργασία, η οποία αποσκοπεί στο να προσθέσει ένα λιθαράκι στην αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτινων σωμάτων με τη χρήση βιολογικών ποιοτικών στοιχείων, και συγκεκριμένα των βενθικών μακροασπονδύλων. Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών 'Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος' του τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ρούμπος Ι. Χρήστος,
Βόλος, Ιανουάριος 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για τα γλυκά νερά, η οικολογική κατάσταση των υδάτινων πόρων πρέπει να εκτιμάται μέσω προγραμμάτων παρακολούθησης. Οι βιολογικοί δείκτες που βασίζονται στα βενθικά μακροασπόνδυλα χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των ρεόντων υδάτων. Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε η αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων του ρέματος Βρύχωνα του Πηλίου με τη χρήση βιολογικών δεικτών που βασίζονται στα βενθικά μακροασπόνδυλα, χρησιμοποιώντας δύο μεθόδους δειγματοληψίας (Surber, απόχη). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η συνολική οικολογική ποιότητα των υδάτων του ρέματος Βρύχωνα κυμάνθηκε από 'Μέτρια' έως 'Πολύ καλή'. Με τη μέθοδο που εφαρμόστηκε κατέστη δυνατό να εντοπιστούν οι διαφοροποιήσεις στην ποιότητα του νερού μεταξύ των θέσεων δειγματοληψίας (θέση Καραμάνη, θέση Σερβανάτες) καθώς επίσης και η εποχιακή διακύμανση μεταξύ των δύο εποχών δειγματοληψίας (καλοκαίρι, φθινόπωρο). Αντίθετα, η μέθοδος δειγματοληψίας δεν φαίνεται να επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την κατάταξη των αξιολογούμενων υδάτων σε κλάσεις ποιότητας.

ABSTRACT

According to the 2000/60 Water Framework Directive of the European Parliament each member state should establish networks for the monitoring of the state of health of running water bodies. Benthic macroinvertebrates are among the best bioindicators of running water quality and have been used in numerous biotic indices. In the present study, the quality of the running waters of Vrychonas stream (Pelion, Central Greece) was assessed using benthic macroinvertebrates. Samplings were done in summer and autumn 2012 in two sampling sites (Karamani, Servanates) using two sampling methods (Surber, hand net). The overall ecological water quality ranged between 'Moderate' and 'Excellent'. The method was able to detect the seasonal variability as well as differences between the water quality in the two sampling sites. On the other hand, the sampling method did not significantly affect the sampling efficiency and consequently the results of the water quality evaluation.

Λέξεις κλειδιά: βενθικά μακροασπόνδυλα, βιοδείκτης, βιοπαρακολούθηση, ποιότητα ρεόντων υδάτων

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Τίτλος Πίνακα	Σελίδα
Πίνακας 1.1. Πίνακας υπολογισμού του βιοδείκτη Trent Biotic Index (TBI).	17
Πίνακας 1.2. Κυριότερες ταξινομικές ομάδες που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό του βιοδείκτη Trent Biotic Index (TBI).	18
Πίνακας 1.3. Πίνακας υπολογισμού του βιοδείκτη Extended Trent Biotic Index (ETBI).	19
Πίνακας 1.4. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τον βιοδείκτη ETBI.	20
Πίνακας 1.5. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τον βιοδείκτη Belgian Biotic Index (BBI).	20
Πίνακας 1.6. Πίνακας υπολογισμού του βιοδείκτη Belgian Biotic Index (BBI).	21
Πίνακας 1.7. Οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων και βαθμολογίες τους σύμφωνα με τον βιοδείκτη Biological Monitoring Working Party (BMWP).	22
Πίνακας 1.8. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τον βιοδείκτη BMWP.	23
Πίνακας 1.9. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τον βιοδείκτη ASPT.	23
Πίνακας 1.10. Οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων και βαθμολογίες τους σύμφωνα με τον βιοδείκτη Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP).	24
Πίνακας 1.11. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τον βιοδείκτη IBMWP.	25
Πίνακας 1.12. Οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων και βαθμολογίες τους σύμφωνα με τον βιοδείκτη HES και την αφθονία των οικογενειών.	26
Πίνακας 1.13. Κλάσεις υδάτων σύμφωνα με τους βιοδείκτες HES και AHES.	27
Πίνακας 1.14. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τους βιοδείκτες HES και AHES.	27
Πίνακας 1.15. Οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων και βαθμολογίες τους σύμφωνα με τον Ελληνικό Βιοτικό Δείκτη.	28
Πίνακας 1.16. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τις τιμές του Ελληνικού Βιοτικού Δείκτη.	29
Πίνακας 2.1. Μορφολογικά και τοπογραφικά χαρακτηριστικά των σημείων δειγματοληψίας στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες.	36
Πίνακας 3.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού στις θέσεις δειγματοληψίας Καραμάνη και Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012.	41
Πίνακας 3.2. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού στις θέσεις δειγματοληψίας Καραμάνη και Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012.	42
Πίνακας 3.3. Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη το καλοκαίρι του 2012 με τον δειγματολήπτη Surber.	46

Πίνακας 3.4. Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη το καλοκαίρι του 2012 με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.	47
Πίνακας 3.5. Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη το φθινόπωρο του 2012 με τη μέθοδο Surber.	48
Πίνακας 3.6. Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη το φθινόπωρο του 2012 με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.	49
Πίνακας 3.7: Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012 με τη μέθοδο Surber	52
Πίνακας 3.8. Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012 με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.	52
Πίνακας 3.9. Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012 με τη μέθοδο Surber.	53
Πίνακας 3.10: Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012 με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.	54
Πίνακας 3.11. Αφθονία των κυριότερων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012 με το δειγματολήπτη Surber.	55
Πίνακας 3.12. Αφθονία των κυριότερων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012 με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.	55
Πίνακας 3.13. Αφθονία των κυριότερων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012 με το δειγματολήπτη Surber.	56
Πίνακας 3.14. Αφθονία των κυριότερων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012 με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.	56
Πίνακας 3.15. Υπολογισμός των βιοδεικτών ETBI, IBMWP, BBI, EBD και HES/AHES καθώς και της ποιότητας των υδάτων στη θέση Καραμάνη του ποταμού Βρύχωνα για κάθε εποχή και μέθοδο δειγματοληψίας.	61
Πίνακας 3.16. Υπολογισμός των βιοδεικτών ETBI, IBMWP, BBI, EBD και HES/AHES καθώς και της ποιότητας των υδάτων στη θέση Σερβανάτες του ποταμού Βρύχωνα για κάθε εποχή και μέθοδο δειγματοληψίας.	62

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Τίτλος Εικόνας/Γραφήματος	Σελίδα
Εικόνα 2.1. Η περιοχή μελέτης. Το ρέμα Βρύχωνας (με κόκκινο χρώμα), στη κεντροδυτική πλευρά του όρους Πήλιο στο νομό Μαγνησίας.	31
Εικόνα 2.2. Τα σημεία-θέσεις δειγματοληψίας στο ρέμα Βρύχωνας.	33
Εικόνα 2.3. Ανεξέλεγκτη εναπόθεση παντός τύπου απορριμμάτων και μπάζων στο παρόχθιο τμήμα της θέσης Σερβανάτες του ρέματος Βρύχωνα.	33
Εικόνα 2.4. Θέση δειγματοληψίας Καραμάνη (Α: καλοκαίρι, Β: φθινόπωρο).	34
Εικόνα 2.5. Θέση δειγματοληψίας Σερβανάτες (Α: καλοκαίρι, Β: φθινόπωρο).	35
Εικόνα 2.5. Απόχη δειγματοληψίας.	38
Εικόνα 2.6. Δειγματολήπτης Surber.	39
Γράφημα 3.1. Ποσοστιαία κατανομή των κυριοτέρων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων στη θέση Καραμάνη το καλοκαίρι και φθινόπωρο του 2012 όπως αποτυπώθηκε μετά από δειγματοληψία με απόχη (μέθοδος 3-min Kick-Sweep) ή με δειγματολήπτη Surber.	57
Γράφημα 3.2. Ποσοστιαία κατανομή των κυριοτέρων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων στη θέση Σερβανάτες το καλοκαίρι και φθινόπωρο του 2012 όπως αποτυπώθηκε μετά από δειγματοληψία με απόχη (μέθοδος 3-min Kick-Sweep) ή με δειγματολήπτη Surber.	58

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΡΕΟΝΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, αστικές (λύματα και απορρίμματα αστικών και ημιαστικών περιοχών), γεωργοκτηνοτροφικές (εντατική εκμετάλλευση της αγροτικής γης, αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών ουσιών, ανεξέλεγκτες κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις), αγροβιομηχανικές (λύματα ελαιουργείων) μολύνουν και ρυπαίνουν σε πολλές περιπτώσεις τους υδάτινους πόρους, έχοντας σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων και τον περιορισμό της διαθεσιμότητας του νερού προς χρήση (Castela et al. 2008).

Για τον προσδιορισμό της ποιότητας των τρεχούμενων και στάσιμων υδάτων, την έκταση της ρύπανσης και γενικότερα των ανθρωπογενών ή μη επιδράσεων στα υδάτινα οικοσυστήματα, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι αξιολόγησης. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980, η αξιολόγηση της ποιότητας των νερών των υδάτινων οικοσυστημάτων γίνονταν με φυσικές και χημικές μεθόδους, κατά τις οποίες λαμβάνονταν δείγματα νερού από τα υπό εξέταση υδάτινα οικοσυστήματα, τα οποία αναλύονταν στη συνέχεια στο εργαστήριο (Chatzinikolaou et al. 2008). Οι παράμετροι οι οποίες αξιολογούνταν ήταν τόσο φυσικές, όπως η περιεκτικότητα σε οξυγόνο, το pH, η αγωγιμότητα κλπ, όσο και χημικές, όπως η συγκέντρωση νιτρικών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων, καθώς και άλλων επιβλαβών ουσιών που μπορούσαν να ανιχνευτούν στο δείγμα. Γύρω στα μέσα της δεκαετίας του 1980, έγινε αντιληπτό από τους ερευνητές ότι με τη χρήση μόνο χημικών μεθόδων δεν ήταν εφικτό να γίνει μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων, καθώς οι φυσικές και χημικές μέθοδοι παρέχουν πληροφορίες για την κατάσταση των υδάτων μόνο κατά την δεδομένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας. Άρχισαν λοιπόν οι ερευνητές να αξιολογούν και βιολογικές παραμέτρους και να εφαρμόζουν βιολογικές μεθόδους για την αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων (Armitage et al. 1983, Wright et al. 1984, Hellawell 1986).

Στις βιολογικές μεθόδους προσδιορισμού της ποιότητας του νερού ανήκουν οι βιοδοκιμές ή βιολογικές δοκιμασίες (bioassays), στις οποίες κάποιοι ευαίσθητοι οργανισμοί, που χρησιμοποιούνται ως δείκτες τοξικότητας, εκτίθενται στο υπό εξέταση δείγμα νερού για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και καταγράφονται οι επιδράσεις του δείγματος σε αυτούς (θνησιμότητα, ακινητοποίηση, ανικανότητα αναπαραγωγής κλπ)

(Κούγκολος 2005). Οι οικοτοξικολογικές αναλύσεις μπορούν να προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για την ποιότητα ενός δείγματος νερού και να διερευνήσουν το κατά πόσο το νερό περιέχει ουσίες, οι οποίες σε επικίνδυνες συγκεντρώσεις μπορεί να είναι τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς. Οργανισμοί όπως τα καρκινοειδή *Daphnia magna* και *Artemia fransiscana*, το βακτήριο *Vibrio fischeri*, το μικροφύκος *Chlorella ellipsoidea* ή ακόμα και είδη ψαριών χρησιμοποιούνται στη υδατική τοξικολογία για τον έλεγχο κυρίως των υδατικών αποβλήτων αλλά και του πόσιμου και των επιφανειακών νερών των υδάτινων οικοσυστημάτων (Chapman 1995, Moreira-Santos et al. 2004, Humphries et al. 2005, Bengtson-Nash et al. 2006, Palma et al. 2010, Pérez et al. 2010, Bauer et al. 2012). Στην Ελλάδα οι βιοδοκιμές έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο για την εκτίμηση της τοξικότητας υγρών αποβλήτων (Kontana et al. 2008) όσο και για την αξιολόγηση της ποιότητας υδάτινων οικοσυστημάτων (Kungolos et al. 1998, Samaras et al. 1998, Kungolos et al. 2003).

Εκτός από τις βιοδοκιμές, για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων χρησιμοποιούνται ευρέως οι βιοδείκτες ή βιολογικοί δείκτες. Οι μέθοδοι αυτές στηρίζονται στο γεγονός ότι οι έμβιοι οργανισμοί παρουσιάζουν διαφορετική αντοχή στις διάφορες περιβαλλοντικές πιέσεις, με αποτέλεσμα η σύνθεση των βιοκοινωνιών να είναι διαφορετική σε καθαρά υδάτινα οικοσυστήματα από ότι σε επιβαρημένα και ρυπασμένα. Οι βιολογικοί δείκτες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την εκτίμηση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων, σε αντίθεση με τις βιοδοκιμές οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως στην εκτίμηση της τοξικότητας υγρών αποβλήτων. Οι βιολογικοί δείκτες καθαρότητας των υδάτων αποτελούν και το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, γι' αυτό και παρουσιάζονται εκτενώς στις επόμενες ενότητες.

Σε ένα ιδεατό σενάριο, για την σωστή και αξιόπιστη εκτίμηση της ποιότητας των ρεόντων υδάτων θα έπρεπε να αξιολογούνται τόσο φυσικές και χημικές όσο και βιολογικές παράμετροι, ώστε να είναι διαθέσιμο όλο το φάσμα των απαραίτητων πληροφοριών για την καλύτερη διαχείριση των υδάτων (Metcalf 1989, Sargaonkar and Deshpande 2003). Κάτι τέτοιο όμως, απαιτεί πολύ χρόνο ενώ συνεπάγεται και αυξημένα έξοδα. Γι' αυτό και σε πολλές περιπτώσεις προκρίνεται η χρήση βιολογικών μεθόδων προσδιορισμού της ποιότητας των υδάτων, οι οποίες είναι ευρέως αποδεκτές, αξιόπιστες και χαμηλού κόστους. Επιπρόσθετα, οι βιολογικές μέθοδοι πλεονεκτούν έναντι των χημικών, γιατί δίνουν μια εικόνα της κατάστασης του υδάτινου οικοσυστήματος σε βάθος χρόνου, σε αντίθεση με τις δεύτερες, οι οποίες καθορίζουν

την ποιότητα του νερού σε μια δεδομένη χρονική στιγμή (DePauw and Vanhooren 1983).

1.2. ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Η πρώτη παρατήρηση ότι οι οργανισμοί που διαβιούν σε καθαρά νερά είναι διαφορετικοί από αυτούς που ζουν σε ρυπασμένα έγινε πριν από παραπάνω από έναν αιώνα, από τους Kolenati (1848) και Cohn (1853) (Liebmann 1962). Έκτοτε έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικοί υδρόβιοι οργανισμοί ως βιολογικοί δείκτες για την αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων, όπως διάτομα, πρωτόζωα, ασπόνδυλα, ψάρια καθώς και η παρόχθια και υδρόβια βλάστηση (Sladeczek 1973, Descy 1979, Hawks 1979, Persoone and De Pauw 1979, Hellawell 1986, Jiang 2006).

Με τον όρο βιολογικός δείκτης αναφερόμαστε σε μια μέθοδο “βαθμολόγησης” της παρουσίας ή απουσίας καθώς και, σε ορισμένες περιπτώσεις, της αφθονίας σε ένα οικοσύστημα συγκεκριμένων οργανισμών διαφορετικής αντοχής και ευαισθησίας σε διάφορους στρεσογόνους παράγοντες (π.χ. οργανικοί ή ανόργανοι ρύποι), με στόχο το προσδιορισμό της οικολογικής ποιότητας του οικοσυστήματος. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένας βιολογικός δείκτης για να μπορεί να χρησιμοποιείται ευρέως και σε έρευνες ρουτίνας είναι: α) να έχει χαμηλό κόστος, β) να είναι απλός στη χρήση του, γ) να μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους τύπους ποταμών και ρεόντων υδάτων, δ) να βασίζεται σε μεθόδους ευρέως χρησιμοποιούμενες, ε) να λαμβάνει υπόψη όσο το δυνατό μεγαλύτερο κομμάτι της βιοκοινωνίας του υπό αξιολόγηση υδάτινου οικοσυστήματος και στ) το αποτέλεσμα της αξιολόγησης να μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητό και από μη ειδικούς (Extence et al. 1987).

Οι βιολογικοί δείκτες της ποιότητας των υδάτων στηρίζονται στη μελέτη των έμβιων οργανισμών που ενδιαιτούν σε ένα υδάτινο οικοσύστημα. Κάθε περιβαλλοντική μεταβολή στο υδάτινο οικοσύστημα που οφείλεται στη ρύπανση, μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στη δομή και τη λειτουργία των υδρόβιων βιοκοινωνιών (Friedrich et al. 1992). Υδρόβιοι οργανισμοί ευαίσθητοι στη ρύπανση των νερών ενδέχεται να εξαφανιστούν από ένα οικοσύστημα και τη θέση τους να πάρουν άλλοι με μεγαλύτερες δυνατότητες επιβίωσης σε υποβαθμισμένα ποιοτικά νερά (Compin and Cereghino 2003). Το γεγονός αυτό καθιστά τους υδρόβιους

οργανισμούς κατάλληλους για χρήση ως δεικτών καθαρότητας των νερών (Mandaville 1999).

Η συστηματική ανίχνευση και καταγραφή των βιολογικών αλλαγών που προκαλούνται σε ένα οικοσύστημα εξαιτίας εξωγενών επιδράσεων, ανθρωπογενών ή μη, με σκοπό τη χρήση αυτών των πληροφοριών σε προγράμματα παρακολούθησης της ποιότητας του οικοσυστήματος ονομάζεται βιοπαρακολούθηση. Το πλεονέκτημα της βιοπαρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων ρεόντων υδάτινων οικοσυστημάτων είναι το γεγονός ότι είναι μια μέθοδος αξιόπιστη, οικονομική, αφού συνήθως δεν απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό για τη συλλογή των υδρόβιων οργανισμών, ενώ παράλληλα έχει την ικανότητα να ανιχνεύει την επίδραση πολλών στρεσογόνων παραγόντων αντανακλώντας τη γενικότερη οικολογική κατάσταση ενός οικοσυστήματος.

Ο υπολογισμός της ποιότητας του νερού με βάση τις βιολογικές μεθόδους γίνεται με δειγματοληψίες υδρόβιων οργανισμών, η παρουσία των οποίων έχει άμεση σχέση με την καθαρότητα των υπό εξέταση υδάτων (Gayraud et al. 2003). Από τη βιοποικιλότητα του υδάτινου οικοσυστήματος υπολογίζονται οι κατάλληλοι βιοδείκτες, από την τιμή των οποίων καθορίζεται τελικά η ποιότητα του νερού.

1.3. ΟΔΗΓΙΑ 2000/60 ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ

Η χρήση βιολογικών δεικτών για την εκτίμηση της ποιότητας των νερών των υδάτινων οικοσυστημάτων έχει θεσμοθετηθεί και εκφραστεί μέσα από την Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα νερά 2000/60 (Οδηγία 2000/60/EK). Σύμφωνα με αυτή την οδηγία όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι υποχρεωμένα να συστρατευθούν στην ολοκληρωμένη και αειφορική διαχείριση των νερών, να αποτρέψουν την υποβάθμιση των υδάτινων πόρων τους και να εξασφαλίσουν την προστασία και βελτίωση της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων τους μέσα από δίκτυα παρακολούθησης της κατάστασης τους.

Η Οδηγία - Πλαίσιο για τα νερά εκδόθηκε στις 22 Οκτωβρίου 2000 και ουσιαστικά έθεσε τα θεμέλια της σύγχρονης πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα νερά, η οποία βασίζεται σε ένα πλέον ενιαίο, υποχρεωτικό για όλα τα κράτη-μέλη, νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση και προστασία των νερών. Με αυτό τον τρόπο η οδηγία δίνει τέλος στις εθνικές στρατηγικές των κρατών-μελών, οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις ήταν αποσπασματικές και δεν επέτρεπαν μια συνολική οπτική και

διαχείριση της κατάστασης. Επιπλέον, για πρώτη φορά θεσμοθετούνται στόχοι καθώς και οι μεθοδολογίες που πρέπει να εφαρμοστούν ώστε να επιτευχθεί η προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων. Συνοπτικά, τα κράτη-μέλη καλούνται να αναπτύξουν και εφαρμόσουν κατάλληλα συστήματα εκτίμησης της οικολογικής κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων, που να βασίζονται σε τακτικά προγράμματα δειγματοληψιών, που να καλύπτουν όλες τις κατηγορίες και τους τύπους των νερών. Τέλος, για πρώτη φορά η οδηγία επιβάλλει την εφαρμογή όχι μόνο φυσικοχημικών κριτηρίων αλλά και βιολογικών για την αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων. Στην Ελλάδα η εφαρμογή της Οδηγίας – Πλαίσιο 2000/60 έγινε με τη δημοσίευση του Νόμου (ΦΕΚ 280/Α/9-12-2003, Ν. 3199/2003) για ‘την προστασία και διαχείριση των υδάτων’, που ψηφίστηκε στη Βουλή στις 12 Νοεμβρίου 2003.

1.4. ΤΑ ΒΕΝΘΙΚΑ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΑ ΩΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Τα βενθικά μακροασπόνδυλα θεωρούνται οι καλύτεροι και πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι βιολογικοί δείκτες της οικολογικής ποιότητας των ρεόντων υδάτων (Metcalf 1996, Hodgkinson and Jackson 2005, Alba-Tercedor 2006). Τα πλεονεκτήματα των βενθικών μακροασπονδύλων που τα καθιστούν κατάλληλους βιοδείκτες είναι η μεγάλη ποικιλομορφία και αφθονία τους, η περιορισμένη κινητικότητα τους καθώς και η εύκολη και χαμηλού κόστους δειγματοληψία και αναγνώριση τους (Armitage and Hogger 1994, Metcalfe 1989, Hellawell 1986). Τα βενθικά μακροασπόνδυλα έχουν μέχρι σήμερα χρησιμοποιηθεί σε πολυάριθμους βιολογικούς δείκτες, τόσο στην Ευρώπη, όσο και στην Αμερική και αλλού (Metcalf 1989, Barbour et al. 1999). Σήμερα, οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες εφαρμόζουν εθνικά ή περιφερειακά προγράμματα παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων με βιολογικούς δείκτες που βασίζονται στα βενθικά μακροασπόνδυλα (Birk and Hering 2002). Οι βιοδείκτες αυτοί στηρίζονται στην αρχή ότι τα είδη, γένη ή οι οικογένειες των μακροασπονδύλων που είναι ευαίσθητα στη ρύπανση βαθμολογούνται με υψηλή βαθμολογία, σε αντίθεση με τα ανθεκτικά, τα οποία παίρνουν χαμηλή βαθμολογία (Artemiadou and Lazaridou 2005).

1.5. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟΙ ΒΙΟΔΕΙΚΤΕΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΙ ΣΤΑ ΒΕΝΘΙΚΑ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες έχουν προχωρήσει στη δημιουργία δεικτών προσαρμοσμένων στις ιδιαίτερες συνθήκες των χωρών τους (Artemiadiou and Lazaridou 2005). Οι περισσότεροι από τους ευρέως χρησιμοποιούμενους ευρωπαϊκούς βιοδείκτες για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων βασίζονται στα βενθικά μακροασπόνδυλα (Artemiadiou et al. 2008). Παρ' όλα αυτά, μόνο λίγες ευρωπαϊκές χώρες είναι σε θέση να επιτύχουν μια ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτινων πόρων τους και να εφαρμόσουν τα συστήματα παρακολούθησης των υδάτων που προβλέπει η Οδηγία 2000/60 (Artemiadiou and Lazaridou 2005).

Οι κυριότεροι βιοδείκτες που βασίζονται στα βενθικά μακροασπόνδυλα και χρησιμοποιούνται ευρέως για την αξιολόγηση της ποιότητας των ρεόντων υδάτων παρουσιάζονται παρακάτω:

1.5.1. Ο ΒΙΟΔΕΙΚΤΗΣ TRENT BIOTIC INDEX (TBI)

Ο βιοδείκτης Trent Biotic Index (TBI) (Woodiwiss 1964) σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων του ποταμού Trent της Αγγλίας, αλλά έχει έκτοτε προσαρμοσθεί και χρησιμοποιηθεί σε πολλές άλλες χώρες, ενώ έχει αποτελέσει και τη βάση για τη δημιουργία νέων βιοδεικτών (Persoone and De Pauw 1979). Για την εφαρμογή του βιοδείκτη TBI οι συλλεχθέντες οργανισμοί αναγνωρίζονται στο επίπεδο της οικογένειας, του γένους ή του είδους, ανάλογα με τον οργανισμό. Ο δείκτης αξιολογεί την παρουσία ενός οργανισμού αλλά όχι και την αφθονία του στο δείγμα, ενώ βασίζεται στην ευαισθησία στην ρύπανση των ταξινομικών ομάδων που λαμβάνει υπόψη και στον αριθμό των ταξινομικών ομάδων (Πίνακας 1.1) (Metcalf 1989). Τα καθαρά ρέοντα ύδατα παίρνουν τιμή 10, ενώ η τιμή του βιοδείκτη μειώνεται καθώς αυξάνει η ρύπανση και η υποβάθμιση των υδάτων (Πίνακας 1.2).

Πίνακας 1.1. Πίνακας υπολογισμού του βιοδείκτη Trent Biotic Index (TBI).

			Συνολικός αριθμός ταξινομικών ομάδων				
			0-1	2-5	6-10	11-15	16+
			Τιμές Βιοδείκτη				
Καθαρά	Πλεκόπτερα	Περισσότερα από ένα είδος	-	6	7	8	9
		Μόνο ένα είδος	-	6	7	8	9
Μακροασπόνδυλα με τάση εξοφάνισης με την αύξηση της υποβάθμισης των υδάτων	Εφημερόπτερα (εκτός <i>Baetis</i> sp.)	Περισσότερα από ένα είδος	-	6	7	8	9
		Μόνο ένα είδος	-	5	6	7	8
	Τριχόπτερα ή <i>Baetis</i> sp.	Περισσότερα από ένα είδος	-	5	6	7	8
		Μόνο ένα είδος	4	4	5	6	7
	<i>Gammarus</i> sp.	Όλα τα παραπάνω είδη απόντα	3	4	5	6	7
	<i>Asellus</i> sp.	Όλα τα παραπάνω είδη απόντα	3	4	5	6	7
	Ολιγόχαιτοι Tubificidae ή προνύμφες Chironomidae	Όλα τα παραπάνω είδη απόντα	1	2	3	4	-
	Όλα τα παραπάνω είδη απόντα		1	2	3	4	-
Ρυπασμένα	Οργανισμοί όπως ο <i>Eristalis tenax</i> που δεν απαιτούν διαλυμένο οξυγόνο για την επιβίωση τους		-	1	2	-	-

Πηγή: Chandler 1970

Πίνακας 1.2. Κυριότερες ταξινομικές ομάδες που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό του βιοδείκτη Trent Biotic Index (TBI).

Ταξινομικές ομάδες
Κάθε οικογένεια Τριχοπτέρων (προνούμφες)
Κάθε οικογένεια Κολεοπτέρων (προνούμφες και ενήλικα)
Κάθε οικογένεια Διπτέρων (εκτός της οικογένειας Chironomidae)
Κάθε οικογένεια Ολιγόχαιτων Δακτυλιοσκωλήκων
Κάθε γένος Πλεκοπτέρων (προνούμφες)
Κάθε γένος Εφημεροπτέρων
Κάθε είδος βδελλοειδών Δακτυλιοσκωλήκων
Κάθε είδος Μαλακίων
Κάθε είδος Καρκινοειδών
Κάθε είδος Μεγαλοπτέρων (προνούμφες)
Το είδος <i>Chironomus thummi</i>

Πηγή: Chandler 1970

1.5.2. Ο ΒΙΟΔΕΙΚΤΗΣ EXTENDED TRENT BIOTIC INDEX (ETBI)

Το περιορισμένο εύρος τιμών που λαμβάνει ο βιοδείκτης TBI οδήγησε αρκετούς επιστήμονες να εκφράσουν τις επιφυλάξεις τους στο κατά πόσο ο συγκεκριμένος βιοδείκτης είναι αρκετά ευαίσθητος και ικανός να διαχωρίσει μικρές διαφορές στην ποιότητα των υδάτων (Pinder et al. 1987). Η κριτική αυτή οδήγησε στη διεύρυνση του βιοδείκτη και την αντικατάστασή του από τον βιοδείκτη Extended Trent Biotic Index (ETBI), ο οποίος λαμβάνει τιμές από 0 έως 15 (Πίνακες 1.3 και 1.4). Όπως και ο βιοδείκτης TBI, ο βιοδείκτης ETBI δεν λαμβάνει υπόψη του την αφθονία των μακροασπόνδυλων, με αποτέλεσμα η τυχαία παρουσία ενός οργανισμού στο δείγμα (μεταφορά με τον αέρα ή το ρεύμα του νερού) να μπορεί να αλλάξει δραστικά την τιμή του βιοδείκτη και να οδηγήσει σε λάθος συμπεράσματα για την ποιότητα των υδάτων.

Πίνακας 1.3. Πίνακας υπολογισμού του βιοδείκτη Extended Trent Biotic Index (ETBI).

			Συνολικός αριθμός ταξινομικών ομάδων									
			0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45
			Τιμές Βιοδείκτη									
Καθαρά	Πλεκόπτερα	Περισσότερα από ένα είδος	-	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Μακροασπόνδυλα με τάση εξαφάνισης με την αύξηση της υποβόθμισης των υδάτων			Μόνο ένα είδος	-	6	7	8	9	10	11	12	13
	Εφημερόπτερα (εκτός <i>Baetis</i> sp.)	Περισσότερα από ένα είδος	-	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Μόνο ένα είδος	-	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Τριχόπτερα ή <i>Baetis</i> sp.	Περισσότερα από ένα είδος	-	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Μόνο ένα είδος	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	<i>Gammarus</i> sp.	Όλα τα παραπάνω είδη απόντα	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	<i>Asellus</i> sp.	Όλα τα παραπάνω είδη απόντα	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ρυπασμένα	Ολιγόχαιτοι Tubificidae ή προνύμφες Chironomidae	Όλα τα παραπάνω είδη απόντα	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Όλα τα παραπάνω είδη απόντα	0	1	2	-	-	-	-	-	-	-

Πηγή: Persoone and De Pauw 1979

Πίνακας 1.4. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τον βιοδείκτη ETBI.

Τιμές βιοδείκτη ETBI	Ποιότητα Υδάτων
10 – 15	Πολύ Καλή
9 – 10	Καλή
8 – 9	Μέτρια
6 – 7	Κακή
3 – 5	Πολύ Κακή

Πηγή: Persoone and De Pauw 1979

1.5.3. Ο ΒΙΟΔΕΙΚΤΗΣ BELGIAN BIOTIC INDEX (BBI)

Ο βιοδείκτης BBI (DePauw and Vanhooren 1983) βασίστηκε σε έναν προγενέστερο βιοδείκτη, τον βιοδείκτη Indice Biotique (IB), ο οποίος αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε στη Γαλλία (Tuffery and Verneaux 1968). Τόσο ο βιοδείκτης IB όσο και ο βιοδείκτης BBI έχουν σαν βάση τους τον βιοδείκτη Trent Biotic Index, με τη διαφορά ότι λαμβάνουν υπόψη τους μεγαλύτερο αριθμό ταξινομικών ομάδων απ' ότι ο βιοδείκτης TBI. Επιπλέον, κάποιες ταξινομικές ομάδες στον βιοδείκτη BBI έχουν διαφορετικό βάρος απ' ότι στον βιοδείκτη TBI (Πίνακας 1.6). Για παράδειγμα, η τάξη των Τριχοπτέρων διαιρείται σε είδη με και χωρίς κολεό, εξαιτίας της μεγαλύτερης ευαισθησίας των ειδών που κατασκευάζουν θήκες στη ρύπανση. Το ίδιο συμβαίνει και με την οικογένεια Ecdyonuridae, η οποία διαχωρίζεται από τις υπόλοιπες οικογένειες Εφημεροπτέρων εξαιτίας της μεγαλύτερης ευαισθησίας της. Τέλος, για να μειωθεί η πιθανότητα η τυχαία παρουσία ενός οργανισμού να αλλοιώσει τα αποτελέσματα της ανάλυσης, στον βιοδείκτη λαμβάνονται υπόψη μόνο όσες ταξινομικές ομάδες αντιπροσωπεύονται από περισσότερα από δύο άτομα.

Πίνακας 1.5. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τον βιοδείκτη Belgian Biotic Index (BBI).

Τιμές βιοδείκτη BBI	Ποιότητα Υδάτων
9 – 10	Πολύ Καλή
7 – 8	Καλή
5 – 6	Μέτρια
3 – 4	Κακή
0 – 2	Πολύ Κακή

Πηγή: DePauw and Vanhooren 1983

Πίνακας 1.6. Πίνακας υπολογισμού του βιοδείκτη Belgian Biotic Index (BBI).

			Συνολικός αριθμός ταξινομικών ομάδων				
			0-1	2-5	6-10	11-15	16+
			Τιμές Βιοδείκτη				
Καθαρά	Πλεκόπτερα ή Ecdyonuridae (Syn. Heptageniidae)	Περισσότερα από ένα είδος	-	7	8	9	10
Μακροσπόνδυλα με τάση εξάρτισης με την αύξηση της υποβάθμισης των υδάτων	Τριχόπτερα με κολεό	Μόνο ένα είδος	5	6	7	8	9
		Περισσότερα από ένα είδος	-	6	7	8	9
	Εφημερόπτερα (εκτός Ecdyonuridae) ή Ancylidae	Μόνο ένα είδος	5	5	6	7	8
		Περισσότερα από ένα είδος	-	5	6	7	8
	Οδοντόγναθα ή <i>Aphelocheirus</i> sp. ή Gammaridae ή Μαλάκια (εκτός Sphaeridae)	Όλα τα παραπάνω είδη απόντα	3	4	5	6	7
	<i>Asellus</i> sp. ή Hirudinea ή Sphaeridae ή Ημίπτερα (εκτός <i>Aphelocheirus</i> sp.)	Όλα τα παραπάνω είδη απόντα	2	3	4	5	-
	Tubificidae ή Chironomidae	Όλα τα παραπάνω είδη απόντα	1	2	3	-	-
Ρυπασμένα	Eristalinae (= Syrphidae)	Όλα τα παραπάνω είδη απόντα	0	1	1	-	-

Πηγή: DePauw and Vanhooren 1983

1.5.4. Ο ΒΙΟΔΕΙΚΤΗΣ BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY
(BMWP)

Για τον υπολογισμό του βιοδείκτη BMWP τα βενθικά μακροασπόνδυλα που συλλέγονται αναγνωρίζονται μέχρι το επίπεδο της οικογένειας, ενώ δε λαμβάνεται υπόψη η αφθονία της κάθε οικογένειας (Biological Monitoring Working Party 1978, Chesters 1980). Ο βιοδείκτης παίρνει τιμές από 0 έως και πάνω από 100, οι οποίες αποτελούν το άθροισμα των βαθμολογιών όλων των οικογενειών που συλλέχθηκαν (Πίνακας 1.7) και αντιστοιχούν σε κλάσεις ποιότητας των υδάτων (Πίνακας 1.8).

Πίνακας 1.7. Οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων και βαθμολογίες τους σύμφωνα με τον βιοδείκτη Biological Monitoring Working Party (BMWP).

Οικογένειες Βενθικών Μακροασπονδύλων	Βαθμολογία
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	10
Astacidae, Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae	8
Caenidae, Nemuridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platycnemididae, Coenagriidae	6
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Haliplidae, Hygrobidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodidae, Dryopidae, Elminthidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simulidae, Planariidae, Dendrocoelidae	5
Baetidae, Sialidae, Piscicolidae	4
Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphariidae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae	3
Chironomidae	2
Oligochaeta	1

Πηγή: Metcalfe 1989

Πίνακας 1.8. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τον βιοδείκτη BMWP.

Τιμές βιοδείκτη BMWP	Ποιότητα Υδάτων
>100	Πολύ Καλή
76-100	Καλή
51-75	Μέτρια
26-50	Κακή
<25	Πολύ Κακή

Πηγή: Metcalfe 1989

1.5.5. Ο ΒΙΟΔΕΙΚΤΗΣ AVERAGE SCORE PER TAXA (ASPT)

Ο βιοδείκτης ASPT υπολογίζεται διαιρώντας το βιοδείκτη BMWP με τον αριθμό των οικογενειών οι οποίες λαμβάνονται υπόψη από το βιοδείκτη και παίρνει τιμές από 0 έως μεγαλύτερες από 5,5 (Armitage et al. 1983) (Πίνακας 1.9).

Πίνακας 1.9. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τον βιοδείκτη ASPT.

Τιμές βιοδείκτη ASPT	Ποιότητα Υδάτων
>5,5	Πολύ Καλή
4,6 – 5,5	Καλή
3,6 – 4,5	Μέτρια
2,6 – 3,5	Κακή
0 – 2,5	Πολύ Κακή

Πηγή: Metcalfe 1989

1.5.6. Ο ΒΙΟΔΕΙΚΤΗΣ IBERIAN BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (IBMWP)

Ο βιοδείκτης IBMWP είναι ίδιος σε ότι αφορά στον τρόπο υπολογισμού του με τον BMWP, με τη διαφορά ότι λαμβάνει υπόψη επιπλέον οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων που απαντώνται στα ρέοντα υδάτινα οικοσυστήματα της Ιβηρικής Χερσονήσου, όπου και αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά. Οι βαθμολογίες των διαφόρων οικογενειών σύμφωνα με τον βιοδείκτη IBMWP και οι τιμές που παίρνει ο βιοδείκτης με τις αντίστοιχες κλάσεις ποιότητας των υδάτων παρουσιάζονται στους Πίνακες 1.10 και 1.11, αντίστοιχα.

Πίνακας 1.10. Οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων και βαθμολογίες τους σύμφωνα με τον βιοδείκτη Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP).

Οικογένειες Βενθικών Μακροασπονδύλων	Βαθμολογία
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Athericidae, Blephariceridae	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae	8
Ephemerellidae, Nemuridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platycnemididae, Coenagriidae	6
Oligoneuriidae, Dryopidae, Elminthidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simulidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae	5
Baetidae, Sialidae, Piscicolidae, Caenidae, Hidracarina, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae	4
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpbdellidae, Asellidae, Ostracoda	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydriidae	2
Oligochaeta	1

Πηγή: Alba-Tercedor and Sanchez-Ortega 1988

Πίνακας 1.11. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τον βιοδείκτη IBMWP.

Τιμές βιοδείκτη BMWP	Ποιότητα Υδάτων
>100	Πολύ Καλή
61-100	Καλή
36-60	Μέτρια
16-35	Κακή
<15	Πολύ Κακή

Πηγή: Alba-Tercedor and Sanchez-Ortega 1988

1.6. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟΙ ΒΙΟΔΕΙΚΤΕΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΙ ΣΤΑ ΒΕΝΘΙΚΑ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Μέχρι πρόσφατα η Ελλάδα δε διέθετε κάποιο εθνικό ή έστω τοπικό δίκτυο παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων πόρων της, ούτε κάποιον βιοδείκτη προσαρμοσμένο στις ιδιαίτερες συνθήκες της χώρας μας. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι η εφαρμογή ευρωπαϊκών βιολογικών δεικτών για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων ελληνικών ποταμών και γενικότερα ρεόντων υδάτων δεν ήταν πάντοτε επιτυχής (Kousouris et al. 1990, Anagnostopoulou et al. 1994, Giannakou et al. 1997, Lazaridou-Dimitriadou et al. 2000). Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στις ιδιαίτερες υδρολογικές, γεωλογικές και κλιματικές συνθήκες της χώρας μας και των Μεσογειακών και βαλκανικών χωρών γενικότερα (Gasith and Resh 1999). Η μη καταλληλότητα των ευρωπαϊκών βιολογικών δεικτών για τα ρέοντα υδάτινα οικοσυστήματα της Ελλάδας οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι δεν λαμβάνουν υπόψη α) διάφορα είδη που ενδημούν στα ελληνικά ποτάμια, β) την αφθονία των βενθικών μακροσπόνδυλων και γ) τον τύπο του υποστρώματος, παράμετροι που επηρεάζουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων (Kampa et al. 2000, Lazaridou-Dimitriadou et al. 2004). Τελευταία, έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες δημιουργίας ενός ελληνικού βιολογικού δείκτη.

1.6.1. Ο ΒΙΟΔΕΙΚΤΗΣ HELLENIC EVALUATION SCORE (HES)

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα παλιότερων ερευνών για την παρουσία βενθικών μακροσπόνδυλων σε διάφορα υδάτινα ενδιαιτήματα, οι Artemiadou and Lazaridou (2005) προχώρησαν στη σύνθεση ενός βιοδείκτη για τα ελληνικά ρέοντα ύδατα. Ο βιοδείκτης βασίστηκε στους ευρωπαϊκούς βιοδείκτες BMWP/IBMWP και ASPT/IASPT, οι οποίοι διαφοροποιήθηκαν και συνδυάστηκαν με άλλες φυσικοχημικές

και υδρομορφολογικές παραμέτρους (Artemiadou and Lazaridou 2005). Συγκεκριμένα, σε αυτόν τον βιοδείκτη λαμβάνεται υπόψη η αφθονία της κάθε ταξινομικής ομάδας που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του δείκτη, κάτι που δε γινόταν με τους προηγούμενους δείκτες. Όπως και στη περίπτωση των BMWP και ASPT, τα συλλεχθέντα βενθικά μακροασπόνδυλα αναγνωρίζονται μέχρι το επίπεδο της οικογένειας. Ο δείκτης αποδίδει μια βαθμολογία σε κάθε οικογένεια ανάλογα με την αφθονία της (Πίνακας 1.12), ενώ το άθροισμα όλων των βαθμολογιών αποδίδει την τιμή του βιοδείκτη και την ποιότητα των υδάτων (Πίνακες 1.13 και 1.14).

Πίνακας 1.12. Οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων και βαθμολογίες τους σύμφωνα με τον βιοδείκτη HES και την αφθονία των οικογενειών (Π: Παρόντα 0-10%, Κ: Κοινά 10,1 – 20,0%, Α: Άφθονα 20,1 – 100%).

Οικογένειες Βενθικών Μακροασπονδύλων	Βαθμολογία		
	Π	Κ	Α
Capniidae, Chloroperlidae, Siphonuridae, Apheloceiridae, Blephariceridae, Phryganeidae, Molanidae, Odontoceridae, Beraeidae, Lepidostomatidae, Thremmatidae, Brachycentridae, Helicopsychidae	100	110	120
Leuctridae, Perlodidae, Perlidae, Sericostomatidae, Goeridae, Neoephemeridae	90	97	100
Nemouridae, Taeniopterygidae, Ephemeridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Leptoceridae, Polycentropodidae, Psychomyidae, Philopotamidae, Limnephilidae, Rhyacophilidae, Glossosomatidae, Ecnomidae, Aeshnidae, Lestidae, Corduliidae, Libeluliidae, Athericidae, Dixidae, Scirtidae (Helodidae), Gyrinidae, Hydraenidae, Sialidae, Grapsidae, Potamonidae (Brachyura), Astacidae (Macrura)	80	86	90
Potamanthidae, Calopterygidae, Cordulegasteridae, Stratiomyidae, Hydrobiidae	70	75	78
Platycnemididae, Gomphidae, Tabanidae, Ceratopogonidae, Empididae, Elmithidae, Viviparidae, Neritidae, Unionidae	60	64	67
Caenidae, Oligoneuriidae, Polymitarchidae, Isonychiidae, Hydropsychidae, Ancyliidae, Acroloxidae, Gammaridae, Corophidae, Atyidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dufesiidae, Dryopidae, Helophoridae, Hydrochidae, Clambidae, Psychodidae, Simuliidae	50	53	56
Ephemerellidae, Baetidae, Hydroptilidae, Tipulidae, Dolichopodidae, Anthomyidae, Limoniidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Hydroscaphidae, Hydracarina, Piscicolidae, Glossiphonidae	40	38	35
Coenagrionidae, Chironomidae (not red), Dytiscidae,	30	25	20

Hydrophilidae, Hygrobiidae, Corixidae, Hebridae, Veliidae, Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Pleidae, Naucoridae, Notonectidae, Belostomatidae, Asellidae, Ostracoda, Physidae, Bithyniidae, Bithynellidae, Melaniidae, (Thiaridae), Ellobiidae, Hirudinidae, Sphaeriidae, Oligochaeta			
Chironomidae (red), Rhagionidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydriidae, Chaoboridae, Lymnaeidae, Planorbidae, Erpobdellidae	20	12	3
Tubificidae, Valvatidae, Syrphidae	10	2	1

Πηγή: Artemiadou and Lazaridou 2005

1.6.2. Ο ΒΙΟΔΕΙΚΤΗΣ AVERAGE HELLENIC EVALUATION SCORE (AHES)

Ο βιοδείκτης AHES υπολογίζεται διαιρώντας το βιοδείκτη HES με τον αριθμό των οικογενειών οι οποίες λαμβάνονται υπόψη από το βιοδείκτη και παίρνει τιμές από 0 έως και 5 (Artemiadou and Lazaridou 2005) (Πίνακας 1.13 και 1.14).

Πίνακας 1.13. Κλάσεις υδάτων σύμφωνα με τους βιοδείκτες HES και AHES.

	Κλάση 5	Κλάση 4	Κλάση 3	Κλάση 2	Κλάση 1
	<u>Θέσεις υψηλής ποιότητας ενδιαιτήματος</u>				
HES	>1532	1326-1532	830-1325	341-829	0-340
	<u>Θέσεις φτωχής ποιότητας ενδιαιτήματος</u>				
	>1052	756-1052	389-755	167-388	0-166
	<u>Θέσεις υψηλής ποιότητας ενδιαιτήματος</u>				
AHES	>64,72	54,57-64,72	45,82-54,56	31,73-45,81	0-31,72
	<u>Θέσεις φτωχής ποιότητας ενδιαιτήματος</u>				
	>55,69	45,18-55,69	35,33-45,17	27,50-35,32	0-27,49

Πηγή: Artemiadou and Lazaridou, 2005

Πίνακας 1.14. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τους βιοδείκτες HES/AHES.

Τιμές βιοδείκτη HES/AHES	Ποιότητα Υδάτων
5	Υψηλή
4,5	Υψηλή
4	Καλή
3,5	Καλή
3	Μέτρια
2,5	Μέτρια
2	Φτωχή
1,5	Φτωχή
1	Κακή

Πηγή: Artemiadou and Lazaridou 2005

1.6.3. Ο ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΒΙΟΤΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ (ΕΒΔ)

Οι Πιορουλou-Georgudaki et al. (2003) πρότειναν μια τροποποίηση του βιοδείκτη IBMWP, τον Ελληνικό Βιοτικό Δείκτη, ο οποίος υπολογίζεται όπως ο IBMWP, με τη διαφορά ότι περιλαμβάνει επιπλέον τις οικογένειες Rhagionidae και Syrphidae με βαθμολογία 4 και 2, αντίστοιχα (Πίνακας 1.15). Το εύρος τιμών του βιοδείκτη κυμαίνεται από 0 έως πάνω από 100, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.16.

Πίνακας 1.15. Οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων και βαθμολογίες τους σύμφωνα με τον Ελληνικό Βιοτικό Δείκτη.

Οικογένειες Βενθικών Μακροασπονδύλων	Βαθμολογία
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Athericidae, Blephariceridae	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae	8
Ephemerellidae, Nemuridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platycnemididae, Coenagriidae	6
Oligoneuriidae, Dryopidae, Elminthidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simulidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiiidae	5
Baetidae, Sialidae, Piscicolidae, Caenidae, Hidracarina, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Rhagionidae	4
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpbdellidae, Asellidae, Ostracoda	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydriidae, Syrphidae	2
Oligochaeta	1

Πηγή: Πιορουλou-Georgudaki et al. 2003

Πίνακας 1.16. Ποιότητα υδάτων σύμφωνα με τις τιμές του Ελληνικού Βιοτικού Δείκτη.

Τιμές Ελληνικού Βιοτικού Δείκτη	Ποιότητα Υδάτων
>100	Πολύ Καλή
61-100	Καλή
36-60	Μέτρια
16-35	Κακή
<15	Πολύ Κακή

Πηγή: Πιορουλίου-Georgudaki et al. 2003

1.7. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Μια ποικιλία μεθόδων δειγματοληψίας έχουν χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή βενθικών μακροασπονδύλων προκειμένου να γίνει η εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων σε ρέοντα υδάτινα οικοσυστήματα (Barton and Metcalfe-Smith 1992). Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου δειγματοληψίας είναι καθοριστικής σημασίας για τη διεξαγωγή ασφαλών αποτελεσμάτων με την εφαρμογή ενός βιοδείκτη, γιατί κάθε μέθοδος δειγματοληψίας είναι περισσότερο ή λιγότερο επιλεκτική για συγκεκριμένα τμήματα της βενθικής κοινότητας (Lauzon and Harper 1988). Ανάμεσα στις μεθόδους δειγματοληψίας που έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί για το χαρακτηρισμό της βιοκοινότητας των βενθικών μακροασπονδύλων σε ρέοντα υδάτινα οικοσυστήματα είναι και η δειγματοληψία με απόχη. Η μέθοδος είναι ευρείας αποδοχής, μη-ποσοτική, ενώ δεν απαιτεί ακριβό και εξειδικευμένο εξοπλισμό (Mackey et al. 1984).

Κατά καιρούς έχουν δημοσιευθεί μελέτες που αξιολογούν την καταλληλότητα διαφορετικών μεθόδων δειγματοληψίας για τον υπολογισμό βιολογικών δεικτών με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα. Οι Barton and Metcalfe-Smith (1992) χρησιμοποίησαν τρεις μεθόδους (δειγματολήπτη Surber, σέσουλα, αποίκιση τεχνητών υποστρωμάτων) για να εκτιμήσουν την ποιότητα των υδάτων του ποταμού Γιαμάσκα του Κεμπέκ του Καναδά και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος δειγματοληψίας επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το αποτέλεσμα της ανάλυσης. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Storey et al. (1991), οι οποίοι μελέτησαν την βιοκοινότητα των μακροασπονδύλων σε ένα ρέον υδάτινο οικοσύστημα στη νοτιοδυτική Αυστραλία χρησιμοποιώντας δειγματολήπτη Surber και απόχη. Πρόσφατα, οι Friberg et al. (2006) συνέκριναν τις μεθόδους δειγματοληψίας βενθικών μακροασπονδύλων που χρησιμοποιούνται σε 11 χώρες της Ευρώπης, ενώ οι

Mackey et al. (1984) συνεκρίναν τη μέθοδο δειγματοληψίας με απόχη με το δειγματολήπτη Surber και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η δειγματοληψία με απόχη υπερέρχει του δειγματολήπτη Surber στη συλλογή διαφορετικών ειδών μακροασπονδύλων.

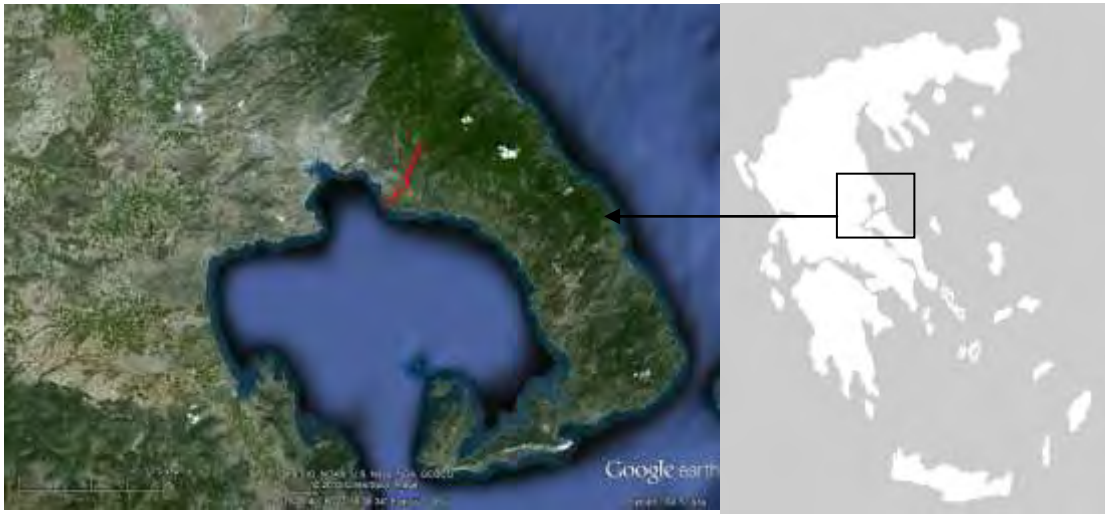
1.8. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να εκτιμήσει και αξιολογήσει την ποιότητα των υδάτων του ρέματος Βρύχωνα (όρος Πήλιο) με τη χρήση βιολογικών δεικτών που βασίζονται στα βενθικά μακροασπόνδυλα. Επιπρόσθετα, η παρούσα μελέτη σχεδιάστηκε για να επιτρέψει τη σύγκριση δύο μεθόδων δειγματοληψίας βενθικών μακροασπονδύλων: την δειγματοληψία με δειγματολήπτη Surber και την δειγματοληψία με απόχη προκειμένου να διερευνηθεί η καταλληλότητα της κάθε μεθόδου για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων. Τέλος, μελετήθηκε η εποχιακή διακύμανση της ποιότητας των υδάτων του ρέματος Βρύχωνα σε δύο εποχές δειγματοληψίας (καλοκαίρι, φθινόπωρο).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας ήταν το ρέμα Βρύχωνας, το οποίο βρίσκεται στη κεντροδυτική πλευρά του όρους Πήλιο (Εικόνα 2.1). Το ρέμα Βρύχωνας πηγάζει στην περιοχή του Αγίου Λαυρεντίου, διατρέχει μια μεγάλη αγροτική περιοχή, η οποία ως επί των πλείστων καλλιεργείται με ελιές, και εκβάλλει τελικά στον Παγασητικό κόλπο, στην περιοχή των κάτω Λεχωνίων (θέση Καλαμιές).



Εικόνα 2.1: Η περιοχή μελέτης. Το ρέμα Βρύχωνας (με κόκκινο χρώμα) στην κεντροδυτική πλευρά του όρους Πήλιο στο νομό Μαγνησίας.

Το πλατάνι, *Platanus orientalis* L. (Οικογένεια Platanaceae) είναι το κυρίαρχο είδος βλάστησης κατά μήκος των όχθων του ρέματος, ενώ σε λίγο μεγαλύτερη απόσταση από το ρέμα η φυσική βλάστηση απουσιάζει και έχει αντικατασταθεί από καλλιέργειες, κυρίως ελαιώνες στο ανώτερο τμήμα του ρέματος και οπωρώνες εσπεριδοειδών και καλλιέργειες λαχανοκομικών στα χαμηλότερα υψόμετρα.

Οι κύριες ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην υδρολογική λεκάνη του ρέματος Βρύχωνας είναι:

1. Παρουσία χωριών στην παρόχθια περιοχή του ρέματος. Ο Άγιος Λαυρέντιος, η Δράκεια και τα Λεχώνια είναι χωριά του Πηλίου, τα οποία βρίσκονται μέσα στην υδρολογική λεκάνη του ρέματος Βρύχωνα.

2. Η καλλιέργεια κυρίως ελιάς, αλλά και εσπεριδοειδών και λαχανοκομικών. Για την κάλυψη των αρδρευτικών αναγκών των καλλιεργειών το καλοκαίρι γίνεται άντληση νερού για πότισμα από το ρέμα.
3. Η κτηνοτροφία, με τη μορφή μικρών, οικογενειακών κτηνοτροφικών μονάδων αιγοπροβάτων, που καλύπτουν κυρίως τοπικές ανάγκες σε γαλακτοκομικά προϊόντα και προϊόντα κρέατος.

Είναι φανερό δηλαδή ότι ο Βρύχωνας δέχεται ανθρωπογενείς πιέσεις και επιδράσεις τόσο από τις καθημερινές αγροτικές δραστηριότητες, κτηνοτροφικές και γεωργικές, όσο και από την παρουσία οικισμών μέσα στην υδρολογική του λεκάνη. Θα μπορούσαμε να αναμένουμε λοιπόν κάποια επιβάρυνση του υδάτινου οικοσυστήματος του Βρύχωνα από τις παραπάνω δραστηριότητες (έκπλυση φυτοφαρμάκων, απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων χωρίς επεξεργασία κλπ).

Οι θέσεις δειγματοληψίας καθορίστηκαν με γνώμονα τη γεωμορφολογία, την ποικιλία των χρήσεων γης και των ανθρωπογενών πιέσεων καθώς και την ευκολία πρόσβασης, ενώ έγινε προσπάθεια για την όσο δυνατόν καλύτερη κάλυψη του ρέματος. Συνολικά επιλέχθηκαν δύο (2) σημεία, τα οποία απεικονίζονται στην Εικόνα 2.2. Τα μορφολογικά και τοπογραφικά χαρακτηριστικά των σημείων δειγματοληψίας συνοψίζονται στον Πίνακα 2.1.

1. Θέση Καραμάνη (Εικόνα 2.3):

Αποτελεί τη θέση δειγματοληψίας που βρίσκεται στο μεγαλύτερο υψόμετρο. Στο σημείο αυτό το ρέμα διέρχεται από πυκνή παρόχθια βλάστηση, που κυριαρχείται από συστάδες πλατανιών και οξιάς. Οι ανθρωπογενείς επιδράσεις στο σημείο σχετίζονται με την παρουσία του χωριού Δράκεια σε μικρή απόσταση, καθώς και με μικρές, οικογενειακές, κτηνοτροφικές δραστηριότητες και την καλλιέργεια ελιάς στην γύρω περιοχή.

2. Θέση Σερβανάτες (Εικόνα 2.4):

Αποτελεί μια θέση δειγματοληψίας σε χαμηλό υψόμετρο. Στο σημείο αυτό το ρέμα διέρχεται από παρόχθια βλάστηση, που κυριαρχείται από συστάδες πλατανιών. Οι ανθρωπογενείς επιδράσεις στο σημείο σχετίζονται με την παρουσία του οικισμού Σερβανάτες σε μικρή απόσταση, καθώς και με την εκτεταμένη καλλιέργεια ελιάς στην γύρω περιοχή. Σημαντικό χαρακτηριστικό της θέσης δειγματοληψίας είναι η ανεξέλεγκτη ρίψη μπαζών και σκουπιδιών στις όχθες του ρέματος στο συγκεκριμένο

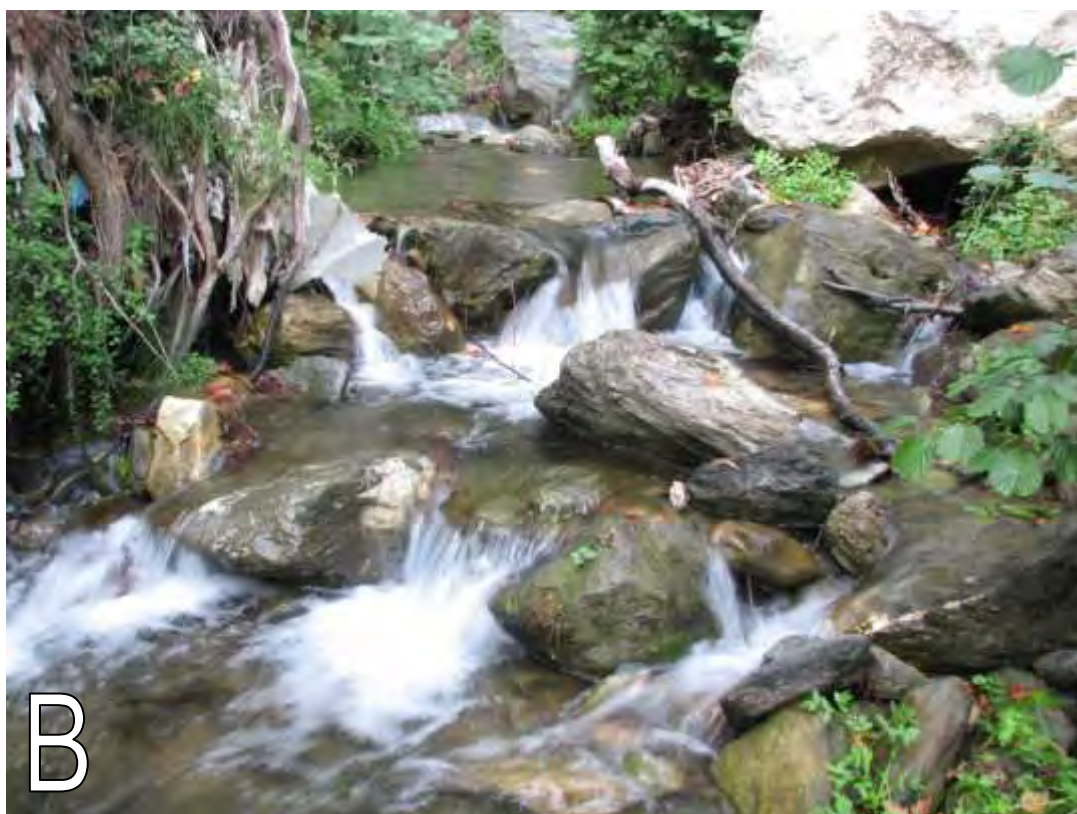
σημείο, με αποτέλεσμα το οικοσύστημα να είναι αρκετά αλλοιωμένο και τα σημάδια της ανθρώπινης παρέμβασης πολύ εμφανή (Εικόνα 2.3).



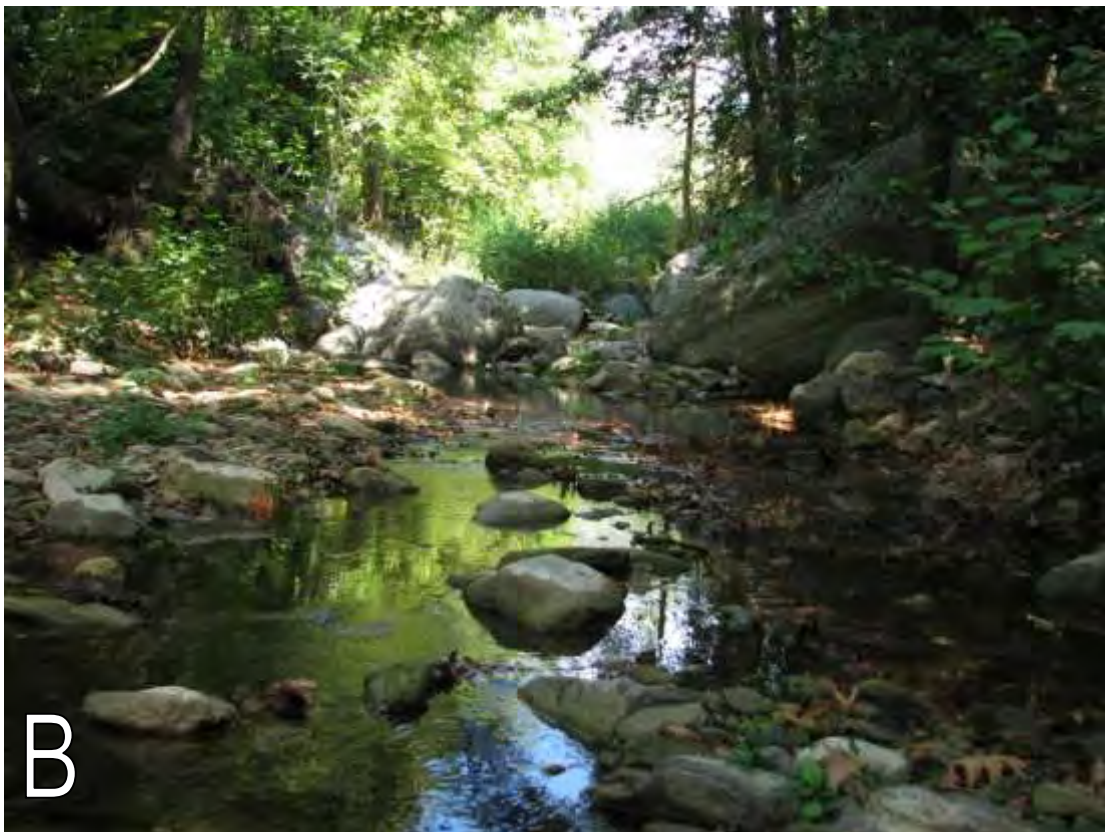
Εικόνα 2.2: Τα σημεία-θέσεις δειγματοληψίας στο ρέμα Βρύχωνα.



Εικόνα 2.3: Ανεξέλεγκτη εναπόθεση παντός τύπου απορριμμάτων και μάζων στο παρόχθιο τμήμα της θέσης Σερβανάτες του ρέματος Βρύχωνα.



Εικόνα 2.4: Θέση δειγματοληψίας Καραμάνη (Α: καλοκαίρι, Β: φθινόπωρο).



Εικόνα 2.5: Θέση δειγματοληψίας Σερβανάτες (A: καλοκαίρι, B: φθινόπωρο).

Πίνακας 2.1. Μορφολογικά και τοπογραφικά χαρακτηριστικά των σημείων δειγματοληψίας στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες.

Θέση Δειγματοληψίας		
	A. Θέση ΚΑΡΑΜΑΝΗ	B. Θέση ΣΕΡΒΑΝΑΤΕΣ
Γεωγραφικό Μήκος	23° 2' 41'' A	23° 02' 26'' A
Γεωγραφικό Πλάτος	39° 22' 14'' B	39° 20' 33'' B
Υψόμετρο (μ)	360	120
Απόσταση (Χμ)	-	3,5 από Α
Πιθανές αιτίες υποβάθμισης υδάτων	- Απόβλητα ελαιοτριβείου - Εκτροφή ζώων	- Ρίψη σκουπιδιών

2.2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Σε κάθε χρονικό και χωρικό σημείο δειγματοληψίας ελήφθησαν οι παρακάτω μετρήσεις με φορητά όργανα πεδίου, οι οποίες αφορούν στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού και που έχουν άμεση επίδραση στην ανάπτυξη των υδρόβιων οργανισμών:

1. Θερμοκρασία νερού (°C)
2. pH νερού
3. Διαλυμένο οξυγόνο (mg/L)

Παράλληλα, λαμβάνονταν ποσότητα νερού σε δοχείο του 1,5 L, η οποία αποθηκευόταν προσωρινά σε φορητό ψυγείο στους 4°C, προκειμένου να μεταφερθεί στο εργαστήριο για χημική ανάλυση με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας, η οποία περιελάμβανε ποσοτική ανίχνευση για τα παρακάτω ανιόντα:

1. Ιόντα χλωρίου (Cl⁻)
2. Νιτρικά ιόντα (NO₃⁻)
3. Νιτρώδη ιόντα (NO₂⁻)
4. Ιόντα Φθορίου (F⁻)

5. Φωσφορικά ιόντα (PO_4^{3-})
6. Θειικά (SO_4^{2-})
7. Ιόντα Βρωμίου (Br^-)

2.2.1. ΙΟΝΤΙΚΗ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των ανιόντων στα δείγματα νερού (νιτρικών, νιτρωδών, φωσφορικών, θειικών ιόντων και ιόντων φθορίου, χλωρίου και βρωμίου) πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ιοντικής χρωματογραφίας. Η μέθοδος της ιοντικής χρωματογραφίας είναι μια αναλυτική μέθοδος, η οποία συνδυάζει τις αρχές της ιοντοανταλλαγής με την τεχνική της αγωγιμομετρίας, προκειμένου να επιτύχει τον ποσοτικό προσδιορισμό των περιεχομένων στο υπό ανάλυση δείγμα ιόντων. Η μέθοδος της ιοντικής χρωματογραφίας βασίζεται στην κατανομή των προς διαχωρισμό ουσιών εντός δύο φάσεων, όπου η μία φάση διατηρείται ακίνητη (στατική φάση), ενώ η δεύτερη βρίσκεται υπό συνεχή ροή (κινητή φάση ή εκλουστικό διάλυμα). Αναλυτικότερα, το δείγμα διέρχεται από ένα σύνολο ιοντικών ανταλλακτών όπου και γίνεται ο διαχωρισμός των υπό προσδιορισμό ιόντων. Στη συνέχεια, τα διαχωρισμένα ιόντα διέρχονται από τον καταστολέα του συστήματος, όπου καταστέλλεται η αγωγιμότητα του εκλουστικού διαλύματος και τα ιόντα προσδιορίζονται με βάση την αγωγιμότητα τους.

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των ανιόντων των δειγμάτων νερού που ελήφθησαν από τις θέσεις δειγματοληψίας της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκε ιοντικός χρωματογράφος του Οίκου Alltech με ανιχνευτή αγωγιμότητας Alltech 550. Χρησιμοποιήθηκε στήλη διαχωρισμού ανιόντων κωδ. SN 00110137, 100mm x 4,6 mm, ενώ ως διαλύτης έκλουσης χρησιμοποιήθηκε μίκτο διάλυμα 1,8 mM Na_2CO_3 και 1,7 mM NaHCO_3 .

Σε όλες τις περιπτώσεις, της ανάλυσης των δειγμάτων προηγήθηκε φιλτράρισμα των δειγμάτων νερού με ειδικό διηθητικό χαρτί (Whatman No 1). Τα δείγματα νερού που χρησιμοποιήθηκαν για τον ποσοτικό προσδιορισμό των ανιόντων δεν αραιώθηκαν αλλά χρησιμοποιήθηκαν αυτούσια. Τα ανιόντα ανιχνεύθηκαν σύμφωνα με το χρόνο έκλουσης τους και ποσοτικοποιήθηκαν σύμφωνα με τη μέθοδο του εξωτερικού προτύπου με τη χρήση προτύπου διαλύματος μίγματος ανιόντων Anion Mix A (Alltech,

UK). Τα χρωματογραφήματα επεξεργάστηκαν με το λογισμικό πακέτο EZChrom Chromatography Data System (Scientific Software, San Ramon, CA, USA).

2.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ – ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΒΕΝΘΙΚΩΝ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΩΝ

Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης έγινε συλλογή και καταγραφή με επιτόπιες δειγματοληψίες όλων των υπάρχοντων δεδομένων όσον αφορά στα βιολογικά στοιχεία των υδρόβιων μακροασπονδύλων που ενδιατούν στα υπό εξέταση υδάτινα οικοσυστήματα. Για τη συλλογή των δειγμάτων των βενθικών μακροασπονδύλων χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι δειγματοληψίας, οι οποίες αναλύονται παρακάτω:

2.3.1. ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΜΕ ΑΠΟΧΗ (3-MIN KICK-SWEEP)

Χρησιμοποιώντας απόχη με τετράγωνο πλαίσιο (25 cm x 25 cm, επιφάνεια 625 cm², άνοιγμα ματιού 500 μm, βάθος 27,5 cm) (Εικόνα 2.5) λαμβάνονταν δύο δείγματα σε κάθε περιοχή και κάθε χρονική στιγμή δειγματοληψίας (Lazaridou et al. 2004).



Εικόνα 2.5. Απόχη δειγματοληψίας.

Συνοπτικά, η απόχη τοποθετούταν με το άνοιγμα προς την άνοδο του ρέματος, ενώ ταυτόχρονα διαταράσσονταν με το πόδι ή άλλο αντικείμενο η περιοχή μπροστά από την απόχη. Η συνολική διάρκεια της δειγματοληψίας ήταν 3 λεπτά και ο χρόνος αυτό κατανέμονταν αναλογικά σε όλα τα ενδιαίτηματα του ρέματος. Επιπλέον, πραγματοποιούνταν μία δειγματοληψία διάρκειας ενός λεπτού στην παρακείμενη βλάστηση καθώς και κάτω από πέτρες μέσα στο ποτάμι. Τα συλλεχθέντα

μακροασπόνδυλα αδειάζονταν σε μια λεκάνη, προκειμένου να μονιμοποιηθούν για τη μεταφορά τους στο εργαστήριο.



Εικόνα 2.6. Δειγματολήπτης Surber

2.3.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΗΣ SURBER

Για την κάλυψη των αναγκών των δειγματοληψιών κατασκευάστηκε δειγματολήπτης Surber (50 cm x 50 cm, άνοιγμα ματιού 900 μm) με τον οποίο λαμβάνονταν δύο δείγματα σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας (Εικόνα 2.6) (Sutherland 1996). Αναλυτικά, η διαδικασία της δειγματοληψίας με τον δειγματολήπτη Surber που ακολουθήθηκε παρουσιάζεται παρακάτω.

Αρχικά, επιλέχθηκε ένα σημείο δειγματοληψίας με βάθος όχι μεγαλύτερο από το ύψος του δειγματολήπτη Surber (50 cm). Το σημείο δειγματοληψίας προσεγγίστηκε προχωρώντας ανοδικά στο ποτάμι. Η βάση του δειγματολήπτη Surber τοποθετήθηκε στέρεα στην κοίτη του ρέματος, με το άνοιγμα να βλέπει προς τις πηγές (ανοδικά στο ποτάμι). Στη συνέχεια, συλλέχθηκαν όλα τα βενθικά μακροασπόνδυλα από τις πέτρες που βρίσκονταν εντός του πλαισίου του δειγματολήπτη. Κρατώντας τις πέτρες εντός του δειγματολήπτη απομακρύνθηκαν όλα τα ασπόνδυλα που βρίσκονταν πάνω τους και τα οποία μπήκαν μέσα στο δίχτυ. Στη συνέχεια οι πέτρες τοποθετήθηκαν στο πλάι. Ακολούθως, έγινε αναμόχλευση με ένα μικρό φτυαράκι του υποστρώματος σε βάθος μερικών εκατοστών, έτσι ώστε τα μακροασπόνδυλα που βρίσκονται εκεί να

παρασυρθούν από το ρεύμα του ρέματος και να μπουν μέσα στο δειγματολήπτη. Τέλος, ο δειγματολήπτης απομακρύνθηκε από το νερό και τα συλλεχθέντα ασπόνδυλα αδειάζονταν σε μια λεκάνη, προκειμένου να μονιμοποιηθούν για τη μεταφορά τους στο εργαστήριο.

Και στις δύο περιπτώσεις, τα συλλεχθέντα μακροασπόνδυλα τοποθετήθηκαν σε γυάλινα βάζα με διάλυμα 70% αιθυλικής αλκοόλης προκειμένου να μεταφερθούν στο εργαστήριο. Με αυτόν τον τρόπο επιτεύχθηκε η θανάτωση των μακροασπονδύλων, αποτρέποντας έτσι φαινόμενα θήρευσης, τα οποία ενδεχομένως θα μετέβαλλαν την τελική σύνθεση των δειγμάτων. Η διατήρηση των δειγμάτων μέχρι την αναγνώριση τους έγινε σε διάλυμα 70% αιθυλικής αλκοόλης.

2.4. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΒΕΝΘΙΚΩΝ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΩΝ

Μετά τη μεταφορά τους στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκε η αναγνώριση των βενθικών μακροασπονδύλων με τη βοήθεια ειδικών κλειδών (Merritt and Cummins 1996, Nilsson 1996, McCafferty 1998, Askew 2004, Malicky 2004) και οπτικού στερεοσκοπίου (Olympus SZX9), που ήταν συνδεδεμένο με ψηφιακή κάμερα για τη λήψη φωτογραφιών (Altra). Η αναγνώριση έγινε για όλα τα δείγματα στο επίπεδο της οικογένειας, ενώ όπου αυτό ήταν εφικτό με βάση τις υπάρχουσες κλείδες η αναγνώριση πραγματοποιήθηκε σε χαμηλότερο ταξινομικό επίπεδο, δηλαδή σε επίπεδο γένους και είδους.

2.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ

Με βάση τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών έγινε ο υπολογισμός των βιολογικών δεικτών. Η συνολική οικολογική ποιότητα των υδάτων σε κάθε θέση δειγματοληψίας υπολογίστηκε από το συνδυασμό των ελληνικών δεικτών ΕΒΔ και ΗΕΣ/ΑΗΕΣ ως εξής: Σε κάθε κλάση ποιότητας αποδόθηκε μία τιμή σύμφωνα με την παρακάτω αντιστοίχιση: Πολύ Καλή (5), Καλή (4), Μέτρια (3), Κακή (2), Πολύ Κακή (1). Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τιμών για όλες τις δειγματοληψίες για τη συγκεκριμένη θέση, ο οποίος αποτέλεσε και την τελική οικολογική ποιότητα του νερού στη συγκεκριμένη θέση.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού στις υπό μελέτη θέσεις δειγματοληψίας στις τοποθεσίες Καραμάνη και Σερβανάτες του ρέματος Βρύχωνα το καλοκαίρι και φθινόπωρο του 2012 παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.1. και 3.2, αντίστοιχα.

Πίνακας 3.1: Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού στις θέσεις δειγματοληψίας Καραμάνη και Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012.

Φυσικοχημικές παράμετροι	Καλοκαίρι 2012	
	Καραμάνη	Σερβανάτες
T (°C)	19,2	22,1
pH	7,4	7,9
DO (mg/L)	9,3	8,5
NO ₃ ⁻ (mg/L)	7,1 ^α	6,9 ^α
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,0 ^β	0,0 ^β
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,0 ^γ	0,0 ^γ
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	45,9 ^δ	38,7 ^δ
Cl ⁻ (mg/L)	29,9 ^ε	25,2 ^ε
F ⁻ (mg/L)	0,0 ^{στ}	2,8 ^{στ}
Br ⁻ (mg/L)	0,0 ^η	0,0 ^η

Ανώτατα επιτρεπτά όρια στο πόσιμο νερό: ^α NO₃⁻: 50 ppm, ^β NO₂⁻: 0,5 ppm, ^γ PO₄³⁻: 5000 ppm, ^δ SO₄³⁻: 250 ppm, ^ε Cl⁻: 250 ppm, ^{στ} F⁻: 1,5 ppm, ^η Br⁻: 1,5 ppm,

Πίνακας 3.2: Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού στις θέσεις δειγματοληψίας Καραμάνη και Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012.

Φυσικοχημικές παράμετροι	Φθινόπωρο 2012	
	Καραμάνη	Σερβανάτες
T (°C)	14,6	16,9
pH	7,7	8,2
DO (mg/L)	10,1	9,8
NO ₃ ⁻ (mg/L)	1,5 ^α	2,6 ^α
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,0 ^β	0,0 ^β
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,1 ^γ	20,9 ^γ
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	16,4 ^δ	61,6 ^δ
Cl ⁻ (mg/L)	48,4 ^ε	71,2 ^ε
F ⁻ (mg/L)	0,0 ^{στ}	0,0 ^{στ}
Br ⁻ (mg/L)	0,0 ^η	0,0 ^η

Ανώτατα επιτρεπτά όρια στο πόσιμο νερό: ^α NO₃⁻: 50 ppm, ^β NO₂⁻: 0,5 ppm, ^γ PO₄³⁻: 5000 ppm, ^δ SO₄³⁻: 250 ppm, ^ε Cl⁻: 250 ppm, ^{στ} F⁻: 1,5 ppm, ^η Br⁻: 1,5 ppm,

3.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Συνολικά, σε όλες τις δειγματοληψίες στον ποταμό Βρύχωνα συλλέχθηκαν και αναγνωρίστηκαν 428 άτομα, τα οποία ανήκουν σε 36 οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων. Από αυτές, δύο οικογένειες ανήκουν στους ολιγόχαιτους, δύο στα γαστερόποδα, μία στα καρκινοειδή και μία στα κολλέμβολα. Οκτώ οικογένειες ανήκουν στα Δίπτερα, έξι οικογένειες ανήκουν στα Εφημερόπτερα, έξι στα Τριχόπτερα, τέσσερις οικογένειες ανήκουν στα Οδοντόγναθα, τρεις στα Κολεόπτερα, μία οικογένεια ανήκει στα Πλεκόπτερα και μία στα Ημίπτερα. Η πιο πολυάριθμη ταξινομική ομάδα ήταν τα έντομα με συνολικά 30 οικογένειες και 362 άτομα, ενώ η πιο πολυπληθής τάξη ήταν τα Πλεκόπτερα με 109 άτομα. Δεύτερη πιο πολυπληθής τάξη σε αριθμό συλλεχθέντων

ατόμων ήταν τα Τριχόπτερα με 59 άτομα, ενώ ακολούθησαν τα Δίπτερα με 52 άτομα και τα Εφημερόπτερα με 26 άτομα.

3.2.1. ΘΕΣΗ ΚΑΡΑΜΑΝΗ

3.2.1.1. ΜΕΘΟΔΟΣ SURBER – ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2012

Οι ταξινομικές κατηγορίες των βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη του ρέματος Βρύχωνα το καλοκαίρι του 2012 με τον δειγματολήπτη Surber παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3. Συνολικά, στη θέση αυτή του ρέματος με τη συγκεκριμένη μέθοδο συλλέχθηκαν και αναγνωρίστηκαν 89 άτομα, τα οποία ανήκουν σε 15 οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων. Από αυτές, μία οικογένεια ανήκει στους Ολιγόχαιτους (Lumbriculidae) και μία στα Γαστερόποδα (Lymnaeidae). Όσον αφορά στα έντομα που συλλέχθηκαν, τέσσερις οικογένειες ανήκουν στην τάξη των Διπτέρων (Athericidae, Simuliidae, Culicidae και Tipulidae), τέσσερις στην τάξη των Τριχοπτέρων (Glossosomatidae, Limnephilidae, Hydropsychidae και Philopotamidae), δύο στην τάξη των Εφημεροπτέρων (Ephemerillidae και Baetidae), δύο στην τάξη των Κολεοπτέρων (Dytiscidae και Dryopoidae) και μία στην τάξη των Οδοντόγναθων (Gomphidae). Η πιο πολυάριθμη ταξινομική ομάδα από τα μακροασπόνδυλα που συλλέχθηκαν ήταν τα έντομα με 13 οικογένειες και 43 άτομα, ενώ η πιο πολυάριθμη τάξη εντόμων ήταν τα Τριχόπτερα με 22 άτομα.

Όπου αυτό ήταν εφικτό με βάση τις υπάρχουσες κλείδες και τα συλλεχθέντα δείγματα, η αναγνώριση κάποιων ατόμων πραγματοποιήθηκε σε χαμηλότερο ταξινομικό επίπεδο. Έτσι από τη τάξη των Εφημεροπτέρων αναγνωρίστηκαν το γένος *Baetis* sp. της οικογένειας Baetidae, από την τάξη των Τριχοπτέρων το είδος *Micropterna sequax* της οικογένειας Limnephilidae και το γένος *Hydropsyche* sp. της οικογένειας Hydropsychidae και από την τάξη των Κολεοπτέρων το γένος *Dytiscus* sp. της οικογένειας Dytiscidae.

3.2.1.2. ΜΕΘΟΔΟΣ 3-MIN KICK-SWEEP - ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2012

Οι ταξινομικές κατηγορίες των βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη του ρέματος Βρύχωνα το καλοκαίρι του 2012 με τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.4. Συνολικά, στη θέση αυτή του ρέματος με τη συγκεκριμένη μέθοδο συλλέχθηκαν και αναγνωρίστηκαν 46 άτομα, τα οποία

ανήκουν σε 15 οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων. Από αυτές, μία οικογένεια ανήκει στους Ολιγόχαιτους (Lumbriculidae), δύο στα Γαστερόποδα (Lymnaeidae, Ancylidae) και μία στα αμφίποδα καρκινοειδή (Gammaridae). Όσον αφορά στα έντομα που συλλέχθηκαν, τρεις οικογένειες ανήκουν στην τάξη των Διπτέρων (Athericidae, Chironomidae και Tipulidae), τρεις στην τάξη των Τριχοπτέρων (Glossosomatidae, Limnephilidae και Hydropsychidae), δύο στην τάξη των Εφημεροπτέρων (Leptophlebiidae και Baetidae), μία στην τάξη των Κολεοπτέρων (Gyrinidae), μία στην τάξη των Οδοντόγναθων (Gomphidae), μία στην τάξη των Ημιπτέρων (Gerridae) και μία στην τάξη των Πλεκοπτέρων (Leuctridae). Η πιο πολυάριθμη ταξινομική ομάδα από τα μακροασπόνδυλα που συλλέχθηκαν ήταν τα έντομα με 13 οικογένειες και 30 άτομα, ενώ η πιο πολυάριθμη τάξη εντόμων ήταν αυτή των Τριχοπτέρων με 12 άτομα.

Σε χαμηλότερο ταξινομικό επίπεδο αναγνωρίστηκαν από την τάξη των Τριχοπτέρων το είδος *Micropterna sequax* της οικογένειας Limnephilidae, το γένος *Hydropsyche* sp. της οικογένειας Hydropsychidae και το γένος *Neothremma* sp. της οικογένειας Glossosomatidae, από την τάξη των Πλεκοπτέρων το γένος *Leuctra* sp. της οικογένειας Leuctridae και από τα αμφίποδα καρκινοειδή το γένος *Gammarus* sp. της οικογένειας Gammaridae.

3.2.1.3. ΜΕΘΟΔΟΣ SURBER – ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ 2012

Οι ταξινομικές κατηγορίες των βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη του ρέματος Βρύχωνα το φθινόπωρο του 2012 με τον δειγματολήπτη Surber παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5. Συνολικά, στη θέση αυτή του ρέματος με τη συγκεκριμένη μέθοδο συλλέχθηκαν και αναγνωρίστηκαν 82 άτομα, τα οποία ανήκουν σε 18 οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων. Από αυτές, μία οικογένεια ανήκει στους Ολιγόχαιτους (Lumbriculidae), μία στους βδελλοειδείς (Glossiphoniidae) και δύο στα Γαστερόποδα (Lymnaeidae, Ancylidae). Όσον αφορά στα έντομα που συλλέχθηκαν, τέσσερις οικογένειες ανήκουν στην τάξη των Διπτέρων (Athericidae, Empididae, Chironomidae και Tabanidae), τέσσερις στην τάξη των Οδοντόγναθων (Calopterigidae, Corduliidae, Aeshnidae και Gomphidae), τρεις στην τάξη των Εφημεροπτέρων (Ephemeroptera, Baetidae και Heptageniidae), δύο στην τάξη των Τριχοπτέρων (Glossosomatidae και Lepidostomatidae) και μία στην τάξη των Πλεκοπτέρων (Leuctridae). Η πιο πολυάριθμη ταξινομική ομάδα από τα μακροασπόνδυλα που συλλέχθηκαν ήταν τα έντομα με 14 οικογένειες και 57 άτομα,

ενώ η πιο πολυάριθμη τάξη ήταν των Οδοντόγναθων με τέσσερις οικογένειες και 16 άτομα. Ακολούθησε η τάξη των Διπτέρων με τέσσερις οικογένειες και 15 άτομα και η τάξη των Εφημεροπτέρων με τρεις οικογένειες και 6 άτομα.

Σε χαμηλότερο ταξινομικό επίπεδο αναγνωρίστηκαν από τη τάξη των Εφημεροπτέρων το γένος *Baetis* sp. της οικογένειας Baetidae και το γένος *Ephemera* sp. της οικογένειας Ephemeridae, από την τάξη των Οδοντόγναθων τα γένη *Calopteryx* sp. της οικογένειας Calopterigidae και *Aeshna* sp. της οικογένειας Aeshnidae, από την τάξη των Τριχοπτέρων το γένος *Neothremma* sp. της οικογένειας Glossosomatidae και από την τάξη των Πλεκοπτέρων το γένος *Leuctra* της οικογένειας Leuctridae.

3.2.1.4. ΜΕΘΟΔΟΣ 3-MIN KICK-SWEEP – ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ 2012

Οι ταξινομικές κατηγορίες των βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη του ρέματος Βρύχωνα το φθινόπωρο του 2012 με τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6. Συνολικά, στη θέση αυτή του ρέματος με τη συγκεκριμένη μέθοδο συλλέχθηκαν και αναγνωρίστηκαν 58 άτομα, τα οποία ανήκουν σε 15 οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων. Από αυτές, μία οικογένεια ανήκει στους Ολιγόχαιτους (Lumbriculidae), μία στην κλάση των Διπλόποδων και δύο στα Γαστερόποδα (Lymnaeidae, Ancylidae). Όσον αφορά στα έντομα που συλλέχθηκαν, τρεις οικογένειες ανήκουν στην τάξη των Διπτέρων (Athericidae, Chironomidae και Tabanidae), τρεις στην τάξη των Οδοντόγναθων (Corduliidae, Aeshnidae και Gomphidae), δύο στην τάξη των Εφημεροπτέρων (Ephemeridae και Baetidae), δύο στην τάξη των Τριχοπτέρων (Glossosomatidae και Rhyacophilidae) και μία στην τάξη των Πλεκοπτέρων (Leuctridae). Η πιο πολυάριθμη ταξινομική ομάδα από τα μακροασπόνδυλα που συλλέχθηκαν ήταν τα έντομα με 11 οικογένειες και 38 άτομα.

Σε χαμηλότερο ταξινομικό επίπεδο αναγνωρίστηκαν από την τάξη των Εφημεροπτέρων αναγνωρίστηκαν το γένος *Baetis* sp. της οικογένειας Baetidae και το γένος *Ephemera* sp. της οικογένειας Ephemeridae, από την τάξη των Οδοντόγναθων το γένος *Aeshna* sp. της οικογένειας Aeshnidae, από την τάξη των Πλεκοπτέρων το γένος *Leuctra* sp. της οικογένειας Leuctridae και από την τάξη των Τριχοπτέρων το γένος *Neothremma* sp. της οικογένειας Glossosomatidae και το γένος *Rhyacophila* sp. της οικογένειας Rhyacophilidae.

Πίνακας 3.3: Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη το καλοκαίρι του 2012 με τον δειγματολήπτη Surber.

Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια	Γένος	Είδος	Αφθονία	Στάδιο ανάπτυξης		
Annelida	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae			40			
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Lymnaeidae			6	ενήλικο		
Arthropoda	Insecta	Diptera	Athericidae			9	προνυμφικό		
			Simuliidae			1	ενήλικο		
			Tipulidae			2	προνυμφικό		
			Culicidae			1	νυμφικό		
				Εφημερόπτερα	Ephemerillidae			1	προνυμφικό
					Baetidae	<i>Baetis</i>		4	προνυμφικό
				Κολεόπτερα	Dryopoidae			1	ενήλικο
					Dytiscidae	<i>Dytiscus</i>		1	ενήλικο
				Τριχόπτερα	Limnephilidae	<i>Micropterna</i>	<i>sequax</i>	1	προνυμφικό
					Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>		18	προνυμφικό
					Limnephilidae			1	προνυμφικό
					Philopotamidae			1	προνυμφικό
		Οδοντόγναθα	Gomphidae			1	προνυμφικό		

Πίνακας 3.4: Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη το καλοκαίρι του 2012 με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.

Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια	Γένος	Είδος	Αφθονία	Στάδιο ανάπτυξης
Δακτυλιοσκώληκες	Ολιγόχαιτοι		Lumbriculidae			3	
Μαλάκια	Γαστερόποδα					4	ενήλικο
Αρθρόποδα	Έντομα	Δίπτερα	Athericidae			4	προνυμφικό
			Tipulidae			1	προνυμφικό
		Εφημερόπτερα	Leptophlebiidae			1	προνυμφικό
		Κολεόπτερα	Gyrinidae			1	ενήλικο
		Τριχόπτερα	Limnephilidae	<i>Micropterna</i>	<i>sequax</i>	5	προνυμφικό
			Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>		4	προνυμφικό
		Οδοντόγναθα	Gomphidae			2	προνυμφικό
			Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>		1	ενήλικο
			Aeshnidae	<i>Aeshna</i>		1	ενήλικο

Πίνακας 3.5: Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη το φθινόπωρο του 2012 με τον δειγματολήπτη Surber.

Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια	Γένος	Αφθονία	Στάδιο ανάπτυξης
Annelida	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae		11	
	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae		3	
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Ancylidae		8	ενήλικο
		Hygrophila	Limnaeidae		1	ενήλικο
Arthropoda	Insecta	Diptera	Athericidae		11	προνυμφικό
			Empididae		1	ενήλικο
			Chironomidae		1	προνυμφικό
			Tabanidae		2	προνυμφικό
		Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Ephemera</i>	4	προνυμφικό
			Baetidae	<i>Baetis</i>	1	προνυμφικό
			Heptageniidae		1	προνυμφικό
		Plecoptera	Leuctridae	<i>Leuctra</i>	1	προνυμφικό
		Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Neothremma</i>	18	προνυμφικό
			Lepidostomatidae		1	προνυμφικό
		Odonata	Calopterigidae	<i>Calopteryx</i>	2	προνυμφικό
			Corduliidae		2	προνυμφικό
			Aeshnidae	<i>Aeshna</i>	7	προνυμφικό
			Gomphidae		5	προνυμφικό

Πίνακας 3.6: Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Καραμάνη το φθινόπωρο του 2012 με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.

Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια	Γένος	Είδος	Αφθονία	Στάδιο ανάπτυξης
Δακτυλιοσκώληκες	Ολιγόχαιτοι		Lumbriculidae			40	
Μαλάκια	Γαστερόποδα					6	ενήλικο
Αρθρόποδα	Έντομα	Δίπτερα	Athericidae			9	προнуμφικό
			Simuliidae			1	ενήλικο
			Tipulidae			2	προнуμφικό
			Culicidae			1	νυμφικό
		Εφημερόπτερα	Ephemerillidae			1	προнуμφικό
			Baetidae	<i>Baetis</i>		4	προнуμφικό
		Κολεόπτερα	Dryopoidea			1	ενήλικο
			Dytiscidae	<i>Dytiscus</i>		1	ενήλικο
		Τριχόπτερα	Limnephilidae	<i>Micropterna</i>	<i>sequax</i>	1	προнуμφικό
			Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>		18	προнуμφικό
Limnephilidae				1	προнуμφικό		
Philopotamidae				1	προнуμφικό		
	Οδοντόγναθα	Gomphidae			1	προнуμφικό	

3.2.2. ΘΕΣΗ ΣΕΡΒΑΝΑΤΕΣ

3.2.2.1. ΜΕΘΟΔΟΣ SURBER – ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2012

Οι ταξινομικές κατηγορίες των βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες του ρέματος Βρύχωνα το καλοκαίρι του 2012 με το δειγματολήπτη Surber παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.7. Συνολικά, στη θέση αυτή του ρέματος με τη συγκεκριμένη μέθοδο συλλέχθηκαν και αναγνωρίστηκαν 20 άτομα, τα οποία ανήκουν σε 4 οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων. Από αυτές, μία οικογένεια ανήκει στους Ολιγόχαιτους (Lumbriculidae), μία οικογένεια ανήκει στην τάξη των Οδοντόγναθων (Gomphidae), μία στην τάξη των Πλεκοπτέρων (Leuctridae) και μία στην τάξη των Ημιπτέρων (Gerridae). Σε χαμηλότερο ταξινομικό επίπεδο αναγνωρίστηκε από την τάξη των Πλεκοπτέρων το γένος *Leuctra* sp. της οικογένειας Leuctridae.

3.2.2.2. ΜΕΘΟΔΟΣ 3-MIN KICK-SWEEP - ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2012

Οι ταξινομικές κατηγορίες των βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες του ρέματος Βρύχωνα το καλοκαίρι του 2012 με τη μέθοδος 3-min Kick-Sweep παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.8. Συνολικά, στη θέση αυτή του ρέματος με τη συγκεκριμένη μέθοδο συλλέχθηκαν και αναγνωρίστηκαν 10 άτομα, τα οποία ανήκουν σε 5 οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων. Από αυτές, τρεις οικογένειες ανήκουν στην τάξη των Οδοντόγναθων (Calopterigidae, Aeshnidae και Gomphidae), μία στην τάξη των Διπτέρων (Asilidae) και μία στην τάξη των Ημιπτέρων (Gerridae). Σε χαμηλότερο ταξινομικό επίπεδο αναγνωρίστηκαν από την τάξη των Οδοντόγναθων τα γένη *Calopteryx* sp. της οικογένειας Calopterigidae και *Aeshna* sp. της οικογένειας Aeshnidae.

3.2.2.3. ΜΕΘΟΔΟΣ SURBER – ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ 2012

Οι ταξινομικές κατηγορίες των βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες του ρέματος Βρύχωνα το φθινόπωρο του 2012 με τον δειγματολήπτη Surber παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.9. Συνολικά, στη θέση αυτή του ρέματος με τη συγκεκριμένη μέθοδο συλλέχθηκαν και αναγνωρίστηκαν 123 άτομα, τα οποία ανήκουν σε 9 οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων. Από αυτές, μία οικογένεια ανήκει στους Ολιγόχαιτους (Lumbriculidae) και μία στα αμφίποδα καρκινοειδή (Gammaridae). ενώ οι υπόλοιπες ανήκουν στα έντομα. Όσον αφορά στα

έντομα που συλλέχθηκαν, τέσσερις οικογένειες ανήκουν στην τάξη των Οδοντόγναθων (Calopterigidae, Aeshnidae και Gomphidae), μία στην τάξη των Διπτέρων (Athericidae), μία στην τάξη των Εφημεροπτέρων (Ephemeridae), μία στην τάξη των Πλεκοπτέρων (Leuctridae) και μία στην τάξη των Ημιπτέρων (Gerridae). Η πιο πολυάριθμη ταξινομική ομάδα από τα μακροασπόνδυλα που συλλέχθηκαν ήταν τα έντομα με 8 οικογένειες και 122 άτομα, ενώ η πιο πολυάριθμη τάξη ήταν των Πλεκοπτέρων με μία οικογένεια και 93 άτομα.

Σε χαμηλότερο ταξινομικό επίπεδο αναγνωρίστηκαν από την τάξη των Οδοντόγναθων τα γένη *Calopteryx* sp. της οικογένειας Calopterigidae και *Aeshna* sp. της οικογένειας Aeshnidae, από τη τάξη των Εφημεροπτέρων το γένος *Ephemera* sp. της οικογένειας Ephemeridae, από την τάξη των Πλεκοπτέρων το γένος *Leuctra* της οικογένειας Leuctridae και από τα αμφίποδα καρκινοειδή το γένος *Gammarus* sp. της οικογένειας Gammaridae.

3.2.2.4. ΜΕΘΟΔΟΣ 3-MIN KICK-SWEEP - ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ 2012

Οι ταξινομικές κατηγορίες των βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες του ρέματος Βρύχωνα το φθινόπωρο του 2012 με τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.10. Συνολικά, στη θέση αυτή του ρέματος με τη συγκεκριμένη μέθοδο συλλέχθηκαν και αναγνωρίστηκαν 45 άτομα, τα οποία ανήκουν σε 8 οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων. Από αυτές, μία οικογένεια ανήκει στους Ολιγόχαιτους (Lumbriculidae), μία στα αμφίποδα καρκινοειδή (Gammaridae), ενώ συλλέχθηκε και ένα άτομο από την κλάση των Κολλέμβολων. Οι υπόλοιπες οικογένειες ανήκουν στα έντομα, εκ των οποίων μία στην τάξη των Πλεκοπτέρων (Leuctridae), μία στην τάξη των Εφημεροπτέρων (Ephemeridae), μία στην τάξη των Οδοντόγναθων (Gomphidae), μία στην τάξη των Διπτέρων (Athericidae) και μία στην τάξη των Ημιπτέρων (Gerridae). Η πιο πολυάριθμη ταξινομική ομάδα από τα μακροασπόνδυλα που συλλέχθηκαν ήταν τα έντομα με 5 οικογένειες και 36 άτομα, ενώ η πιο πολυάριθμη τάξη ήταν αυτή των Πλεκοπτέρων με μία οικογένεια και 13 άτομα.

Σε χαμηλότερο ταξινομικό επίπεδο αναγνωρίστηκαν από την τάξη των Εφημεροπτέρων το γένος *Ephemera* sp. της οικογένειας Ephemeridae, από την τάξη των Πλεκοπτέρων το γένος *Leuctra* της οικογένειας Leuctridae και από τα αμφίποδα καρκινοειδή το γένος *Gammarus* sp. της οικογένειας Gammaridae.

Πίνακας 3.7. Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012 με τη μέθοδο Surber.

Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια	Γένος	Αφθονία	Στάδιο ανάπτυξης
Annelida	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae		3	
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Gerridae		15	προνυμφικό
		Plecoptera	Leuctridae	<i>Leuctra</i>	1	προνυμφικό
		Odonata	Gomphidae		2	προνυμφικό

Πίνακας 3.8. Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012 με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.

Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια	Αφθονία	Στάδιο ανάπτυξης
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Gerridae	2	ενήλικο
		Odonata	Gomphidae	3	προνυμφικό
		Aeshnidae	<i>Aeshna</i>	1	προνυμφικό
		Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	2	ενήλικο & προνυμφικό
		Diptera	Asilidae	1	ενήλικο

Πίνακας 3.9: Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012 με τη μέθοδο Surber.

Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια	Γένος	Αφθονία	Στάδιο ανάπτυξης
Annelida	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae		1	
Arthropoda	Crustacea	Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	12	ενήλικο και προνυμφικό
		Insecta	Odonata	Aeshnidae	<i>Aeshna</i>	1
			Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	3	προνυμφικό
			Gomphidae		6	προνυμφικό
	Ephemeroptera		Ephemeridae	<i>Ephemera</i>	3	προνυμφικό
	Plecoptera		Leuctridae	<i>Leuctra</i>	93	προνυμφικό
	Hemiptera		Gerridae		3	ενήλικο
	Diptera	Athericidae		1	προνυμφικό	

Πίνακας 3.10: Ταξινομικές κατηγορίες βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στη θέση Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012 με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.

Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια	Γένος	Αφθονία	Στάδιο ανάπτυξης
Annelida	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae		4	
Arthropoda	Collembola				1	
	Crustacea	Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	4	ενήλικο και προνυμφικό
	Insecta	Diptera	Athericidae		1	προνυμφικό
		Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Ephemera</i>	5	προνυμφικό
		Odonata	Gomphidae		8	προνυμφικό
		Plecoptera	Leuctridae	<i>Leuctra</i>	13	προνυμφικό
		Hemiptera	Gerridae		9	ενήλικο και προνυμφικό

3.2.3. ΑΦΘΟΝΙΑ ΒΕΝΘΙΚΩΝ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΩΝ

Η αφθονία των τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες το καλοκαίρι και φθινόπωρο του 2012 με τις δύο μεθόδους δειγματοληψίας παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.11, 3.12, 3.13 και 3.14 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.11. Αφθονία των κυριότερων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012 με το δειγματολήπτη Surber.

Τάξη	Καλοκαίρι 2012			
	Καραμάνη		Σερβανάτες	
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Εφημερόπτερα	5	5,6	0	0,0
Πλεκόπτερα	0	0,0	1	4,8
Δίπτερα	13	14,6	0	0,0
Οδοντόγναθα	1	1,1	2	9,5
Τριχόπτερα	22	24,7	0	0,0
Κολεόπτερα	2	2,2	0	0,0
Ημίπτερα	0	0,0	15	71,4
Ολιγόχαιτοι	40	44,9	3	14,3
Καρκινοειδή	0	0,0	0	0,0
Γαστερόποδα	6	6,7	0	0,0

Πίνακας 3.12. Αφθονία των κυριότερων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012 με με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.

Τάξη	Καλοκαίρι 2012			
	Καραμάνη		Σερβανάτες	
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Εφημερόπτερα	2	4,2	0	0,0
Πλεκόπτερα	1	2,1	0	0,0
Δίπτερα	10	20,8	2	20,0
Οδοντόγναθα	4	8,3	6	60,0
Τριχόπτερα	12	25,0	0	0,0
Κολεόπτερα	1	2,1	0	0,0
Ημίπτερα	1	2,1	2	20,0
Ολιγόχαιτοι	3	6,3	0	0,0
Καρκινοειδή	1	2,1	0	0,0
Γαστερόποδα	13	27,1	0	0,0

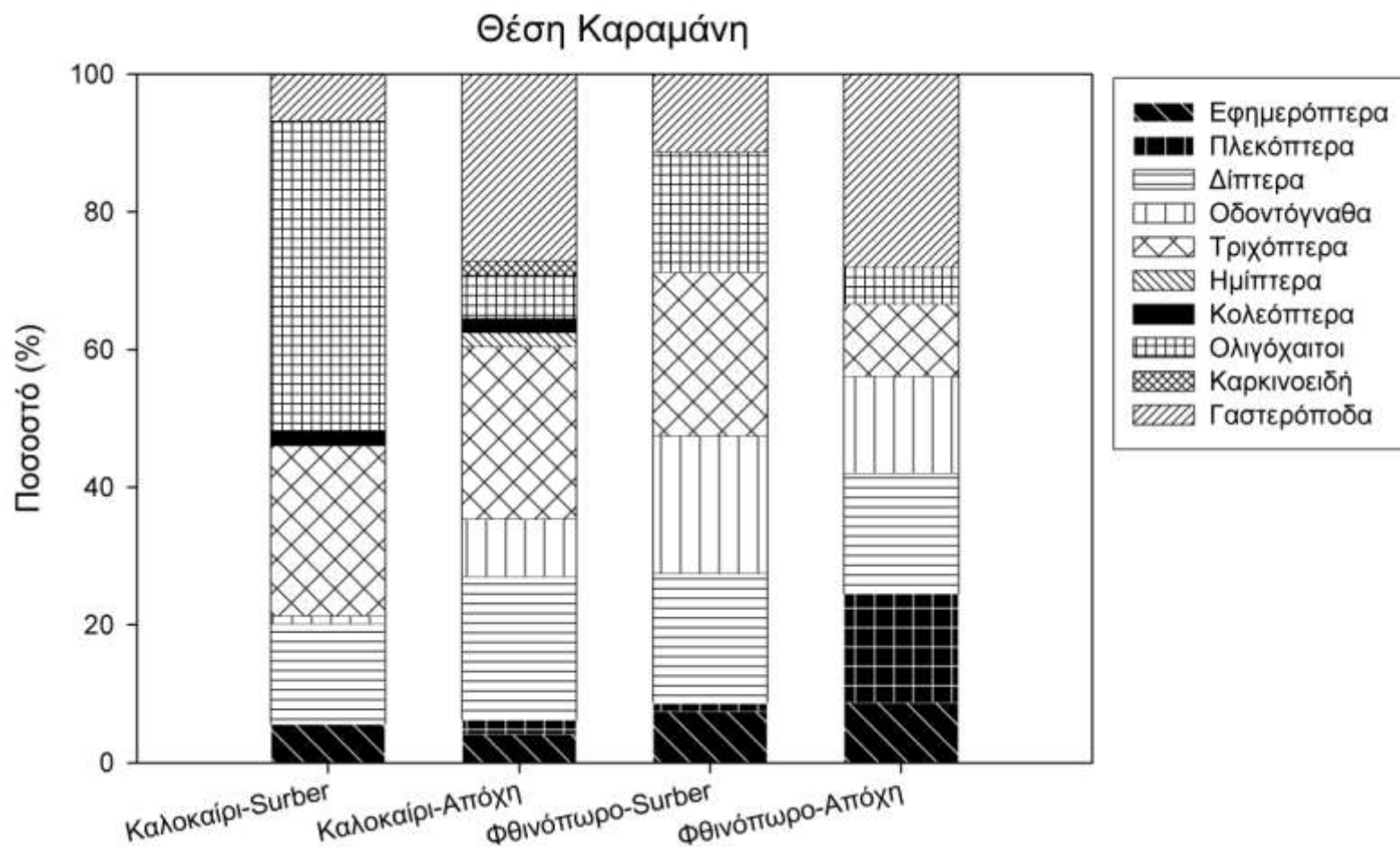
Πίνακας 3.13. Αφθονία των κυριότερων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012 με το δειγματολήπτη Surber.

Τάξη	Φθινόπωρο 2012			
	Καραμάνη		Σερβανάτες	
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Εφημερόπτερα	6	7,5	3	2,4
Πλεκόπτερα	1	1,25	93	75,6
Δίπτερα	15	18,75	1	0,8
Οδοντόγναθα	16	20	10	8,1
Τριχόπτερα	19	23,75	0	0,0
Κολεόπτερα	0	0	0	0,0
Ημίπτερα	0	0	3	2,4
Ολιγόχαιτοι	14	17,5	1	0,8
Καρκινοειδή	0	0	12	9,8
Γαστερόποδα	9	11,25	0	0,0

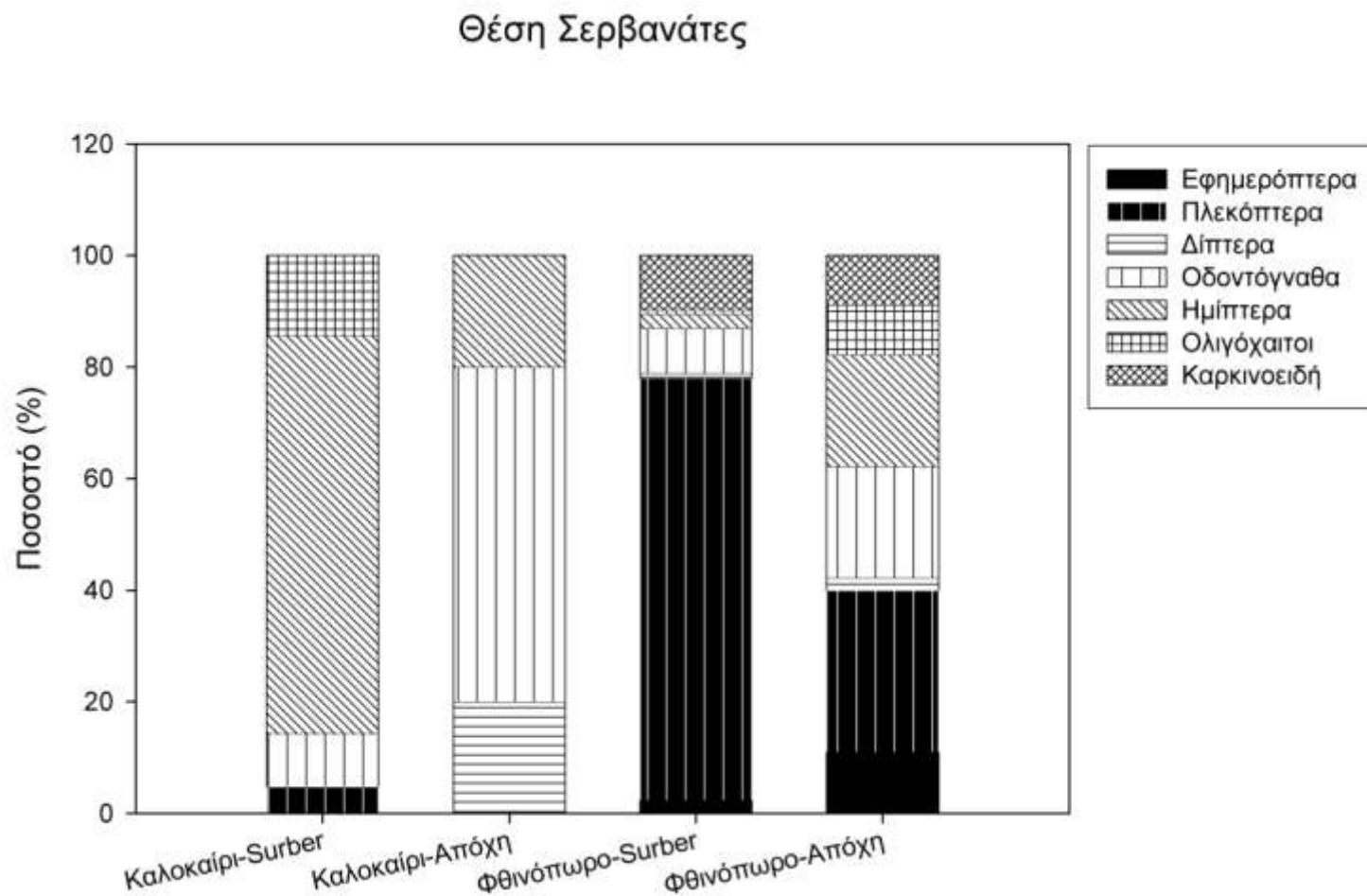
Πίνακας 3.14. Αφθονία των κυριότερων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων που συλλέχθηκαν στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012 με απόχη και τη μέθοδο 3-min Kick-Sweep.

Τάξη	Φθινόπωρο 2012			
	Καραμάνη		Σερβανάτες	
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Εφημερόπτερα	5	8,8	5	11,1
Πλεκόπτερα	9	15,8	13	28,9
Δίπτερα	10	17,5	1	2,2
Οδοντόγναθα	8	14,0	9	20,0
Τριχόπτερα	6	10,5	0	0,0
Κολεόπτερα	0	0,0	0	0,0
Ημίπτερα	0	0,0	9	20,0
Ολιγόχαιτοι	3	5,3	4	8,9
Καρκινοειδή	0	0,0	4	8,9
Γαστερόποδα	16	28,1	0	0,0

Η ποσοστιαία κατανομή των κυριότερων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων στις θέσεις Καραμάνη και Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012 με το δειγματολήπτη Surber παρουσιάζεται στα Γραφήματα 3.1 και 3.2, αντίστοιχα.



Γράφημα 3.1. Ποσοστιαία κατανομή των κυριότερων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων στη θέση Καραμάνη το καλοκαίρι και φθινόπωρο του 2012 όπως αποτυπώθηκε μετά από δειγματοληψία με απόχη (μέθοδος 3-min Kick-Sweep) ή με δειγματολήπτη Surber.



Γράφημα 3.2. Ποσοστιαία κατανομή των κυριότερων τάξεων βενθικών μακροασπονδύλων στη θέση Σερβανάτες το καλοκαίρι και φθινόπωρο του 2012 όπως αποτυπώθηκε μετά από δειγματοληψία με απόχη (μέθοδος 3-min Kick-Sweep) ή με δειγματολήπτη Surber.

3.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

3.3.1. ΘΕΣΗ ΚΑΡΑΜΑΝΗ

Οι τιμές των βιολογικών δεικτών ETBI, BBI, IBMWP, του Ελληνικού Βιοτικού Δείκτη και του βιοδείκτη Hellenic Evaluation Score που υπολογίστηκαν για τους δυο τρόπους δειγματοληψίας (δειγματολήπτης Surber, απόχη) το καλοκαίρι και το φθινόπωρο του 2012 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.15. Επιπλέον, στον παρακάτω πίνακα αναφέρεται η κλάση ποιότητας στην οποία κατατάχθηκαν τα νερά στη συγκεκριμένη θέση δειγματοληψίας για κάθε βιολογικό δείκτη, μέθοδο δειγματοληψίας και εποχή.

Μια πρώτη ανάγνωση των αποτελεσμάτων φανερώνει μια διαφοροποίηση των βιολογικών δεικτών ως προς την κλάση ποιότητας στην οποία κατατάσσονται τα ύδατα σε κάθε θέση δειγματοληψίας. Έτσι, η ποιότητα των υδάτων το καλοκαίρι μετά από δειγματοληψία με το δειγματολήπτη Surber είναι ‘Μέτρια’ σύμφωνα με τους δείκτες ETBI και BBI, ενώ είναι ‘Καλή’ σύμφωνα με τους βιοδείκτες IBMWP, EBA και HES. Πιο μεγάλες διαφορές στην κατάταξη της ποιότητας των υδάτων παρουσιάζεται το φθινόπωρο, όταν η δειγματοληψία έγινε με απόχη, οπότε και η ποιότητα των υδάτων ήταν ‘Κακή’ σύμφωνα με το δείκτη ETBI και ‘Πολύ Καλή’ σύμφωνα με τον δείκτη HES. Ο δείκτης ETBI παρουσιάζει την πιο υποβαθμισμένη εικόνα για την ποιότητα των υδάτων και στις δύο εποχές αλλά και με τους δύο τρόπους δειγματοληψίας. Αντίθετα, οι τιμές του ισπανικού δείκτη IBMWP προσομοιάζουν τις τιμές των δύο ελληνικών δεικτών EBA και HES/AHES, με αποτέλεσμα οι τρεις αυτοί δείκτες να ταυτίζονται ως προς την ποιότητα των υδάτων για όλες τις εποχές και τρόπους δειγματοληψίας.

Η συνολική οικολογική ποιότητα των υδάτων στη συγκεκριμένη θέση δειγματοληψίας, όπως αυτή προέκυψε από το συνδυασμό των επιμέρους τιμών ανά εποχή και μέθοδο δειγματοληψίας, είναι ‘Πολύ Καλή’.

3.3.2. ΘΕΣΗ ΣΕΡΒΑΝΑΤΕΣ

Οι τιμές των βιολογικών δεικτών ETBI, BBI, IBMWP, του Ελληνικού Βιοτικού Δείκτη και του βιοδείκτη Hellenic Evaluation Score που υπολογίστηκαν για τους δυο τρόπους δειγματοληψίας (δειγματολήπτης Surber, απόχη) το καλοκαίρι και το φθινόπωρο του 2012, καθώς και οι κλάσεις ποιότητας στις οποίες κατατάχθηκαν τα νερά στη συγκεκριμένη θέση

δειγματοληψίας για κάθε βιολογικό δείκτη, μέθοδο δειγματοληψίας και εποχή παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.16.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι βιολογικοί δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν αδυνατούν να καταλήξουν σε ένα ομόφωνο αποτέλεσμα για την ποιότητα των υδάτων στις θέσεις δειγματοληψίας. Χαρακτηριστικά, η ποιότητα των υδάτων το φθινόπωρο μετά από δειγματοληψία με απόχη εμφανίζεται να είναι 'Κακή' σύμφωνα με το δείκτη ETBI, 'Μέτρια' σύμφωνα με τους δείκτες BBI, IBMWP και EBD και 'Καλή' σύμφωνα με το δείκτη HES/AHES.

Η συνολική οικολογική ποιότητα των υδάτων στη συγκεκριμένη θέση δειγματοληψίας, όπως αυτή προέκυψε από το συνδυασμό των επιμέρους τιμών ανά εποχή και μέθοδο δειγματοληψίας, είναι 'Μέτρια'.

Πίνακας 3.15: Υπολογισμός των βιοδεικτών ETBI, IBMWP, BBI, EBA και HES/AHES καθώς και της ποιότητας των υδάτων στη θέση Καραμάνη του ρέματος Βρύχωνα για κάθε εποχή και μέθοδο δειγματοληψίας.

		Καλοκαίρι		Φθινόπωρο	
		Surber	Απόχλη (3-min Kick-Sweep)	Surber	Απόχλη (3-min Kick-Sweep)
ETBI^a	Τιμή βιοδείκτη	8	8	8	7
	Ποιότητα υδάτων	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Κακή
BBI^b	Τιμή βιοδείκτη	6	6	6	7
	Ποιότητα υδάτων	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Καλή
IBMWP^c	Τιμή βιοδείκτη	81	101	114	88
	Ποιότητα υδάτων	Καλή	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Καλή
EBA^d	Τιμή βιοδείκτη	81	101	114	88
	Ποιότητα υδάτων	Καλή	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Καλή
HES^e	Τιμή βιοδείκτη	752	979	1161	846
AHES^f	Τιμή βιοδείκτη	50,1	57,6	64,5	60,4
	Ποιότητα υδάτων	Καλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή

^a Extended Trent Biotic Index

^b Belgian Biotic Index

^c Iberian Biological Monitoring Working Party

^d Ελληνικός Βιοτικός Δείκτης

^e Hellenic Evaluation Score

^f Average Hellenic Evaluation Score

Πίνακας 3.16. Υπολογισμός των βιοδεικτών ETBI, IBMWP, BBI, EBA και HES/AHES καθώς και της ποιότητας των υδάτων στη θέση Σερβανάτες του ρέματος Βρύχωνα για κάθε εποχή και μέθοδο δειγματοληψίας.

		Καλοκαίρι		Φθινόπωρο	
		Surber	Απόχλη (3-min Kick-Sweep)	Surber	Απόχλη (3-min Kick-Sweep)
ETBI^a	Τιμή βιοδείκτη	6	6	6	6
	Ποιότητα υδάτων	Κακή	Κακή	Κακή	Κακή
BBI^b	Τιμή βιοδείκτη	4	4	7	6
	Ποιότητα υδάτων	Κακή	Κακή	Καλή	Μέτρια
IBMWP^c	Τιμή βιοδείκτη	22	29	64	56
	Ποιότητα υδάτων	Κακή	Κακή	Καλή	Μέτρια
EBA^d	Τιμή βιοδείκτη	22	29	64	56
	Ποιότητα υδάτων	Κακή	Κακή	Καλή	Μέτρια
HES^e	Τιμή βιοδείκτη	190	247	587	515
AHES^f	Τιμή βιοδείκτη	47,5	61,7	65,2	64,4
	Ποιότητα υδάτων	Μέτρια	Καλή	Καλή	Καλή

^a Extended Trent Biotic Index

^b Belgian Biotic Index

^c Iberian Biological Monitoring Working Party

^d Ελληνικός Βιοτικός Δείκτης

^e Hellenic Evaluation Score

^f Average Hellenic Evaluation Score

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων με τη χρήση βιολογικών δεικτών που βασίζονται σε βενθικά μακροασπόνδυλα χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλές χώρες, οι οποίες εφαρμόζουν εθνικά και περιφερειακά δίκτυα παρακολούθησης της ποιότητας των ρεόντων υδάτων τους (Lazaridou-Dimitriadou et al. 2004). Για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης άλλωστε, η βιοπαρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων τους προβλέπεται από την Οδηγία 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα νερά (Οδηγία 2000/60/ΕΚ, 2000). Το γεγονός ότι η εκτίμηση της ποιότητας του νερού με βιολογικούς δείκτες παρέχει πληροφορίες για την ποιότητα των υδάτων και την οικολογία του υδάτινου οικοσυστήματος όχι μόνο κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας αλλά και για την προηγούμενη περίοδο, αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα των βιολογικών αναλύσεων, σε σχέση με τις χημικές αναλύσεις, οι οποίες αποτελούν μια στιγμιαία, 'φωτογραφική' αποτύπωση της κατάστασης σε μία δεδομένη χρονική στιγμή (Metcalf 1989, Karr and Chu 1999).

Οι βιολογικοί δείκτες έχουν χρησιμοποιηθεί τελευταία και στη χώρα μας για την εκτίμηση της ποιότητας ρεόντων υδάτων (Kousouris et al. 1990, Anagnostopoulou et al. 1994, Yfantis et al. 1999, Kampa et al. 2000, Πιουρούλου-Georgudaki et al. 2003, Lazaridou-Dimitriadou et al. 2000, Lazaridou-Dimitriadou et al. 2004, Lekka et al. 2004). Ενδεικτικά, οι Lazaridou-Dimitriadou et al. (2000) μελέτησαν την ποιότητα των υδάτων του ποταμού Αλιάκμονα στη Μακεδονία προχωρώντας σε δειγματοληψία βενθικών μακροασπονδύλων και εφαρμόζοντας πέντε ευρωπαϊκούς, ελλείψη ελληνικών, βιολογικούς δείκτες (βιοδείκτες BMWP, ASPT, LQI, IBMWP και IASPT). Μια παρόμοια μελέτη της ίδιας ερευνητικής ομάδας, εφάρμοσε τους ίδιους βιοδείκτες προκειμένου να εκτιμήσει την ποιότητα των υδάτων των ρεμάτων στις Σκουριές και στην Ολυμπιάδα Χαλκιδικής, τα οποία δέχονται έντονη περιβαλλοντική πίεση από τα μεταλλεία χρυσού που λειτουργούν στην περιοχή (Lazaridou-Dimitriadou et al. 2004). Στην εφαρμογή εννέα ευρωπαϊκών βιοδεικτών (βιοδείκτες TBI, ETBI, BBI, BMWP, ASPT, IBMWP, IASPT, LQI και IBE) βασίστηκε και η εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων του ποταμού Αλφειού και Πηνειού στην περιοχή της Πελοποννήσου που επιχειρήθηκε από μία ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου Πατρών (Πιουρούλου-Georgudaki et al. 2003).

Η εφαρμογή όμως ευρωπαϊκών βιοδεικτών σε ελληνικά ποτάμια και ρέματα δεν ήταν πάντοτε επιτυχής εξαιτίας των ιδιαίτερων υδρολογικών και κλιματικών συνθηκών

της μεσογειακής λεκάνης και της χώρας μας ιδιαίτερα (Gasith and Resh 1999). Οι Πιουρούλου-Georgudaki et al. (2003) πρότειναν τον Ελληνικό Βιοτικό Δείκτη, ο οποίος αποτελεί μια προσαρμογή του βιοδείκτη IBMWP, με την προσθήκη των οικογενειών υδρόβιων εντόμων Rhagionidae (Δίπτερα) και Elminthidae (Κολεόπτερα). Μία ακόμα προσπάθεια να προσαρμοστούν ευρωπαϊκοί βιοδείκτες στις ελληνικές συνθήκες, έγινε από την ερευνητική ομάδα των Artemiadou and Lazaridou (2005). Το αποτέλεσμα της ερευνητικής προσπάθειας ήταν ο Hellenic Evaluation Score (HES), ο οποίος βασίστηκε στον ισπανικό IBMWP, λαμβάνει όμως υπόψη και την αφθονία των συλλεχθέντων μακροασπονδύλων και ο οποίος έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στην περίπτωση μικρών ορεινών ρεμάτων (Artemiadou et al. 2008).

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε να εφαρμοστούν τρεις ευρωπαϊκοί βιοδείκτες [ο βιοδείκτης Extented Trent Biotic Index (ETBI), ο βελγικός βιοδείκτης Belgian Biotic Index (BBI) και ο ισπανικός βιοδείκτης Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP)] και δύο ελληνικοί [ο βιοδείκτης Hellenic Evaluation Score (HES) και ο Ελληνικός Βιοτικός Δείκτης (ΕΒΔ)] για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων σε δύο θέσεις δειγματοληψίας στο ρέμα Βρύχωνας του Πηλίου. Το κριτήριο με το οποίο επιλέχθηκαν οι βιοδείκτες ήταν η ικανότητα τους να αποδώσουν μία όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική εικόνα της οικολογικής κατάστασης των υδάτων στις συνθήκες της χώρας μας. Ο βιοδείκτης BBI έδωσε αξιόπιστα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων των ποταμών Αλφειού και Πηνειού της Πελοποννήσου (Πιουρούλου-Georgudaki et al. 2003). Το ίδιο ισχύει και για τον IBMWP, ο οποίος έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε αρκετές περιπτώσεις σε ελληνικά ρέματα και ποτάμια (Lazaridou-Dimitriadou et al. 2000, Lazaridou-Dimitriadou et al. 2004, Πιουρούλου-Georgudaki et al. 2003). Αντίθετα, ο ευρέως χρησιμοποιούμενος σε άλλες χώρες BMWP δεν εφαρμόστηκε γιατί δεν λαμβάνει υπόψη σημαντικές οικογένειες Διπτέρων, ενώ για τον ίδιο λόγο αποκλείστηκε και ο ASPT, ο οποίος προκύπτει από τον BMWP (Πιουρούλου-Georgudaki et al. 2003).

Η ανάγνωση των αποτελεσμάτων δείχνει αρκετές διαφοροποιήσεις μεταξύ των βιολογικών δεικτών όσον αφορά στην κατάταξη των υπό εξέταση υδάτων σε κλάσεις ποιότητας. Γενικά, οι δύο από τους τρεις ευρωπαϊκούς δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν, οι βιοδείκτες ETBI και BBI, εμφανίζουν μια τάση να υποβαθμίζουν την ποιότητα των υδάτων σε σχέση με τους ελληνικούς δείκτες. Η ασυμφωνία αυτή των δεικτών μπορεί να δικαιολογηθεί αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι ο κάθε δείκτης έχει αναπτυχθεί για

διαφορετική χώρα. Είναι λοιπόν φυσικό να υπάρχουν διαφοροποιήσεις μεταξύ των βιοκοινοτήτων των βενθικών μακροασπονδύλων που απαντώνται στα ρέοντα υδάτινα οικοσυστήματα στις διαφορετικές χώρες (Gasith and Resh 1999). Οι βιοδείκτες ETBI και BBI αναπτύχθηκαν στην Αγγλία και Βέλγιο, αντίστοιχα, με αποτέλεσμα να μην λαμβάνουν υπόψη πολλές οικογένειες βενθικών μακροασπονδύλων, που απαντώνται στα ρέοντα υδάτινα οικοσυστήματα της νότιας Ευρώπης και της Μεσογείου. Αντίθετα, ο τρίτος ξένος βιοδείκτης που εφαρμόστηκε, ο βιοδείκτης IBMWP, αναπτύχθηκε στην Ισπανία, με αποτέλεσμα οι οικογένειες των ασπονδύλων που λαμβάνει υπόψη να είναι πιο κοντά σε αυτές που απαντώνται και στη χώρα μας. Γι' αυτό και τα αποτελέσματα του βιοδείκτη IBMWP, ταυτίστηκαν με τα αποτελέσματα του Ελληνικού Βιοτικού Δείκτη, ενώ προσέγγισαν στις περισσότερες περιπτώσεις τα αποτελέσματα του HES/AHES. Η ταύτιση των αποτελεσμάτων των EBA και IBMWP οφείλεται στο γεγονός ότι η μόνη διαφοροποίηση μεταξύ των δύο βιοδεικτών είναι ότι ο βιοδείκτης IBMWP δεν λαμβάνει υπόψη την οικογένεια Διπτέρων Rhagionidae και την οικογένεια Κολεοπτέρων Elminthidae (Πιορουλίου-Georgudaki et al. 2003), οι οποίες όμως αμφοτέρως απουσίαζαν από τα δείγματα που συλλέχθηκαν στο ρέμα Βρύχωνα.

Διαφορετική ως προς την ποιότητα των υδάτων ήταν η εικόνα που παρουσίασαν οι δύο θέσεις δειγματοληψίας που μελετήθηκαν. Η συνολική οικολογική ποιότητα των υδάτων στη θέση Καραμάνη εκτιμήθηκε ως 'Πολύ Καλή' σύμφωνα με το συνδυασμό των τιμών των ελληνικών βιοδεικτών στις δύο εποχές και με τις δύο μεθόδους δειγματοληψίας. Αντίθετα, η συνολική οικολογική ποιότητα των υδάτων στη θέση Σερβανάτες εκτιμήθηκε ως 'Μέτρια'. Μία πιθανή αιτία της διαφοροποίησης αυτής στην ποιότητα του νερού στις δύο θέσεις δειγματοληψίας αποτελεί η γεωγραφική θέση των δύο σημείων δειγματοληψίας. Η θέση Καραμάνη βρίσκεται αρκετά ψηλά στην υδρολογική λεκάνη του ρέματος Βρύχωνα, σε ένα σχετικά αναλλοίωτο κομμάτι κοντά στις πηγές του ρέματος, το οποίο δε δέχεται πολλές ανθρωπογενείς πιέσεις, ενώ η θέση Σερβανάτες βρίσκεται 3,5 χλμ χαμηλότερα στον ρου του ρέματος και σε υψόμετρο πάνω από 200 μ μικρότερο από την θέση Καραμάνη. Το αποτέλεσμα είναι η θέση Σερβανάτες να δέχεται πιο έντονες ανθρωπογενείς πιέσεις από τις γεωργικές καλλιέργειες, τις αυτοσχέδιες κτηνοτροφικές μονάδες και τους οικισμούς που υπάρχουν στην περιοχή. Στην φτωχή οικολογική ποιότητα των υδάτων στη θέση Σερβανάτες συμβάλλει και το γεγονός ότι ένα τμήμα του παρόχθιου μετώπου

έχει μετατραπεί σε μια μικρή χωματερή, με την ανεξέλεγκτη εναπόθεση παντός είδους απορριμμάτων και μάζων (Εικόνα 2.3).

Η μεθοδός δειγματοληψίας μπορεί να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό το αποτέλεσμα της ανάλυσης της ποιότητας του νερού (Storey et al. 1991, Barton and Metcalfe-Smith 1992, Friberg et al. 2006). Οι Storey et al. (1991) αναφέρουν ότι υπήρξε μεγάλη διαφοροποίηση στη σύνθεση των δειγμάτων όταν εφαρμόστηκαν δύο μέθοδοι δειγματοληψίας (δειγματολήπτης Surber και απόχη) σε 11 θέσεις δειγματοληψίας τρεις διαφορετικές εποχές του χρόνου σε ρέματα στην νοτιοδυτική Αυστραλία. Το ποσοστό ομοιότητας των δειγμάτων που συλλέχθηκαν με δειγματολήπτη Surber και με απόχη, κυμάνθηκε μεταξύ 49 και 66%. Τα δείγματα του δειγματολήπτη Surber περιείχαν μικρότερο αριθμό ατόμων, τα οποία όμως ανήκαν σε περισσότερες ταξινομικές κατηγορίες από ότι τα δείγματα που συλλέχθηκαν με απόχη. Οι μελετητές απέδωσαν τη διαφοροποίηση αυτή στη μικρότερη επιφάνεια δειγματοληψίας του δειγματολήπτη Surber, αλλά και στη σε βάθος εξέταση της κάθε θέσης δειγματοληψίας. Αντίθετα, η δειγματοληψία με απόχη καλύπτει μεγαλύτερη επιφάνεια δειγματοληψίας, στην οποία όμως ο αναλυτής κινείται πιο γρήγορα και επιφανειακά, γι' αυτό και καταλήγει να μαζεύει τα κυρίαρχα είδη και να υποεκτιμά αυτά που βρίσκονται σε μικρότερη αφθονία. Οι συγγραφείς καταλήγουν με την προτροπή για χρησιμοποίηση του δειγματολήπτη Surber σε περιοχές που μελετώνται για πρώτη φορά ή που ενδέχεται να έχουν σπάνια είδη μακροασπονδύλων ή είδη που κινδυνεύουν με εξαφάνιση. Στον αντίποδα, η μέθοδος της απόχης προτείνεται για δειγματοληψίες ρουτίνας, όπου το μειωμένο κόστος αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δύο τρόποι δειγματοληψίας: η δειγματοληψία με το δειγματολήπτη Surber και η δειγματοληψία με απόχη (3-min Kick Sweep) προκειμένου να διερευνηθεί η καταλληλότητα της κάθε μεθόδου δειγματοληψίας για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων ορεινών ρεμάτων στις ελληνικές συνθήκες. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο τρόπος δειγματοληψίας δεν επηρέασε το αποτέλεσμα της κατάταξης των υδάτων σε κλάσεις ποιότητας. Όπου υπήρχε διαφοροποίηση μεταξύ των δύο τρόπων δειγματοληψίας, αυτή συνήθως εκφράστηκε με μια μικρή υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων όταν έγινε δειγματοληψία με απόχη. Όσον αφορά στον αριθμό των ταξινομικών κατηγοριών που συλλέχθηκαν με τις δύο μεθόδους δειγματοληψίας, τα δείγματα του δειγματολήπτη Surber περιείχαν περισσότερες ταξινομικές κατηγορίες από ότι τα δείγματα που

συλλέχθηκαν με απόχη τόσο στις καλοκαιρινές όσο και στις φθινοπωρινές δειγματοληψίες, γεγονός που είναι σε πλήρη συμφωνία με τα συμπεράσματα των Storey et al. (1991).

Η εποχιακή διακύμανση της θερμοκρασίας και της παροχής νερού στα ρέοντα υδάτινα οικοσυστήματα έχει άμεση επίδραση στη δομή και σύνθεση της βιοκοινότητας των βενθικών μακροασπονδύλων, καθώς επηρεάζει διάφορες φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού, όπως το διαλυμένο οξυγόνο, τα θρεπτικά στοιχεία ή ακόμα και τη συγκέντρωση ορισμένων ρυπαντών (Basaguren et al. 1996). Ιδιαίτερα στις υδρολογικές και κλιματολογικές συνθήκες της χώρας μας με τις θερμές και ξηρές καλοκαιρινές περιόδους, η έντονη εξάτμιση του νερού εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών σε συνδυασμό με τη χαμηλή σχετική υγρασία και τις, σε πολλές περιπτώσεις, αυξημένες απαιτήσεις σε αρδρευτικό νερό έχει σαν αποτέλεσμα την έντονη μείωση της εκροής του νερού στα ρέοντα υδάτινα οικοσυστήματα. Το γεγονός αυτό επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την συνολική οικολογική κατάσταση του υδάτινου οικοσυστήματος και, κατά συνέπεια, την παρουσία των βενθικών μακροασπονδύλων (Lazaridou-Dimitriadou et al. 2004). Στην περίπτωση του ρέματος Βρύχωνα πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες σε δύο εποχές του χρόνου (καλοκαίρι, φθινόπωρο). Στη θέση Καραμάνη δεν παρατηρήθηκε κάποια εποχιακή διακύμανση στην ποιότητα των υδάτων, η οποία σύμφωνα με τους ελληνικούς βιοδείκτες αξιολογήθηκε ως 'Πολύ καλή' τόσο το καλοκαίρι όσο και το φθινόπωρο. Αντίθετα, στη θέση Σερβανάτες η ποιότητα των υδάτων χαρακτηρίστηκε ως 'Μέτρια' το καλοκαίρι και ως 'Καλή' το φθινόπωρο σύμφωνα με τους δύο ελληνικούς βιοδείκτες που εφαρμόστηκαν, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη χαμηλή ροή του νερού στη συγκεκριμένη θέση το καλοκαίρι (προσωπική παρατήρηση). Ομοίως, σε μελέτη στην οποία αξιολογήθηκε η εποχιακή διακύμανση της ποιότητας των υδάτων του ποταμού Αλιάκμονα στη Δυτική Μακεδονία παρατηρήθηκε ότι η ποιότητα του νερού ήταν καλύτερη τις εποχές υψηλής ροής ενώ υποβαθμιζόταν τις εποχές χαμηλής ροής του νερού (Lazaridou-Dimitriadou et al. 2000).

Στην παρούσα μελέτη, πέρα από τα βιολογικά δεδομένα που συλλέγονταν, σε κάθε δειγματοληψία λαμβάνονταν δείγματα νερού, για τα οποία προσδιορίζονταν κάποιες βασικές φυσικοχημικές παράμετροι (π.χ. θερμοκρασία, pH) και τα οποία ακολούθως υποβάλλονταν σε χημική αναλύση για την ανίχνευση κάποιων βασικών ιόντων, που η παρουσία τους σε υψηλές συγκεντρώσεις θα λειτουργούσε αρνητικά για

την ποιότητα των υδάτων. Τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης των δειγμάτων νερού δείχνουν ότι οι συγκεντρώσεις των ανιόντων που προσδιορίστηκαν είναι χαμηλότερες από τις επιτρεπόμενες από την Ευρωπαϊκή Ένωση συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό (Οδηγία 98/83/ΕΚ 1998). Επιπλέον, δεν παρουσιάζεται καμία σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο θέσεων και των δύο εποχών δειγματοληψίας. Το γεγονός αυτό αποτυπώνει ανάγλυφα το σημείο στο οποίο μειονεκτούν οι χημικές αναλύσεις έναντι των βιολογικών δεικτών. Σε μία χημική ανάλυση οι ουσίες οι οποίες ανιχνεύονται και προσδιορίζονται είναι συγκεκριμένες και δεν καλύπτουν όλο το εύρος των πιθανών χημικών ρυπαντών. Η τελική εικόνα που αποκομίζεται με την χημική ανάλυση των υδάτων σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι πλήρης, καθώς ο αναλυτής καλείται πάντα να επιλέξει τις ουσίες τις οποίες θα προσπαθήσει να ανιχνεύσει, ανάλογα με τους ρύπους που πιθανολογεί ότι μπορεί να έχουν επιβαρύνει τα νερά ή ακόμα ανάλογα και με τη διαθεσιμότητα των μεθόδων και τις δυνατότητες του χημικού εργαστηρίου. Στην παρούσα εργασία, επιλέχθηκε να γίνει ανίχνευση κάποιων βασικών ανιόντων (νιτρικών, φωσφορικών, θειϊκών κλπ), τα οποία θα μπορούσαν να εισέλθουν στα νερά με την έκλυση των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων στις γειτονικές του ρέματος καλλιέργειες. Αν η παρούσα μελέτη σταματούσε σε αυτή τη χημική ανάλυση των δειγμάτων νερού είναι προφανές ότι θα κατέληγε σε λανθασμένα συμπεράσματα όσον αφορά στην ποιότητα του νερού. Για να ήταν πλήρης μια χημική ανάλυση του νερού, θα έπρεπε να περιλαμβάνει και την ανίχνευση τοξικών μετάλλων, όπως ο χαλκός (Cu), το αρσενικό (As), ο μόλυβδος (Pb), το χρώμιο (Cr) κλπ ή ακόμα και άλλων χημικών ρύπων, όπως οι γεωργικές φυτοπροστατευτικές ουσίες και τα ζιζιανιοκτόνα. Κάτι τέτοιο όμως, θα ανέβαζε το κόστος της χημικής ανάλυσης, ενώ θα απαιτούσε και την ύπαρξη και διαθεσιμότητα ενός κατάλληλα εξοπλισμένου για την ανίχνευση τέτοιων ουσιών χημικού εργαστηρίου. Το κενό αυτό, της αδυναμίας διενέργειας ολοκληρωμένων χημικών αναλύσεων για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων μπορεί, ύπο προϋποθέσεις, να καλύψει η χρήση βιολογικών δεικτών.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε η αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων του ρέματος Βρύχωνα του Πηλίου με τη χρήση βιολογικών δεικτών που στηρίζονται στα βενθικά μακροασπόνδυλα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η συνολική οικολογική ποιότητα των υδάτων του ρέματος Βρύχωνα κυμάνθηκε από ‘Μέτρια’ έως ‘Πολύ Καλή’. Με τη μέθοδο που εφαρμόστηκε κατέστη δυνατό να εντοπιστούν οι διαφοροποιήσεις στην ποιότητα του νερού μεταξύ των θέσεων δειγματοληψίας (θέση Καραμάνη, θέση Σερβανάτες) καθώς επίσης και η εποχιακή διακύμανση μεταξύ των δύο εποχών δειγματοληψίας (καλοκαίρι, φθινόπωρο). Αντίθετα, η μέθοδος δειγματοληψίας δε φαίνεται να επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την κατάταξη των αξιολογούμενων υδάτων σε κλάσεις ποιότητας.

Η εφαρμογή των βιολογικών δεικτών μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την οικολογική ποιότητα των υδάτινων σωμάτων. Η συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων σε εθνικό επίπεδο με τη χρήση βιολογικών κριτηρίων αποτελεί άλλωστε υποχρέωση της χώρας μας σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2000/60 για τα νερά. Πέρα όμως από την εθνική πολιτική για τα νερά, οι δράσεις που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν με γνώμονα τη βελτίωση της οικολογικής ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων μπορούν και πρέπει να έχουν και τοπικό χαρακτήρα. Στην περίπτωση του ρέματος Βρύχωνα και των επιφανειακών νερών του Πηλίου γενικότερα θα μπορούσαν να εφαρμοστούν οι παρακάτω προτάσεις:

A. Εφαρμογή τοπικού προγράμματος παρακολούθησης της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων με τη χρήση βιολογικών δεικτών. Η Τοπική Αυτοδιοίκηση (Περιφερειακή Ενότητα Μαγνησίας, Δήμοι) σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας θα μπορούσαν να σχεδιάσουν ένα δίκτυο θέσεων δειγματοληψίας στα σημαντικότερα υδάτινα οικοσυστήματα του Πηλίου, από τα οποία να λαμβάνονται δείγματα σε τακτά χρονικά διαστήματα. Ένα τέτοιο πρόγραμμα βιοπαρακολούθησης της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων θα εξασφάλιζε καλύτερη εποπτεία της οικολογικής κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων, ενώ θα επέτρεπε την άμεση λήψη μέτρων από την πλευρά των αρμόδιων φορέων για την αποκατάσταση των υποβαθμισμένων θέσεων.

B. Απαγόρευση της ρίψης απορριμμάτων και μάζων κατά μήκος των όχθων του ρέματος Βρύχωνα αλλά και γενικότερα κοντά σε υδάτινα οικοσυστήματα. Οι αρμόδιοι ελεγκτικοί μηχανισμοί θα πρέπει να εξασφαλίσουν ότι η παράνομη εναπόθεση

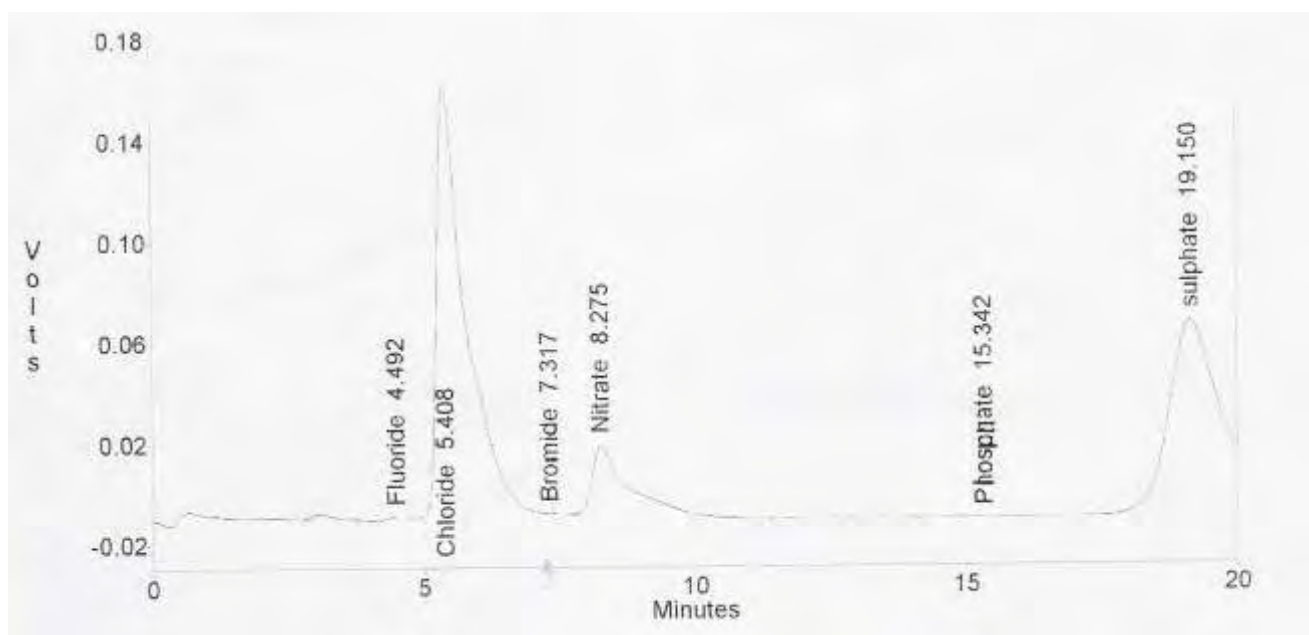
παντός τύπου απορριμμάτων κοντά σε ευαίσθητα υδάτινα οικοσυστήματα θα πρέπει να σταματήσει και ότι οι παραβάτες θα τιμωρούνται.

Γ. Μείωση της χρήσης φυτοπραστατευτικών ουσιών και λιπασμάτων στις όμορες των υδάτινων οικοσυστημάτων καλλιεργούμενες εκτάσεις και προώθηση εναλλακτικών, ήπιων, χωρίς πολλές εισροές μορφών γεωργίας.

Δ. Διαχείριση και επεξεργασία των απορροών και αποβλήτων των μικρών κτηνοτροφικών μονάδων που γειτνιάζουν με υδάτινα οικοσυστήματα.

Ε. Ευαισθητοποίηση και ενημέρωση των τοπικών φορέων και κοινωνιών για την αξία της προστασίας των υδάτινων οικοσυστημάτων και τη σημασία της καλής οικολογικής κατάστασης των υδάτων.

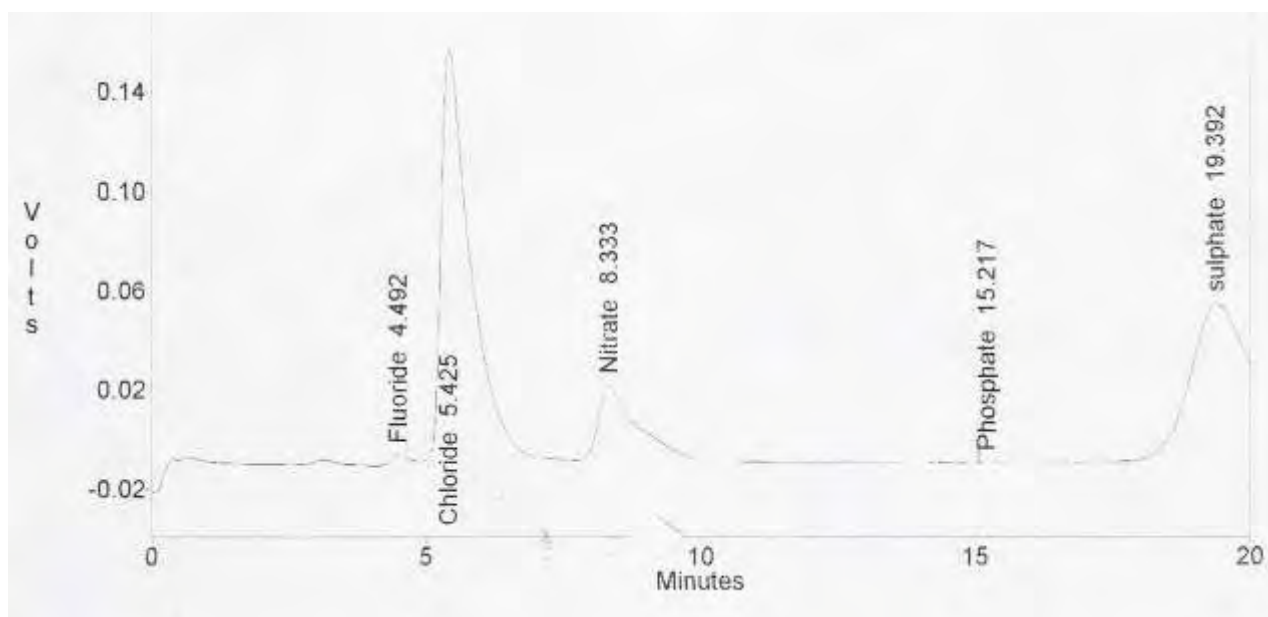
6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 6.1. Χρωματογράφημα ανάλυσης με ιοντική χρωματογραφία του δείγματος νερού που συλλέχθηκε από τη θέση Καραμάνη το καλοκαίρι του 2012.

Πίνακας 6.1. Χρόνος εμφάνισης (retention time), εμβαδό κορυφής και συγκέντρωση των ανιόντων που ανιχνεύθηκαν με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας σε δείγμα νερού που συλλέχθηκε από τη θέση Καραμάνη το καλοκαίρι του 2012.

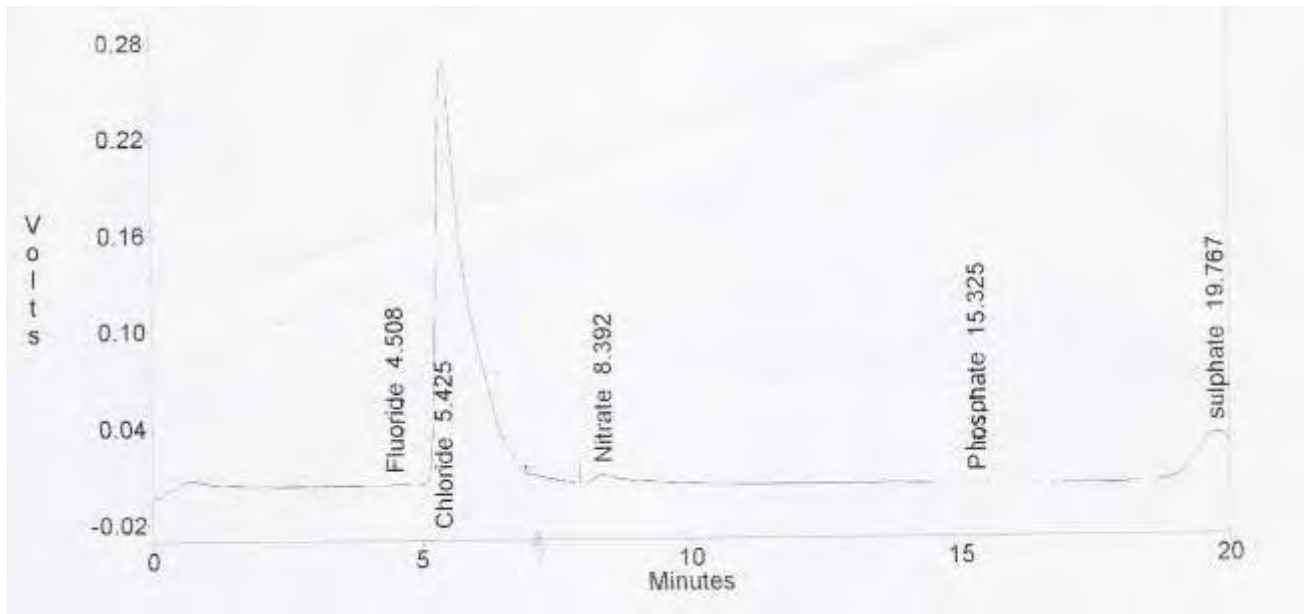
Ανιόντα	Χρόνος (retention time)	Εμβαδό	Συγκέντρωση (ppm)
Φθοριούχα	4,49	418	0,0
Χλωριούχα	5,41	5.770.099	29,9
Νιτρώδη	6,34	0	0,0
Βρωμιούχα	7,32	2	0,0
Νιτρικά	8,27	680.890	7,1
Φωσφορικά	15,34	14	0,0
Θειικά	19,15	5.077.993	45,9



Εικόνα 6.2. Χρωματογράφημα ανάλυσης με ιοντική χρωματογραφία του δείγματος νερού που συλλέχθηκε από τη θέση Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012.

Πίνακας 6.2. Χρόνος εμφάνισης (retention time), εμβαδό κορυφής και συγκέντρωση των ανιόντων που ανιχνεύθηκαν με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας σε δείγμα νερού που συλλέχθηκε από τη θέση Σερβανάτες το καλοκαίρι του 2012.

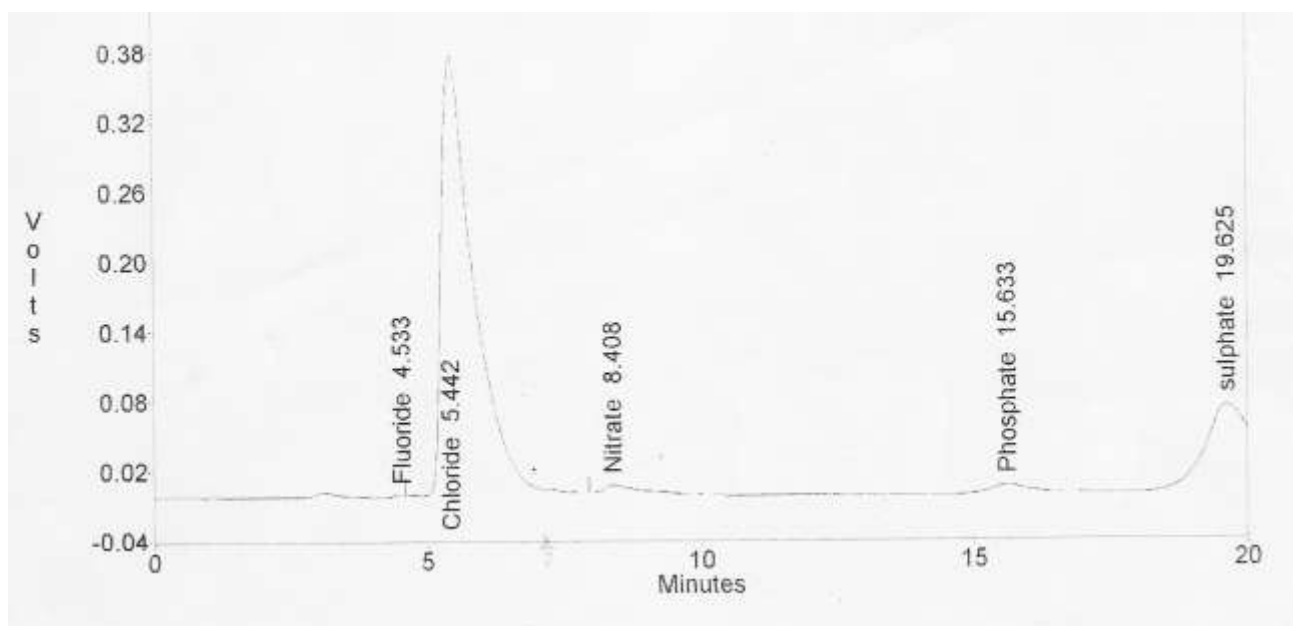
Ανιόντα	Χρόνος (retention time)	Εμβαδό	Συγκέντρωση (ppm)
Φθοριούχα	4,49	374	2,8
Χλωριούχα	5,43	5.666.669	25,2
Νιτρώδη	6,34	0	0,00
Βρωμιούχα	7,32	0	0,00
Νιτρικά	8,33	939.228	6,9
Φωσφορικά	15,22	151	0,0
Θειικά	19,39	5.462.120	38,7



Εικόνα 6.3. Χρωματογράφημα ανάλυσης με ιοντική χρωματογραφία του δείγματος νερού που συλλέχθηκε από τη θέση Καραμάνη το φθινόπωρο του 2012.

Πίνακας 6.3. Χρόνος εμφάνισης (retention time), εμβαδό κορυφής και συγκέντρωση των ανιόντων που ανιχνεύθηκαν με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας σε δείγμα νερού που συλλέχθηκε από τη θέση Καραμάνη το φθινόπωρο του 2012.

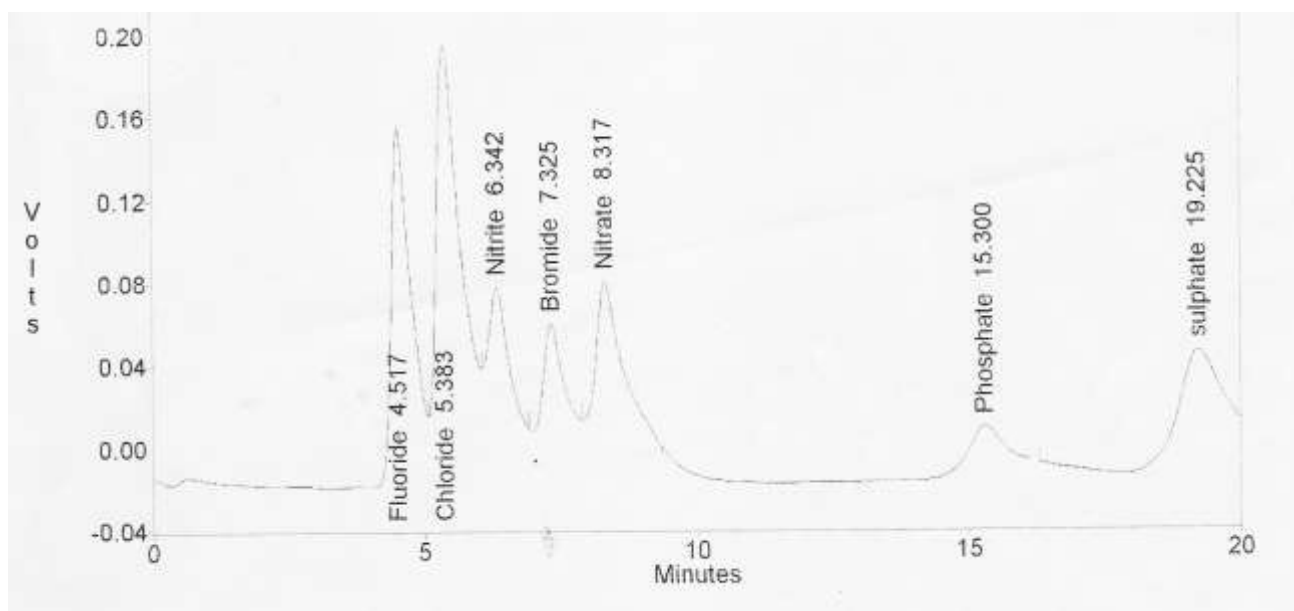
Ανιόντα	Χρόνος (retention time)	Εμβαδό	Συγκέντρωση (ppm)
Φθοριούχα	4,51	16.460	0,0
Χλωριούχα	5,43	10.478.837	48,4
Νιτρώδη	6,34	0	0,0
Βρωμιούχα	7,32	0	0,0
Νιτρικά	8,39	193.470	1,5
Φωσφορικά	15,32	269	0,1
Θειικά	19,77	1.805.347	16,4



Εικόνα 6.4. Χρωματογράφημα ανάλυσης με ιοντική χρωματογραφία του δείγματος νερού που συλλέχθηκε από τη θέση Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012.

Πίνακας 6.4. Χρόνος εμφάνισης (retention time), εμβαδό κορυφής και συγκέντρωση των ανιόντων που ανιχνεύθηκαν με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας σε δείγμα νερού που συλλέχθηκε από τη θέση Σερβανάτες το φθινόπωρο του 2012.

Ανιόντα	Χρόνος (retention time)	Εμβαδό	Συγκέντρωση (ppm)
Φθοριούχα	4,53	161	0,0
Χλωριούχα	5,44	15.376.358	71,2
Νιτρώδη	6,34	0	0,0
Βρωμιούχα	7,32	0	0,0
Νιτρικά	8,41	338.951	2,6
Φωσφορικά	15,63	233.339	20,9
Θειικά	19,63	6.772.111	61,6



Εικόνα 6.5. Χρωματογράφημα ανάλυσης με ιοντική χρωματογραφία του προτύπου διαλύματος μείγματος ανιόντων που χρησιμοποιήθηκε.

Πίνακας 6.5. Χρόνος εμφάνισης (retention time), εμβαδό κορυφής και συγκέντρωση των ανιόντων που ανιχνεύθηκαν με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας στο πρότυπο διάλυμα μείγματος ανιόντων που χρησιμοποιήθηκε.

Ανιόντα	Χρόνος (retention time)	Εμβαδό	Συγκέντρωση (ppm)
Φθοριούχα	4,52	3.262.654	8,2
Χλωριούχα	5,38	4.330.330	18,6
Νιτρώδη	6,34	987.400	13,3
Βρωμιούχα	7,32	1.085.468	16,0
Νιτρικά	8,32	2.612.191	19,8
Φωσφορικά	15,30	335.273	8,7
Θειικά	19,23	3.299.901	18,1

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alba-Tercedor, J. (2006) 'Aquatic macroinvertebrates', In: Ziglio, G., Siligardi M., Flaim G., (eds), *Biological Monitoring of Rivers: Applications and Perspectives*, Wiley and Sons Ltd, West Sussex, UK, 71-87.
- Alba-Tercedor, J., Sanchez-Ortega, A. (1988) 'A simple and quick method to evaluate biological quality of running freshwater based on Hellawell, 1978', *Limnetica* **4** 51-56.
- Anagnostopoulou, M., Lazaridou-Dimitriadou, M., White, K.N. (1994) 'The freshwater invertebrate community of the system of the river Almopeos, N. Greece', *Bios (Macedonia, Greece)* **2** 79–86.
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F., Furse, M.T. (1983) 'The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites', *Water Research* **17** 333-347.
- Armitage, P.D., Hogger, J. (1994) 'Invertebrates ecology and methods of survey', In: Ward, D., Holmes, N., Jose, P. RSPB, NRA and RSNC (eds.), *The new rivers and wildlife handbook*, Sandy: RSPB, Bedfordshire, 151–159.
- 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.
- Askew, R.R. (2004) *The dragonflies of Europe (revised edition)*. Harley Books, Colchester, England.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B. (1999) 'Rapid bioassessment protocols for use in streams and weadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish', EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, 2nd ed., Office of Water, Washington, DC.
- Barton, D.R., Metcalfe-Smith, J.L. (1992) 'A comparison of sampling techniques and summary indices for assessment of water quality in the Yamaska river, Quèbec, based on bentic macroinvertebrates', *Environmental Monitoring and Assessment* **21** 225-244.

- Basaguren, A., Elosegui, A., Pojo, J. (1996) 'Changes in the trophic structure of benthic macroinvertebrate communities associated with food availability and stream flow variations', *Internationale Revue gesamten Hydrobiologie* **81** 79–91.
- Bauer, D.E., Conforti, V., Ruiz, L., Gómez, N. (2012) 'An in situ test to explore the responses of *Scenedesmus acutus* and *Lepocinclis acus* as indicators of the changes in water quality in lowland streams', *Ecotoxicology and Environmental Safety* **77** 71-78.
- Bengtson-Nash, S.M., Goddard, J., Müller J.F. (2006) 'Phytotoxicity of surface waters of the Thames and Brisbane River Estuaries: A combined chemical analysis and bioassay approach for the comparison of two systems' *Biosensors and Bioelectronics* **21** 2086–2093.
- Biological Monitoring Working Party (1978) *Assessment and presentation of the biological quality of rivers in Great Britain*, Final Report, Department of the Environment, Water Data Unit.
- Birk S., Hering, D. (2002) 'Waterview Web-Database: a comprehensive review of European assessment methods for rivers', *FBA News*, **20** 4.
- Castela, J., Ferreira, V. Graça, M.A.S. (2008) 'Evaluation of stream ecological integrity using litter decomposition and benthic invertebrates', *Environmental Pollution* **153** 440-449.
- Chandler, J.R. (1970) 'A biological approach to water quality management', *Water Pollution Control* **69** 415-22.
- Chapman, P.M. (1995) 'Bioassay testing for Australia as part of water quality assessment programmes', *Australian Journal of Ecology* **20** 7-19.
- 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** 73–87.
- Chesters, R.K. (1980) *Biological monitoring working party. The 1978 national testing exercise*, Technical Memorandum, Department of the Environment, Water Data Unit.
- Compin, A., Cereghino, R. (2003) 'Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour-Garonne stream system (France)', *Ecological Indicators* **3** 135-142.

- DePauw, N., VanHooren, G. (1983) 'Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium', *Hydrobiologia* **100** 153-168.
- Descy, J.P., (1979) 'A new approach to water quality estimation using diatoms', *Nova Hedwigia* **64** 305–323.
- Extence, C.A., Bates, A.J., Forbes, W.J., Barham, P.J. (1987) 'Biologically based water quality management', *Environmental Pollution* **45** 221-236.
- Friberg, N., Sandin L., Furse, M.T., Larsen, S.E., Clarke, R.T., Haase P. (2006) 'Comparison of macroinvertebrate sampling methods in Europe'. *Hydrobiologia* **566** 365–378.
- Friedrich, G., Chapmen, D., Beim, A. (1996) 'The use of biological materials'. In: Chapmen D. (ed), *Water quality assessments: A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 2nd Ed., E and FN Spon, New York.
- Gasith, A., Resh, V.H. (1999) 'Streams in mediterranean climate regions: Abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events', *Annual Review of Ecological Systems* **30** 51–81.
- Gayraud, S., Statzne, B., Bady P., Haybachp, A., Scholl, F., Usseglio-Polatera, P., Bacchi M. (2003) 'Invertebrate traits for the biomonitoring of large European rivers: an initial assessment of alternative metrics', *Freshwater Biology* **48** 2045-2064.
- Giannakou, U., Kalamarianos, A., Kousouris, T., Kilikidis, S. (1997) 'Distribution of benthic macroinvertebrates in relation to physico-chemical parameters as a tool for assessing river water pollution in a lowland stream, North Greece', *Fresenius Environmental Bulletin* **6** 560–567.
- Hawks, H.A. (1979) 'Invertebrates as indicators of river water quality', In: James, A., Evison, L. (eds.), *Biological Indicators of water quality*, vol. 2. Wiley, Chichester, 1–45.
- Hellawell, J.M. (1986) *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Pollution Monitoring Series. Elsevier Applied Science, Amsterdam.
- Hodkinson, I.D., Jackson, J.K. (2005) 'Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems', *Environmental Management* **35** 649–666.

- Humphries, P., Pretorius, E., Whitcutt, J.M. (2005) ‘Determining water quality in South Africa: a review of available bioassays’, *South African Journal of Science* **101** 330-334.
- Iliopoulou-Georgudaki, J., Kantzaris, V., Katharios, P., Kaspiris, P., Georgiadis, Th., Montesantou, B. (2003) ‘An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece)’, *Ecological Indicators* **2** 345–360.
- Jiang, J.G. (2006) ‘Development of a new biotic index to assess freshwater pollution’, *Environmental Pollution* **139** 306-317.
- Κούγκολος, Α., (2005) *Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική*. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Kampa, E., Artemiadou, V., Lazaridou-Dimitriadou, M. (2000) ‘Ecological quality of the water of the river Axios during spring and summer 1997’, *Belgian Journal of Zoology* **130** 23–29.
- Karr, J.R., Chu, E.N. (1999) *Restoring Life in Running Waters. Better Biological Monitoring*, Island Press, Washington, D.C.
- Kontana, A., Papadimitriou, C.A., Samaras, P., Zdragas, A., Yiangou, M. (2008) ‘Bioassays and biomarkers for ecotoxicological assessment of reclaimed municipal wastewater’ *Water Science Technology* **57** 947-953.
- Kousouris, T., Bertahas, I., Diapoulis, A., Gritzalis, K. (1990) ‘Evaluating water quality in the Louros river (Greece) using biotic indices based on invertebrate communities’, *Environmental Education and Information* **9** 163–174.
- Kungolos, A., Samaras, P., Kimeroglu, V., Dabou, X., Sakellaropoulos, G.P. (1998) ‘Water quality and toxicity assessment in Koronia Lake – Greece’, *Fresenius Environmental Bulletin* **7** 615-622.
- Kungolos, A., Samaras, P., Koutseris, E. (2003) ‘Using bioassays for testing seawater quality in Greece’, *Journal of Environmental Science and Health* **38** 533-544.
- 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., Koukoumides, C., Lekka, E., Gaidagis, G. (2004) ‘Integrative evaluation of the ecological quality of metalliferous streams (Chalkidiki, Macedonia, Hellas)’, *Environmental Monitoring Assessment* **91** 59–86.

- Liebmann, H. (1962) *Handbuch der frischwasser und abwasser biologie*. R. Oldenburg, Munchen.
- Lauzon, M., Harper, P.P. (1988) 'Seasonal dynamics of a mayfly (Insecta: Ephemeroptera) community in a laurentian stream', *Holarctic Ecology* **11** 220-234.
- Lekka, E., Kagalou, I., Lazaridou-Dimitriadou, M., Albanis, T., Dakos, V., Labropoulou, D., Sakkas, V. (2004) 'Assessment of the water and habitat quality of a mediterranean river (Kalamas, Epirus, Hellas), in accordance with the EU Water Framework Directive', *Acta hydrochimica hydrobiologica*. **32** 175–188.
- Mackey, A.P., Cooling, D.A., Berrie A.D. (1984) 'An evaluation of sampling strategies for qualitative surveys of macroinvertebrates in rivers, using pond nets', *Journal of Applied Ecology* **21** 515-534.
- Malicky, H. (2004) *Atlas of European Trichoptera (second edition)*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Mandaville, S.M. (1999) *Bioassessment of freshwaters using benthic macroinvertebrates - A primer*. Halifax, Novia Scotia.
- McCafferty, W.P., (1998) *Aquatic entomology: The fishermen's and ecologists illustrated guide to insects and their relatives*. Jones and Bartlett Publishers, Massachusetts.
- Merrit, R.W., Cummins K.W. (1996) *An introduction to the aquatic insects of north America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa, pp. 862.
- Metcalf, L.J. (1989) 'Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe', *Environmental Pollution* **60** 101–139.
- Metcalf, L.J. (1996) 'Biological water-quality assessment of rivers: use of macroinvertebrate communities'. In: Petts, G., Calow P. (eds), *River Restoration*. Blackwell Science, Oxford, UK, 17–59.
- Moreira-Santos, M., Soares, A.M.V.M., Ribeiro, R. (2004) 'An in situ bioassay for freshwater environments with the microalga *Pseudokirchneriella subcapitata*' *Ecotoxicology and Environmental Safety* **59** 164–173.
- Nilsson, A. (1996) *Aquatic insects of north Europe: A taxonomic handbook*, Vol. 1 and 2, Apollo Books Aps., Denmark.
- Οδηγία 98/83/ΕΚ, (1998) *Οδηγία του Συμβουλίου σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης*, 54 σελ.

- Οδηγία 2000/60/ΕΚ, (2000) *Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων*, 72 σελ.
- Palma, P., Alvarenga, P., Palma, V., Matos, C., Fernandes, R.M., Soares, A., Barbosa, I.R., (2010) 'Evaluation of surface water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Alqueva Reservoir (Portugal)' *Environmental Science and Pollution Research* **17** 703-716.
- Pérez, J.R., Loureiro, S., Menezes, S., Palma, P., Fernandes, R.M., Barbosa, I.R., Soares, A.M.V.M., (2010) 'Assessment of water quality in the Alqueva Reservoir (Portugal) using bioassays' *Environmental Science and Pollution Research* **17** 688-702.
- Persone, G., De Pauw, N. (1979) 'Systems of biological indicators for water quality assessment'. In: Ravera, O. (ed.), *Biological aspects of freshwater pollution*. Pergamon Press, Oxford, 39-75.
- Pinder, L.C.V., Ladle, M., Gledhill, T., Bass, J.A.B., Matthews, A.M. (1987) 'Biological surveillance of water quality - 1. A comparison of macroinvertebrate surveillance methods in relation to assessment of water quality, in a chalk stream' *Archiv für Hydrobiologie*, **109** 207-26.
- Sargaonkar, A., Deshpande, V. (2003) 'Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context', *Environmental Monitoring and Assessment* **89** 43-67.
- Samaras, P., Sakellariopoulos, G.P., Kungolos, A., Dermisi, S. (1998) 'Toxicity assessment assays in Greece' *Fresenius Environmental Bulletin* **7** 623-630.
- Sladeczek, V. (1973) 'Systems of water quality from the biological point of view', *Archiv für Hydrobiologie* **7** 1-218.
- Storey, A.W., Edward, D.H.D., Gazey, P. (1991) 'Surber and kick sampling: a comparison for the assessment of macroinvertebrate community structure in streams of south-western Australia', *Hydrobiologia* **211** 111-121.
- Sutherland, W.J. (1996) *Ecological census techniques: A handbook*. Cambridge University Press, New York.
- Tuffery, G., Verneaux, J. (1968) *Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes*. CERAFER, Paris.
- Woodiwiss, F.S., (1964) 'The biological system of stream classification used by the River Trent Board', *Chemistry Industry* **14** 443-447.

- Wright, J.F., Moss, D., Armitage, P.D., Furse, M.T. (1984) 'A preliminary classification of running water sites in Great Britain based on macroinvertebrate species and the prediction of community type using environmental data', *Freshwater Biology* **14** 221-256.
- Yfantis, G., Artemiadou, V., Lazaridou-Dimitriadou, M., Mourelatos, S. (1999) 'Ecological evaluation of water quality in the river Aliakmonas (Macedonia, Hellas), *Contribution to the Zoogeography and Ecology of the Eastern Mediterranean Region* **1** 485–493.