

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΛΟΥΤΟΥ  
Δ/ΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ & ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ  
ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΟΛΥΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΥ  
ΔΕΙΚΤΗ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ  
ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΟΡΕΙΝΩΝ ΡΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΑΜΩΝ**

**ΤΕΛΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ**



**Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ)  
Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων (ΙΕΥ)**

**ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2007**

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΛΟΥΤΟΥ  
Δ/ΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ & ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ  
ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΟΛΥΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΥ  
ΔΕΙΚΤΗ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ  
ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΟΡΕΙΝΩΝ ΡΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΑΜΩΝ**

**ΤΕΛΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ**



**Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ)  
Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων (ΙΕΥ)  
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2007**

Προτεινόμενη Βιβλιογραφική Αναφορά:

ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Α.Ν., ΖΟΓΚΑΡΗΣ Σ., ΧΑΤΖΗΝΙΚΟΛΑΟΥ Γ., ΤΑΧΟΣ Β.Α., ΓΙΑΚΟΥΜΗ Σ., ΚΟΜΜΑΤΑΣ Δ., ΚΟΥΤΣΙΚΟΣ Ν., ΒΑΡΔΑΚΑΣ Λ., BLASEL K. ΚΑΙ DUSSLING U. (2007). Δημιουργία Ιχθυολογικού Πολυπαραμετρικού Δείκτη για την Εκτίμηση της Οικολογικής Κατάστασης Ορεινών Ρεμάτων και Ποταμών. Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών – Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων. Υπουργείο Ανάπτυξης, Δ/ση Υδατικού Δυναμικού & Φυσικών Πόρων. Κύριο Τεύχος 117 σελ. - Παραρτήματα 189 σελ.

Suggested Reference:

ECONOMOU, A.N., ZOGARIS S., CHATZINIKOLAOU Y., TACHOS V., GIAKOUMI S., KOMMATAS D., KOUTSIKOS N., VARDAKAS L., BLASEL K. & DUSSLING U. (2007). Development of an Ichthyological Multimetric Index for Ecological Status Assessment of Greek Mountain Streams and Rivers. Hellenic Center for Marine Research – Institute of Inland Waters. Hellenic Ministry for Development. Main Document, 116 pp. Appendices: 189 pp. (in Greek).

*Για απεριόριστο χρόνο, δεν επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αντιγραφή και χρήση δεδομένων, στοιχείων επεξεργασίας και ανάλυσης της παρούσας μελέτης από τρίτους, χωρίς την έγγραφη άδεια και βεβαίωση του Υπουργείου Ανάπτυξης και του Ινστιτούτου Εσωτερικών Υδάτων – ΕΛΚΕΘΕ στα πλαίσια εφαρμογής του Ν.2121/1993, και τους κανόνες του διεθνούς δικαίου περί "πνευματικής ιδιοκτησίας" που ισχύουν και στην Ελλάδα.*

**ISBN 978-960-98054-0-7**

**Copyright © Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	1
<b>1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ – ΠΟΛΙΤΙΚΟ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ</b>	6
1.1. Το Κοινοτικό πλαίσιο για τη διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων	6
1.2. Η κατάσταση διεθνώς και στον Ελληνικό χώρο	7
1.3. Βιοεκτιμήσεις με βάση την ιχθυοπανίδα	8
<b>2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b>	9
2.1. Επισκόπηση των περιοχών έρευνας	9
2.1.1. Αποτύπωση της κατάστασης των υπό εξέταση ποταμών	9
2.1.2. Βιολογικά και οικολογικά γνωρίσματα των ψαριών	9
2.2. Κατάρτιση δικτύου σταθμών και διαδικασίες δειγματοληψίας	10
2.2.1. Επιλογή θέσεων δειγματοληψίας	10
2.2.2. Μεθοδολογικά πρωτόκολλα	11
2.2.3. Δειγματοληπτικές τεχνικές και εργαλεία	14
2.3. Προ-ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης των θέσεων δειγματοληψίας	16
2.4. Βάση δεδομένων	18
2.5. Τυπολογικός χαρακτηρισμός των υδάτινων σωμάτων	18
2.5.1. Δημιουργία βιοτικών τύπων	19
2.5.2. Αβιοτική περιγραφή των βιοτικών τύπων	19
2.6. Προσδιορισμός συνθηκών αναφοράς	20
2.7. Επιλογή μετρικών	21
2.7.1. Δημιουργία καταλόγου “δυνητικών” μετρικών	21
2.7.2. Έλεγχος και επιλογή μετρικών	23
2.8. Βαθμονόμηση των μετρικών - Δημιουργία πολυπαραμετρικών δεικτών	26
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	28
3.1. Δίκτυο σταθμών	28
3.2. Γεωμορφολογικά, βιολογικά και οικολογικά χαρακτηριστικά των υπό εξέταση ποταμών – Σημαντικές πιέσεις	28
3.3. Ιχθυολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών έρευνας	28
3.3.1. Η ιχθυοπανίδα των πέντε λεκανών απορροής	28
3.3.2. Ποιοτική και ποσοτική σύσταση των τοπικών ιχθυοκοινοτήτων	31
3.3.3. Βιολογικά και οικολογικά γνωρίσματα των ψαριών	33
3.4. Ποτάμια τυπολογία	35
3.4.1. Βιοτική τυπολογία	35

3.4.2. Αβιοτική τυπολογία	46
3.4.3. Τυπολογικός χαρακτηρισμός των επιβαρυσμένων θέσεων δειγματοληψίας	56
3.5. Προ-ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης	60
3.5.1. Κατανομή πιέσεων στους σταθμούς δειγματοληψίας	60
3.5.2. Κατανομή πιέσεων στους βιοτικούς τύπους	62
3.5.3. Σταθμισμένη κατανομή πιέσεων στους βιοτικούς τύπους	63
3.6. Θέσπιση συνθηκών αναφοράς	64
3.7. Επιλογή μετρικών	67
3.7.1. Κατάλογος δυνητικών μετρικών	67
3.7.2. Κατάλογος υποψήφιων μετρικών	69
3.7.3. Κατάρτιση του τελικού καταλόγου μετρικών	76
3.8. Δημιουργία και έλεγχος του πολυπαραμετρικού δείκτη χωρικής βάσης	76
3.9. Δημιουργία Ιχθυολογικού Δείκτη εκτίμησης της οικολογικής κατάστασης με βάση το μοντέλο πρόβλεψης. Δείκτης FATHeR.	82
3.10. Αποτελέσματα της έρευνας βενθικών μακροασπονδύλων	89
3.11. Κατάρτιση δικτύου σταθμών παρακολούθησης	89
<b>4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ</b>	90
4.1. Διαφοροποιά στοιχεία των δύο δεικτών	90
4.2. Εντοπισμός σφαλμάτων και προβλημάτων	91
4.2.1. Δειγματοληπτική διαδικασία	91
4.2.2. Δημιουργία τυπολογίας	91
4.2.3. Θέσπιση συνθηκών αναφοράς	92
4.2.4. Επιλογή μετρικών – δημιουργία πολυπαραμετρικών δεικτών	93
4.2.5. Προ-ταξινόμηση, επιβεβαίωση του δείκτη χωρικής βάσης	95
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</b>	100
<b>Photo Gallery</b>	103
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	108

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Οδηγία-Πλαίσιο για το νερό της ΕΕ (2000/60/ΕΚ) ορίζει ότι η διαχείριση των υδατικών πόρων θα γίνεται στα Κράτη Μέλη με γνώμονα την οικολογική τους κατάσταση. Μία από τις απαιτήσεις της Οδηγίας είναι ότι τα κράτη θα εγκαταστήσουν προγράμματα συστηματικής παρακολούθησης της οικολογικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων χρησιμοποιώντας βιολογικούς ενδείκτες. Τα ψάρια είναι μία από τις ομάδες οργανισμών που προτείνονται από την Οδηγία σαν εργαλεία βιοεκτιμήσεων. Μεθοδολογίες βιοεκτιμήσεων με βάση την ιχθυοπανίδα δεν έχουν ακόμα δημιουργηθεί στην Ελλάδα και ο λόγος είναι ότι τόσο η πολιτική για το περιβάλλον, όσο και οι χρηματοδοτήσεις για την έρευνα δεν είχαν μέχρι σήμερα ανάλογο προσανατολισμό. Σε αναγνώριση της ανάγκης για συμμόρφωση με τις επιταγές της Οδηγίας, το Υπουργείο Ανάπτυξης (Γενική Δ/ση Φυσικού Πλούτου – Δ/ση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων) χρηματοδότησε το Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΙΕΥ - ΕΛΚΕΘΕ) για την εκτέλεση ερευνητικού έργου που αφορά τη δημιουργία μίας ιχθυολογικής μεθόδου εκτίμησης της οικολογικής κατάστασης ορεινών ρεμάτων και ποταμών. Για την απόκτηση κατάλληλων δεδομένων διενεργήθηκαν ιχθυολογικές δειγματοληψίες, μετρήσεις φυσικοχημικών και υδρολογικών παραμέτρων και καταγραφές ανθρωπογενών πιέσεων κατά τα έτη 2005 και 2006 σε ορεινά τμήματα των ποταμών Αλφειού, Αράχθου, Αχελώου, Αώου και Αλιάκμονα. Την τεχνική πλευρά του έργου υποστήριξε επιστημονικός φορέας από τη Γερμανία με τον οποίο συνάφθηκε σύμβαση συνεργασίας.

Σύμφωνα με τους όρους ανάθεσης του έργου, ο ανάδοχος είχε την υποχρέωση να δημιουργήσει ένα πολυπαραμετρικό ιχθυολογικό δείκτη βιοεκτιμήσεων χρησιμοποιώντας *χωρικές μεθόδους* προσδιορισμού των συνθηκών αναφοράς. Απαραίτητο βήμα για τη δημιουργία ενός τέτοιου δείκτη είναι η ανάπτυξη τυπολογίας ποταμών και η θέσπιση συνθηκών αναφοράς σε κάθε τύπο (τυποχαρακτηριστικές συνθήκες αναφοράς). Αυτό αποδείχθηκε μία αρκετά δύσκολη υπόθεση για ποταμούς που χαρακτηρίζονται από μεγάλη φυσική και βιολογική ποικιλότητα, όπως είναι οι ποταμοί της Ελλάδας. Ο λόγος είναι ότι ένας βιολογικά εστιασμένος τυπολογικός χαρακτηρισμός των ποταμών απαιτεί πολύ μεγάλη σειρά δεδομένων, ώστε να περιγραφούν ικανοποιητικά όλοι οι βιοτικοί τύποι και να θεσπισθούν αξιόπιστες συνθήκες αναφοράς σε κάθε τύπο. Επί πλέον, η μελλοντική προσαρμογή αυτού του δείκτη σε νέες περιοχές απαιτεί σημαντικό όγκο νέων δεδομένων και κοπιαστικές επεξεργασίες. Τηρώντας τις συμβατικές της υποχρεώσεις, η ομάδα εργασίας ολοκλήρωσε τη δημιουργία αυτού του δείκτη με κάποιες αποκλίσεις από τον αρχικό σχεδιασμό προκειμένου να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα της μικρής διαθεσιμότητας δεδομένων από θέσεις που ανήκουν σε ορισμένους μη αντιπροσωπευτικούς βιοτικούς τύπους, όπως: χρησιμοποίηση επιπρόσθετων ιχθυολογικών δεδομένων από παλαιότερες έρευνες, ενοποίηση αρκετά ομοειδών βιοτικών τύπων σε ευρύτερους τύπους και εξαίρεση ορισμένων μη τυπικών θέσεων (από τυπολογική άποψη) από τη διαδικασία βαθμονόμησης του δείκτη. Ωστόσο, αποφασίσθηκε να δημιουργηθεί ένας ακόμα ιχθυολογικός δείκτης που δεν περιέχει το στάδιο της τυπολογίας αλλά χρησιμοποιεί ένα *μοντέλο πρόβλεψης* των ιχθυολογικών συνθηκών αναφοράς που αναμένονται κάτω από διάφορους συνδυασμούς αβιοτικών παραμέτρων. Ο τελευταίος δείκτης αποτελεί ένα απλούστερο και πιο ευέλικτο εργαλείο βιοεκτίμησης με ικανοποιητική διαγνωστική ικανότητα και μεγαλύτερη δυνατότητα προσαρμογής σε νέες συνθήκες. Τέλος, η ομάδα εργασίας αξιοποίησε την ευκαιρία απόκτησης περιβαλλοντικών δεδομένων από τις περιοχές ιχθυολογικής έρευνας προκειμένου να συγκεντρώσει υλικό κατάλληλο για την ανάπτυξη και άλλων μεθοδολογιών βιοεκτιμήσεων (που βασίζονται στην παρόχθια βλάστηση, στα βενθικά μακροασπόνδυλα κλπ.).

Το έργο είναι πιλοτικό στην Ελλάδα και πρέπει να θεωρηθεί σαν “εναρκτήριο” προς την κατεύθυνση των ιχθυολογικά βασισμένων βιοεκτιμήσεων. Τελικά προϊόντα είναι δύο εναλλακτικές μέθοδοι βιοεκτίμησης (δείκτες βασισμένοι στα ψάρια). Και οι δύο δείκτες εκτιμούν την οικολογική κατάσταση ποτάμιων περιοχών σαν συνάρτηση της απόκλισης

επιλεγμένων ιχθυολογικών μετρικών από ιχθυολογικά γνωρίσματα που θα αναμένονταν κάτω από αδιατάρακτες συνθήκες (συνθήκες αναφοράς). Οι δύο παραπάνω δείκτες διαφέρουν ως προς τη μεθοδολογία προσδιορισμού των συνθηκών αναφοράς (*χωρική μέθοδος ή μοντέλο πρόβλεψης*) καθώς και στον τρόπο επιλογής και βαθμονόμησης των μετρικών. Αναγνωρίζεται ότι η ανάπτυξη των δύο δεικτών στηρίχθηκε σε περιορισμένη σειρά δεδομένων, που αποκτήθηκαν σε μικρό χρονικό διάστημα και από ορεινές μόνο περιοχές καθώς και λίγων σχετικά λεκανών απορροής, στις οποίες υπήρχε απουσία ενός ικανοποιητικού αριθμού θέσεων με σημαντική ανθρωπογενή επιβάρυνση. Αναπόφευκτα, τα δεδομένα αυτά δεν εκφράζουν το εύρος της διαχρονικής και γεωγραφικής ποικιλότητας των βιολογικών συνθηκών που χαρακτηρίζει τα Ελληνικά ποτάμια, ούτε απεικονίζουν πλήρως το φάσμα των ιχθυολογικών αντιδράσεων σε έντονες ανθρωπογενείς πιέσεις. Το γεγονός αυτό επηρέασε την ακρίβεια της περιγραφής των συνθηκών αναφοράς και του καθορισμού των συναρτησιακών σχέσεων μεταξύ μετρικών και πιέσεων. Ωστόσο, η προγνωστική ικανότητα των μεθόδων θα βελτιώνεται συνεχώς με την απόκτηση νέων δειγματοληπτικών δεδομένων από την εφαρμογή των προγραμμάτων οικολογικής παρακολούθησης που η εγκατάστασή τους προβλέπεται από την Οδηγία-Πλαίσιο. Εκτιμάται ότι μετά από κατάλληλες τροποποιήσεις οι δύο αυτοί δείκτες, ιδίως αυτός που υποστηρίζεται από το μοντέλο πρόβλεψης, θα μπορούν να εφαρμοσθούν και σε άλλες περιοχές της χώρας καθώς και σε άλλους τύπους ποταμών.

Στα παραδοτέα του έργου περιλαμβάνεται η κατάρτιση ενός δικτύου αντιπροσωπευτικών σταθμών παρακολούθησης στις ποτάμιες περιοχές που καλύφθηκαν από την έρευνα καθώς και όλα τα σχετικά μεθοδολογικά πρωτόκολλα.

### **Συνοπτική περιγραφή των εργασιών**

Το έργο ξεκίνησε τον Απρίλιο 2005 και περιέλαβε τις εξής εργασίες που κατανεμήθηκαν σε τρεις φάσεις:

#### 1η Φάση (τέσσερις μήνες)

- Συγκέντρωση βιολογικών και οικολογικών δεδομένων, καθώς και δεδομένων για τις ανθρωπογενείς πιέσεις, στις περιοχές έρευνας.
- Οριοθέτηση περιοχών ιχθυολογικής ομοιογένειας και δημιουργία μίας βιολογικά εστιασμένης τυπολογίας των ορεινών ποταμών.
- Εγκατάσταση δικτύου σταθμών σε αντιπροσωπευτικές θέσεις των υπό εξέταση ποταμών.

#### 2η Φάση (12 μήνες)

- Δημιουργία μεθοδολογικών πρωτοκόλλων.
- Διενέργεια ιχθυολογικών δειγματοληψιών και καταγραφών υδρολογικών, μορφολογικών και φυσικοχημικών παραμέτρων
- Εισαγωγή των δεδομένων σε Βάση Δεδομένων και ανάλυση αυτών με τη βοήθεια κατάλληλων τεχνικών.
- Επιλογή κατάλληλων ιχθυοδεικτών.
- Προσδιορισμός των συνθηκών αναφοράς.
- Βαθμονόμηση των ιχθυοδεικτών.

#### 3η Φάση (6 μήνες)

- Δημιουργία ιχθυολογικού πολυπαραμετρικού δείκτη για εκτιμήσεις της οικολογικής κατάστασης ορεινών ποταμών.
- Αποτύπωση της οικολογικής ποιότητας στους υπό εξέταση ποταμούς
- Κατάρτιση ενός δικτύου σταθμών για τη μόνιμη παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης των ποταμών που εξετάστηκαν

## Ερευνητική ομάδα

### Κύρια ομάδα εργασίας – εργασίες πεδίου και συγγραφικό έργο

Αλκιβιάδης Οικονόμου	Υδροβιολόγος - Ιχθυολόγος (Υπεύθυνος Έργου)
Σταμάτης Ζόγκαρης	Γεωγράφος - Βιολόγος
Σοφία Γιακουμή	Τεχνολόγος Αλιείας
Γιώργος Χατζηνικολάου	Βιολόγος - Περιβαλλοντολόγος
Δημήτρης Κομματάς	Τεχνολόγος Αλιείας
Νίκος Κούτσικος	Τεχνολόγος Αλιείας
Λεωνίδας Βαρδάκας	Τεχνολόγος Αλιείας
Βασίλης Τάχος	Γεωπόνος-Ιχθυολόγος
Uwe Dussling	Ιχθυολόγος (Γερμανία)
Klaus Basel	Ιχθυολόγος (Γερμανία)

### Υποστήριξη – διάφορες συνεργασίες

Νίκος Σκουλικίδης	Γεωχημικός
Ηλίας Δημητρίου	Υδρογεωλόγος
Μαρία Στουμπούδη	Ιχθυολόγος
Ρομπέρτα Μπαρμπιέρι	Ιχθυολόγος
Ελένη Καλογιάννη	Βιολόγος
Αργυρώ Ανδριοπούλου	Τεχνολόγος Αλιείας
Ελένη Οικονόμου	φοιτήτρια Παν. Πειραιά

### Εθελοντική εργασία στο πεδίο

Αλεξάνδρα Γκόσιου	Περιβαλλοντολόγος, Παν. Ιωαννίνων
Βασίλης Δάκος	Βιολόγος, Παν. Wageningen (Ολλανδία)
Αλέξης Ιωάννου	Βιολόγος, Αρ. Παν. Θεσσαλονίκης
Elisabeth Reiter	Βιολόγος (Γερμανία)
Μαρία Χειμωνοπούλου	Βιολόγος
Μαρία Ιωάννου	Σκηνοθέτης
Ronald Bjorkland	Περιβαλλοντολόγος (ΗΠΑ)

### Υπολογιστική υποστήριξη και ανάπτυξη λογισμικού

Βασίλης Λακές	Σχεδιαστής Βάσεων Δεδομένων
Παναγιώτης Τραχαλάκης	Μηχανικός Υπολογιστών και Πληροφορικής
Άγγελος Λικιαρδόπουλος	Μηχανικός Υπολογιστών και Πληροφορικής



Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια ακολούθησε σε μεγάλο βαθμό τα καθιερωμένα ερευνητικά βήματα του Ινστιτούτου Εσωτερικών Υδάτων - ΕΛΚΕΘΕ (έρευνα δεικτών οικολογικής ποιότητας). Σημαντική συνεισφορά στο έργο προήλθε από το πρόγραμμα Interreg III C RIPIDURABLE – μέσα από το οποίο πραγματοποιήθηκε ένα μέρος από τα ταξίδια δειγματοληψιών και αυτοψιών. Επίσης, ένα τμήμα της βάσης δεδομένων που εμπλούτισε ως υπόβαθρο το υλικό της συγκεκριμένης έρευνας, προήλθε από στοιχεία του Ευρωπαϊκού Προγράμματος FAME. Για την ολοκλήρωση της έρευνας αυτής, βέβαια, υπήρξε σημαντική υποστήριξη από πολλούς φίλους, συνεργάτες αλλά και φορείς. Πολλοί ήταν εκείνοι που προσέφεραν απλόχερα ειδικές πληροφορίες καθώς επίσης και την προσωπική-εθελοντική τους εργασία και εμπειρία.

Ιδιαίτερα θέλουμε να ευχαριστήσουμε την κα. Μαρία Γκίνη (Υπουργείο Ανάπτυξης) για τη συνεχή υποστήριξη και ενθάρρυνση, από την έναρξη μέχρι το πέρας της προσπάθειας αυτής. Αρκετοί φίλοι-επιστήμονες συνεισέφεραν με συζητήσεις, διαπιστώσεις, προτάσεις αλλά και υλικό για την ανάπτυξη του ερευνητικού μας έργου. Ευχαριστούμε θερμά την ομάδα της καθ. M.T. Ferreira (ISA, Πορτογαλία) καθώς και άλλα μέλη της Ομάδας FAME για την πολύτιμη συνεισφορά τους. Σημαντική ήταν, επίσης, και η προσφορά των ακολούθων ερευνητών, που ήρθαν από διάφορες χώρες του εξωτερικού ως «επιστήμονες-εθελοντές», για να δουλέψουν μαζί μας στο πεδίο: Klaus Blasél (Γερμανία), Elisabeth Reiter (Αυστρία), William Beaumont (Βρετανία), Ronald Bjorkland και Rhema Hyacinth Bjorkland (ΗΠΑ). Τους συναδέλφους ερευνητές Δ. Μπόμπορη (Α.Π.Θ.), Ι. Λεονάρδο (Παν. Ιωαννίνων), Π. Δημόπουλο (Παν. Ιωαννίνων), ευχαριστούμε θερμά για τις πληροφορίες και τις εποικοδομητικές προτάσεις που προσέφεραν σε διάφορα στάδια του έργου.

Κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών και της συγκέντρωσης πληροφοριών για τις περιοχές έρευνας, διαδικασία δύσκολη και επίπονη, δεχτήκαμε την εθελοντική βοήθεια διαφόρων φίλων και εθελοντών φοιτητών. Για την συνεισφορά τους στις δειγματοληψίες του Αλιάκμονα, ευχαριστούμε θερμά την κα. Μαρία Χειμωνοπούλου (Α.Π.Θ.) και την κα. Δέσποινα Σπορέλλου (Διεύθυνση Αλιείας Βέροιας). Για τις δειγματοληψίες που διεξήχθησαν στην ευρύτερη περιοχή της Βόρειας Πίνδου, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Νίκο Κανελλόπουλο (Δασαρχείο Μετσόβου) καθώς και το προσωπικό του Δασαρχείου Γρεβενών. Σημαντική βοήθεια, επίσης, προσέφεραν ο κ. Χαριτάκης Παπαϊωάννου (Ηπειρος Α.Ε.), η κα. Βασιλική Κατί (Παν. Ιωαννίνων), ο κ. Αλέξης Ιωάννου (Α.Π.Θ.) και ο κ. Γεώργιος Τάσσος (Μπουραζάνι Κόνιτσας). Ευχαριστούμε θερμά τον κ. Χρήστο Λάμπρη, για τη φιλοξενία και την ξενάγηση της ερευνητικής ομάδας στα Τζουμέρκα και στη Νότια Πίνδο και τον κ. Νίκο Μάνθο μαζί με την ομάδα Via Natura για ξενάγηση στον Άραχθο με την βοήθεια raft. Εξίσου πολύτιμη ήταν η φιλοξενία και ενημέρωση που μας προσέφεραν το Δασαρχείο Καρπενησίου (κ. Κ. Φάκας), ο κ. Σπ. Μουζούρας (Ιχθυογενετικός Σταθμός Κουκουφλί, Δασαρχείου Καλαμπάκας) και το Δασαρχείο Τρικάλων. Εδώ, ευχαριστούμε θερμά τους εθελοντές κ. Βασίλη Δάκο (Παν. Wageningen), κ. Γιάννη Θεοδωρόπουλο (Παν. Ιωαννίνων) και κ. Απόστολο Χριστόπουλο (Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία) που βοήθησαν σημαντικά στο πεδίο. Στην Πελοπόννησο ευχαριστούμε το Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Κλειτορίας καθώς και τους κ. Κώστα Γ. Παπακωνσταντίνου (Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Ακράτας), την κα. Νίκη Καρδακάρη και την εθελόντρια κα. Αλεξάνδρα Γκόσιου (Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων). Τέλος, ευχαριστούμε την κα. Μαρία Ιωάννου που μαγνητοσκόπησε τμήματα των αποστολών στην Πίνδο και στον Αλιάκμονα.

Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια χρηματοδοτήθηκε εξ ολοκλήρου από το Υπ. Ανάπτυξης, Γεν. Δ/ση Φυσικού Πλούτου, Δ/ση Υδατικού Δυναμικού & Φυσικών Πόρων, το οποίο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά για την εμπιστοσύνη και συμπαράσταση που επέδειξε καθ' όλη τη διάρκεια του έργου.

### **Αποκλίσεις από το πρόγραμμα εργασιών που περιγράφεται στη σύμβαση ανάθεσης του έργου**

Το αρχικό πρόγραμμα δειγματοληψιών περιλάμβανε τους ποταμούς Αλφειό, Αραχθο, Αχελώο και Αλιάκμονα. Στην πορεία του έργου αποφασίσθηκε η επέκταση των δειγματοληψιών σε τμήματα του ποταμού Αώου ώστε το δίκτυο των σταθμών να περιλαμβάνει ένα μεγαλύτερο εύρος ιχθυολογικών συνθηκών.

Παράλληλα με τη δημιουργία του πολυπαραμετρικού δείκτη, που στηρίζεται σε χωρικές μεθόδους προσδιορισμού των συνθηκών αναφοράς, δημιουργήθηκε και ένας δείκτης που στηρίζεται σε ένα μοντέλο πρόγνωσης των συνθηκών αναφοράς.

Στις εργασίες για τη δημιουργία μίας ιχθυολογικής μεθόδου οικολογικής ταξινόμησης προστέθηκαν εργασίες (δεν προβλέπονται στη σύμβαση ανάθεσης) για τη δημιουργία μη ιχθυολογικών μεθόδων βιοεκτιμήσεων (μακροασπόνδυλα, παραποτάμια βλάστηση, RHS, SVAP, κλπ.). Μετά την περάτωση της επεξεργασίας των σχετικών δεδομένων θα επιχειρηθεί συσχέτιση των αποτελεσμάτων οικολογικής ταξινόμησης που προκύπτουν από τις παραπάνω μεθόδους.

Η απόκτηση του όγκου των δειγματοληπτικών δεδομένων που απαιτούνται για τη δημιουργία μίας αξιόπιστης μεθόδου βιοεκτίμησης δεν ήταν εφικτή στα πλαίσια του παρόντος έργου. Για το λόγο αυτό αποφασίσθηκε η χρησιμοποίηση δεδομένων από προηγούμενες έρευνες, κυρίως αυτές που διεξήχθησαν από το ΙΕΥ στο διάστημα Ιουλίου 2003 – Νοεμβρίου 2004, για το πρόγραμμα FAME, σε ορεινά τμήματα των ποταμών Αλφειού, Αχελώου και Αράχθου. Τα δεδομένα αυτά ήταν κατάλληλα για ορισμένα, αλλά όχι για όλα τα στάδια της διαδικασίας ανάπτυξης του πολυπαραμετρικού δείκτη.

## **1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ – ΠΟΛΙΤΙΚΟ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ**

### **1.1. Το Κοινωνικό πλαίσιο για τη διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων**

Η έκδοση της Οδηγίας-Πλαίσιο για το νερό (2000/60/ΕΚ) επέφερε μία ριζική αλλαγή στην πολιτική της ΕΕ για τους υδατικούς πόρους. Από την μία πλευρά θεσμοθετήθηκαν στόχοι και μεθοδολογίες που αποσκοπούν στην ολοκληρωμένη διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων, σε όλα τα κράτη-μέλη, με κοινές αρχές και μέσα. Από την άλλη πλευρά, το αντικείμενο της διαχείρισης διευρύνθηκε, ώστε να περιλαμβάνει πλέον και τα οικοσυστήματα που συνδέονται με επιφανειακά νερά, η διατήρηση της καλής κατάστασης των οποίων αποτελεί πρωτεύοντα στόχο μίας αναπτυξιακής πολιτικής που δεν συγκρούεται με το περιβάλλον. Ένας από τους πλέον απαιτητικούς στόχους της Οδηγίας είναι να επιτευχθεί τουλάχιστον “καλή κατάσταση” σε όλα τα Ευρωπαϊκά επιφανειακά νερά μέχρι το έτος 2015. Η “κατάσταση” των υδάτινων σωμάτων θα προσδιορίζεται με βάση τα υδρομορφολογικά, τα χημικά και τα βιολογικά τους χαρακτηριστικά, με έμφαση στα τελευταία, τα οποία αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα προσδιορισμού της οικολογικής κατάστασης.

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου η Οδηγία ορίζει ότι μέχρι το έτος 2006 όλα τα κράτη-μέλη θα πρέπει να έχουν εγκαταστήσει προγράμματα δειγματοληψιών για τη διαρκή παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης των υδάτινων σωμάτων χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες ομάδες οργανισμών σαν ενδείκτες της «υγείας» των οικοσυστημάτων (η Ελλάδα δεν έχει ακόμα ανταποκριθεί στην υποχρέωση αυτή). Τα προγράμματα πρέπει να αναγνωρίζουν και να ποσοτικοποιούν τις επιπτώσεις από τις ακόλουθες ανθρωπογενείς πιέσεις: διαταραχές της ποσότητας, της ταχύτητας και άλλων χαρακτηριστικών ροής του νερού, διακοπή της συνεκτικότητας των ποταμών η οποία εμποδίζει τις μεταναστεύσεις οργανισμών και τη μεταφορά ιζήματος, μορφολογικές αλλοιώσεις της κοίτης, των πρηνών και της κατάστασης του υποστρώματος, αλλαγή της δομής και κατάστασης της παρόχθιας βλάστησης, μεταβολές φυσικοχημικών παραμέτρων, και αυξήσεις των συγκεντρώσεων θρεπτικών αλάτων καθώς και συνθετικών και μη συνθετικών ρυπαντών. Η επιλογή των οργανισμών (π.χ. ψάρια, μακροασπόνδυλα, κλπ.) που θα χρησιμοποιούνται για την οικολογική ταξινόμηση σε μία περιοχή, κατηγορία ή τύπο υδάτινων σωμάτων πρέπει να γίνεται μετά από διερεύνηση της ευαισθησίας τους στις κυρίαρχες πιέσεις.

## 1.2. Η κατάσταση διεθνώς και στον Ελληνικό χώρο

Οι μεθοδολογίες εκτίμησης της οικολογικής κατάστασης υδάτινων σωμάτων έχουν μακρά ιστορία στις ΗΠΑ καθώς και σε ορισμένες Ευρωπαϊκές χώρες. Την τελευταία δεκαετία έχει αναπτυχθεί μια μεγάλη ποικιλία μεθόδων, οι οποίες όμως δεν είναι όλες συμβατές με τις απαιτήσεις της Οδηγίας-Πλαίσιο, κυρίως όσο αφορά τα κριτήρια χαρακτηρισμού των συνθηκών αναφοράς. Προκειμένου να επιτευχθεί εναρμόνιση και τυποποίηση των μεθόδων, η ΕΕ χρηματοδότησε τρία μεγάλης κλίμακας ερευνητικά προγράμματα, ένα από τα οποία (FAME<sup>1</sup>) ανέπτυξε το γενικό πλαίσιο μεθοδολογιών βιοεκτίμησης που στηρίζονται σε ιχθυοδείκτες, ενώ ένα άλλο (STAR<sup>2</sup>) περιέλαβε τα ψάρια σαν ένα από τα δυνητικά εργαλεία βιοεκτίμησης. Το πρόγραμμα FAME, συγκεκριμένα, παρέδωσε δύο εναλλακτικά εργαλεία (δείκτες) οικολογικής ταξινόμησης. Το πρώτο χρησιμοποιεί χωρικές μεθόδους προσδιορισμού των συνθηκών αναφοράς και έχει περιορισμένη γεωγραφική εφαρμογή. Οι χώρες που μετείχαν στο πρόγραμμα χρησιμοποίησαν τις ίδιες μεθοδολογικές αρχές, αλλά ανέπτυξαν διαφορετικούς δείκτες (π.χ. από πλευράς τυπολογικών παραμέτρων και ιχθυολογικών μετρικών) σύμφωνα με τις τοπικές ιχθυολογικές συνθήκες. Ωστόσο, σε ελάχιστες περιπτώσεις οι διαδικασίες παραγωγής του δείκτη προχώρησαν πέρα από το στάδιο επιλογής των ιχθυολογικών μετρικών (ιχθυομετρικών). Το δεύτερο εργαλείο χρησιμοποιεί ένα μοντέλο για την πρόβλεψη των συνθηκών αναφοράς που περιγράφει την αναμενόμενη ιχθυοκοινότητα (ιχθυοκοινωνία) σε μία θέση, σαν συνάρτηση ενός μεγάλου αριθμού (13) αβιοτικών παραμέτρων. Οι εργασίες για την ανάπτυξη του εργαλείου αυτού προχώρησαν ικανοποιητικά. Το τελικό προϊόν είναι ένας δείκτης οικολογικής ταξινόμησης που έχει ευρεία γεωγραφική εφαρμογή (κεντρική και βόρεια Ευρώπη) και σήμερα χρησιμοποιείται με μικρές παραλλαγές από διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες. Η Ελλάδα δεν συνεισέφερε με ιχθυολογικά δεδομένα για την παραγωγή του δείκτη. Κατά συνέπεια, ο ιχθυολογικός αυτός δείκτης δεν βρίσκει εφαρμογή στην Ελλάδα αλλά ούτε και σε άλλες Μεσογειακές χώρες, οι οποίες παρουσιάζουν ιχθυολογικές ιδιαιτερότητες (π.χ. υψηλός βαθμός τοπικών ενδημισμών).

Συμπερασματικά, η Ελλάδα βρίσκεται αρκετά βήματα πίσω από άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, τόσο όσο αφορά την ανάπτυξη ιχθυολογικών μεθόδων βιοεκτιμήσεων, όσο και την εγκατάσταση προγραμμάτων διαρκούς οικολογικής παρακολούθησης. Ένας από τους λόγους αυτής της καθυστέρησης είναι η έλλειψη κατάλληλων ιχθυολογικών δεδομένων που πληρούν συγκεκριμένες μεθοδολογικές προδιαγραφές ως προς τις διαδικασίες δειγματοληψίας και τον τρόπο καταγραφής περιβαλλοντικών παραμέτρων. Σημειώνεται ότι καμία από τις υφιστάμενες Ευρωπαϊκές μεθόδους δεν έχει δοκιμασθεί και προσαρμοσθεί στις Ελληνικές συνθήκες. Το πρόβλημα αυτό έχει επισημανθεί σε μελέτη που εκτέλεσε το ΕΛΚΕΘΕ για λογαριασμό του ΥΠΑΝ (ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ & ΣΥΝ. 2006), όπου τονίστηκε η ανάγκη για ανάληψη προγραμμάτων οικολογικής εκτίμησης που θα προσφέρουν τα απαιτούμενα ιχθυολογικά δεδομένα.

---

<sup>1</sup> EU FAME 2005.

<sup>2</sup> STAR 2006

### 1.3. Βιοεκτιμήσεις με βάση την ιχθυοπανίδα

Μέθοδοι εκτίμησης της οικολογικής κατάστασης υδάτινων σωμάτων που στηρίζονται σε ψάρια χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην Ευρώπη, ιδίως στην περίπτωση των ρεόντων υδάτων.

Τα πλεονεκτήματα των ιχθυολογικών μεθόδων απορρέουν από βασικές βιολογικές και οικολογικές ιδιότητες των ψαριών και συνοψίζονται ως εξής:

Βιολογικά και οικολογικά χαρακτηριστικά των ψαριών	Αντανάκλαση στις ιχθυολογικές μεθόδους βιοεκτιμήσεων
Καταλαμβάνουν τις ανώτερες βαθμίδες της τροφικής ιεραρχίας.	▶ Παρέχουν διάγνωση διαταραχών που επηρεάζουν όλο το τροφικό δίκτυο.
Χρησιμοποιούν ποικιλία ενδιαιτημάτων, ορισμένα είδη είναι ισχυρά ρεόφιλα και άλλα εκτελούν μεγάλης κλίμακας μεταναστεύσεις	▶ Είναι ευαίσθητοι δείκτες οικολογικής υποβάθμισης που προξενείται από ανθρωπογενείς επεμβάσεις στη ροή, στη συνεκτικότητα και στην μορφολογία των ποταμών.
Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, απαντούν σε όλη τη στήλη του νερού και παρουσιάζουν μεγάλη κινητικότητα σε σύγκριση με άλλους υδρόβιους οργανισμούς.	▶ “Ολοκληρώνουν” βιολογικές διεργασίες σε μέσο- και μακρο-χρονική και χωρική κλίμακα – συνεπώς δεν απαιτείται υψηλή συχνότητα δειγματοληψιών ούτε χωριστή κάλυψη μικρο-ενδιαιτημάτων.
Η συστηματική αναγνώριση των ψαριών δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες.	▶ Γρήγορη παραγωγή αποτελεσμάτων και χαμηλό κόστος εφαρμογής, καθώς δεν υπάρχει ανάγκη εξειδικευμένων συστηματικών προσδιορισμών στο εργαστήριο.

Ένα μειονέκτημα των ιχθυολογικών μεθόδων είναι η σχετικά μικρή ή απρόβλεπτη αντίδραση των ιχθυοκοινοτήτων σε χαμηλής έντασης οργανική ρύπανση, που οφείλεται στο γεγονός ότι ορισμένα είδη ψαριών δεν παρουσιάζουν μονοτονική αντίδραση σε αύξηση του ευτροφισμού. Συγκεκριμένα, οι πληθυσμοί ορισμένων ειδών μπορεί να μείνουν αμετάβλητοι ή ακόμα και να αυξηθούν όταν παρουσιαστεί μικρή αύξηση του οργανικού φορτίου και να μειωθούν μόνο με περαιτέρω αύξηση. Το γεγονός αυτό κάνει τα ψάρια λιγότερο ευαίσθητους δείκτες μέτρησης των επιπτώσεων της οργανικής ρύπανσης στο οικοσύστημα, π.χ. σε σύγκριση με τα βενθικά μακροασπόνδυλα.

## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Όπως προαναφέρθηκε, σε αυτό το έργο αναπτύχθηκαν δύο δείκτες βιοεκτίμησης της οικολογικής κατάστασης των ρέοντων υδάτων, που βασίζονται στην αρχή των συνθηκών αναφοράς. Με αυτόν τον τρόπο ο βαθμός οικολογικής υποβάθμισης ενός υδάτινου σώματος εκτιμάται με τη σύγκριση των παρατηρούμενων ιχθυολογικών παραμέτρων, με τις τιμές που χαρακτηρίζουν ομοειδή αδιατάρακτα υδάτινα σώματα. Και στις δύο περιπτώσεις ακολουθήθηκε η γενική μεθοδολογία που καθιερώθηκε από το ερευνητικό πρόγραμμα FAME, το οποίο αναλήφθηκε για να υποστηρίξει την εφαρμογή της Οδηγίας στα κράτη-μέλη.

Ο πρώτος δείκτης χρησιμοποιεί τις λεγόμενες “*χωρικές μεθόδους*” (spatially-based approaches) για το χαρακτηρισμό τυποχαρακτηριστικών συνθηκών αναφοράς. Η διαδικασία περιλαμβάνει τα εξής βασικά στάδια εργασιών:

- τον τυπολογικό χαρακτηρισμό των ποταμών,
- τη θέσπιση συνθηκών αναφοράς σε κάθε τύπο,
- την επιλογή κατάλληλων ιχθυολογικών μετρικών για κάθε τύπο και
- το συνδυασμό των μετρικών σε ένα πολυπαραμετρικό δείκτη

Ο δεύτερος δείκτης παραλείπει το στάδιο της δημιουργίας τυπολογίας, καθώς χρησιμοποιεί ένα “*μοντέλο πρόβλεψης*” για την ανασύσταση των συνθηκών αναφοράς που θα αναμένονταν κάτω από αδιατάρακτες υδρο-μορφολογικές και φυσικοχημικές συνθήκες. Υπάρχουν διάφορες Ευρωπαϊκές παραλλαγές του δείκτη αυτού που διαφέρουν κυρίως ως προς τη δομή του μοντέλου πρόβλεψης και τις διαδικασίες επιλογής και βαθμονόμησης των μετρικών. Εδώ χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος που έχει αναπτυχθεί και εφαρμόζεται στη Γερμανία και την Αυστρία.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται τα στάδια εργασιών για την απόκτηση και επεξεργασία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των δύο εργαλείων οικολογικής ταξινόμησης. Η διάρθρωση του κεφαλαίου ακολουθεί τα μεθοδολογικά βήματα για την ανάπτυξη του δείκτη χωρικής βάσης. Στις περιπτώσεις που διαφοροποιούνται τα βήματα για την ανάπτυξη του δεύτερου δείκτη, ο οποίος στηρίζεται στο μοντέλο πρόβλεψης, γίνονται οι απαραίτητες επισημάνσεις και περιγραφές.

### 2.1. Επισκόπηση των περιοχών έρευνας

#### 2.1.1. Αποτύπωση της κατάστασης των υπό εξέταση ποταμών

Συγκεντρώθηκαν δεδομένα (από τη βιβλιογραφία, μελέτες, υπηρεσίες, τοπικούς φορείς, κλπ.) για τα βιολογικά, ιχθυολογικά, υδρολογικά, φυσικοχημικά και άλλα οικολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών έρευνας, καθώς και για τις ανθρωπογενείς πιέσεις στα ποτάμια συστήματα στα οποία διενεργήθηκαν δειγματοληψίες.

#### 2.1.2. Βιολογικά και οικολογικά γνωρίσματα των ψαριών

Η γνώση της βιολογίας των ψαριών και του οικολογικού τους ρόλου στο οικοσύστημα είναι απαραίτητη για τον εντοπισμό των ιχθυολογικών γνωρισμάτων (μετρικών) που παρέχουν ενδείξεις οικολογικής υποβάθμισης. Τα ψάρια που απαντήθηκαν στις περιοχές δειγματοληψίας ταξινομήθηκαν ως προς τη βιογεωγραφική τους προέλευση (αυτόχθονα, εισαχθέντα), τον οικολογικό τους θώκο (βαθμός ρεοφιλίας, τροφικές προτιμήσεις, χαρακτηριστικά χρήσης ενδιαιτημάτων κλπ.), τα βιολογικά τους χαρακτηριστικά (μακροβιότητα, μεταναστευτική ικανότητα) και την ανθεκτικότητα σε διαταραχές των βιοτόπων τους (π.χ. μεταβολές

θερμοκρασίας και ποιότητας νερού, αλλοίωση του ενδιαιτήματος). Η ταξινόμηση στηρίχθηκε σε δημοσιευμένες και αδημοσίευτες πληροφορίες πάνω στη βιολογία, οικολογία και στρατηγικές ζωής των ψαριών. Στις περιπτώσεις κοσμοπολιτικών ειδών που απαντούνται και σε άλλες χώρες χρησιμοποιήθηκαν επιπρόσθετα πληροφορίες από τη διεθνή βιβλιογραφία (π.χ. MICHEL & OBERDORFF 1995). Για ορισμένα ψάρια που απαντούνται μόνο στην Ελλάδα δεν κατέστη δυνατό να βρεθούν πληροφορίες για όλες τις πτυχές της βιολογίας και της οικολογίας τους.

## 2.2. Κατάρτιση δικτύου σταθμών και διαδικασίες δειγματοληψίας

### 2.2.1. Επιλογή θέσεων δειγματοληψίας

Τα ιχθυολογικά δεδομένα αποκτήθηκαν από ορεινά τμήματα των ποταμών Αλφειού, Αράχθου, Αχελώου, Αώου και Αλιάκμονα, όπου εγκατασταθήκαν σταθμοί δειγματοληψιών και μετρήσεων. Πριν από την έναρξη των δειγματοληψιών έγιναν προκαταρκτικές επισκέψεις σε ορισμένες από τις περιοχές έρευνας, που συνοδεύτηκαν από ταχείες δειγματοληψίες και καταγραφές αβιοτικών παραμέτρων με σκοπό τη διερεύνηση της ιχθυολογικής ζώνωσης και τον εντοπισμό αντιπροσωπευτικών θέσεων δειγματοληψίας. Οι σταθμοί διαχωρίστηκαν προκαταρκτικά σε δύο κύριες κατηγορίες με βάση την παρουσία ή όχι εμφανών (κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας) ανθρωπογενών πιέσεων: θέσεις αναφοράς (πλήρης ή σχεδόν πλήρης απουσία ανθρωπογενών πιέσεων) και επιβαρυνμένες θέσεις (μικρός ή μεγάλος βαθμός ανθρωπογενούς διαταραχής). Η οριστικοποίηση των θέσεων αναφοράς έγινε μετά την απόκτηση δεδομένων (από μελέτες, Νομαρχιακές Υπηρεσίες, κλπ.) για πιέσεις που ασκούνται σε άλλες περιοχές αλλά επηρεάζουν τις θέσεις (π.χ. υδροληψίες ανάντη). Κάθε θέση φωτογραφήθηκε από διαφορετικές οπτικές γωνίες και αποστάσεις με ψηφιακή μηχανή. Παράλληλα, έγιναν μαγνητοσκοπήσεις των θέσεων και σε ορισμένες περιπτώσεις πραγματοποιήθηκαν υποβρύχιες παρατηρήσεις. Το ψηφιακό φωτογραφικό αρχείο βοήθησε στην ανασκόπηση των θέσεων στο γραφείο καθώς και στην οριοθέτηση και χαρτογράφηση των ομοιογενών ποτάμιων τμημάτων.

Ακολουθώντας τις μεθοδολογικές κατευθύνσεις του FAME, η επιλογή των θέσεων δειγματοληψίας έπαιρνε πάντα υπόψη την αντιπροσωπευτικότητα της θέσης σε ένα ποτάμιο τμήμα, με την έννοια ότι αυτή η θέση εμφανίζει υδρολογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που είναι τυπικά για το τμήμα αυτό (κλίση, παροχή, πλάτος κοίτης, αναλογία των pools, runs και riffles, κλπ.). Ωστόσο, οι δυνατότητες επιλογών περιορίζονταν κατά πολύ από την οδική προσβασιμότητα των θέσεων. Το δίκτυο των σταθμών περιλαμβάνει δύο κατηγορίες θέσεων: θέσεις αναφοράς και επιβαρυνμένες θέσεις. Και στις δύο περιπτώσεις τηρήθηκε το κριτήριο της αντιπροσωπευτικότητας της θέσης από πλευράς αβιοτικών συνθηκών (βλέπε παραπάνω), όμως τέθηκαν επί πλέον κριτήρια επιλογής. Η επιλογή και ο χαρακτηρισμός των θέσεων αναφοράς έγινε με βάση μία λίστα “κριτηρίων αποκλεισμού” που αποσκοπούσαν στην αποφυγή ενσωμάτωσης μίας θέσης που δέχεται έστω και μικρή επιβάρυνση (βλ. Παράρτημα Ι: Κριτήρια επιλογής θέσεων αναφοράς). Η επιλογή των επιβαρυνμένων θέσεων πήρε υπόψη το είδος και την ένταση ανθρωπογενών πιέσεων, με την επιδίωξη να αντιπροσωπεύονται οι κυρίαρχες πιέσεις και όλο το φάσμα των βαθμών διαταραχής.

Δεδομένου ότι σκοπός του παρόντος έργου δεν ήταν ο χαρακτηρισμός της οικολογικής κατάστασης συγκεκριμένων ποταμών, αλλά η δημιουργία ενός δείκτη που θα επιτρέπει εκτιμήσεις της οικολογικής κατάστασης, καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε το δίκτυο των σταθμών να περιλάβει (α) έναν ικανοποιητικό αριθμό θέσεων αναφοράς, προκειμένου να εκφραστεί επαρκώς το εύρος της φυσικής γεωγραφικής ποικιλότητας στις περιοχές έρευνας (η έκφραση της διαχρονικής ποικιλότητας ήταν λιγότερο εφικτή εξαιτίας του περιορισμένου χρόνου της έρευνας), και (β) αρκετές θέσεις με σημαντική επιβάρυνση, ώστε να καταστεί

δυνατή η βαθμονόμηση του δείκτη. Ο εντοπισμός σημαντικού αριθμού θέσεων που ανταποκρίνονταν στις δύο παραπάνω προσδοκίες αποδείχθηκε δύσκολος. Παρά το γεγονός ότι η έρευνα έλαβε χώρα σε ορεινές περιοχές που έχουν δεχθεί μικρή επίδραση από τον άνθρωπο σε σύγκριση με πεδινές περιοχές, ελάχιστες θέσεις ήταν τελείως απαλλαγμένες από όλες τις εκτιμώμενες πιέσεις. Ελάχιστες ήταν επίσης και οι θέσεις που παρουσίασαν υψηλού βαθμού επιβάρυνση. Συνολικά, η ανάπτυξη των ιχθυολογικών δεικτών που περιγράφονται σε αυτή την έκθεση επηρεάστηκε από περιορισμούς στον αριθμό θέσεων δειγματοληψίας και στο εύρος της φυσικής ποικιλότητας και των πιέσεων που αντιπροσωπεύονται.

Διευκρινίζεται ότι η έμφαση που δόθηκε στον εντοπισμό επιβαρυνμένων θέσεων, καθιστά αυτό το δίκτυο σταθμών αρκετά αντιπροσωπευτικό από πλευράς τύπων και εύρους κατανομής πιέσεων, αλλά μη αντιπροσωπευτικό από πλευράς διαγνωστικής ικανότητας σε εφαρμογή προγραμμάτων βιοεκτιμήσεων. Συγκεκριμένα, το δίκτυο περιλαμβάνει μεγαλύτερο αριθμό επιβαρυνμένων θέσεων από αυτόν που θα επιλέγονταν, αν ο σκοπός της έρευνας ήταν η εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης και όχι η δημιουργία ιχθυολογικών δεικτών.

### 2.2.2. Μεθοδολογικά πρωτόκολλα

Σε κάθε θέση του δικτύου σταθμών πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες ψαριών, μετρήσεις και υπολογισμοί μίας σειράς περιβαλλοντικών παραμέτρων καθώς και καταγραφές πιέσεων. Τα δεδομένα κάθε θέσης καταχωρούνταν σε ειδικά πρωτόκολλα.

Συνολικά συμπληρώνονταν τρία πρωτόκολλα που αφορούσαν τις τεχνικές λεπτομέρειες της δειγματοληψίας, τη σύσταση του αλιεύματος, τα τοπογραφικά, μορφομετρικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά της θέσης, την κατανομή των ενδιαιτημάτων και τις επικρατούσες πιέσεις:

1. Πρωτόκολλο Ιχθυολογικών Δεδομένων – Ακριβή μεγέθη.

2. Πρωτόκολλο Ιχθυολογικών Δεδομένων– Κλάσεις μεγεθών ψαριών.

3. Πρωτόκολλο Βιοεκτίμησης Ποταμών.

Παράλληλα με τις δειγματοληψίες ψαριών, διενεργήθηκαν δειγματοληψίες βενθικών μακροασπονδύλων. Σκοπός ήταν να γίνει εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης με μία μέθοδο που είναι ανεξάρτητη από αυτή που στηρίζεται σε ιχθυολογικούς δείκτες, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της ιχθυολογικής μεθόδου βιοεκτίμησης. Τα δεδομένα καταχωρούνταν σε ειδικό πρωτόκολλο το οποίο επίσης φιλοξενούσε πληροφορίες για φυσικοχημικές παραμέτρους που μετρούνταν σε κάθε θέση:

4. Πρωτόκολλο Βενθικών Μακροασπονδύλων και Φυσικοχημικών Παραμέτρων

Για τη λεπτομερέστερη αποτύπωση των χαρακτηριστικών της θέσης συμπληρωνόταν ένα πρωτόκολλο καταγραφής ποτάμιων ενδιαιτημάτων σύμφωνα με τη μέθοδο Εκτίμησης Ποιότητας και του Βαθμού Τροποποίησης Ενδιαιτηματος (River Habitat Survey – RHS). Αν και η μέθοδος αυτή δεν παρέχει βιολογικά βασισμένες βιοεκτιμήσεις, εμπεριέχει ένα σύστημα καταγραφής και αξιολόγησης της κατάστασης των ενδιαιτημάτων και βαθμονόμησης του βαθμού τροποποίησης των υδρομορφολογικών συνθηκών, που διευκολύνει το έργο της οικολογικής ταξινόμησης των θέσεων. Η παραπάνω μέθοδος τείνει να καταστεί η πλέον τυποποιημένη τεχνική περιγραφής ποτάμιων και παρόχθιων ενδιαιτημάτων και εκτίμησης ανθρωπογενών πιέσεων σε Ευρωπαϊκό επίπεδο:

5. Πρωτόκολλο Εκτίμηση της Δομής των Ποτάμιων Ενδιαιτημάτων



Στις περισσότερες θέσεις δειγματοληψίας συμπληρώνονταν ένα πρωτόκολλο ταχείας εκτίμησης της οικολογικής κατάστασης του ποτάμιου διαδρόμου και του παρόχθιου τμήματος (Stream Visual Assessment Protocol - SVAP) που χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ και σε αρκετές άλλες χώρες. Το πρωτόκολλο αυτό τροποποιήθηκε για εφαρμογή στις Ελληνικές συνθήκες με την συνεργασία του δημιουργού του Δρ. R. Bjorkland και επιτρέπει μια σχετικά γρήγορη και απλή εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης, στηριζόμενη τόσο σε αβιοτικές παραμέτρους όσο και σε βιολογικούς ενδείκτες:

#### 6. Πρωτόκολλο Οπτικής Εκτίμησης Κατάστασης Ρεμάτων

Δύο πρωτόκολλα χρησιμοποιήθηκαν από το παράλληλα εκτελούμενο πρόγραμμα RIPIDURABLE<sup>3</sup> το οποίο αφορά την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης παραποτάμιων ζωνών. Λόγω της συνάφειας των αντικειμένων των δύο προγραμμάτων κρίνεται σκόπιμο να δοθεί περιγραφή τους και στην παρούσα έκθεση.

Το πρώτο από τα δύο αυτά πρωτόκολλα χρησιμοποιείται για τη καταγραφή της δομής και σύνθεσης της παρόχθιας βλάστησης με μεθοδολογία συμβατή με την Οδηγία 2000/60:

#### 7. Πρωτόκολλο Καταγραφής Παρόχθιας Βλάστησης

Το δεύτερο από τα πρωτόκολλα του προγράμματος RIPIDURABLE (ο ισπανικός δείκτης QBR) αξιολογεί την ποιότητα του φυσικού οικοσυστήματος που περιβάλλει τον ποταμό με βάση ορισμένα εύκολα αναγνωρίσιμα και μετρήσιμα γνωρίσματα της παραποτάμιας βλάστησης καθώς και μορφολογικά χαρακτηριστικά της παρόχθιας ζώνης:

#### 8. Πρωτόκολλο Οικολογικής Κατάστασης Παρόχθιας Βλάστησης

Συνολικά, λοιπόν, συμπληρώνονταν οκτώ τυποποιημένα πρωτόκολλα εργασιών πεδίου, τα περισσότερα από τα οποία αναπτύχθηκαν σε άλλες περιοχές της Ευρώπης ή των ΗΠΑ, αλλά δοκιμάστηκαν, τροποποιήθηκαν και προσαρμόστηκαν από την ομάδα έρευνας στις Ελληνικές συνθήκες μετά από εκτεταμένες έρευνες πεδίου, ιδίως μετά το έτος 2003. Συνοπτική περιγραφή των πρωτοκόλλων δίνεται στον Πίνακα 1 και αναλυτική παρουσίαση στο Παράρτημα Ι.

Σημειώνεται ότι το Πρωτόκολλο Βιοεκτίμησης Ποταμών (3) εμπεριέχει πεδία για την καταγραφή και αξιολόγηση της έντασης των παρατηρούμενων πιέσεων σε κάθε θέση. Οι πιέσεις διαχωρίζονται σε κατηγορίες (π.χ. υδρολογικές, χημικές, μορφολογικές, κλπ.) και η αξιολόγησή τους στηρίχθηκε σε κριτήρια που δημιουργήθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος FAME (βλ. Παράρτημα Ι: Πρωτόκολλο Βιοεκτίμησης Ποταμών). Με βάση τα παραπάνω κριτήρια έγινε μία προκαταρκτική ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης των θέσεων, ως προς κάθε κατηγορία πίεσης και ως προς το σύνολο των πιέσεων (βλ. παρακάτω).

---

<sup>3</sup> RIPIDURABLE 2007.

**Πίνακας 1.** Πρωτόκολλα εργασιών πεδίου που συμπληρώνονταν στις θέσεις δειγματοληψίας.

a/a	Ελληνική Ονομασία	Αναφορά	Μετρούμενες παράμετροι	Αριθμός Σελίδων	Σχόλια για την προσαρμογή και χρήση στην Ελλάδα
1	<b>Πρωτόκολλο Ιχθυολογικών Δεδομένων - Ακριβή Μεγέθη</b>	Fish Data Protocol	Σύσταση ιχθυοκοινότητας (είδη και ακριβή μεγέθη ψαριών που αλιεύθηκαν)	1+	Δημιουργήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος FAME. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται από το έτος 2003.
2	<b>Πρωτόκολλο Ιχθυολογικών Δεδομένων – Κλάσεις Μεγεθών Ψαριών</b>	Fish Length-Class Protocol	Κατανομή κλάσεων μεγέθους ανά είδος ψαριού	1+	Απλοποίηση αντίστοιχου πρωτοκόλλου του FAME, όπως χρησιμοποιείται για βιοεκτιμήσεις στη Γερμανία (DUSSLING, 2004). Στην Ελλάδα το αρχικό πρωτόκολλο χρησιμοποιείται από το 2003 και το τροποποιημένο από το έτος 2004.
3	<b>Πρωτόκολλο Βιοεκτίμησης Ποταμών</b>	River Bioassessment Protocol	Μορφομετρικά, μορφολογικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά ποταμών, ενδιαιτήματα θέσεων δειγματοληψίας ψαριών, πιέσεις	4	Προσαρμογή στις Ελληνικές συνθήκες αντίστοιχου πρωτοκόλλου που δημιουργήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος FAME. Η Ελληνική έκδοση χρησιμοποιείται από το έτος 2004.
4	<b>Πρωτόκολλο Βενθικών Μακροασπονδύλων και Φυσικοχημικών Παραμέτρων</b>	Benthic Macroinvertebrate Protocol	Ενδιαιτήματα μακροασπονδύλων και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά θέσεων δειγματοληψίας	1	Το πρωτόκολλο για τις φυσικοχημικές παραμέτρους συμπληρώνεται σύμφωνα με τις μετρήσεις, ενώ για τα μακροασπόνδυλα χαρακτηρίζει το σταθμό σε πλούσιο ή φτωχό ενδιαιτημάτων (CHATZINIKOLAOU <i>et al.</i> 2006). Το παρόν χρησιμοποιείται από το έτος 2004.
5	<b>Πρωτόκολλο Εκτίμηση της Δομής των Ποτάμιων Ενδιαιτημάτων</b>	River Habitat Survey (RHS)	Χαρακτηριστικά ενδιαιτημάτων, υδρόβια βλάστηση, γεωμορφολογικά γνωρίσματα, χρήσεις γης στην παρόχθια περιοχή	4	Στηρίζεται στη μέθοδο των (RAVEN <i>et al.</i> 1997) που έχει εφαρμοστεί στην Ελλάδα εκτενέστατα. Χρησιμοποιήθηκε τροποποιημένη έκδοση με μικρές προσαρμογές από το αρχικό Βρετανικό πρότυπο.
6	<b>Πρωτόκολλο Οπτικής Εκτίμησης Κατάστασης Ρεμάτων</b>	Stream Visual Assessment Protocol (SVAP).	Υδρομορφολογία, ενδιαιτήματα και βιοκοινότητες του ποταμού και της παρόχθιας ζώνης	4	Στηρίζεται στη μέθοδο ταχείας εκτίμησης οικολογικής κατάστασης ποταμών των BJORKLAND <i>et al.</i> (1999). Προσαρμόστηκε στους Ελληνικούς ποταμούς για το παρόν πρόγραμμα με τη συνεργασία του R. Bjorkland και χρησιμοποιείται από το έτος 2005.
7	<b>Πρωτόκολλο Καταγραφής Παρόχθιας Βλάστησης</b>	Riparian Macrophyte Protocol	Ενδιαιτήματα, χλωριδική σύσταση και πιέσεις παραποτάμιας ζώνης	2	Προσαρμόστηκε στις Ελληνικές συνθήκες από το Πορτογαλικό πρωτότυπο (FERREIRA <i>et al.</i> 2004).
8	<b>Πρωτόκολλο Οικολογικής Κατάστασης Παρόχθιας Βλάστησης</b>	Riparian Habitat Quality Protocol (QBR)	Κάλυψη, δομή και σύνθεση παραποτάμιας βλάστησης, σημαντικά προβλήματα	2	Αναπτύχθηκε στην Ισπανία για την προώθηση της εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60 (MUNNE <i>et al.</i> 2003) Έχει χρησιμοποιηθεί χωρίς προσαρμογή στην Ελλάδα, από ομάδες του Α.Π.Θ. και του ΕΛΚΕΘΕ (ΧΕΙΜΩΝΟΠΟΥΛΟΥ 2005, ΖΟΓΚΑΡΗΣ <i>et al.</i> 2006).

### 2.2.3. Δειγματοληπτικές τεχνικές και εργαλεία

Οι ιχθυολογικές δειγματοληψίες έγιναν με ηλεκτραλιεία, που αποτελεί την πλέον διαδεδομένη και τυποποιημένη τεχνική ιχθυολογικής δειγματοληψίας σε ποτάμια, (CEN: Comité Européen de Normalisation). Σε ορισμένες περιπτώσεις πάρθηκε συμπληρωματικό υλικό με μία ποικιλία άλλων τεχνικών, όπως απόχες και δίχτυα συλλογής γόνου, ή έγιναν παρατηρήσεις και φωτογραφήσεις με υποβρύχια κάμερα. Οι δειγματοληψίες έγιναν σε βατά τμήματα ποταμών (το μέσο βάθος δεν υπερβέβαινε τα 1,2m, αν και ορισμένα τμήματα μπορεί να ήταν βαθύτερα), σε τμήμα ποταμού τουλάχιστον 100 μέτρων, κατά τη θερμότερη περίοδο του έτους (Ιούλιο – Σεπτέμβριο). Σε ορισμένες θέσεις πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις και σε άλλες εποχές του έτους. Κατά κανόνα αλιευόταν μια έκταση αρκετά μεγάλη ώστε να καλύπτονται επαρκώς όλα τα ενδιατήματα σε μία «αντιπροσωπευτική» θέση του ποταμού.

Τα ψάρια αναγνωρίζονταν σε επίπεδο είδους, αφθονίας, και μετά από τις απαραίτητες μετρήσεις επιστρέφονταν στο ποτάμι. Ενίοτε, λαμβανόταν δείγμα ψαριών που συντηρείτο σε φορμόλη για περαιτέρω αναλύσεις στο εργαστήριο, με σκοπό την εξαγωγή βιολογικής πληροφορίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι μετρήσεις πεδίου αφορούσαν παραμέτρους μήκους και βάρους με ιχθυόμετρα και φορητούς ηλεκτρονικούς ζυγούς μετά από μεταφορά των ψαριών στην όχθη και αναισθητοποίηση αυτών με ναρκωτική ουσία. Ωστόσο, η διαδικασία της αναισθητοποίησης και ζύγισης είναι εξαιρετικά χρονοβόρα, γεγονός που περιορίζει τον αριθμό των θέσεων που η ομάδα επισκέπτεται ημερησίως. Προκειμένου να εξοικονομηθεί χρόνος, σε ορισμένες θέσεις κάθε ποτάμιου συστήματος, όπου δεν απαιτούνταν λεπτομερή βιολογικά δεδομένα (ή όπου τέτοια δεδομένα είναι διαθέσιμα από γειτονικούς σταθμούς) έγινε μόνο ταχεία μέτρηση του μεγέθους των ψαριών, χωρίς μεταφορά στην όχθη και αναισθησία, με τη βοήθεια βαθμονομημένης κλίμακας μήκους πάνω στο στέλεχος της απόχης.

Η τεχνική της ηλεκτραλιείας προσφέρει τη δυνατότητα σύλληψης πολύ μεγάλου ποσοστού (ή και όλων) των ψαριών που βρίσκονται στο εξεταζόμενο τμήμα του ποταμού και στηρίζεται σε χαρακτηριστικές φυσιολογικές αντιδράσεις των ψαριών σε πεδίο ηλεκτρικού ρεύματος. Γενικά, το ρεύμα δημιουργεί τέσσερις ζώνες, με τέσσερις τύπους αντιδράσεων αντίστοιχα:

- Ζώνη μη αντίδρασης, λόγω μεγάλης απόστασης.
- Ζώνη αποφυγής, όπου το ψάρι υφίσταται μεν την επίδραση του ρεύματος, αλλά κατορθώνει να ξεφύγει.
- Ζώνη προσέλκυσης (galvano-taxis), όπου η επίδραση του ρεύματος αναγκάζει το ψάρι να κατευθυνθεί προς την άνοδο.
- Ζώνη νάρκωσης (galvano-narcosis), όπου το ψάρι αναισθητοποιείται από το ρεύμα για λίγα δευτερόλεπτα έως μερικά λεπτά (ανάλογα με την ισχύ και τη διάρκεια της ηλεκτρικής εκκένωσης). Εάν το ψάρι εκτεθεί για πολύ χρόνο σε ισχυρό πεδίο μπορεί να πεθάνει.

Το εύρος κάθε ζώνης εξαρτάται από την αγωγιμότητα του νερού, την ισχύ της συσκευής ηλεκτραλιείας, το μέγεθος της ανόδου, το μέγεθος του ψαριού και το βάθος ή τον όγκο του νερού. Σε ένα τυπικό ασβεστολιθικό ορεινό Ελληνικό ποτάμι, και με μία συσκευή ηλεκτραλιείας ικανοποιητικής ισχύος με διάμετρο ανόδου 15 cm, ένα ψάρι μήκους 15 cm αρχίζει να προσελκύεται από απόσταση 15 μέτρων και υφίσταται νάρκωση σε απόσταση 0,5 m από την άνοδο.

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν τρεις συσκευές ηλεκτραλιείας, με τα εξής χαρακτηριστικά αντίστοιχα:

(α) EFKO Elektrofischereigeräte GmbH, Model FEG 6000, generator powered, DC (unpulsed), 7,0 KW output power, 600V, με καλώδιο ανόδου 200 m (Leutkrich, Germany). Πρόκειται για πολύ ισχυρή συσκευή που χρησιμοποιεί βενζινοκινητήρα για την παραγωγή ρεύματος. Σημαντικά πλεονεκτήματά της είναι η δυνατότητα αλιείας σε μεγάλους όγκους νερού, βαθιά νερά καθώς και η δημιουργία ευρείας ζώνης προσέλκυσης. Συνεπώς, η συσκευή αυτή είναι αποτελεσματική ακόμα και σε ποτάμια μεγάλου μεγέθους. Το μειονέκτημά της είναι ότι είναι πολύ βαριά (50 kg) και συνεπώς δεν μπορεί να μεταφερθεί πολύ μακριά από το όχημα μεταφοράς.

(β) Hans-Grassel GmbH battery-powered backpack, Model IG200-2, DC (pulsed), 1,5 KW output power, 35-100 Hz, max. 850V (Schönau, Germany). Καλώδιο της ανόδου 50 m. Είναι μικρής ισχύος συσκευή με δυνατότητα αλιείας σε μικρά βάθη (0,2 m έως 2 m περίπου) και μικρούς όγκους νερού. Η συσκευή δημιουργεί μικρή ζώνη προσέλκυσης (αλλά σχετικά μεγάλη ζώνη νάρκωσης) και είναι κατάλληλη μόνο για ρέματα και μικρά ποτάμια. Λόγω του μικρού της βάρους (13 kg) είναι φορητή (στερεώνεται στην πλάτη) και συνεπώς μπορεί να μεταφερθεί σε μεγάλη απόσταση από το όχημα μεταφοράς.

(γ) EFKO Elektrofischereigeräte GmbH, generator powered, DC (unpulsed), 3,5 KW output power, και καλώδιο της ανόδου 200 m (Leutkrich, Germany). Είναι συσκευή ενδιάμεσης ισχύος ανάμεσα στις δύο προηγούμενες, βάρους 25 kg, κατάλληλη για ποτάμια μικρού και μεσαίου μεγέθους. Παρά το σχετικά μεγάλο βάρος της, η συσκευή είναι φορητή (στερεώνεται στην πλάτη) και συνεπώς μπορεί να μεταφερθεί σε κάποια απόσταση από το όχημα μεταφοράς.

Η συλλογή βενθικών μακροασπονδύλων έγινε σύμφωνα με τη ταχεία ημιποσοτική τεχνική “3 minute kick and sweep” (HARRISON *et. al.* 2004). Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, που ενδείκνυται για μικρούς ποταμούς, ο ερευνητής “αναδεύει” με το πόδι του για τρία λεπτά ένα προκαθορισμένο τμήμα του ποταμού ανάντη από τη συλλεκτήρια απόχη, που είναι τετράγωνου σχήματος (επιφάνεια 575cm<sup>2</sup>, διαμέτρημα ματιού 900μm, βάθος 27,5cm). Τα ασπόνδυλα που συλλέγονται διατηρούνται σε συντηρητικό και μεταφέρονται στο εργαστήριο για συστηματική αναγνώριση, υπολογισμούς αφθονίας και σύστασης των πληθυσμών, και κατάταξη σε οικολογικούς θώκους.

Για τις μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκαν το πολυπαραμετρικό όργανο YSI 6600 και το οξυγονόμετρο YSI 55, ενώ η ροή μετρήθηκε με το ροόμετρο Swoffer 2100. Λεπτομερείς περιγραφές των οργάνων, τεχνικών και μετρούμενων παραμέτρων δίνονται στον Πίνακα 2 που ακολουθεί.

Πίνακας 2. Όργανα και τεχνικές μετρήσεων πεδίου.

Μέτρηση	Όργανο ή τεχνική	Αναφορά
Water temperature (°C)	Mutliparameter YSI 6600	
Conductivity (mS/cm)	Mutliparameter YSI 6600	
TDS (mg/L)	Mutliparameter YSI 6600	
Salinity (ppt)	Mutliparameter YSI 6600	
pH	Mutliparameter YSI 6600	
Redox (mV)	Mutliparameter YSI 6600	
-Cl (mg/L)	Mutliparameter YSI 6600	
-NH <sub>4</sub> (mg/L)	Mutliparameter YSI 6600	
NH <sub>3</sub> (mg/L)	Mutliparameter YSI 6600	
Turbidity (NTU)	Mutliparameter YSI 6600	
Chlorophyl (μg/L)	Mutliparameter YSI 6600	
-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Mutliparameter YSI 6600	
D.O.(%)	Oxygen meter YSI 55	
D.O. (mg/L)	Oxygen meter YSI 55	
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Oxygen meter YSI 55	
Air temperature (°C)	Oxygen meter YSI 55	
Rock (%)	Visual assessment	Wentworth scale*
Boulders (%)	Visual assessment	Wentworth scale*
Cobbles (%)	Visual assessment	Wentworth scale*
Pebbles (%)	Visual assessment	Wentworth scale*
Gravel (%)	Visual assessment	Wentworth scale*
Sand (%)	Visual assessment	Wentworth scale*
Silt (%)	Visual assessment	Wentworth scale*
Width (m)	Tape line	
Depth (cm)	Flow meter Swoffer 2100	
Flow (m/s)	Flow meter Swoffer 2100	
Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Calculation	Horne and Goldman**

\* Σύμφωνα με τον WENTWORTH, (1922).

\*\* Σύμφωνα με τους HORNE & GOLDMAN, (1983).

### 2.3. Προ-ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης των θέσεων δειγματοληψίας

Κάθε θέση που επιλέχθηκε για δειγματοληψία αξιολογήθηκε προκαταρκτικά ως προς το βαθμό επιβάρυνσης από ανθρωπογενείς πιέσεις, σύμφωνα με τα κριτήρια του προγράμματος FAME (προ-ταξινόμηση βλ. τμήμα 2.2.1). Τα κριτήρια του FAME περιλαμβάνουν 23 ενδεικτικές πιέσεις που επικρατούν σε Ευρωπαϊκά ποτάμια. Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης έγινε χρήση 17 πιέσεων, μετά από τις απαραίτητες τροποποιήσεις για την εφαρμογή τους στις Ελληνικές συνθήκες.

Σε πρώτη φάση η προ-ταξινόμηση έγινε σε κάθε θέση δειγματοληψίας για κάθε πίεση χωριστά. Η θέση δειγματοληψίας, λοιπόν, λάμβανε μία ακέραια τιμή σε πενταβάθμια κλίμακα (από 1-καθόλου επιβάρυνση έως 5-μεγάλη επιβάρυνση), για κάθε μία από τις 17 πιέσεις. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν στις πέντε κλάσεις οικολογικής κατάστασης που ορίζει η Οδηγία (υψηλή, καλή, μέτρια, ελλιπής, κακή αντίστοιχα). Οι πιέσεις που χρησιμοποιήθηκαν, εκτός από αυτή που αφορούσε την ποιότητα νερού (οργανική ρύπανση), ενσωματώθηκαν στο “Πρωτόκολλο Βιοεκτίμησης Ποταμών” (βλ. Πίνακα 1 και Παράρτημα Ι). Η πίεση “οργανική ρύπανση” προσδιορίστηκε μετά από επεξεργασία των χημικών δεδομένων στο εργαστήριο, σύμφωνα με τη μέθοδο GQA (General Quality Assessment από NATIONAL RIVERS AUTHORITY 1994 και ENVIRONMENT AGENCY 1998) της Υπηρεσίας Περιβάλλοντος της Μεγάλης Βρετανίας (UK Environmental Agency). Η μέθοδος κατηγοριοποιεί το νερό σε έξι κλίμακες, λαμβάνοντας υπόψη την περιεκτικότητά του σε διαλυμένο οξυγόνο (DO), απαίτηση σε οξυγόνο (BOD) και αμμωνία (NH<sub>3</sub>). Στην προκειμένη περίπτωση η κατηγοριοποίηση του νερού έγινε σε πέντε

διαφορετικές κλίμακες (τροποποιημένη GQA), λόγω των πολύ χαμηλών απαιτήσεων της τελευταίας κατηγορίας, ως προς την ποιότητα του νερού.

Τα δεδομένα της προ-ταξινόμησης χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορα στάδια των διαδικασιών ανάπτυξης των δύο δεικτών. Στην περίπτωση του *δείκτη χωρικής βάσης* χρησιμοποιήθηκαν:

(α) Για την κατάρτιση των συνθηκών αναφοράς και την ανάπτυξη βιοτικής τυπολογίας. Και στις δύο περιπτώσεις επιδιώκεται η χρησιμοποίηση δεδομένων από θέσεις χωρίς καμία ανθρωπογενή επιβάρυνση (δηλ. οι τιμές προ-ταξινόμησης για όλες τις πιέσεις θα πρέπει είναι 1). Ωστόσο, κάτω από τις σημερινές συνθήκες εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων και οικοσυστημάτων, είναι συνήθως δύσκολο να εντοπισθεί ένας ικανοποιητικός αριθμός τελείως αδιατάρακτων θέσεων, ακόμα και σε ορεινά ποτάμια. Στην περίπτωση αυτή είναι αποδεκτό να γίνεται επιπροσθέτως χρήση δεδομένων από “σχετικά αδιατάρακτες θέσεις”, δηλαδή από θέσεις με μικρό βαθμό επιβάρυνσης σε όλες ή τις σημαντικότερες πιέσεις. Βασική παραδοχή είναι ότι μικρού βαθμού ανθρωπογενείς επιδράσεις δεν αλλοιώνουν σημαντικά τη σύσταση των ιχθυοκοινοτήτων. Συνεπώς, οι συναθροίσεις των ειδών που αναμένονται στις “σχετικά αδιατάρακτες θέσεις” δεν αποκλίνουν πολύ από τις συναθροίσεις που απαντούνται στις τελείως αδιατάρακτες θέσεις. Τα κριτήρια επιλογής των “σχετικά αδιατάρακτων θέσεων” δεν είναι τυποποιημένα και στηρίζονται κατά πολύ στην “κρίση των ειδικών”. Σε πολλές εφαρμογές ιχθυολογικών μεθόδων βιοεκτιμήσεων η επιλογή στηρίζεται στη θέσπιση ενός επιτρεπόμενου εύρους τιμών προ-ταξινόμησης σε ένα αριθμό σημαντικών πιέσεων. Στην παρούσα εφαρμογή επιλέχθηκαν οι εξής πέντε “**πρωταρχικές πιέσεις**” που κρίθηκε ότι ασκούν την ισχυρότερη επίδραση στις ιχθυοκοινότητες: **1) υδρολογικές διαταραχές που επηρεάζουν τη θέση, 2) μορφολογικές αλλοιώσεις στη θέση, 3) διαμήκης συνεκτικότητα στο τμήμα του ποταμού που ανήκει η θέση, 4) χρήση γης στο τμήμα του ποταμού ανάντη από τη θέση και 5) οργανική ρύπανση στη θέση.** Ωστόσο, το επιτρεπόμενο εύρος επιβάρυνσης διαφοροποιήθηκε για τις θέσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τη θέσπιση συνθηκών αναφοράς και για τη δημιουργία βιοτικής τυπολογίας. Στην πρώτη περίπτωση, όπου η απουσία σημαντικών πιέσεων παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, τέθηκαν κριτήρια που αποκλείουν θέσεις με μέτρια έστω διαταραχή. Στη δεύτερη περίπτωση τα κριτήρια ήταν χαλαρότερα, προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός των διαθέσιμων θέσεων για ανάλυση.

(β) Για τον έλεγχο της απόκρισης των μετρικών στις πιέσεις και για την επιβεβαίωση του δείκτη. Στις περιπτώσεις αυτές απαιτείται ο χαρακτηρισμός όλων των θέσεων δειγματοληψίας ως προς το βαθμό ανθρωπογενών επιβαρύνσεων που δέχονται, έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα μέτρο για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς των μετρικών ή του δείκτη σε μεταβολές των πιέσεων. Επειδή οι 17 πιέσεις που καταγράφηκαν δεν έχουν την ίδια συχνότητα εμφάνισης σε όλες τις θέσεις δειγματοληψίας, ούτε δημιουργούν τις ίδιες επιπτώσεις στις ιχθυοκοινότητες, διερευνήθηκαν διάφοροι συνδυασμοί πιέσεων (τιμές προ-ταξινόμησης) που δυνητικά μπορούν να παράσχουν μία εικόνα της οικολογικής κατάστασης μίας θέσης, όπως η μέση τιμή των 17 πιέσεων και η μέση τιμή των πέντε σημαντικότερων πιέσεων. Σε κάθε περίπτωση, κάθε θέση προ-ταξινομήθηκε σε πέντε κλάσεις οικολογικής κατάστασης (υψηλή, καλή, μέτρια, ελλιπής, κακή) που αντιστοιχούν στα εξής όρια μέσων τιμών πιέσεων: [1.0, 1.8], [1.8, 2.6], [2.6-3.4], [3.4, 4.2], [4.2, 5.0]. Διερευνήθηκε επίσης η συμπεριφορά των μετρικών απέναντι σε ένα σταθμισμένο δείκτη οικολογικής κατάστασης των θέσεων, ο οποίος εκτιμήθηκε με τη κρίση του ειδικού, παίρνοντας υπόψη τις σημαντικότερες τοπικές πιέσεις και το σχετικό “βάρος” των επιπτώσεων κάθε πίεσης στις ιχθυοκοινότητες.

Όσο αφορά το δείκτη που στηρίζεται στο *μοντέλο πρόβλεψης*, τα δεδομένα της προ-ταξινόμησης χρησιμοποιήθηκαν μόνο για τον εντοπισμό ενός αριθμού “σχετικά αδιατάρακτων θέσεων”. Οι θέσεις αυτές είναι οι ίδιες με αυτές που επελέγησαν για τη δημιουργία βιοτικής τυπολογίας, σύμφωνα με τη μέθοδο χωρικής βάσης (βλ. παραπάνω). Στο σύνολο αυτών των

θέσεων έγινε διερεύνηση μεταξύ των αβιοτικών και των βιοτικών (ιχθυολογικών) παραμέτρων, προκειμένου να δημιουργηθούν οι αλγόριθμοι που κάνουν την πρόγνωση των συνθηκών αναφοράς.

#### 2.4. Βάση δεδομένων

Αναπτύχθηκε σχεσιακή βάση δεδομένων σε σχήμα RDBMS περιβάλλοντος MySQL με δυνατότητα διαδικτυακής επικοινωνίας. Το πλεονέκτημα αυτής της βάσης είναι ότι υπάρχει δυνατότητα επέκτασης και ολοκλήρωσης και για άλλες μελλοντικές περιβαλλοντικές μετρήσεις, ενώ δίδεται η δυνατότητα για την αυτόματη παραγωγή διαγραμμάτων παρακολούθησης των μετρούμενων παραμέτρων που θα είναι άμεσα δημοσιεύσιμα στο διαδίκτυο. Η Internet πλατφόρμα λειτουργίας του Web Interface βασίστηκε σε τεχνολογία Tomkat/Apache σε Linux Server. Η δημιουργία της Βάσης εμπεριείχε τα παρακάτω στάδια υλοποίησης:

1. Ανάλυση και σχεδιασμός του σχήματος της Βάσης (Data Base Schema) που βασίστηκε στις φόρμες αποτύπωσης/καταγραφής των δειγμάτων και μετρήσεων.
2. Υλοποίηση του σχήματος της Βάσης δεδομένων σε περιβάλλον MySQL.
3. Σχεδιασμός και υλοποίηση του Web Interface της εφαρμογής. Η υλοποίηση έγινε με γλώσσες προγραμματισμού PHP και Javascript. Η υλοποίηση του εν λόγω Interface έλαβε υπόψη τις ανάγκες για Quality Control και Quality Assurance. Πιο συγκεκριμένα η εισαγωγή των δεδομένων γίνεται σε τρεις φάσεις:
  - a. **Φόρμα εισαγωγής δεδομένων 1** στην οποία γίνεται η εισαγωγή των χειρόγραφων μετρήσεων από τους ερευνητές.
  - b. **Φόρμα εισαγωγής 2** στην οποία γίνεται εκ νέου και για λόγους εγκυρότητας (Data validation/Quality) η εισαγωγή των ίδιων χειρόγραφων μετρήσεων από τους ερευνητές.
  - c. **Φόρμα προβολής/ταυτοποίησης** των δεδομένων, στην οποία προβάλλονται οι διαφορές των μετρήσεων ανά παράμετρο μέτρησης από τις δύο προηγούμενες φόρμες και εν τέλει γίνεται η τελική εισαγωγή μετρήσεων στη βάση δεδομένων.

Για τις ανάγκες επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων κρίθηκε αναγκαίο να μεταφερθούν τα δεδομένα σε ένα πιο φιλικό περιβάλλον, συγκεκριμένα σε σχεσιακή βάση δεδομένων σε λογισμικό MS Access. Παράλληλα δημιουργήθηκαν τα κατάλληλα ερωτήματα / φόρμες, ώστε να πραγματοποιείται στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και παραμετροποιημένη ταξινόμησή τους.

#### 2.5. Τυπολογικός χαρακτηρισμός των υδάτινων σωμάτων

Η δημιουργία τυπολογίας αποτέλεσε στάδιο της διαδικασίας για τη θέσπιση συνθηκών αναφοράς στη μέθοδο *χωρικής βάσης* (η μέθοδος που στηρίζεται στο *μοντέλο πρόβλεψης* δεν απαιτεί τη δημιουργία τυπολογίας). Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις για τη δημιουργία μίας βιολογικά εστιασμένης ποτάμιας τυπολογίας:

(α) η χρησιμοποίηση αβιοτικών παραμέτρων για το χαρακτηρισμό των τύπων χρησιμοποιώντας την “κρίση του ειδικού” για την επιλογή παραμέτρων που έχουν βιολογική συνάφεια, και στη συνέχεια η βιολογική επιβεβαίωση των τύπων (top-down approach), και

(β) η χρησιμοποίηση βιολογικών κριτηρίων για τον εντοπισμό περιοχών με παρόμοιες συναθροίσεις ειδών και στη συνέχεια η περιγραφή των περιοχών αυτών με αβιοτικές παραμέτρους (bottom-up approach).

Στο παρόν έργο χρησιμοποιήθηκε η δεύτερη προσέγγιση η οποία περιλαμβάνει δύο διακριτά τμήματα: τη δημιουργία βιοτικών τύπων χρησιμοποιώντας στατιστικές τεχνικές για την οριοθέτηση περιοχών ιχθυολογικής ομοιογένειας, και την αβιοτική περιγραφή των τύπων με τον προσδιορισμό των αβιοτικών συνθηκών που ευθύνονται για τη δομή των ιχθυοκοινοτήτων στους βιοτικούς τύπους.

### 2.5.1. Δημιουργία βιοτικών τύπων

Επειδή δεν εντοπίστηκε σημαντικός αριθμός “αδιατάρακτων θέσεων” για τη δημιουργία βιοτικής τυπολογίας, καθορίστηκε ένας πληθυσμός “σχετικά αδιατάρακτων θέσεων” σύμφωνα με τις διαδικασίες του τμήματος 2.3 και τα εξής επί πλέον κριτήρια: (α) καμία από τις τιμές προ-ταξινόμησης ως προς τις πέντε “πρωταρχικές πιέσεις” δεν υπερβαίνει το 2, και (β) όλες οι τιμές των υπόλοιπων πιέσεων είναι μικρότερες από 5. Ιχθυολογικά δεδομένα αφθονίας από 82 θέσεις που ικανοποιούσαν τα παραπάνω κριτήρια (αριθμοί ψαριών κάθε είδους ανά στρέμμα), λογαριθμήθηκαν για επίτευξη ομαλοποίησης και εισήχθησαν σε μήτρα για ιεραρχική ανάλυση ομαδοποίησης (*Hierarchical Cluster Analysis*, Ward’s method). Έγιναν επίσης ανεξάρτητες εφαρμογές της ανάλυσης ομαδοποίησης σε δεδομένα ποσοστιαίας συμμετοχής και παρουσίας/απουσίας ειδών. Τα αποτελέσματα της ομαδοποίησης επιβεβαιώθηκαν με ανάλυση ταξινόμησης σε διαγράμματα *MDS* (*multi-dimensional scaling*).

### 2.5.2. Αβιοτική περιγραφή των βιοτικών τύπων

Η σύνδεση των βιοτικών τύπων με περιβαλλοντικές παραμέτρους διερευνήθηκε με το στατιστικό πακέτο *CANOCO 4.0*. Μια αρχική εκτίμηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων, που διαχώριζαν τους βιοτικούς τύπους, έγινε με περιγραφική στατιστική (απεικονιστική μέθοδος θηκογραμμάτων). Με τον τρόπο αυτό εντοπίστηκαν, σε αδρές γραμμές, εκείνες οι παράμετροι που ήταν υπεύθυνες για τον διαχωρισμό των βιοτικών τύπων. Στη συνέχεια, ακολούθησε η αναλυτική διερεύνηση του εύρους απόκρισης των ειδών (ψαριών) στις περιβαλλοντικές μεταβλητές, με τη μέθοδο κατάταξης *Detrended Correspondence Analysis* (*DCA*). Η ανάλυση αυτή περιελάμβανε όλες τις πιθανές περιβαλλοντικές μεταβλητές και όχι μόνο αυτές που προσδιορίστηκαν ως σημαντικές από την περιγραφική ανάλυση. Πιο συγκεκριμένα, έγινε διάκριση των περιβαλλοντικών μεταβλητών σε δύο κατηγορίες: αυτές με μεγάλο εύρος απόκρισης (μεγαλύτερο από το διπλάσιο της τυπικής απόκλισης), και αυτές με μικρό εύρος απόκρισης (μικρότερο από το διπλάσιο της τυπικής απόκλισης). Για τις μεταβλητές της πρώτης κατηγορίας έγινε η υπόθεση ότι η απόκριση των ειδών στις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές μεταβλητές είναι τύπου Gaussian και επιλέχθηκε η μέθοδος Κανονική Ανάλυση Αντιστοιχιών (*CCA: Canonical Correspondence Analysis*) για τη διερεύνηση των συσχετίσεων μεταξύ ιχθυολογικών παραμέτρων και περιβαλλοντικών τεχνικών. Για τις μεταβλητές της δεύτερης κατηγορίας υποτέθηκε γραμμική απόκριση στις περιβαλλοντικές μεταβλητές και επιλέχθηκε η μέθοδος διερεύνησης *Redundancy Analysis* (*RDA*). Και στις δύο περιπτώσεις ελέγχθηκε η σημαντικότητα των παραμέτρων με κριτήριο τη σημαντικότητα  $p \leq 0,05$  και τον πληθωριστικό παράγοντα (*inflation factor*)  $< 20$  για την αποφυγή επικαλυψιμότητας των περιβαλλοντικών μεταβλητών. Οι παραπάνω αναλύσεις επέτρεψαν τον εντοπισμό των αβιοτικών παραμέτρων που παίζουν πρωταρχικό ρόλο στη διαμόρφωση των βιοτικών τύπων. Ο προσδιορισμός του εύρους τιμών των περιβαλλοντικών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν κάθε τύπο έγινε με τη βοήθεια της περιγραφικής στατιστικής.



## 2.6. Προσδιορισμός συνθηκών αναφοράς

Στη μέθοδο βιοεκτίμησης με *χωρική βάση* ο χαρακτηρισμός συνθηκών αναφοράς έγινε για κάθε τύπο ποταμού (τυποχαρακτηριστικές συνθήκες αναφοράς). Μία πιστή εφαρμογή των τεχνικών οδηγιών της Οδηγίας-Πλαίσιο απαιτεί τα ιχθυολογικά δεδομένα για τη θέσπιση συνθηκών αναφοράς να προέρχονται από τελείως αδιατάρακτες θέσεις. Σε εφαρμογή των κριτηρίων του FAME, σαν θέσεις αναφοράς χαρακτηρίστηκαν μόνον αυτές που κατά την προταξινόμηση έλαβαν την τιμή 1 για όλες τις πιέσεις (βλ. τμήμα 2.3). Όπως προαναφέρθηκε, ελάχιστες ήταν οι θέσεις που ικανοποιούσαν τα παραπάνω κριτήρια. Ο τόσο μικρός αριθμός θέσεων αναφοράς οφείλεται στα ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια του FAME, τα οποία αποκλείουν από το δίκτυο σταθμών αναφοράς ακόμα και θέσεις με δυνητική επιβάρυνση. Σημειώνεται ότι τα κριτήρια αυτά παίρνουν υπόψη πιέσεις που επηρεάζουν τόσο τη θέση, όσο και το τμήμα του ποταμού στο οποίο ανήκει η θέση ή και ολόκληρο το ποτάμι. Για παράδειγμα, η ύπαρξη φράγματος αποκλείει αυτόματα από το δίκτυο θέσεων αναφοράς τις περισσότερες θέσεις ανάντη του φράγματος, γιατί το φράγμα εμποδίζει πιθανώς τις μετακινήσεις διάδρομων ή ποταμόδρομων ψαριών. Ωστόσο, είναι δυνατό η σύσταση της ιχθυοπανίδας μίας θέσης να μην επηρεάζεται από το φράγμα, π.χ. γιατί δεν υπάρχουν μεταναστευτικά ψάρια στο συγκεκριμένο ποταμό, ή τέτοια ψάρια δεν έφθαναν ποτέ στη συγκεκριμένη θέση, ή γιατί υπάρχουν κατάλληλες συνθήκες αναπαραγωγής των μεταναστευτικών ψαριών ανάντη και κατάντη του φράγματος.

Για τους παραπάνω λόγους, και σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική και τις υποδείξεις του FAME, αποφασίστηκε η θέσπιση των τυποχαρακτηριστικών συνθηκών αναφοράς να γίνει με την τεχνική “κρίση του ειδικού”, η οποία είναι αποδεκτή από την Οδηγία-Πλαίσιο. Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής στηρίχθηκε σε συνδυασμό των εξής δεδομένων: (α) Δεδομένα δειγματοληψιών που διενεργήθηκαν σε “σχετικά αδιατάρακτες θέσεις”, οι οποίες ικανοποιούσαν τις εξής δύο συνθήκες: οι πέντε “πρωταρχικές πιέσεις” έχουν τιμή 1, ενώ καμία από τις τιμές των συνολικά 17 πιέσεων δεν υπερβαίνει το 3. Βρέθηκαν 29 θέσεις που ικανοποιούσαν αυτό το κριτήριο. (β) Διαθέσιμα “ιστορικά δεδομένα” πάνω στην κατανομή των ψαριών και τη σύσταση των ιχθυοπληθυσμών, όπως παλαιές καταγραφές ή αναφορές παρουσίας ψαριών σε τμήματα ποταμών που σήμερα επηρεάζονται από φράγματα και άλλες πιέσεις. (γ) Δεδομένα πάνω στη βιολογία και οικολογία των διάφορων ειδών ψαριών, κυρίως όσο αφορά τις προτιμήσεις ενδιαιτημάτων, το βαθμό ρεοφιλίας, τα φυσιολογικά όρια ανοχής σε υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, το εύρος των μεταναστεύσεων, και τις απαιτήσεις για ειδικά αναπαραγωγικά υποστρώματα.

Ακολουθώντας τις απαιτήσεις της Οδηγίας, οι συνθήκες αναφοράς προσδιορίστηκαν για τη **σύσταση** και **αφθονία** των ιχθυοπληθυσμών, τις συνθήκες **αναπαραγωγής** και την παρουσία/ποσοτική συμμετοχή **τυποχαρακτηριστικών** ειδών. Δεν ήταν δυνατό να θεσπισθούν συνθήκες αναφοράς για την **κατανομή ηλικιών** όλων των ειδών, λόγω απουσίας κατάλληλου βιολογικού υλικού, θεσπίστηκαν όμως τα όρια κλάσεων μεγέθους που διαχωρίζουν την ηλικία 0+ από την ηλικία 1+ για τα κυριότερα τυποχαρακτηριστικά είδη. Στις περιπτώσεις που ήταν δυνατό, προσδιορίστηκαν συνθήκες αναφοράς για την κατανομή μεγεθών. Ο προσδιορισμός των συνθηκών αναφοράς για τη σύσταση των πληθυσμών, αποτέλεσε τη βάση για τον προσδιορισμό συνθηκών αναφοράς στις μετρικές που περιγράφουν τόσο την ποιοτική σύνθεση της ιχθυοκοινότητας, όσο και τους οικολογικούς θώκους που την απαρτίζουν. Για ορισμένους βιοτικούς τύπους που αντιπροσωπεύονταν από μικρό αριθμό θέσεων δειγματοληψίας δεν ήταν δυνατή η θέσπιση αξιόπιστων συνθηκών αναφοράς.

Στη μέθοδο βιοεκτίμησης που στηρίζεται σε *μοντέλο πρόβλεψης* ο χαρακτηρισμός των συνθηκών αναφοράς γίνεται αυτόματα από το μοντέλο για κάθε θέση δειγματοληψίας χωριστά (site-specific reference conditions). Το μοντέλο χρησιμοποιεί αλγόριθμους που περιγράφουν

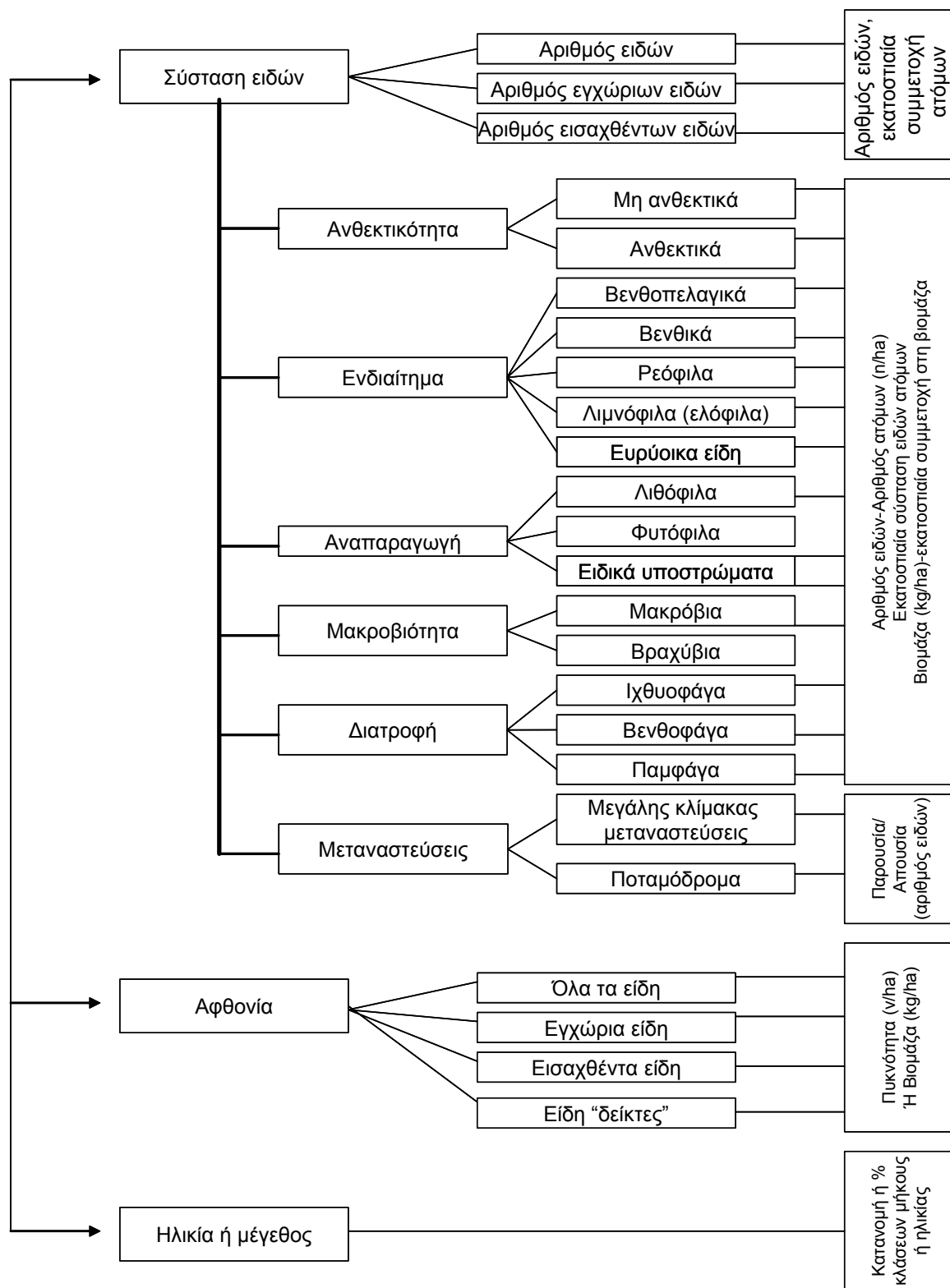
την αναμενόμενη σύνθεση της ιχθυοκοινότητας σε κάθε δυνατό συνδυασμό ενός αριθμού σημαντικών αβιοτικών παραμέτρων κάτω από έλλειψη ανθρωπογενών διαταραχών (Ιχθυοπανιδική Κοινότητα Αναφοράς). Οι αλγόριθμοι δημιουργήθηκαν μετά από ανάλυση της κατανομής και αφθονίας των ειδών στις 82 σχετικά αδιατάρακτες θέσεις δειγματοληψίας, που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία βιοτικής τυπολογίας (βλ. τμήμα 2.5.1), σε συνάρτηση με σημαντικές περιβαλλοντικές παραμέτρους (θερμοκρασία, κλίση, πλάτος κοίτης, κλπ.).

## **2.7. Επιλογή μετρικών**

Ακολουθώντας καθιερωμένες μεθοδολογικές πρακτικές η επιλογή των μετρικών έγινε με την εξής ιεραρχική διαδικασία.

### **2.7.1. Δημιουργία καταλόγου “δυνητικών” μετρικών**

Δημιουργήθηκε μία λίστα “δυνητικών” μετρικών που εκφράζουν δομικά και λειτουργικά στοιχεία των ιχθυοκοινοτήτων. Πίσω από κάθε επιλογή δυνητικής μετρικής υπάρχει μία υπόθεση ανταπόκρισης σε κάποια ή κάποιες πιέσεις, και η οποία πρέπει αργότερα να επιβεβαιωθεί με κατάλληλους στατιστικούς ελέγχους. Η αρχική λίστα περιείχε μετρικές που έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για ιχθυολογικές βιοεκτιμήσεις σε άλλες χώρες. Στη συνέχεια αφαιρέθηκαν μετρικές που θεωρήθηκαν μη αναγκαίες, ενώ προστέθηκαν άλλες που κρίθηκαν πλέον κατάλληλες για τις Ελληνικές συνθήκες. Συνολικά, οι μετρικές της λίστας μπορούν να διακριθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες: (α) μετρικές που απεικονίζουν τη σύσταση της ιχθυοκοινότητας και τον οικολογικό θώκο των ειδών που την απαρτίζουν, (β) μετρικές που εκφράζουν αφθονία (αριθμοί ατόμων ή συνολική βιομάζα ψαριών ανά στρέμμα), και (γ) μετρικές που εκφράζουν την κατανομή ηλικιών ή κλάσεων μεγεθών ορισμένων οικολογικά σημαντικών ειδών ψαριών. Μία σχηματική απεικόνιση των παραμέτρων και οικολογικών χαρακτηριστικών που λάβαμε υπόψη για την κατάρτιση της λίστας των δυνητικών μετρικών δίνεται στην εικόνα 1.



**Εικόνα 1.** Κατηγορίες ιχθυολογικών παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για την κατάρτιση της λίστας των δυνητικών μετρικών.

## 2.7.2. Έλεγχος και επιλογή μετρικών

Ακολουθήθηκε διαφορετική μεθοδολογία επιλογής των μετρικών που απαρτίζουν τους δύο δείκτες.

### Μετρικές για το δείκτη χωρικής βάσης

Η επιλογή των μετρικών έγινε χωριστά για κάθε ποτάμιο τύπο, μετά από ελέγχους της καταλληλότητας των μετρικών να εκφράσουν δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των ιχθυοκοινοτήτων, και να περιγράψουν περιβαλλοντική υποβάθμιση. Οι έλεγχοι αφορούσαν τη διαγνωστική ικανότητα, το βαθμό επικάλυψης και τη διακριτική δυνατότητα των μετρικών. Ο πρώτος έλεγχος αποσκοπούσε στη διαπίστωση της ικανότητας των μετρικών να περιγράψουν περιβαλλοντική υποβάθμιση, η οποία οφείλεται αποκλειστικά σε ανθρώπινες δραστηριότητες (responsiveness to impacts). Ο έλεγχος έγινε με μη παραμετρική ανάλυση συσχέτισης *Spearman Rank Correlation* μεταξύ των τιμών των μετρικών στις θέσεις δειγματοληψίας και των αντίστοιχων τιμών προ-ταξινόμησης των θέσεων ως προς τη μέση τιμή των πέντε πιέσεων, που κρίθηκε ότι ασκούν την ισχυρότερη επίδραση στις ιχθυοκοινοτήτες (**υδρολογικές διαταραχές, μορφολογικές αλλοιώσεις, διαμήκης συνεκτικότητα, χρήση γης και οργανική ρύπανση**). Θετικές ή αρνητικές συσχετίσεις θεωρήθηκαν σαν κατ' αρχή ένδειξη απόκρισης στις πιέσεις και συνεπώς πιθανής χρησιμότητας των εξεταζόμενων μετρικών. Επικουρικά, και για να διαπιστωθεί ποιες πιέσεις επηρεάζουν περισσότερο τις τιμές της κάθε μετρικής, έγινε παρόμοια ανάλυση συσχέτισης μεταξύ των τιμών των μετρικών και των τιμών μεμονωμένων πιέσεων χωριστά. Επίσης, έγιναν αναλύσεις συσχέτισης των τιμών των μετρικών α) με τη μέση τιμή των 17 πιέσεων που καταγράφονται συνολικά, β) με τη μέση τιμή των τεσσάρων κυριότερων πιέσεων και γ) με ένα σταθμισμένο δείκτη της οικολογικής κατάστασης των θέσεων που προέκυψε από την επιλογή πιέσεων τοπικής σημασίας.

Ο δεύτερος έλεγχος αποσκοπούσε στην εξακρίβωση του βαθμού που δύο ή περισσότερες μετρικές περιγράφουν το ίδιο δομικό συστατικό της ιχθυοκοινοτήτας ή μετρούν τις επιπτώσεις της ίδιας πίεσης με διαφορετικό τρόπο (redundancy of metrics). Χρησιμοποιήθηκε μη παραμετρική ανάλυση συσχέτισης (*Spearman Rank Correlation*) μεταξύ των τιμών των μετρικών σε όλες τις θέσεις δειγματοληψίας κάθε τύπου. Μετρικές που παρουσίασαν ισχυρή συσχέτιση μεταξύ τους ( $>0.8$  ή  $<-0.8$ ) θεωρήθηκαν σαν πιθανώς αλληλοεξαρτώμενες. Στις περιπτώσεις αυτές κρατήθηκαν οι μετρικές που (α) ήταν πιο εύκολα μετρήσιμες, (β) βρίσκονταν στη λίστα των υποψήφιων μετρικών και άλλων τύπων, (γ) παρουσίαζαν το μεγαλύτερο εύρος διακύμανσης στις παρατηρούμενες τιμές πίεσης, και (δ) κρίθηκε από την εξέταση των δεδομένων ότι παρά την ισχυρή συσχέτιση με άλλες μετρικές, δεν υπάρχει βιολογική αλληλεξάρτηση.

Με τον τρίτο έλεγχο εξετάστηκε η ικανότητα των μετρικών να διαχωρίσουν κλάσεις οικολογικής κατάστασης. Μετρικές με υψηλή διακριτική ικανότητα είναι αυτές που εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά τιμών μεταξύ κλάσεων. Επειδή οι τιμές των μετρικών δεν ακολουθούν κανονικές κατανομές, έγινε εκτίμηση της διακύμανσης των τιμών τους χρησιμοποιώντας το “συντελεστή ενδοτεταρτημορίου” (interquartile coefficient,  $C_{IQ}$ ) ο οποίος βασίζεται στην κατανομή των τιμών στους σταθμούς αναφοράς και στην απόκριση κάθε μετρικής σε συνθήκες επιβάρυνσης (GERRITSEN & BOWMAN 1994, από EPA 1998). Για τον υπολογισμό του συντελεστή ενδοτεταρτημορίου καθορίστηκε αρχικά η κρίσιμη τιμή (Score for Detection,  $D_s$ ) που αντιπροσωπεύει την τιμή κάθε μετρικής, η οποία υποδεικνύει την παρουσία διαταραχής. Στην περίπτωση μετρικών που εμφανίζουν χαμηλές τιμές σε συνθήκες διαταραχής, καθορίζεται ως κρίσιμη τιμή ( $D_s$ ) η διαφορά της μέγιστης τιμής του κατώτερου τεταρτημορίου (σημείο Q2 στην Εικ. 2α) από την ελάχιστη πιθανή τιμή. Στην περίπτωση μετρικών που εμφανίζουν υψηλές τιμές υπό συνθήκες διαταραχής, καθορίζεται η διαφορά της μέγιστης

πιθανής τιμής (σημείο E1 στην Εικ. 2β) από την κατώτερη τιμή του ανώτερου τεταρτημορίου (σημείο Q1) (EPA 1998).

Τελικά, ο συντελεστής ενδοτεταρτημορίου ( $C_{IQ}$ ) δίνεται από τη σχέση:

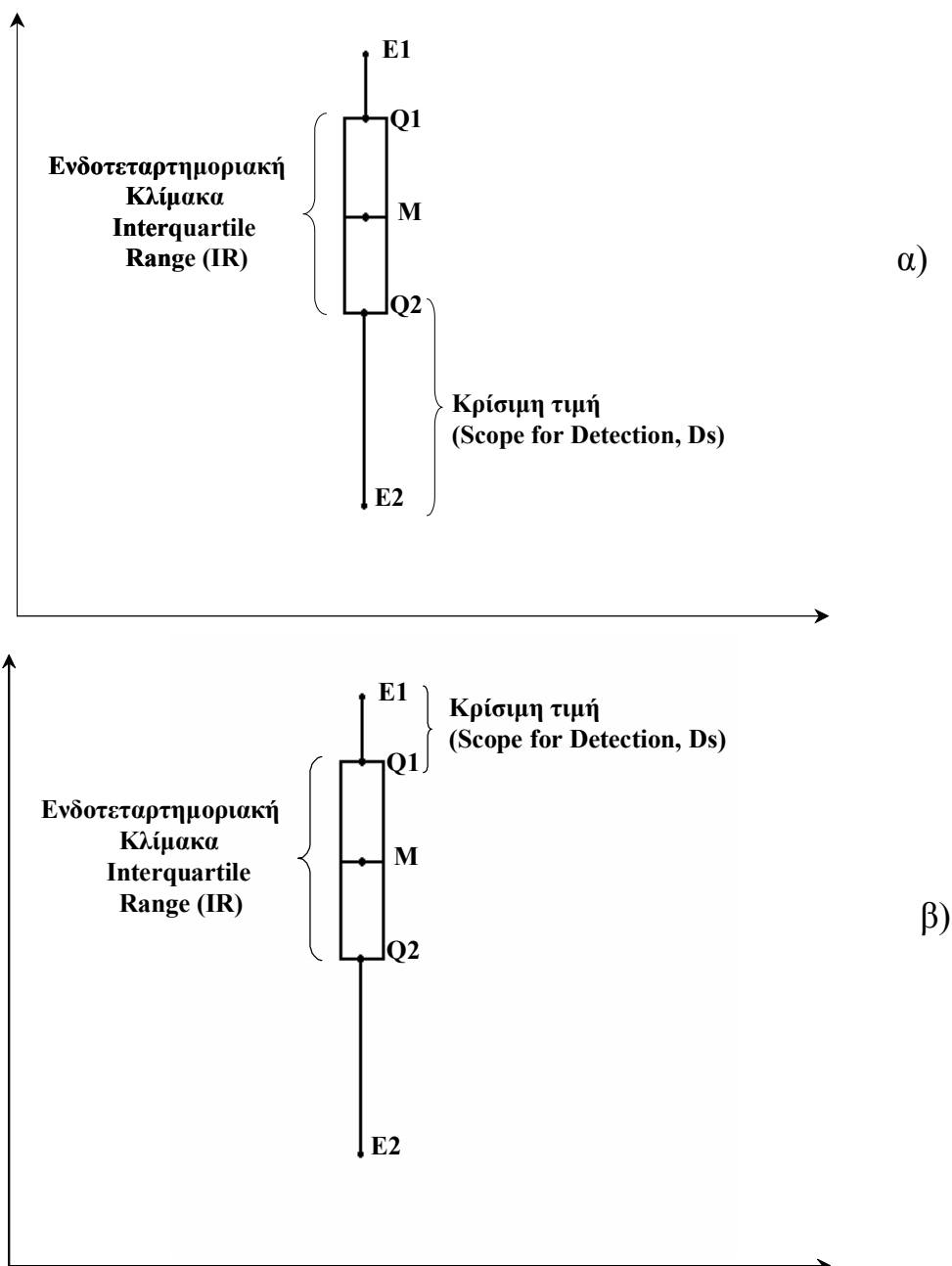
$$C_{IQ} = IR / D_s$$

Σε γενικές γραμμές, τιμή του συντελεστή μεγαλύτερη της μονάδας (1) δηλώνει υψηλή διακύμανση της μετρικής (EPA 1998) και άρα μικρή διακριτική ικανότητα.

Οι μετρικές που ανταποκρίθηκαν στους παραπάνω ελέγχους περιλήφθηκαν στον οριστικό κατάλογο των μετρικών κάθε τύπου. Ο κατάλογος περιέλαβε και ορισμένες μετρικές που δεν ικανοποιούσαν πλήρως τα τεθέντα κριτήρια επιλογής, άλλα κρίθηκε ότι έχουν μεγάλη οικολογική σημασία.

#### Μετρικές για το δείκτη που χρησιμοποιεί *μοντέλο πρόβλεψης*

Επειδή ο προσδιορισμός των συνθηκών αναφοράς με το μοντέλο πρόβλεψης δεν παίρνει υπόψη τυπολογικά κριτήρια, ο κατάλογος των μετρικών είναι ενιαίος για όλες τις περιοχές της μελέτης. Ο κατάλογος διαμορφώθηκε με γνώμονα την κρίση των ειδικών παίρνοντας κυρίως υπόψη (α) τα αφθονότερα είδη και τους σημαντικότερους οικολογικούς θώκους, και (β) τις γενικές τάσεις ανταπόκρισης των μετρικών σε μεταβολές των πιέσεων. Ωστόσο, δεν ήταν δυνατός ο στατιστικός έλεγχος της καταλληλότητας των μετρικών. Ο λόγος είναι ότι, σε αντίθεση με τις μετρικές του δείκτη βιοεκτίμησης χωρικής βάσης, εδώ οι περισσότερες μετρικές έχουν τοπική εφαρμογή (με την έννοια ότι εκφράζουν τη δομή της ιχθυοκοινότητας και τη σύσταση των οικολογικών θώκων σε συγκεκριμένα ποτάμια ή ποτάμια τμήματα). Επομένως, δεν δημιουργούνται πλήρεις αντιστοιχίσεις (ζεύγη τιμών) μετρικών-πιέσεων για όλες τις θέσεις δειγματοληψίας.



**Εικόνα 2.** Υπολογισμός της κρίσιμης τιμής των μετρικών (score for Detection, Ds):

(2α) για τις μετρικές που εμφανίζουν χαμηλές τιμές υπό συνθήκες διαταραχής. Τα σημεία E1 (upper extreme) και E2 (lower extreme) αντιστοιχούν στη μέγιστη και ελάχιστη τιμή της μεταβλητής, το σημείο M (median) στην ενδιάμεση τιμή, ενώ οι τιμές Q1 και Q2 ορίζουν το πλαίσιο που περιλαμβάνει τις τιμές του 25% (Q2) έως το 75% (Q1).

(2β) για τις μετρικές που εμφανίζουν υψηλές τιμές υπό συνθήκες διαταραχής. Τα σημεία E1 (upper extreme) και E2 (lower extreme) αντιστοιχούν στη μέγιστη και ελάχιστη τιμή της μεταβλητής, το σημείο M (median) στην ενδιάμεση τιμή, ενώ οι τιμές Q1 και Q2 ορίζουν το πλαίσιο που περιλαμβάνει τις τιμές του 25% (Q2) έως το 75% (Q1) των μετρήσεων.

## 2.8. Βαθμονόμηση των μετρικών - Δημιουργία πολυπαραμετρικών δεικτών

Οι μετρικές που επελέγησαν βαθμονομήθηκαν σε πενταβάθμια κλίμακα προκειμένου να καθορισθούν τα εύρη των τιμών που αντιστοιχούν σε κάθε κατηγορία οικολογικής κατάστασης (υψηλή, καλή, μέτρια, ελλιπής, κακή) και στη συνέχεια συνδυάστηκαν για τη δημιουργία του πολυπαραμετρικού δείκτη. Σε αντιστοιχία με τις δύο μεθόδους προσδιορισμού των συνθηκών αναφοράς (*χωρική μέθοδος* και *μοντέλο πρόβλεψης*) δημιουργήθηκαν δύο δείκτες που στηρίζονται σε δύο διαφορετικές μεθοδολογίες και εννοιολογικές αρχές.

### Δείκτης χωρικής βάσης

Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιεί διαφορετικές μετρικές για κάθε ποτάμιο τύπο και παρέχει εκτιμήσεις της οικολογικής κατάστασης μίας θέσης σαν συνάρτηση της απόκλισης των τιμών των προ-επιλεγμένων μετρικών στη θέση αυτή, από τις τιμές που αντιστοιχούν στις προσδιορισθείσες τυποχαρακτηριστικές συνθήκες αναφοράς. Σε κάθε τύπο χρησιμοποιείται πολύ μικρός αριθμός μετρικών που όλες σχετίζονται με είδη και “οικολογικές ομάδες ειδών” (ecological guilds) που απαντώνται στο συγκεκριμένο τύπο. Η δημιουργία του δείκτη περιέλαβε τα εξής στάδια:

- *Καθορισμός σταθμών ανάπτυξης και σταθμών επιβεβαίωσης του δείκτη.* Το σύνολο των σταθμών κάθε τύπου διαιρέθηκε σε δύο ομάδες: μια ομάδα που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη του δείκτη (≈60%) και μια ομάδα σταθμών που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του δείκτη (≈40%). Η διαίρεση των σταθμών έγινε στρατηγικά τυχαία, έτσι ώστε και οι δύο ομάδες να έχουν περίπου ίδιο αριθμό σταθμών από κάθε βαθμό πίεσης.
- *Βαθμονόμηση μετρικών.* Για τη βαθμονόμηση των μετρικών έγιναν πολλές δοκιμές προκειμένου να αποφασιστεί ο καταμερισμός του εύρους των τιμών τους στα ενδιάμεσα διαστήματα κάθε κατηγορίας ποιότητας. Οι δοκιμές αφορούσαν μόνο την ομάδα σταθμών ανάπτυξης του δείκτη. Δοκιμάστηκαν τα εξής όρια τιμών: 5% (ελάχιστη), 10%, 15%, 20%, 25%, 40%, 50%, 60%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95% (μέγιστη). Συγκεκριμένα, ελέγχθηκε με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης η απόκριση των διαφορετικών αθροισμάτων των μετρικών, ως προς την αξιολόγηση που έγινε στην σύσταση της ιχθυοκοινότητας με την «κρίση του ειδικού».
- *Συνδυασμός των μετρικών σε πολυπαραμετρικό δείκτη.* Οι βαθμονομημένες μετρικές συνδυάστηκαν σε ένα μη σταθμισμένο πολυπαραμετρικό δείκτη. Ο δείκτης εκφράζει την οικολογική κατάσταση μίας θέσης δειγματοληψίας με ένα αριθμητικό νούμερο, το οποίο προκύπτει από το άθροισμα των τιμών των μετρικών στη θέση αυτή. Για τη δοκιμή του δείκτη χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από την ομάδα σταθμών επιβεβαίωσης.

### Δείκτης με μοντέλο πρόβλεψης

Ο δείκτης αυτός (στον οποίο δόθηκε η ονομασία *FATHeR*<sup>4</sup>) αναπτύχθηκε σε συνεργασία με Γερμανούς ειδικούς και αποτελεί προσαρμογή του αντίστοιχου Γερμανικού εργαλείου στις συνθήκες των Ελληνικών ορεινών ποταμών. Ο δείκτης παρέχει εκτιμήσεις της οικολογικής κατάστασης μίας θέσης σαν συνάρτηση της απόκλισης της σταθμισμένης μέσης τιμής ενός αριθμού μετρικών στη θέση αυτή, από τις τιμές αναφοράς των μετρικών αυτών στην ίδια θέση. Όπως προαναφέρθηκε, οι τιμές αναφοράς των μετρικών σε κάθε θέση δειγματοληψίας “ανασυστήνονται” από το μοντέλο πρόβλεψης με βάση τα αναμενόμενα αβιοτικά χαρακτηριστικά της θέσης κάτω από αδιατάρακτες υδρομορφολογικές συνθήκες. Συνεπώς, η γνώση των υδρομορφολογικών συνθηκών αναφοράς είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή του μοντέλου. Ο δείκτης χρησιμοποιεί το ίδιο πλήθος μετρικών για όλες τις θέσεις

<sup>4</sup> The Fish-based Assessment Tool for Hellenic Rivers.

δειγματοληψίας, ωστόσο εμπεριέχει ένα σύστημα ενεργοποίησης των μετρικών που αρμόζουν για κάθε θέση (δηλαδή αυτών που εκφράζουν τα δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της ιχθυοκοινότητας η οποία “ανασυστήνεται” από το μοντέλο πρόβλεψης των συνθηκών αναφοράς). Αντίστροφα, το σύστημα αυτό αδρανοποιεί τις μετρικές που δεν εκφράζονται από τις προβλεπόμενες συνθήκες αναφοράς μίας θέσης. Για παράδειγμα, το σύστημα ενεργοποιεί μόνο τις μετρικές που αντιστοιχούν στην αναμενόμενη σύσταση ειδών σε ένα ποταμό ή ποτάμια ζώνη. Συνεπώς, ενώ ο δείκτης περιέχει ένα μεγάλο αριθμό μετρικών, σχετικά λίγες από αυτές “επιλέγονται” για την έκφραση της οικολογικής κατάστασης μίας θέσης. Το μοντέλο επίσης παίρνει υπόψη τους τοπικούς ενδημισμούς, ενεργοποιώντας μόνο τις μετρικές που αντιστοιχούν στα είδη τα οποία απαντούνται σε κάθε ποταμό.



### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1. Δίκτυο σταθμών

Το δίκτυο των σταθμών περιλαμβάνει 164 θέσεις. Σε ορισμένους σταθμούς δεν πραγματοποιήθηκαν ιχθυολογικές δειγματοληψίες, ή τα δεδομένα των δειγματοληψιών θεωρήθηκαν μη αξιόπιστα, λόγω μεγάλου βάθους, μεγάλης παροχής νερού ή άλλων τεχνικών προβλημάτων που επηρέασαν τη σύσταση του αλιεύματος. Σε ορισμένους σταθμούς διενεργήθηκαν περισσότερες από μία δειγματοληψίες. Σε όλους τους σταθμούς έγιναν μετρήσεις/καταγραφές περιβαλλοντικών παραμέτρων. Κατά κανόνα, σε κάθε θέση διενεργήθηκαν και δειγματοληψίες μακροασπονδύλων, έγιναν μετρήσεις/καταγραφές περιβαλλοντικών παραμέτρων και συμπληρώθηκαν πρωτόκολλα σχετικά με τη βλάστηση και την κατάσταση της παραποτάμιας ζώνης. Συνολικά έγιναν 151 επιτυχείς ιχθυολογικές δειγματοληψίες που η κατανομή τους, ανά λεκάνη απορροής, δίνεται στον Πίνακα 3. Για ορισμένες αναλύσεις (π.χ. βιοτική τυπολογία) χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι δειγματοληψίες που έγιναν κατά τα έτη 2005 και 2006. Για τη διερεύνηση της απόκρισης των μετρικών στις πιέσεις χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα μόνο μίας δειγματοληψίας ανά σταθμό. Στο Παράρτημα II δίνονται χάρτες που απεικονίζουν το δίκτυο των σταθμών δειγματοληψίας στις πέντε λεκάνες απορροής.

**Πίνακας 3.** Αριθμός σταθμών ιχθυολογικής δειγματοληψίας ανά λεκάνη απορροής.

Λεκάνη απορροής	Αριθμός σταθμών	Σταθμοί ιχθυολογικής δειγματοληψίας
Αχελώος	69	60
Αλφειός	35	33
Αώος	17	17
Αραχθός	32	32
Αλιάκμονας	11	11
<b>Σύνολο</b>	<b>164</b>	<b>151</b>

#### 3.2. Γεωμορφολογικά, βιολογικά και οικολογικά χαρακτηριστικά των υπό εξέταση ποταμών – Σημαντικές πιέσεις

Στο Παράρτημα III παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης πάνω στη μορφολογία, γεωλογία, υδρολογία, βιολογία και άλλα χαρακτηριστικά των ποταμών, στους οποίους έλαβε χώρα η έρευνα, καθώς και τις κυριότερες πιέσεις στις περιοχές δειγματοληψίας. Σημαντικές πηγές πληροφοριών αντλήθηκαν από τις μελέτες ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ & συν. 1999 και ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ & συν. 2001.

#### 3.3. Ιχθυολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών έρευνας

##### 3.3.1. Η ιχθυοπανίδα των πέντε λεκανών απορροής

Συνοπτικά στοιχεία για την αυτόχθον ιχθυοπανίδα των ποταμών της περιοχής έρευνας δίνονται στον Πίνακα 4. Συνολικά, στις 5 λεκάνες απορροής που εξετάστηκαν απαντούνται ή ιστορικά απαντούνταν 42 αυτόχθονα είδη ψαριών. Για την κατάρτιση του καταλόγου των ειδών που υπάρχουν σε κάθε ποτάμι χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών και βιβλιογραφικές πληροφορίες (ΕΚΟΝΟΜΙΔΙΣ 1991, ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ & ΣΥΝ 1999, ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ & ΣΥΝ. 1999, ΤΑΧΟΣ 2003, ΚΟΚΚΙΝΑΚΙΣ 2006 κλπ.). Προκειμένου να αποφευχθεί σύγχυση σχετικά με τις επιστημονικές ονομασίες των ειδών, προτιμήθηκε η χρησιμοποίηση μίας κοινής βιβλιογραφικής πηγής για την ονοματολογία των ειδών, η οποία ακολουθεί τον ΚΟΤΤΕΛΑΤ (1997). Σημειώνεται ότι κατά τα τελευταία χρόνια έχουν προταθεί νέες ονομασίες για ορισμένα είδη (π.χ. το είδος *Leuciscus cephalus* που απαντάται στους π. Αλφειό, Αχελώο και Αραχθό

σήμερα αναφέρεται σαν *Squalius peloponnesis*, το είδος *Pseudophoxinus stymphalicus* του Αραχθού έχει μετονομασθεί σε *P. thesproticus*, και το είδος *Leuciscus pleurobipunctatus* τώρα πλέον ονομάζεται *Telestes pleurobipunctatus*). Στον κατάλογο δεν συμπεριλαμβάνονται ξενικά είδη που έχουν εισαχθεί από τον άνθρωπο, είτε από άλλες χώρες είτε από άλλες λεκάνες απορροής της Ελλάδας. Ωστόσο, στις συγκεκριμένες λεκάνες τα εισαχθέντα είδη είναι σχετικά λίγα και απαντούνται κυρίως σε περιοχές ποταμών που επικοινωνούν με λίμνες και ταμιευτήρες. Ο Αλιάκμονας φιλοξενεί το μεγαλύτερο αριθμό ειδών (24 είδη) και ο Αλφειός το μικρότερο (10 είδη). Ένα είδος, το *Acipenser sturio*, έχει εξαφανισθεί από τον Αχελώο.

**Πίνακας 4.** Αυτόχθονα είδη ψαριών που διαβιούν στα εξεταζόμενα ποτάμια συστήματα. Σε παρένθεση η έκταση της κάθε λεκάνης απορροής (km<sup>2</sup>).

Είδος	Λεκάνη απορροής				
	Αχελώος (6329,00)	Αλφειός (3580,28)	Αλιάκμονας (8362,00)	Αώος (2154,00)	Άραχθος (2224,25)
<i>Acipenser naccarii</i>				√	
<i>Acipenser sturio</i>	√*	√*		√	
<i>Alburnoides bipunctatus</i>			√	√	
<i>Alburnus alburnus</i>			√	√	
<i>Anguilla anguilla</i>	√	√	√	√	√
<i>Aphanius fasciatus</i>	√			√	√
<i>Barbatula pindus</i>				√	
<i>Barbus albanicus</i>	√			√	√
<i>Barbus macedonicus</i>			√		
<i>Barbus peloponnesius</i>	√	√	√	√	√
<i>BleNNius fluviatilis</i>	√	√	√		
<i>Chondrostoma nasus</i>				√	
<i>Chondrostoma vardarensis</i>			√		
<i>Cobitis sp.</i>				√	
<i>Cobitis arachthosensis</i>					√
<i>Cobitis trichonica</i>	√				
<i>Cobitis vardarensis</i>			√		
<i>Cyprinus carpio</i>			√		
<i>Economidichthys pygmaeus</i>	√				√
<i>Econimidichthys trichonis</i>	√				
<i>Esox lucius</i>			√		
<i>Gasterosteus aculeatus</i>			√		
<i>Gobio gobio</i>			√	√	
<i>Gobio banarescui</i>			√		
<i>Gobio elimeius</i>			√		
<i>Knipowitschia caucasica</i>			√		
<i>Knipowitschia sp.</i>	√	√			
<i>Leuciscus cephalus</i>	√	√	√	√	√
<i>Leuciscus pleurobipunctatus</i>	√	√			√
<i>Pachychilon macedonicum</i>			√		
<i>Pachychilon pictus</i>				√	
<i>Perca fluviatilis</i>			√		
<i>Pseudophoxinus stymphalicus</i>	√	√			√
<i>Rhodeus sericeus</i>			√		
<i>Rutilus rutilus</i>			√		
<i>Rutilus panosi</i>	√				
<i>Sabanejewia balcanica</i>			√		

(συνεχίζεται)

(συνέχεια Πίνακα 4)

Είδος	Λεκάνη απορροής				
	Αχελώος (6329,00)	Αλφειός (3580,28)	Αλιάκμονας (8362,00)	Αώος (2154,00)	Άραχθος (2224,25)
<i>Salmo trutta</i>	√	√	√	√	√
<i>Scardinius acarnanicus</i>	√				
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>			√		
<i>Silurus aristotelis</i>	√				
<i>Silurus glanis</i>			√		
<i>Tinca tinca</i>			√		
<i>Tropidophoxinellus hellenicus</i>	√				
<i>Valencia letourneuxi</i>	√	√			√
<i>Vimba melanops</i>			√		
<b>Σύνολο</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>11</b>

\*είδος που έχει πλέον εκλείπει από την λεκάνη απορροής

Η παρούσα έρευνα έλαβε χώρα σε ορεινά ποτάμια τμήματα που χαρακτηρίζονται από χαμηλή ποικιλότητα ειδών ψαριών. Σύμφωνα με τα στοιχεία της έρευνας, τα τμήματα αυτά φιλοξενούν συνολικά 15 είδη που ο αριθμός τους κυμαίνεται από 7 έως 10 είδη σε κάθε λεκάνη (βλ. Πίνακα 5). Υπάρχουν χαρακτηριστικές ομοιότητες μεταξύ των ιχθυοπανίδων των ορεινών τμημάτων των πέντε λεκανών. Τέσσερα είδη απαντούνται και στις πέντε λεκάνες (*Salmo trutta*, *Barbus peloponnesius*, *Leuciscus cephalus*, *Anguilla anguilla*). Δύο άλλα είδη (*Leuciscus pleurobipunctatus*, *Pseudophoxinus stymphalicus*) απουσιάζουν από τον Αώο και τον Αλιάκμονα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ομοιότητα του Άνω Αώου με τον Άνω Αλιάκμονα, που μοιράζονται τέσσερα είδη ψαριών, τα οποία απουσιάζουν από τις άλλες λεκάνες (*Alburnoides bipunctatus*, *Chondrostoma vardarensis*, *Gobio gobio*, *Alburnus alburnus*). Απαντήθηκαν επίσης και δύο εισαχθέντα είδη, η Αμερικάνικη Πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) σε όλες τις λεκάνες, και ο Αμερικάνικος σολομός (*Oncorhynchus kisutch*) στη λεκάνη του Αλφειού.

**Πίνακας 5.** Αυτόχθονα είδη ψαριών που διαβιούν στα ορεινά τμήματα των εξεταζόμενων ποτάμιων συστημάτων

Είδος	Λεκάνη απορροής				
	Αχελώος	Αλφειός	Αλιάκμονας	Αώος	Άραχθος
<i>Alburnoides bipunctatus</i>			√	√	
<i>Alburnus alburnus</i>			√	√	
<i>Anguilla anguilla</i>	√	√	√	√	√
<i>Barbatula pindus</i>				√	
<i>Barbus albanicus</i>	√				√
<i>Barbus macedonicus</i>			√		
<i>Barbus peloponnesius</i>	√	√	√	√	√
<i>Blennius fluviatilis</i>	√	√	√		
<i>Chondrostoma vardarensis</i>			√	√	
<i>Gobio gobio</i>			√	√	
<i>Leuciscus cephalus</i>	√	√	√	√	√
<i>Leuciscus pleurobipunctatus</i>	√	√			√
<i>Pachychilon pictus</i>				√	
<i>Pseudophoxinus stymphalicus</i>	√	√			√
<i>Salmo trutta</i>	√	√	√	√	√
<b>Σύνολο</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>7</b>

### 3.3.2. Ποιοτική και ποσοτική σύσταση των τοπικών ιχθυοκοινοτήτων

Δεδομένα σύστασης των ιχθυοκοινοτήτων και της αφθονίας των ειδών που συλλέχθηκαν, κατά τη διάρκεια της έρευνας, σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας δίνονται στους χάρτες του Παραρτήματος IV. Γενικά, υπήρχε μικρή συμμετοχή αριθμού ειδών σε κάθε δείγμα, ιδίως σε περιοχές μεγάλων υψομέτρων, όπου επικρατεί το σαλμονοειδές *Salmo trutta* (πέστροφα). Στις περιοχές χαμηλότερου υψομέτρου, όπου έχουν σχηματισθεί μεγαλύτεροι ποταμοί από τη συμβολή διάφορων ρεμάτων κυριαρχούν τα κυπρινοειδή. Υπάρχουν διαφορές στη σύσταση των ειδών κάθε ποταμού που σχετίζονται με ιστορικούς παράγοντες. Οι σημαντικότερες αφορούν τον ποταμό Αώο, ο οποίος περιέχει είδη τα οποία δεν απαντώνται σε άλλους ποταμούς της περιοχής μελέτης. Ο Πίνακας 6 συνοψίζει τους αριθμούς ατόμων κάθε είδους που αλιεύθηκαν συνολικά σε κάθε λεκάνη. Η συχνότητα παρουσίας των ειδών στους σταθμούς δειγματοληψίας δίνεται στον Πίνακα 7. Τα είδη *Barbus peloponnesius* και *Salmo trutta* είχαν την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης, απαντώμενα σε περισσότερους από το 60 % των σταθμών, ενώ τα είδη *Alburnus alburnus*, *Gobio gobio*, *Oncorhynchus kisutch* και *Pachychilon pictus* ήταν εξαιρετικά σπάνια, με παρουσία μόνο σε ένα σταθμό το καθένα. Η αρκετά σημαντική συμμετοχή της πέστροφας στα αλιεύματα, αντανακλά τον μεγάλο αριθμό δειγματοληψιών που έγιναν σε περιοχές μεγάλου υψομέτρου. Το είδος *Leuciscus pleurobipunctatus*, όταν ήταν παρόν, συνήθως απαντούνταν σε μεγάλη πυκνότητα. Η απουσία του κατάδρομου *A. anguilla* (χέλι) από τις περιοχές των ποταμών Αχελώου, Αλιάκμονα και Άραχθου που ερευνήθηκαν, για τις οποίες υπάρχουν ιστορικές αναφορές παρουσίας του είδους, αποδίδεται στη διακοπή της διαμήκουσ συνεκτικότητας των ποταμών λόγω κατασκευής φραγμάτων.

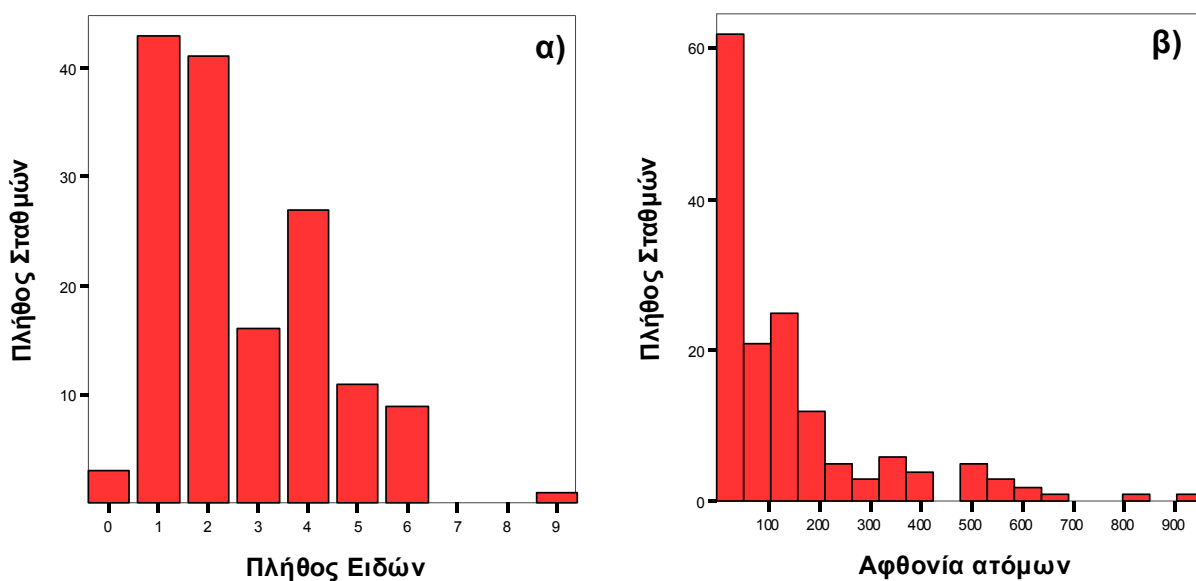
**Πίνακας 6.** Πραγματική αφθονία ψαριών που αλιεύθηκαν, ανά είδος και λεκάνη απορροής. Σε παρένθεση ο αριθμός των σταθμών δειγματοληψίας κάθε λεκάνης απορροής.

Είδος	Λεκάνη απορροής					Σύνολο (151)
	Αχελώος (60)	Αλφειός (33)	Αλιάκμονας (11)	Αώος (17)	Άραχθος (32)	
<i>Alburnoides bipunctatus</i>				1301	107	1408
<i>Alburnus alburnus</i>				8		8
<i>Anguilla anguilla</i>		1		64		74
<i>Barbatula pindus</i>				131		131
<i>Barbus albanicus</i>	257				138	395
<i>Barbus peloponnesius</i>	1983	1812	1389	709	1862	7755
<i>Barbus</i> sp.	175				356	531
<i>Blennius fluviatilis</i>	515					515
<i>Chondrostoma vardareense</i>				129		129
Cyprinidae (unidentified)	401	242		89	9	741
<i>Gobio gobio</i>				8		8
<i>Leuciscus cephalus</i>	1747	664		127	661	3199
<i>Leuciscus pleurobipunctatus</i>	567	2201			1257	4025
<i>Oncorhynchus kisutch</i> (εισαχθέν)		1				1
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (εισαχθέν)		13	59	3	3	78
<i>Pachychilon pictus</i>				2		2
<i>Pseudophoxinus stymphalicus</i>		125				125
<i>Salmo trutta</i>	1555	179	93	538	456	2821
<b>Σύνολο</b>	<b>7200</b>	<b>5247</b>	<b>1541</b>	<b>3109</b>	<b>4849</b>	

**Πίνακας 7.** Συχνότητα παρουσίας των ειδών στους σταθμούς δειγματοληψίας.

Είδος	Καταγραφή σε σταθμούς	Ποσοστό εμφάνισης (%)
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	14	9,3
<i>Alburnus alburnus</i>	1	0,7
<i>Anguilla anguilla</i>	9	6,0
<i>Barbatula pindus</i>	3	2,0
<i>Barbus albanicus</i>	19	12,6
<i>Barbus peloponnesius</i>	103	68,2
<i>Barbus</i> sp	22	14,6
<i>BleNNius fluviatilis</i>	15	9,9
<i>Chondrostoma vardarense</i>	3	2,0
Cyprinidae (unidentified)	12	7,9
<i>Gobio gobio</i>	1	0,7
<i>Leuciscus cephalus</i>	52	34,4
<i>Leuciscus pleurobipunctatus</i>	59	39,1
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	1	0,7
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	10	6,6
<i>Pachychilon pictus pictum</i>	1	0,7
<i>Pseudophoxinus stymphalicus</i>	7	4,6
<i>Salmo trutta</i>	101	66,9

Τα εισαχθέντα είδη *Oncorhynchus mykiss* (Αμερικάνικη πέστροφα) και *Oncorhynchus kisutch* (σολομός κόχο) δεν αναπαράγονται σε φυσικές συνθήκες στην Ελλάδα και βρέθηκαν μόνο σε περιοχές που έχουν διενεργηθεί εμπλουτισμοί καθώς και κοντά σε ιχθυοτροφεία από όπου διαφεύγουν. Οι μεγαλύτερης έκτασης εμπλουτισμοί αυτών των ειδών διενεργούνται στον Αλιάκμονα, όπου η Αμερικάνικη πέστροφα απαντάται σε σχετικά μεγάλη αφθονία (περίπου 5.4 άτομα ανά σταθμό δειγματοληψίας). Στον Αροάνειο, παραπόταμο του Λάδωνα (λεκάνη Αλφειού), πιάστηκαν άτομα *Salmo trutta* (πέστροφα) που ανήκουν σε ξενικό κλώνο και προφανώς διέφυγαν από ένα τοπικό ιχθυοτροφείο. Οι καλλιέργειες τέτοιων κλώνων και ακόμα περισσότερο οι διαφυγές τους στη φύση, δημιουργούν το ενδεχόμενο βλαπτικών υβριδισμών με την εγχώρια πέστροφα. Ένα τέτοιο ενδεχόμενο αποτελεί πραγματική απειλή για τη γενετική ποικιλότητα και μπορεί να θεωρηθεί σαν μία σοβαρή μορφή γενετικής ρύπανσης.



**Εικόνα 3.** Κατανομή πλήθους ειδών (α) και αφθονίας ατόμων (β) στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας.

Η μικρή ποικιλότητα ειδών στις ορεινές περιοχές αντανακλάται στην πιο πάνω εικόνα (Εικ. 3α), η οποία δείχνει την κατανομή του αριθμού ειδών που αλιεύθηκαν ανά σταθμό (δείγμα).

Μεγάλος αριθμός σταθμών είχε μέχρι δύο είδη ενώ, όλοι σχεδόν οι υπόλοιποι σταθμοί είχαν μέχρι έξι είδη. Η κατανομή του αριθμού ατόμων που αλιεύθηκαν ανά σταθμό (δείγμα) παρουσιάζεται στην εικόνα 3β. Ο αριθμός ατόμων ανά σταθμό κυμάνθηκε από 0 έως 950, με περίπου το 70 % των δειγμάτων να περιέχουν λιγότερα από 200 ψάρια.

### 3.3.3. Βιολογικά και οικολογικά γνωρίσματα των ψαριών

Τα είδη που απαντούνται σε ορεινούς ποταμούς είναι ψυχρόφιλα (*Salmonidae*) ή έχουν ανοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τα περισσότερα παρουσιάζουν μέτριο έως υψηλό βαθμό ρεοφιλίας, έχουν υψηλές απαιτήσεις σε οξυγόνο, είναι προσαρμοσμένα για διαβίωση σε τρεχούμενα καθαρά νερά και αναπαράγονται σε σκληρά υποστρώματα. Σε αντίθεση με τις ιχθυοκοινότητες των πεδινών ποταμών, τα λιμνόφιλα και ελόφιλα είδη απουσιάζουν (ή είναι σπάνια), όπως επίσης και τα είδη που τρέφονται με φυτά, πλαγκτό ή detritus. Τα είδη που χρησιμοποιούν φυτικά αναπαραγωγικά υποστρώματα είναι επίσης εξαιρετικά σπάνια. Λόγω των παραπάνω οικολογικών χαρακτηριστικών, τα ψάρια των ορεινών ποταμών είναι ευαίσθητοι δείκτες υδρομορφολογικών και φυσικοχημικών αλλοιώσεων (μεταβολή παροχής ή ταχύτητας ροής και συνεπαγόμενη θερμική μεταβολή, καναλοποίηση, διαμόρφωση κοίτης, αύξηση συγκέντρωσης ή επικάλυψης φερτών υλικών, κλπ.). Για παράδειγμα, αναμένεται ότι μία ελάττωση της παροχής ή της ταχύτητας ροής θα προκαλέσει μία μετάπτωση από μία ισχυρά ρεόφιλη ιχθυοκοινότητα, στην οποία επικρατεί η πέστροφα *Salmo trutta* με μικρή συμμετοχή του *Barbus peloponnesius*, σε μία λιγότερο ρεόφιλη ιχθυοκοινότητα, όπου κυρίαρχο είδος είναι το *Leuciscus cephalus*, συχνά με υψηλά ποσοστά συμμετοχής των ειδών *Barbus peloponnesius* και *Leuciscus pleurobipunctatus*.

Ορισμένα είδη (π.χ. *Barbus albanicus*, *B. macedonicus*) είναι ποταμόδρομα και εκτελούν εποχιακές μεταναστεύσεις για αναπαραγωγή ή διατροφή. Η πέστροφα *Salmo trutta* επίσης εκτελεί αναπαραγωγικές μεταναστεύσεις, αναζητώντας κατάλληλα χαλικώδη υποστρώματα για την απόθεση των αυγών, και με την έννοια αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ποταμόδρομο ψάρι ανάλογα με το εύρος των μετακινήσεών της. Μόνο ένα είδος (*Anguilla anguilla*) είναι διάδρομο (συγκεκριμένα κατάδρομο), εκτελώντας αναπαραγωγικές μεταναστεύσεις στη θάλασσα. Τα παραπάνω ποταμόδρομα είδη και το διάδρομο χέλι είναι εξαιρετικά ευαίσθητα σε επεμβάσεις του ανθρώπου που διακόπτουν τη συνεκτικότητα των ποταμών.

Περιγραφές των βιολογικών και οικολογικών χαρακτηριστικών των ειδών που απαντήθηκαν στις περιοχές της έρευνας καθώς και του εύρους της γεωγραφικής τους εξάπλωσης δίνονται στο Παράρτημα V. Με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά εκτιμήθηκαν ορισμένες παράμετροι των οικολογικών θώκων των ειδών, που συνοψίζονται στον Πίνακα 8. Τα δεδομένα του πίνακα αυτού αποτέλεσαν τη βάση για την κατάρτιση της λίστας των μετρικών του δείκτη βιοεκτίμησης (βλ. παρακάτω).

**Πίνακας 8.** Οικολογικοί θάκοι των ειδών που απαντήθηκαν στις περιοχές έρευνας.

	Ανθεκτικότητα									
	Κατανομή	Ενδιαίτημα	Ποιότητα νερού	Θερμοκρασία	Ενδιαίτημα (ρεόφιλια)	Ενδιαίτημα (θέση στη στήλη)	Αναπαραγωγή	Διατροφή	Μεταναστεύσεις	Μακροβιότητα
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	A	MA	MA	E	E	Σ	Λ	E	ΤΟ	BX
<i>Alburnus alburnus</i>	A	A	A	Θ	E	Σ	ΦΛ	ΠΑ	ΤΟ	BX
<i>Anguilla anguilla</i>	A	EN	A	E	E	B		I/E	Δ	MK
<i>Barbatula pindus</i>	A	EN	EN	E	P	B	Λ	E	ΤΟ	BX
<i>Barbus albanicus</i>	A	MA	EN	Θ	E	B	Ψ	ΠΑ	ΠΟ	MK
<i>Barbus peloponnesius</i>	A	MA	EN	E	P	B	Λ	ΠΑ	ΤΟ	MK
<i>Blennius fluviatilis</i>	A	MA	EN	Θ	E	B	ΣΠ	E	ΤΟ	BX
<i>Chondrostoma vardarensis</i>	A	MA	EN	Θ	P	Σ	Λ	ΦΥ	ΠΟ	MK
<i>Gobio gobio</i>	A	EN	EN	Θ	P	B	Ψ	E	ΤΟ	MK
<i>Leuciscus cephalus</i>	A	EN	EN	E	P	Σ	Λ	ΠΑ	ΤΟ	MK
<i>Leuciscus pleurobipunctatus</i>	A	MA	A	E	P	Σ	Λ	E	ΤΟ	BX
<i>Pachychilon pictus</i>	A	EN	A	Θ	E	B	Λ	ΠΑ	ΤΟ	BX
<i>Pseudophoxinus stymphalicus</i>	A	EN	A	E	Λ	Σ	Φ	ΠΑ	ΤΟ	BX
<i>Salmo trutta</i>	A	MA	MA	Ψ	P	Σ	Λ	I/E	ΠΟ	MK
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	EI			Ψ	P	Σ	Λ	I		MK
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	EI	MA	EN	Ψ	P	Σ	Λ	I/E		MK

Κατανομή (αρχικό εύρος κατανομής): **A** (αυτόχθον), **EI** (εισαχθέν)

Θερμοκρασιακό εύρος : **Θ** (θερμόφιλο), **Ψ** (ψυχρόφιλο), **E** (ευρύθερμο)

Ανθεκτικότητα: **MA** (μη ανθεκτικό), **A** (ανθεκτικό), **EN** (ενδιάμεσο)

Ενδιαίτημα (χαρακτηριστικά ροής): **P** (ρεόφιλο), **Λ** (λιμόφιλο ή ελόφιλο, προτίμηση σε νερά στάσιμα ή με αργή κίνηση), **E** (ευρύτοπο)

Ενδιαίτημα (θέση στη κατακόρυφη στήλη νερού): **Σ** (στήλη – βενθοπελαγικό είδος), **B** (βενθικό)

Αναπαραγωγή (αναπαραγωγικό υπόστρωμα): **Λ** (λιθόφιλο), **Φ** (φυτόφιλο), **ΦΛ** (φυτολιθόφιλο), **Ψ** (ψαμμόφιλο), **ΣΠ** (σπηλεόφιλο), κλπ.

Διατροφή (αναφορικά με τη κυρίαρχη διαίτα): **Π** (πλαγκτοφάγο), **ΦΥ** (φυτοφάγο), **E** (εντομοφάγο), **ΠΑ** (παμφάγο), **I** (ιχθυοφάγο) κλπ.

Μεταναστεύσεις (αναφορικά με τη κλίμακα των μετακινήσεων): **Δ** (διάδρομο), **ΠΟ** (ποταμόδρομο), **ΤΟ** (τοπικές μετακινήσεις)

Μακροβιότητα (αναφορικά με τη διάρκεια ζωής): **MK** (Μακρόβιο, > 5 χρόνια), **BX** (βραχύβιο, < 5 χρόνια).

### 3.4. Ποτάμια τυπολογία

Η τυπολογική ταξινόμηση των ποταμών αποτελεί απαραίτητο βήμα για τον προσδιορισμό συνθηκών αναφοράς στη μέθοδο βιοεκτίμησης που έχει **χωρική βάση**. Υπενθυμίζεται ότι η δημιουργία τυπολογίας δεν απαιτείται για τη μέθοδο βιοεκτίμησης που στηρίζεται στο **μοντέλο πρόβλεψης**. Κατά συνέπεια, η παρούσα παράγραφος της «Ποτάμιας τυπολογίας» αναφέρεται σε βήματα που πραγματοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του δείκτη **χωρικής βάσης**.

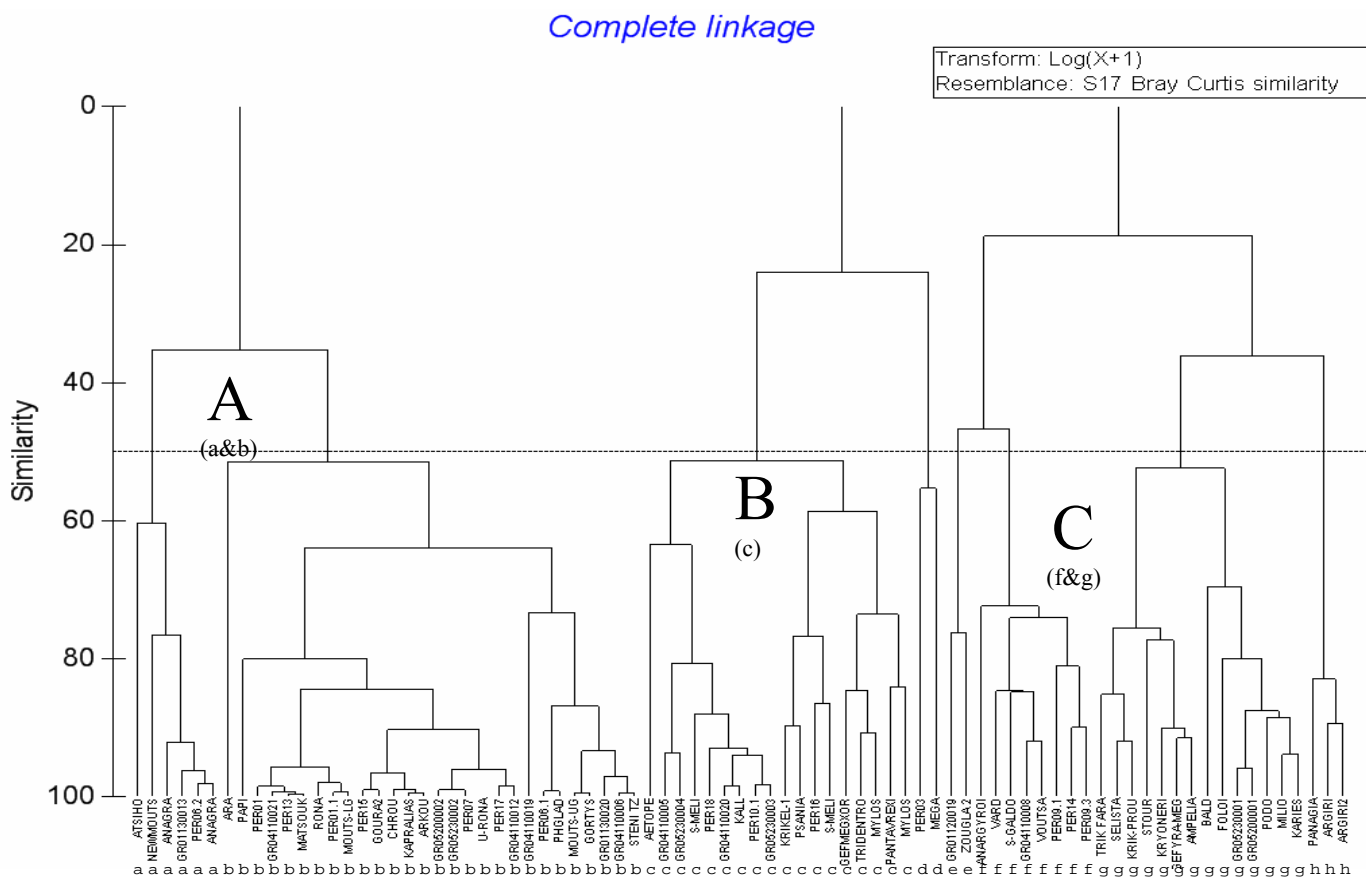
Για να μπορεί μία τυπολογία να περιγράψει λειτουργικές συνθήκες αναφοράς πρέπει οι παράμετροι που προσδιορίζουν τους τύπους να επιλεγούν με βιολογικά κριτήρια. Η έννοια της βιοτικής τυπολογίας στηρίζεται στην εμπειρική παρατήρηση ότι είδη υδρόβιων οργανισμών (π.χ. ψάρια) με παρόμοιες οικολογικές απαιτήσεις τείνουν να απαντούνται μαζί, σχηματίζοντας “συναθροίσεις”, σε συγκεκριμένες υδάτινες περιοχές που ικανοποιούν αυτές τις απαιτήσεις. Συνεπώς, ποτάμιες περιοχές με παρόμοιες οικολογικές συνθήκες φιλοξενούν παρόμοιες ιχθυοκοινοότητες. Διάφορα ερευνητικά προγράμματα και ομάδες υποστηρικτικές της Οδηγίας προτείνουν σαν πλέον αποδεκτό τρόπο δημιουργίας τυπολογίας ποταμών τον εντοπισμό ποτάμιων τμημάτων με παρόμοια σύσταση ειδών (βιοτική τυπολογία) που στη συνέχεια θα περιγραφούν με βάση τα αβιοτικά χαρακτηριστικά τους (αβιοτική τυπολογία). Ο συνολικός στόχος αυτής της προσέγγισης (bottom-up approach) είναι να επιτευχθεί μία τυπολογική ταξινόμηση που επιτρέπει τη μεγαλύτερη δυνατή βιολογική ομοιογένεια εντός των τύπων (και τη μεγαλύτερη ετερογένεια μεταξύ των τύπων), καθώς έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν κοινές συνθήκες αναφοράς για όλες τις ποτάμιες περιοχές κάθε τύπου. Ωστόσο, η επίτευξη πολύ μεγάλης ομοιογένειας εντός των τύπων μπορεί να γίνει μόνο με την αύξηση του αριθμού των τύπων, και αυτό εμπεριέχει ένα διαχειριστικό κόστος, γιατί δημιουργείται η ανάγκη προσδιορισμού συνθηκών αναφοράς σε ένα μεγαλύτερο αριθμό τύπων. Συνεπώς, ένα λειτουργικό τυπολογικό σχήμα αποτελεί έναν συμβιβασμό μεταξύ της επιθυμίας για βιολογική αποτελεσματικότητα και για διαχειριστική ή οικονομική αποδοτικότητα.

#### 3.4.1. Βιοτική τυπολογία

Για το σκοπό της δημιουργίας βιοτικής τυπολογίας προσδιορίστηκαν “σχετικά αδιατάρακτες θέσεις” που ικανοποιούσαν τα κριτήρια που περιγράφηκαν στο τμήμα 2.4.1 (οι τιμές των πέντε πρωταρχικών πιέσεων είναι 1 ή 2, και καμία τιμή των υπόλοιπων πιέσεων δεν παίρνει την τιμή 5). Με τη διαδικασία αυτή εντοπίστηκαν 82 θέσεις από τις συνολικά 151 που αλιεύθηκαν. Η ομοιογένεια των ιχθυολογικών συναθροίσεων από τις θέσεις αυτές διερευνήθηκε με τη μέθοδο της “**ιεραρχικής ομαδοποίησης**” **Bray-Curtis** (*Hierarchical Cluster Analysis*, Ward’s method), η οποία εξετάζει την ομοιότητα μεταξύ δειγμάτων και αρμόζει σε δεδομένα ψαριών (CLARKE & WARWICK, 1994). Αρχικά, τα δεδομένα αφθονίας ατόμων ανά κλάση μεγέθους κάθε είδους ενοποιήθηκαν σε αφθονία ατόμων κάθε είδους, στη συνέχεια μετασχηματίστηκαν σε στρεμματικές πυκνότητες (άτομα/1000m<sup>2</sup>), και τέλος λογαριθμήθηκαν για επίτευξη ομαλοποίησης της κατανομής τους [Log(X+1)]. Από την ανάλυση αφαιρέθηκαν τα μη αναγνωρισμένα είδη (συνήθως πολύ νεαρά άτομα) και όσα είδη δεν συμμετείχαν με ποσοστό μεγαλύτερο από 2.5% επί του συνόλου ατόμων κάθε θέσης. Στο Παράρτημα VI παρουσιάζονται πίνακες με τις τιμές προ-ταξινόμησης και την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των ιχθυοκοινοτήτων (αφθονία κάθε είδους, άτομα/1000m<sup>2</sup>) στις 82 θέσεις. Ο τρόπος ομαδοποίησης των δειγμάτων σε κάθε ομάδα ήταν η ολοκληρωμένη σύνδεση (complete linkage). Το **κριτήριο ομοιότητας (similarity percent) για τις ομάδες καθορίστηκε στο 50%**. Από την ανάλυση εξαιρέθηκε το δείγμα του σταθμού ARKAS στο π. Λούσιο, μολονότι πληρούσε τα κριτήρια απουσίας πίεσης, γιατί η ορμητικότητα των νερών και η ύπαρξη φυσικών εμποδίων (καταρράκτες) δεν επιτρέπουν την παρουσία ψαριών.



Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ομαδοποίησης παρουσιάζονται στο δενδρόγραμμα της εικόνας 4. Σε επίπεδο ομοιότητας 50 % (similarity) διακρίνονται οκτώ βιοτικές ομάδες δειγμάτων (a έως h), σε κάθε μια από τις οποίες παρατηρήθηκε σημαντική ιχθυολογική ομοιογένεια. Η γεωγραφική κατανομή των δειγμάτων (θέσεων), που ανήκουν στις οκτώ βιοτικές ομάδες και για κάθε εξεταζόμενο ποτάμιο σύστημα, παρουσιάζεται στους χάρτες του Παραρτήματος VII. Στην εικόνα 4 φαίνονται, παράλληλα και τρεις ιχθυολογικές ομάδες ομοιότητας Α, Β και C, βιοτικοί τύποι όπως αναφέρονται και αναλύονται πιο κάτω, με τις αντίστοιχες βιοτικές ομάδες τις οποίες περιλαμβάνουν.

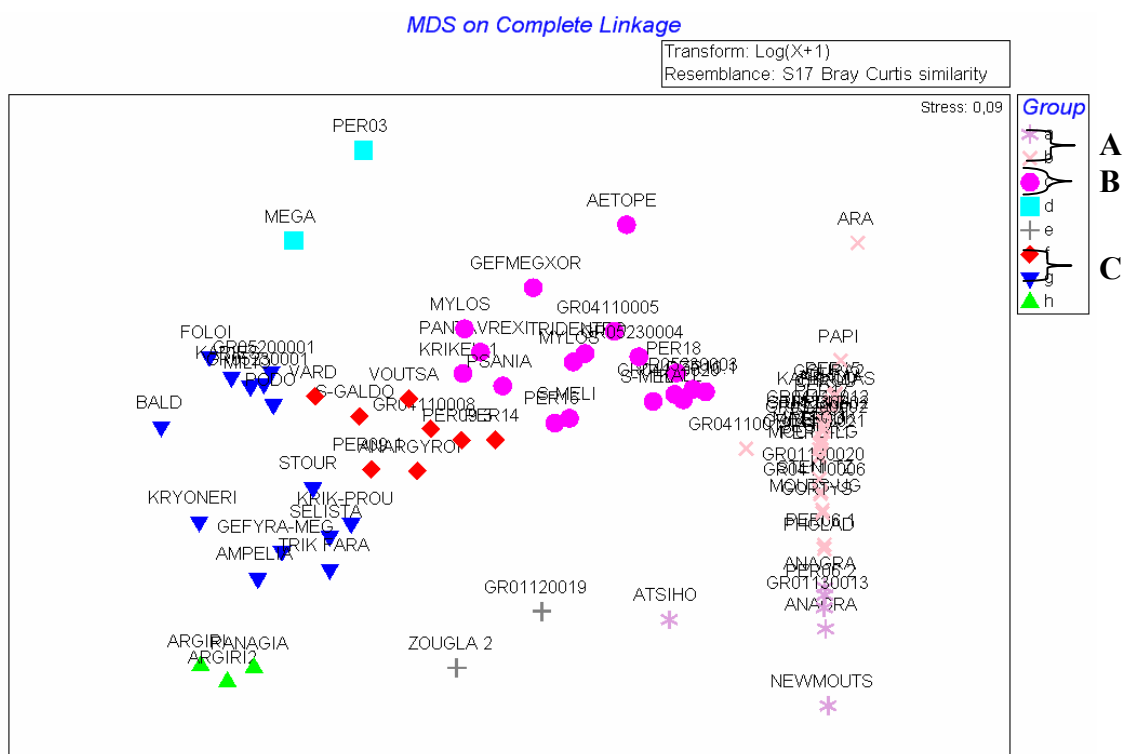


**Εικόνα 4.** Ιεραρχική ομαδοποίηση των ιχθυολογικών δεδομένων από 81 σχετικά αδιατάρακτες θέσεις με βάση τη σύνθεση της ιχθυοκοινότητας (είδη, στρεμματική πυκνότητα), με τη μέθοδο Ward. Η διακεκομμένη γραμμή είναι το κριτήριο ομαδοποίησης (ομοιότητα Bray-Curtis > 50%). Ο χαρακτήρας στο κάτω μέρος κάθε θέσης συμβολίζει την ομάδα στην οποία η θέση αυτή κατατάχθηκε. Τα κεφαλαία γράμματα (A, B, C) συμβολίζουν τους τρεις κύριους βιοτικούς τύπους, όπως θα αναφερθούν πιο κάτω (με a, b, c, f και g υποδηλώνονται οι κύριες βιοτικές ομάδες που απαρτίζουν κάθε βιοτικό τύπο).

Επιπροσθέτως, έγιναν ανεξάρτητες αναλύσεις (με τη μέθοδο της “**ιεραρχικής ομαδοποίησης**” Bray-Curtis) με δεδομένα ποσοστιαίας συμμετοχής και παρουσίας/απουσίας ειδών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης με δεδομένα ποσοστιαίας συμμετοχής ήταν σε συμφωνία με τα αποτελέσματα με δεδομένα στρεμματικής πυκνότητας. Αντίθετα, η ανάλυση με δεδομένα παρουσίας/απουσίας δημιούργησαν μία συγκεχυμένη εικόνα, καθώς κάθε μία από τις κύριες ομάδες περιείχε πολλές υπο-ομάδες.

Για την επιβεβαίωση της ομαδοποίησης και την ανίχνευση των κατευθυντήριων ειδών που ευθύνονται για αυτή, έγινε ταξιθέτηση με τη **μη μετρική μέθοδο πολυδιάστατης κλίμακας** (*multi-dimensional scaling, MDS*) του στατιστικού προγράμματος *PRIMER 5.0*. (Everitt 1978). Στην συγκεκριμένη περίπτωση έγιναν 10 εκκινήσεις και το **minimum stress value ήταν 0.09**, γεγονός που σύμφωνα με τους CLARCK & WARWICK (1994) καθιστά αξιόπιστο το διάγραμμα.

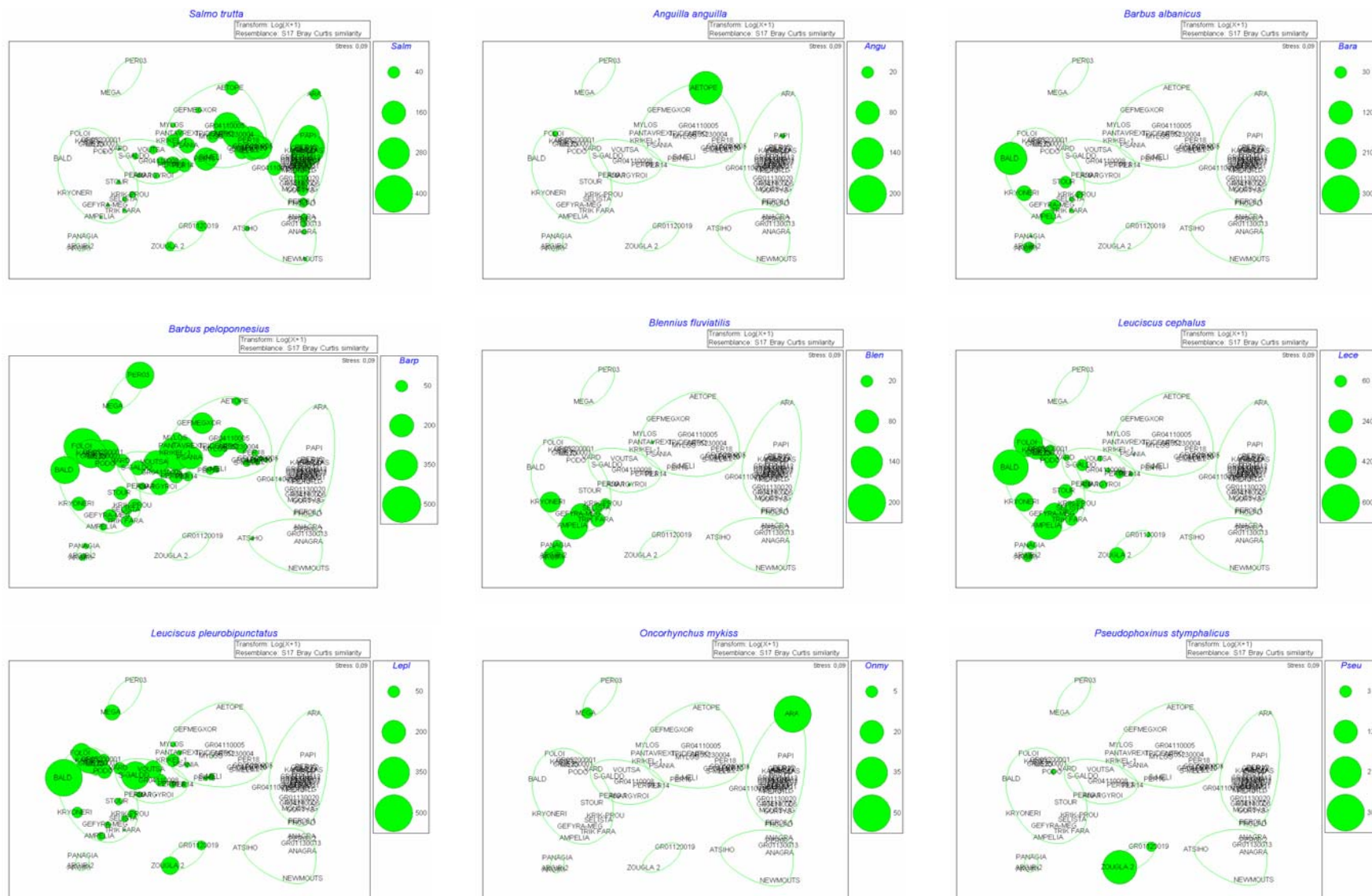
Αρχικά οι θέσεις δειγματοληψίας τοποθετήθηκαν σε διάγραμμα *MDS* (Εικ. 5). Οι δύο ομάδες που βρίσκονται στη δεξιά πλευρά του διαγράμματος αντιστοιχούν στις βιοτικές ομάδες a και b και αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από πέστροφα (*Salmo trutta*, *Oncorhynchus mykiss*), σε διαφορετικές όμως πυκνότητες (αφθονίες). Η βιοτική ομάδα που βρίσκεται άνω αριστερά (ομάδα d) κυριαρχείται από *Barbus peloropnesius*. Το είδος αυτό συμμετέχει σημαντικά στην ιχθυολογική σύσταση όλων των υπόλοιπων ομάδων εκτός αυτών που αντιστοιχούν στους δύο προαναφερθέντες τύπους πέστροφας. Με εξαίρεση το χέλι, τα υπόλοιπα ψάρια (*Barbus albanicus*, *Blennius fluviatilis*, *Leuciscus cephalus*, *Leuciscus pleurobipunctatus*) παρουσιάζουν υψηλή συμμετοχή στις ομάδες που βρίσκονται αριστερά στην *MDS* και ακολουθούν μία φθίνουσα τάση κατά μήκος του οριζώντιου άξονα. Γενικά, η ταξιθέτηση *MDS* επιβεβαιώνει την εγκυρότητα της ομαδοποίησης με την μέθοδο *Bray-Curtis*. Η τιμή του συντελεστή stress ήταν 0.09, που υποδηλώνει ελάχιστη πιθανότητα η διάταξη των θέσεων στην *MDS* να οφείλεται στην τύχη.



**Εικόνα 5.** Ταξιθέτηση *MDS* των 81 σχετικά αδιατάρακτων θέσεων. Τα σύμβολα αντιστοιχούν στις ομάδες που προέκυψαν από την ανάλυση ομαδοποίησης.

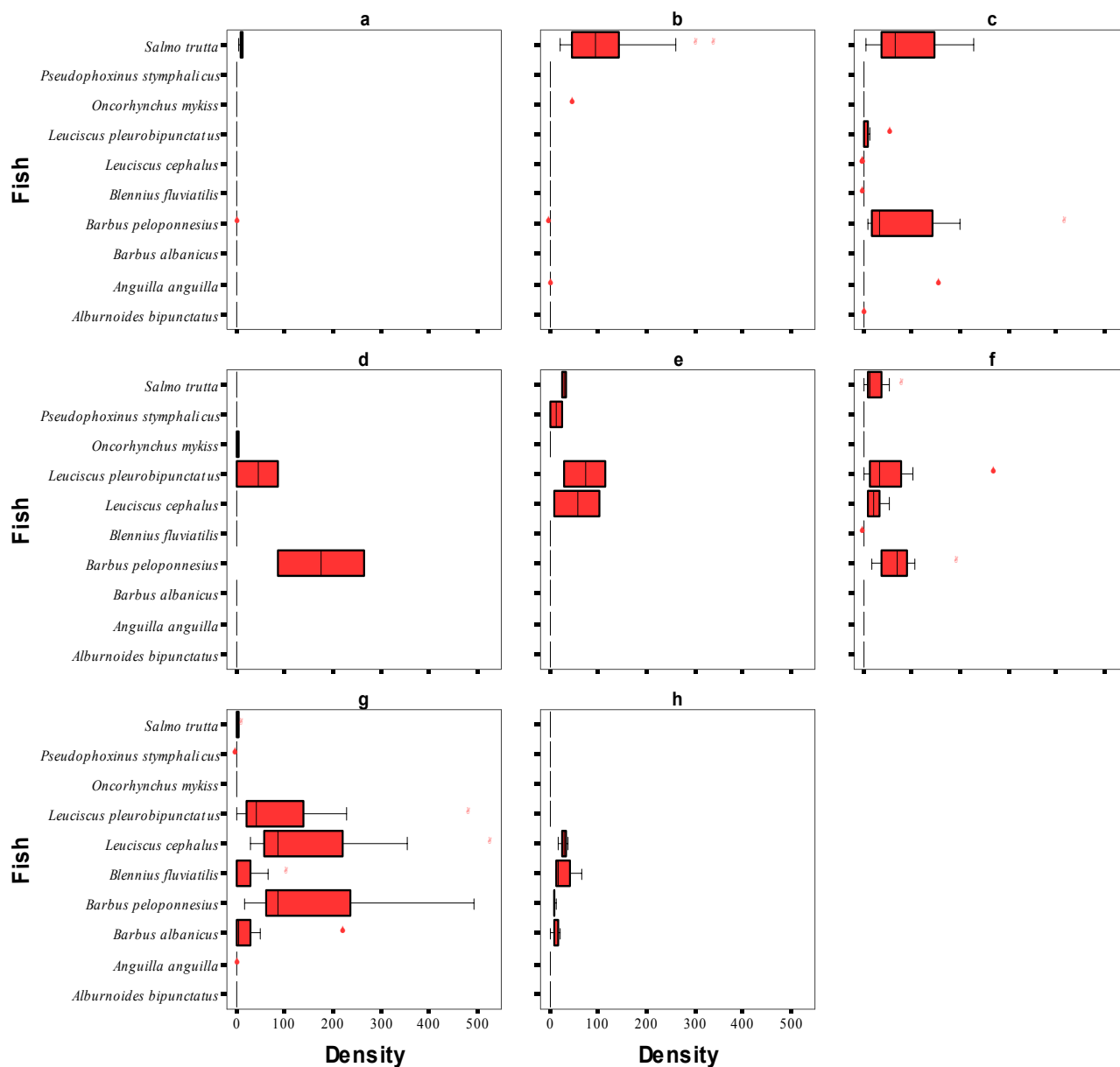
Στην εικόνα 6 απεικονίζονται οι αφθονίες (άτομα/1000m<sup>2</sup>) των διαφόρων ειδών ψαριών, που χρησιμοποιήθηκαν στην παραπάνω πολυμεταβλητή ανάλυση, σε κάθε βιοτική ομάδα, όπως αυτές οι ομάδες προέκυψαν από την ανάλυση *MDS*.

Δείκτης οικολογικής κατάστασης ορεινών ποταμών – Τελική Έκθεση



Εικόνα 6. Προβολές της σύστασης των δειγμάτων (είδος σε πυκνότητα ατόμων) στην ταξιθέτηση MDS. Για κάθε είδος, το μέγεθος του κύκλου καθορίζεται από την κατηγοριοποίηση των στρεμματικών πυκνοτήτων (άτομα/1000m<sup>2</sup>) σε τέσσερις κλάσεις αφθονίας. Οι διαφορετικές ομάδες δειγμάτων (βιοτικές ομάδες) περικλείονται από έλλειψη.

Η ιχθυολογική σύσταση (είδη και πυκνότητα) των οκτώ βιοτικών ομάδων απεικονίζεται στην εικόνα 7.



**Εικόνα 7.** Σύθεση της ιχθυοκοινότητας κάθε βιοτικής ομάδας (συμμετέχοντα είδη, πυκνότητα εκφρασμένη σε άτομα/1000m<sup>2</sup>) σύμφωνα με δεδομένα από 81 σχετικά αδιατάρακτες θέσεις. Με κύκλο συμβολίζουν οι περιπτώσεις δειγμάτων που εμφανίζουν ακραίες τιμές (outliers) και με αστερίσκο οι εξαιρετικά ακραίες τιμές (extreme values).

Η παρουσία ακραίων τιμών (outliers) καθώς και εξαιρετικά ακραίων τιμών (extreme values), που εμφανίστηκαν σε περισσότερες από μία περιπτώσεις (Εικ. 7), θεωρήθηκε πιθανή πηγή σφάλματος. Για το λόγο αυτό, τα δείγματα αυτά αφαιρέθηκαν και η ανάλυση ιεραρχικής ομαδοποίησης (*Cluster Analysis*) καθώς και η μη μετρική μέθοδος πολυδιάστατης κλίμακας (*MDS*) πραγματοποιήθηκε και πάλι, ώστε να διαπιστωθεί αν η απουσία τους από την ανάλυση θα διαφοροποιούσε την εικόνα της ομαδοποίησης. Παράλληλα, για μεγαλύτερη ασφάλεια, τα δείγματα ATSIHO και PODO εξαιρέθηκαν από την καινούργια αυτή ανάλυση, για λόγους που είχαν να κάνουν με ελλιπή δειγματοληψία στην 1<sup>η</sup> περίπτωση και με τη γειτνίασή με παρακείμενη λίμνη αντίστοιχα. Τελικά, διαπιστώθηκε ότι οι ομάδες παραμένουν διαχωρισμένες

στο 50% (similarity percent) και ότι τα ίδια δείγματα παραμένουν στις καθορισμένες βιοτικές ομάδες.

Για την ανάδειξη των ειδών ψαριών τα οποία ευθύνονται για τη διάκριση των ομάδων, οι οποίες προέκυψαν τόσο από την ανάλυση της ιεραρχικής ομαδοποίησης όσο και από τη μη μετρική μέθοδο πολυδιάστατης κλίμακας (MDS), πραγματοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης Μεταξύ Ομάδων (One Way ANOVA Between Groups). Τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 9 και δείχνουν ότι η διαφοροποίηση των ομάδων οφείλεται σε διαφορές της κατανομής και της αφθονίας των εξής ειδών: *Salmo trutta*, *Barbus peloponnesius*, *Barbus albanicus*, *Leuciscus pleurobipunctatus*, *Leuciscus cephalus*, *Blennius fluviatilis* και *Pseudophoxinus stymphalicus*.

**Πίνακας 9.** Ανάλυση Διακύμανσης μεταξύ των Ομάδων (One Way ANOVA between groups) για την αναγνώριση των ψαριών που ευθύνονται για τη διάκριση των ομάδων. Δίνεται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση για τις πυκνότητες των ψαριών (άτομα/στρέμμα) στις βιοτικές ομάδες που προέκυψαν (α έως η). Τα είδη που είναι υπεύθυνα για τη διάκριση των ομάδων φέρουν υπογράμμιση. A, B και C: βιοτικοί τύποι όπως περιγράφονται πιο κάτω.

		<u>Albi</u>	<u>Angu</u>	<u>Bara</u>	<u>Barp</u>	<u>Blen</u>	<u>Lece</u>	<u>LepI</u>	<u>Onmy</u>	<u>Pseu</u>	<u>Salm</u>
ANOVA Between Groups df= 7	Sum of Squares	0,708	1046,24	9560,58	294746	7121,15	288045	114695	59,6301	355,175	204987
	Mean Square	0,101	149,463	1365,79	42106,5	1017,30	41149,3	16385	8,51859	50,7393	29283,9
	F	0,477	0,462	2,191	6,456	4,501	10,337	4,125	0,267	13,990	6,98200
	Sig.	0,848	0,858	0,045	0,000	0,000	0,000	0,001	0,965	0,000	0,000
<b>Ομάδα</b>											
A	<b>a</b> Mean				0,70						8,75
	N=6 Std. Deviation				1,70						3,03
	<b>b</b> Mean		0,12		0,07				1,75		118,19
	N=28 Std. Deviation		0,63		0,39				9,27		88,75
B	<b>c</b> Mean	0,23	8,77		84,10	0,07	0,33	5,93			93,99
	N=18 Std. Deviation	0,95	37,22		105,88	0,31	0,77	13,48			71,95
	<b>d</b> Mean				177,09			43,75	2,09		
	N=2 Std. Deviation				126,69			61,87	2,95		
C	<b>e</b> Mean						55,79	72,15		13,50	29,50
	N=2 Std. Deviation						67,58	59,60		16,26	6,36
	<b>f</b> Mean				76,36	0,14	23,37	65,23			24,56
	N=8 Std. Deviation				55,61	0,39	15,28	90,78			27,37
	<b>g</b> Mean		0,35	28,60	152,22	20,77	160,56	94,30		0,04	2,32
	N=14 Std. Deviation		1,32	59,03	138,05	33,52	147,86	130,61		0,14	3,48
	<b>h</b> Mean			12,68	10,40	31,25	28,73				
	N=3 Std. Deviation			10,28	0,53	30,74	9,29				
<b>Total</b>	Mean	0,05	2,05	5,41	57,37	4,78	32,57	26,92	0,66	0,34	65,94
	N=81 Std. Deviation	0,45	17,54	26,24	98,16	17,18	85,05	71,12	5,46	2,78	79,93

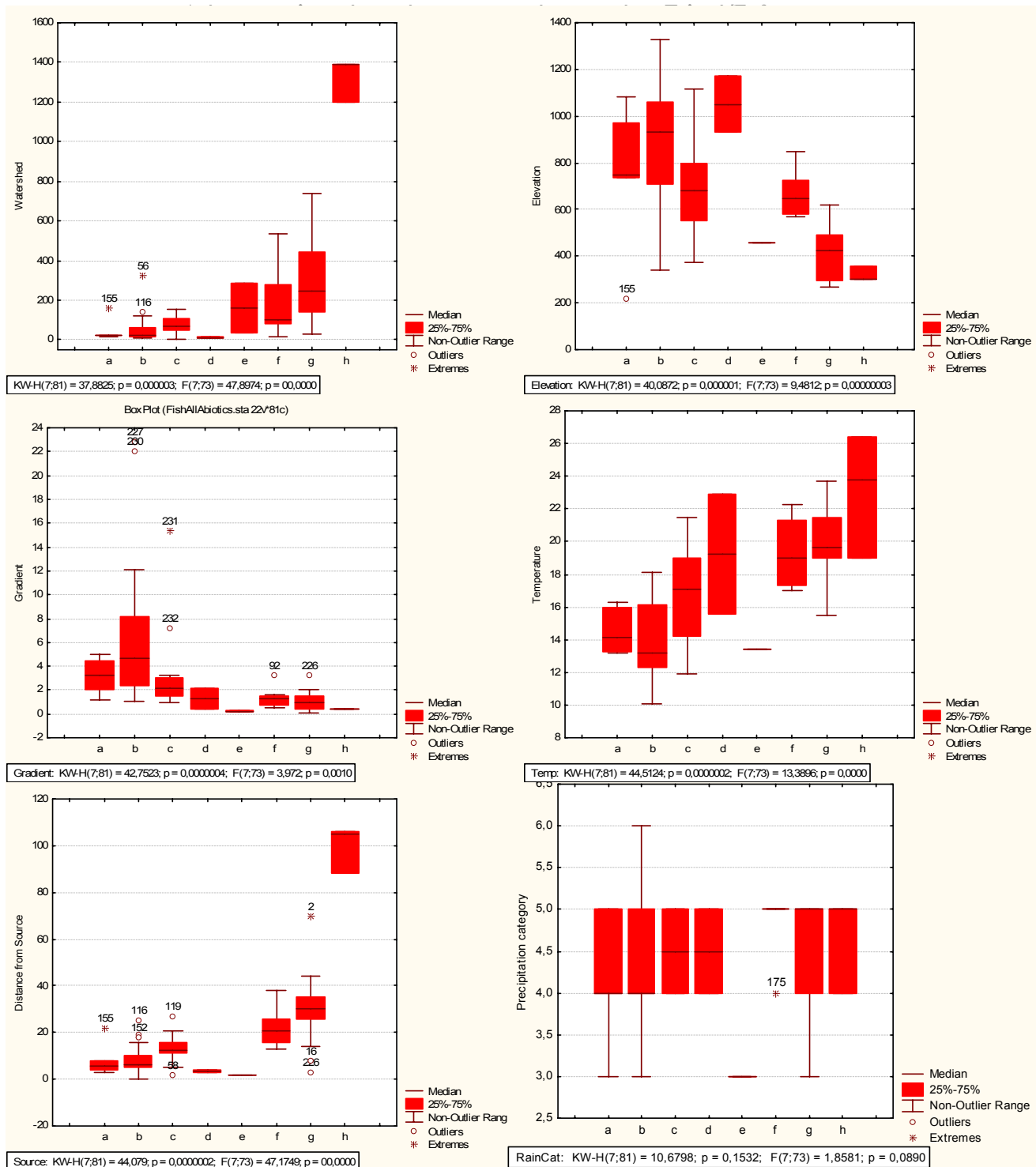
Γενικά, θα μπορούσε να πει κανείς, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, ότι στα ανώτερα (ορεινά) τμήματα των ποταμών επικρατούν οι βιοτικές ομάδες a και b, που χαρακτηρίζονται από σχεδόν πλήρη κυριαρχία της πέστροφας στην ιχθυοκοινότητα. Σε χαμηλότερα τμήματα παρατηρούνται οι ομάδες c και d, στις οποίες η πέστροφα συνυπάρχει με άλλα είδη και σε ακόμα χαμηλότερα τμήματα εμφανίζονται οι υπόλοιπες ομάδες (e, f, g και h), στις οποίες υπάρχει μικρή συμμετοχή της πέστροφας και μεγάλη συμμετοχή των κυπρινοειδών.

Για την επιβεβαίωση της ομαδοποίησης χρησιμοποιήθηκε, παράλληλα, και ο έλεγχος αβιοτικών παραμέτρων. Η μέση τιμή και η διακύμανση ορισμένων εκ των σημαντικότερων

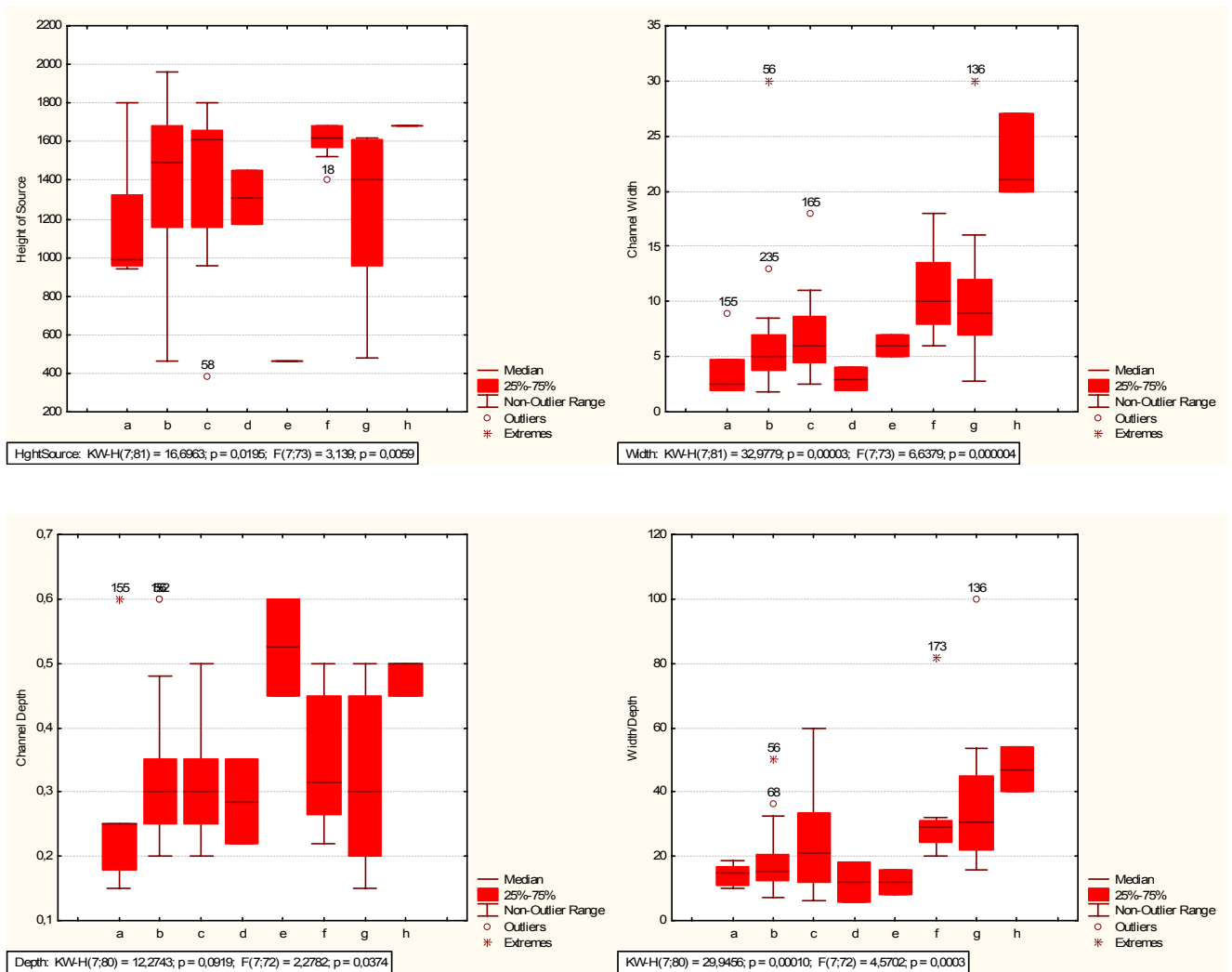
αβιοτικών (περιβαλλοντικών) παραμέτρων, στους σταθμούς που ανήκουν οι οκτώ βιοτικές ομάδες, φαίνεται στον Πίνακα 10. Για να διαπιστωθεί, επίσης, κατά πόσο οι μεταβλητές αυτές συντελούν στη διάκριση των βιοτικών ομάδων, χρησιμοποιήθηκαν οι στατιστικοί έλεγχοι *Kruskal-Wallis* και *ANOVA* (Εικ.10). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι ομάδες διαχωρίζονται αρκετά ικανοποιητικά μέσα από ένα συνδυασμό περιβαλλοντικών μεταβλητών, όπως λεκάνη απορροής, απόσταση από την πηγή, υψόμετρο, θερμοκρασία, πλάτος ενεργού κοίτης και κλίση του ποταμού.

**Πίνακας 10.** Στατιστικά μεγέθη (μέση τιμή, τυπική απόκλιση) ορισμένων περιβαλλοντικών μεταβλητών στις οκτώ βιοτικές ομάδες.

Biotic Group		Elevation (m)	Gradient (%)	Temperature (C°)	Watershed (km <sup>2</sup> )	Precipitation Category	Distance	Height	Width (m)	Depth (m)	Width/Depth
							Source (km)	Source (m)			
<b>a</b> N=6	Mean	750,50	3,17	14,51	43,93	4,17	8,00	1.166,67	3,78	0,29	14,32
	Std. Deviation	296,90	1,64	1,35	57,31	0,75	7,13	341,45	2,75	0,18	3,71
<b>b</b> N=28	Mean	877,18	6,30	13,94	52,16	4,43	8,43	1.402,25	6,11	0,33	17,86
	Std. Deviation	260,67	5,55	2,35	65,29	0,84	6,02	395,38	5,28	0,10	9,31
<b>c</b> N=18	Mean	680,11	3,02	16,92	76,67	4,50	13,50	1.413,89	6,89	0,31	23,81
	Std. Deviation	199,14	3,39	2,82	47,63	0,51	5,70	385,35	3,76	0,08	14,38
<b>d</b> N=2	Mean	1.050,00	1,30	19,22	11,45	4,50	3,50	1.310,00	3,00	0,29	11,95
	Std. Deviation	169,71	1,27	5,20	5,16	0,71	0,71	197,99	1,41	0,09	8,82
<b>e</b> N=2	Mean	455,50	0,24	13,40	159,90	3,00	2,00	465,00	6,00	0,53	11,94
	Std. Deviation	0,71	0,02	0,00	173,24	0,00	0,00	0,00	1,41	0,11	5,11
<b>f</b> N=8	Mean	665,63	1,34	19,33	183,69	4,88	21,75	1.602,50	10,88	0,35	33,94
	Std. Deviation	101,26	0,88	2,12	172,37	0,35	8,24	97,65	4,02	0,11	19,74
<b>g</b> N=14	Mean	406,07	1,09	19,83	307,79	4,50	30,00	1.253,21	10,77	0,31	36,49
	Std. Deviation	108,11	0,86	2,47	223,78	0,76	16,20	401,27	6,56	0,12	21,59
<b>h</b> N=3	Mean	321,33	0,40	23,05	1.327,43	4,67	99,67	1.680,00	22,67	0,48	46,89
	Std. Deviation	32,62	0,01	3,74	109,06	0,58	10,12	0,00	3,79	0,03	7,00
<b>Total</b> N=81	Mean	694,95	3,46	16,65	163,06	4,46	17,67	1.366,27	7,92	0,33	24,64
	Std. Deviation	276,52	4,27	3,62	275,15	0,73	20,15	393,62	5,96	0,11	16,50



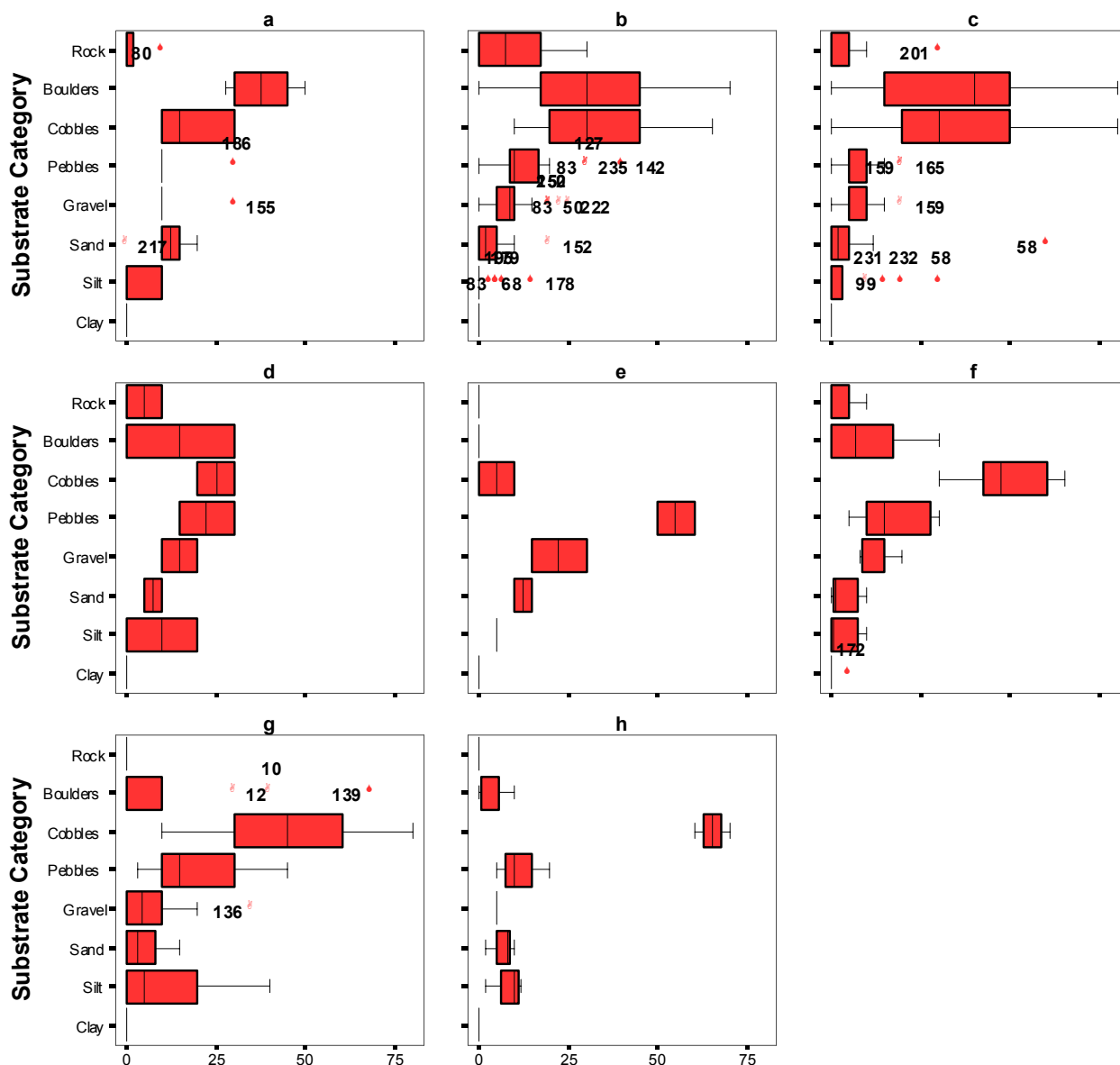
**Εικόνα 10.** Έλεγχος *Kruskal-Wallis* και ανάλυση *ANOVA* για τη διαπίστωση της διακριτικής ικανότητας των περιβαλλοντικών μεταβλητών στο διαχωρισμό των βιοτικών ομάδων.



**Εικόνα 10.** (συνέχεια) Έλεγχος *Kruskal-Wallis* και ανάλυση *ANOVA* για τη διαπίστωση της διακριτικής ικανότητας των περιβαλλοντικών μεταβλητών στο διαχωρισμό των βιοτικών ομάδων.

Επειδή το υπόστρωμα παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των ενδαιτημάτων των ψαριών, εξετάστηκε η ποσοστιαία σύσταση των υποστρωμάτων που απαντούνται στους σταθμούς κάθε βιοτικής ομάδας και τύπου. Δεδομένα υποστρώματος για τις οκτώ βιοτικές ομάδες παρουσιάζονται στην εικόνα 11. Επειδή, στους ορεινούς ποταμούς επικρατούν γενικότερα υποστρώματα με χονδρόκοκκο υλικό, η διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων δεν είναι έντονη. Παρά ταύτα, παρατηρείται ότι σε γενικές γραμμές το υπόστρωμα των σταθμών των βιοτικών ομάδων που βρίσκονται κοντά στις πηγές περιέχει πιο χονδρόκοκκα υλικά (βράχοι και ογκόλιθοι) από αυτούς των βιοτικών ομάδων που βρίσκονται σε χαμηλότερο υψόμετρο.





**Εικόνα 11.** Εύρη κατανομών της σύστασης του υποστρώματος σε κάθε βιοτική ομάδα. Οι τιμές αποτελούν τον αύξων αριθμό του κάθε δείγματος στη βάση δεδομένων.

Συμπερασματικά, ένα εθνικό τυπολογικό σχήμα που μόνο στα ανώτερα τμήματα των ποταμών περιέχει οκτώ βιοτικές ομάδες είναι δύσχρηστο από τη διαχειριστική άποψη, καθώς απαιτεί ογκώδεις σειρές δειγματοληπτικών δεδομένων για τον προσδιορισμό των συνθηκών αναφοράς και τις βαθμονομήσεις του ιχθυολογικού δείκτη. Για το λόγο αυτό αποφασίσθηκε η ομαδοποίηση των βιοτικών ομάδων που παρουσιάζουν ιχθυοπανιδικές ομοιότητες και η υπαγωγή τους σε τρεις ευρύτερες ομάδες (A, B και C), οι οποίες εφεξής προσδιορίζονται σαν “**βιοτικοί τύποι**” (βλ. Εικ.4). Στους τρεις βιοτικούς τύπους δόθηκαν συμβατικές ονομασίες σχετικές με τα είδη ψαριών που τους χαρακτηρίζουν. Πιο συγκεκριμένα οι τύποι ονομάστηκαν ως εξής:

- Τύπος A: Πέστροφας
- Τύπος B: Πέστροφας-Μπριάνας
- Τύπος C: Ορεινών Κυπρινοειδών

Η ιχθυολογική ομοιογένεια εντός των βιοτικών τύπων είναι μικρότερη από ότι εντός των βιοτικών ομάδων, όμως εξακολουθεί να είναι αρκετά υψηλή ώστε να είναι δυνατή η θέσπιση συνθηκών αναφοράς με σχετικά μικρά όρια διακύμανσης των ιχθυολογικών παραμέτρων. Στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται μία συνοπτική ιχθυολογική περιγραφή των τριών βιοτικών τύπων και των οκτώ βιοτικών ομάδων που τους απαρτίζουν. Οι αναφορές σε αφθονία (πυκνότητα) υποδηλώνουν σχετικές τιμές σε όρους στρεμματικής πυκνότητας (άτομα/1000m<sup>2</sup>).

**Πίνακας 11.** Ιχθυολογική σύσταση των βιοτικών ομάδων που περιέχονται στους τρεις βιοτικούς τύπους, με γενικές αναφορές στην αφθονία (πυκνότητα) των ειδών.

		Ιχθυολογική σύσταση
<b>Τύπος Πέστροφας (A)</b>		
	Ομάδα a	▶ -Σχεδόν αποκλειστικά <i>Salmo trutta</i> σε χαμηλές πυκνότητες.
	Ομάδα b	▶ - <i>Salmo trutta</i> σε μεγάλες πυκνότητες με πολύ μικρή συμμετοχή <i>Barbus peloponnesius</i> .
<b>Τύπος Πέστροφας-Μπριάνας (B)</b>		
	Ομάδα c	▶ -Κυρίως <i>Salmo trutta</i> και <i>Barbus peloponnesius</i> . Μικρότερη αφθονία του <i>Leuciscus pleurobipunctatus</i> και περιστασιακή παρουσία άλλων ειδών.
	Ομάδα d	▶ - <i>Barbus peloponnesius</i> σε μεγάλες πυκνότητες και ικανοποιητική παρουσία του <i>Leuciscus pleurobipunctatus</i> .
<b>Τύπος Ορεινών Κυπρινοειδών (C)</b>		
	Ομάδα e	▶ - <i>Leuciscus pleurobipunctatus</i> και <i>Leuciscus cephalus</i> σε μέτριες πυκνότητες, <i>Salmo trutta</i> και <i>Pseudophoxinus stymphalicus</i> σε μικρές πυκνότητες και ελάχιστη αντιπροσώπευση άλλων ειδών.
	Ομάδα f	▶ - <i>Barbus peloponnesius</i> και <i>Leuciscus pleurobipunctatus</i> σε μέτριες πυκνότητες, <i>Salmo trutta</i> και <i>Leuciscus cephalus</i> σε μικρές πυκνότητες και ελάχιστη αντιπροσώπευση άλλων ειδών.
	Ομάδα g	▶ -Μεγάλη ποικιλότητα σε είδη που αντιπροσωπεύονται σε σημαντικές αφθονίες ( <i>Leuciscus cephalus</i> , <i>Barbus peloponnesius</i> , <i>Leuciscus pleurobipunctatus</i> , <i>Barbus albanicus</i> και <i>Blennius fluviatilis</i> ) με ελάχιστη παρουσία άλλων ειδών.
	Ομάδα h	▶ - <i>Blennius fluviatilis</i> σε μικρές πυκνότητες, μικρότερη αφθονία των <i>Leuciscus cephalus</i> και <i>Barbus albanicus</i> , ελάχιστη παρουσία άλλων ειδών.

Ο βιοτικός τύπος A (Πέστροφας) εμπεριέχει τις ομάδες a και b και κυριαρχείται από τη μεγάλη ποσοστιαία αναλογία της πέστροφας *Salmo trutta*, που στους σταθμούς της ομάδας a είναι συχνά το μόνο είδος που απαντάται. Ο τύπος B (Πέστροφας-Μπριάνας) περιέχει την ομάδα c, η οποία αντιπροσωπεύεται από μεγάλο αριθμό σταθμών και χαρακτηρίζεται από τη σημαντική αφθονία των ειδών *Salmo trutta* και *Barbus peloponnesius*. Ο ίδιος τύπος περιέχει και την ομάδα d, η οποία αντιπροσωπεύεται από δύο μόνο σταθμούς και δεν κρίνεται ασφαλής η περιγραφή της και η περαιτέρω υπαγωγή της στον τύπο. Ο τύπος C (Ορεινών Κυπρινοειδών) χαρακτηρίζεται από την παρουσία πολλών ειδών συγκριτικά με τους τύπους A και B, με σημαντικό χαρακτηριστικό την απουσία ή μικρή αφθονία της πέστροφας *Salmo trutta*. Στον τύπο αυτό υπάγονται τέσσερις βιοτικές ομάδες, από τις οποίες μόνο δύο (f και g)

αντιπροσωπεύονται με σημαντικό αριθμό σταθμών. Οι δύο αυτές ομάδες διαφοροποιούνται ως προς τη μεγαλύτερη συμμετοχή της πέστροφας στην f και την παρουσία ή μεγαλύτερη αντιπροσώπευση λιμνόφιλων ψαριών (*Barbus albanicus*, *Anguilla anguilla*, *Blennius fluviatilis*) στη ομάδα g (βλ. Εικ. 7). Η ομάδα e, αντιπροσωπευόμενη από δύο μόνο σταθμούς, συνιστά μία ιδιαίτερη τυπολογική περίπτωση που χαρακτηρίζεται από παρουσία εκτάσεων με στάσιμα αλλά ψυχρά νερά ή ακόμα και ελώδεις συνθήκες, που ευνοούν την παρουσία του ελόφιλου είδους *Pseudophoxinus stymphalicus* και την πληθυσμιακή αφθονία του ασθενώς ρεόφιλου είδους *Leuciscus pleurobipunctatus*. Επειδή τέτοιες συνθήκες δεν είναι τυπικές σε ορεινές περιοχές, και ο αριθμός των σταθμών στην ομάδα αυτή ήταν μικρός, αποφασίσθηκε να εξαιρεθεί η ομάδα αυτή από τον τύπο C. Τέλος, η ομάδα h δεν μπορεί να περιγραφεί με ασφάλεια από ιχθυολογική άποψη, γιατί το μεγάλο βάθος που χαρακτήριζε τις θέσεις δειγματοληψίας της ομάδας αυτής, δεν επέτρεπε τη διενέργεια ικανοποιητικών δειγματοληψιών. Κρίνεται ότι οι σταθμοί της ομάδας αυτής περιέχουν περίπου την ίδια σύσταση ειδών με αυτούς της ομάδας g, αλλά υπήρξαν πολλές διαφυγές ατόμων που επηρέασαν τόσο τη σύσταση όσο και την αφθονία των ειδών.

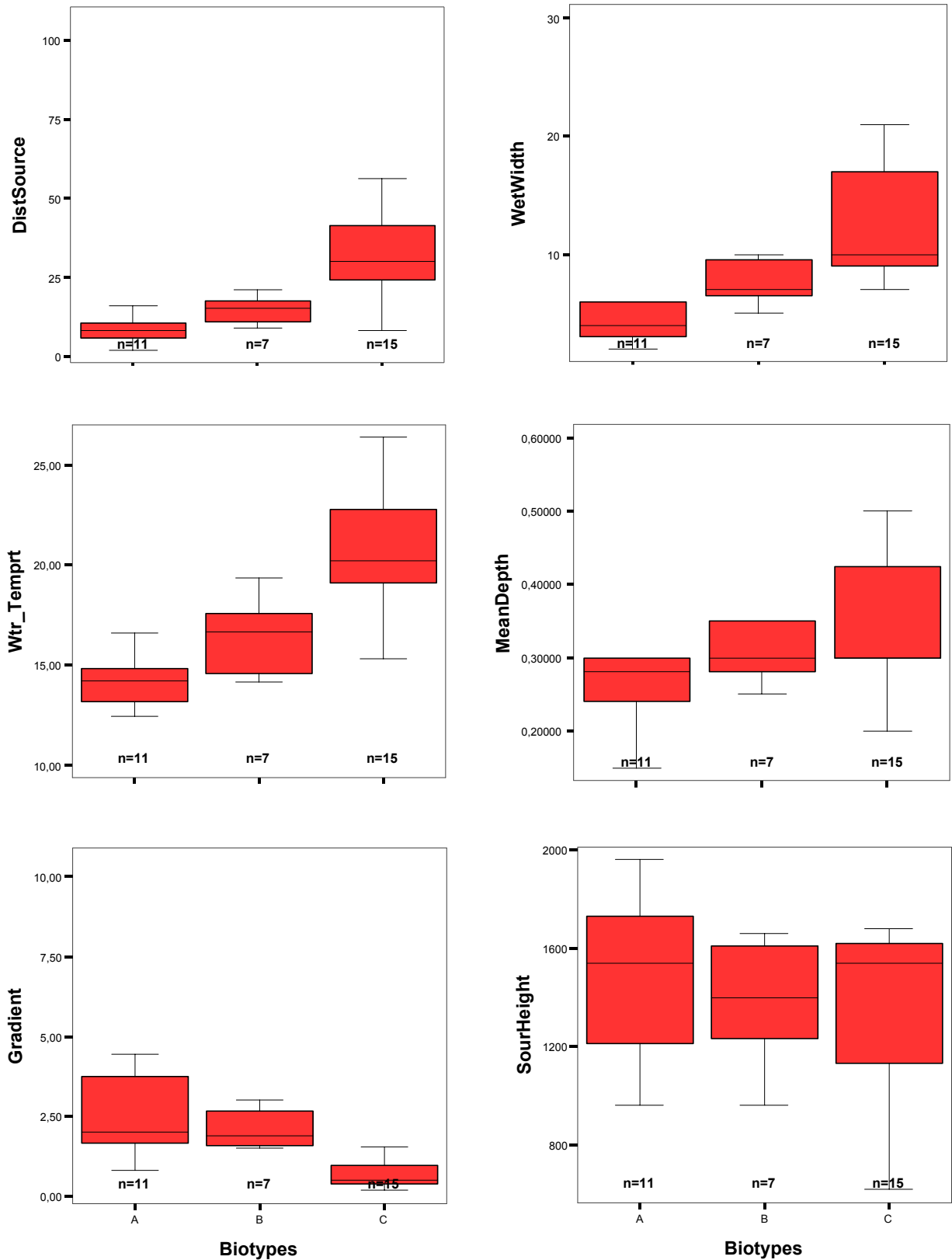
### 3.4.2. Αβιοτική τυπολογία

Η διερεύνηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων που διαφοροποιούν τις βιοτικές ομάδες και τους βιοτικούς τύπους έγινε με δύο τρόπους: με περιγραφική στατιστική και με στατιστικές μεθόδους ταξινόμησης.

#### A. Περιγραφική μέθοδος

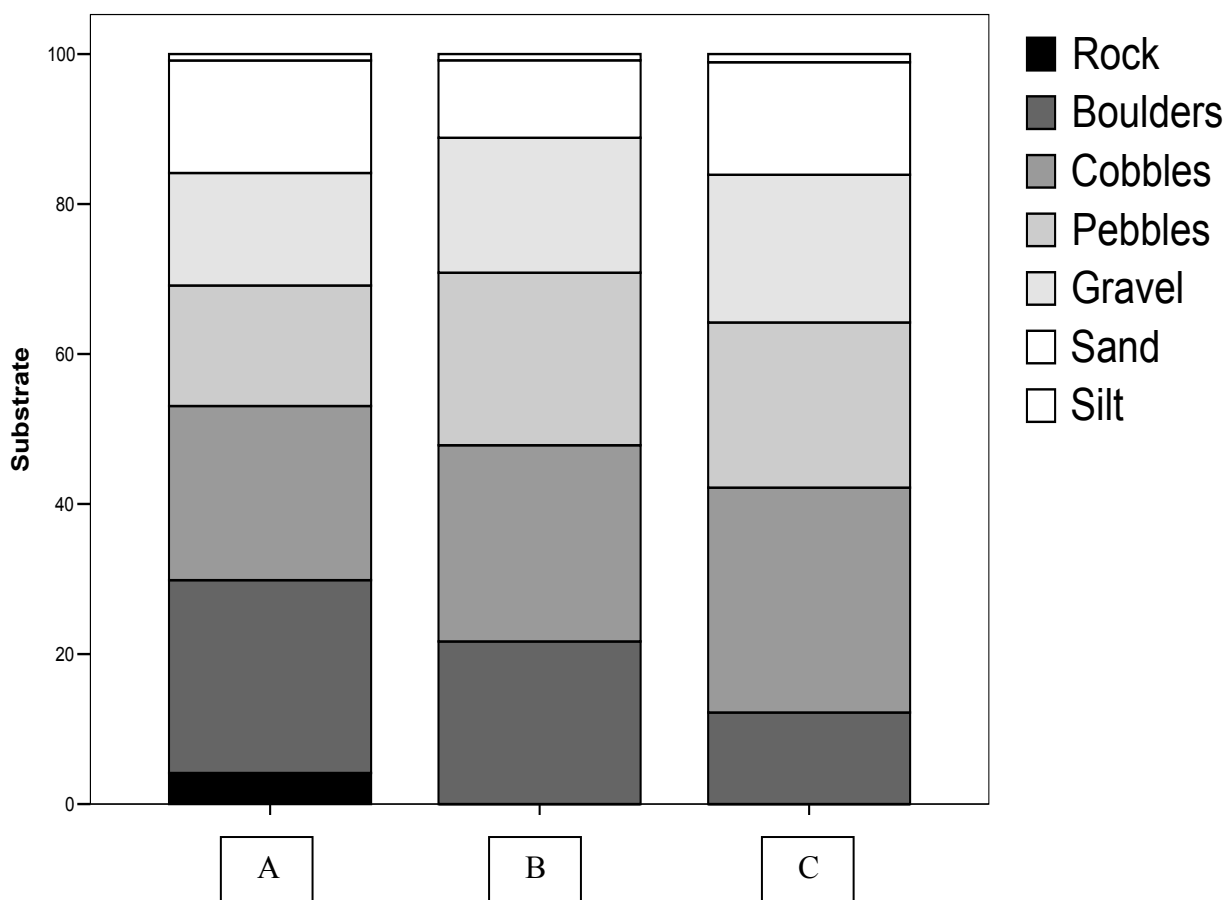
Η ανάλυση περιελάμβανε τον έλεγχο όλων των περιβαλλοντικών μεταβλητών που θα μπορούσαν εννοιολογικά να διαχωρίσουν ιχθυολογικούς βιοτικούς τύπους. Λαμβάνοντας, παράλληλα, υπόψη τον έλεγχο *Kruskal-Wallis* και *ANOVA*, που αφορούσε τις περιβαλλοντικές μεταβλητές που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διακύμανση ανάμεσα στις βιοτικές ομάδες, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στον έλεγχο των ίδιων μεταβλητών, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο διαχωρίζουν και τους βιοτικούς τύπους. Έτσι, στην εικόνα 12 παρουσιάζονται οι γραφικές απεικονίσεις της μέσης τιμής και της διακύμανσης των σημαντικότερων περιβαλλοντικών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν τους τρεις βιοτικούς τύπους, όπως αυτοί προέκυψαν από την ομαδοποίηση των βιοτικών ομάδων (βλ. τμήμα 3.4.1). Η παρουσίαση αυτή γίνεται με τη μορφή θηκογραμμάτων, όπου και γίνεται σαφές ότι σχεδόν οι ίδιες παράμετροι, που διαχωρίζουν τις βιοτικές ομάδες, φαίνεται να διαχωρίζουν αποτελεσματικά και τους βιοτικούς τύπους.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην περιγραφική ανάλυση τέθηκε ένα ακόμη πιο αυστηρό κριτήριο για τον έλεγχο των περιβαλλοντικών μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, στην ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι σταθμοί δειγματοληψίας με καθαρό τυπολογικό προφίλ, δηλαδή α) εκείνοι στους οποίους και οι πέντε πρωταρχικές πιέσεις έλαβαν την τιμή 1 (καθόλου επιβάρυνση, με βάση τις τιμές προ-ταξινόμησης), β) καμία από τις υπόλοιπες 12 πιέσεις δεν εμφάνισε την τιμή 5 (μεγάλη επιβάρυνση) και γ) ήταν αντιπροσωπευτικές θέσεις για κάθε τύπο.



**Εικόνα 12.** Περιβαλλοντικές παράμετροι των τριών βιοτικών τύπων. [A: τύπος πέστροφας (βιοτικές ομάδες a και b), B: τύπος πέστροφας-μπριάνας (βιοτική ομάδα c) και C: τύπος ορεινών κυπρινοειδών (βιοτικές ομάδες f και g)].

Η ποσοστιαία σύνθεση του υποστρώματος, στους τρεις βιοτικούς τύπους που δημιουργήθηκαν (A, B και C), παρουσιάζεται στην εικόνα 13. Η σύσταση του υποστρώματος παρουσιάζει μία διαδοχή από χονδρόκοκκο υλικό στον τύπο A (όπου υπάρχει σημαντική συμμετοχή βράχων και ογκόλιθων) προς περισσότερο λεπτόκοκκο υλικό στον τύπο C.



**Εικόνα 13.** Σύσταση υποστρώματος πυθμένα στους τρεις βιοτικούς τύπους. A: τύπος πέστροφας (βιοτικές ομάδες a και b), B: τύπος πέστροφας-μπριάνας (βιοτική ομάδα c) και C: τύπος ορεινών κυπρινοειδών (βιοτικές ομάδες f και g). Rock: ενιαίος βράχος, Boulders: ογκόλιθοι, Cobbles: κροκάλες, Pebbles: βότσαλα, Gravel: χαλίκι, Sand: άμμος και Silt: ιλύς.

Έτσι, για παράδειγμα, γίνεται φανερό ότι ο A (Τύπος Πέστροφας) είναι ένας τύπος ποταμών κοντά στις πηγές, με μεγάλη κλίση, μικρό πλάτος, σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και ο οποίος κυριαρχείται από χονδρόκοκκα υλικά. Με άλλα λόγια ένας τύπος όπου διαβιούν, κατά κύριο λόγο, ρεόφιλα και ψυχρόφιλα είδη, όπως η πέστροφα.

### Μέθοδος ταξιθέτησης

Με τη μέθοδο αυτή εξετάστηκε στατιστικά ποιές από τις περιβαλλοντικές μεταβλητές, που καταγράφηκαν στις θέσεις δειγματοληψίας, παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των ιχθυοκοινοτήτων που απαντώνται στις βιοτικές ομάδες και τύπους. Οι στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης των δεδομένων που ακολουθούν δεν επεξηγούνται διεξοδικά ως προς τα βήματα που ακολουθήθηκαν, καθότι μια τέτοια περιγραφή θεωρήθηκε έξω από τα πλαίσια της έκθεσης αυτής. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκαν τα δεδομένα αφθονίας των ψαριών στις σχετικά αδιατάρακτες θέσεις δειγματοληψίας. Τα δεδομένα αυτά, εκφρασμένα σε μονάδες πυκνότητας (αριθμός ατόμων ανά 1000m<sup>2</sup>), μετασχηματίστηκαν στην τετραγωνική τους ρίζα και ελέγχθηκαν ως προς την απόκριση σε περιβαλλοντικές παραμέτρους. Αρχικά, τέθηκε το ερώτημα αν οι αποκρίσεις είναι κανονικής κατανομής ή γραμμικές. Ο τύπος της απόκρισης των ψαριών στις περιβαλλοντικές μεταβλητές διερευνήθηκε με ανάλυση *DCA* (*Detrended Correspondence Analysis*).

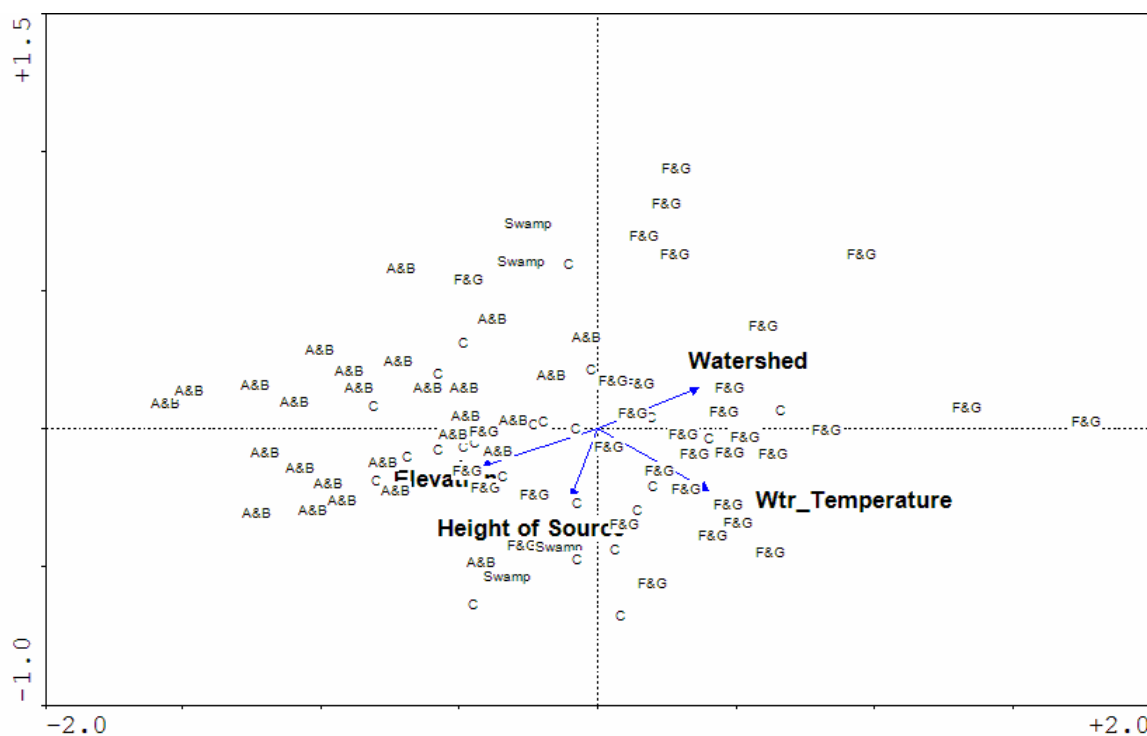
Από την ανάλυση προέκυψε ότι οι παρακάτω μεταβλητές έχουν μεγάλο εύρος απόκρισης (μεγαλύτερο από το διπλάσιο της τυπικής απόκλισης) και έτσι έγινε η υπόθεση ότι αυτές παρουσιάζουν σχέση κανονικής κατανομής:

- Υψόμετρο (θέσης)
- Απόσταση από την πηγή
- Υψόμετρο πηγής
- Λεκάνη απορροής
- Θερμοκρασία νερού
- Κορεσμός διαλυμένου οξυγόνου

Για τη διερεύνηση της συσχέτισης των παραπάνω περιβαλλοντικών παραμέτρων με τις ιχθυολογικές παραμέτρους, εφαρμόστηκε η Κανονική Ανάλυση Αντιστοιχιών (*CCA: Canonical Correspondence Analysis*). Η συγκεκριμένη ανάλυση αποφεύγει τις παρόμοιες (συνδιακυμαινόμενες) μεταβλητές, π.χ. θερμοκρασία νερού και απόσταση από την πηγή, συμπεριλαμβάνοντας στο μοντέλο αυτήν που εξηγεί καλύτερα την διακύμανση των βιοτικών παραμέτρων. Οι μεταβλητές που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικό συσχετισμό με τα δεδομένα των ψαριών ήταν:

- Υψόμετρο θέσης
- Λεκάνη απορροής
- Θερμοκρασία νερού
- Υψόμετρο πηγής

Στην εικόνα 14 οι σταθμοί δειγματοληψίας τοποθετούνται ανάλογα με την ιχθυολογική σύστασή τους. Οι σταθμοί συμβολίζονται με γράμματα που αντιστοιχούν στις βιοτικές ομάδες οι οποίες ενοποιήθηκαν σε βιοτικούς τύπους (βλ. τμήμα 3.4.1). Η θέση των σταθμών στο γράφημα δείχνει την τάση των βιοτικών τύπων σε σχέση με τις αβιοτικές – φυσικοχημικές συνθήκες. Έτσι, γίνεται εμφανές ότι η θέση των σταθμών του βιοτικού τύπου Α (Α&Β στο διάγραμμα) σχετίζεται περισσότερο με το αυξημένο υψόμετρο και την μικρή λεκάνη απορροής, σε αντιδιαστολή με αυτούς του τύπου C (F&G στο διάγραμμα). Επιπλέον, η ιχθυοκοινότητα στους σταθμούς του βιοτικού τύπου C φαίνεται να σχετίζεται με την αυξημένη θερμοκρασία. Οι σταθμοί του βιοτικού τύπου Β (C στο διάγραμμα) παρουσιάζουν μια ασθενή σχέση με την παράμετρο που μετρά το υψόμετρο της πηγής, αλλά καθώς βρίσκονται διασκορπισμένοι σε όλο το διάγραμμα δεν είναι ασφαλές να θεωρηθεί κάποια συγκεκριμένη σχέση με κάποια αβιοτική μεταβλητή.



**Εικόνα 14.** Απεικόνιση της συσχέτισης μεταξύ των περιβαλλοντικών παραμέτρων και της κοινότητας ψαριών που βρέθηκαν σε κάθε δείγμα, με CCA. Στη συνέχεια, τα δείγματα ταξιθετήθηκαν και συμβολίστηκαν με το όνομα του αντίστοιχου βιοτικού τύπου. Ο τύπος Πέστροφας συμβολίζεται με τα γράμματα A&B, ο τύπος Πέστροφας-Μπριάνας με το γράμμα C και ο τύπος Ορεινών Κυπρινοειδών με τα γράμματα F&G.

Για τις μεταβλητές εκείνες που σύμφωνα με την ανάλυση DCA εμφάνισαν μικρό εύρος απόκρισης (μικρότερο από το διπλάσιο της τυπικής απόκλισης), υποτέθηκε ότι παρουσιάζουν γραμμική σχέση με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους. Οι μεταβλητές αυτές ήταν οι εξής:

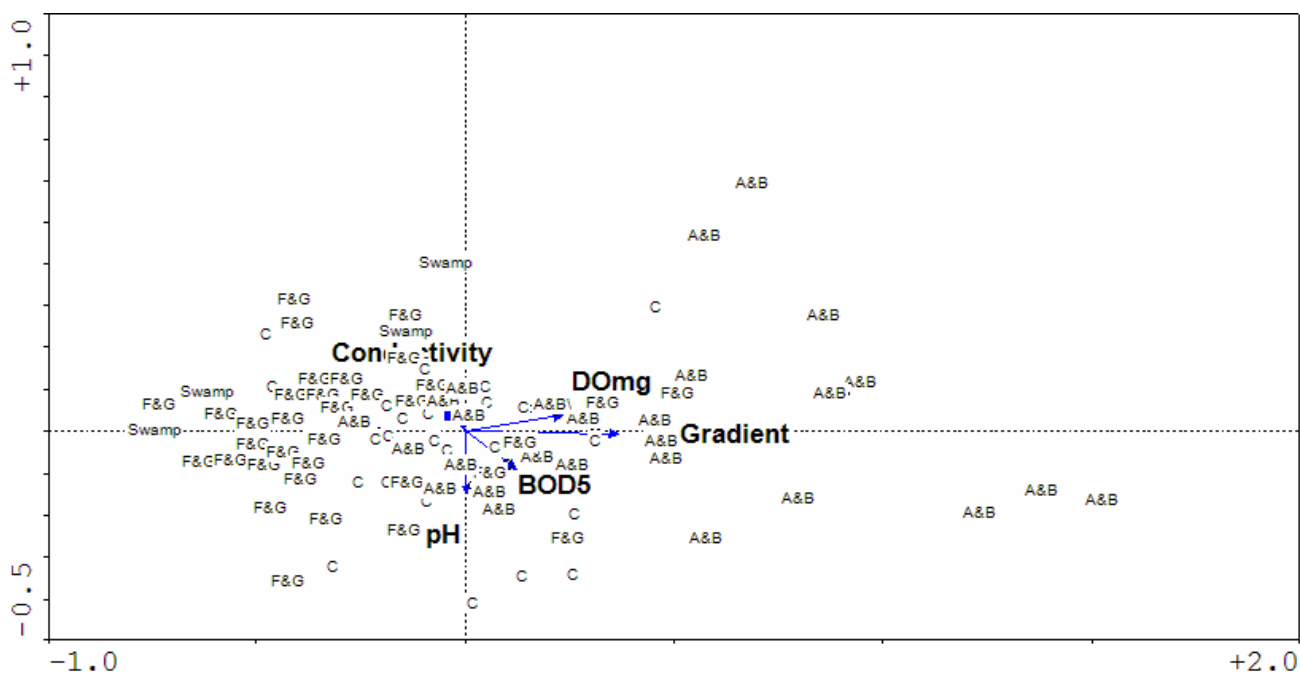
- Κλίση
- Αγωγιμότητα
- Συγκέντρωση οξυγόνου
- Βιολογική απαίτηση οξυγόνου
- Αλατότητα
- Οξύτητα

Για τη διερεύνηση της συσχέτισης των 6 αυτών παραμέτρων με τις ιχθυολογικές παραμέτρους εφαρμόστηκε μια διαφορετική ανάλυση, σε σχέση με την CCA που εφαρμόστηκε πιο πάνω για τις μεταβλητές με μεγάλο εύρος απόκρισης. Η ανάλυση αυτή ήταν η περιορισμένης γραμμικότητας μέθοδος ταξιθέτησης *Redundancy Analysis (RDA)*. Το κριτήριο *Monte Carlo* ( $p < 0,05$ ) στη μέθοδο αυτή έδειξε ότι οι ισχυρότερες συσχετίσεις εμφανίζονται για τις παρακάτω μεταβλητές :

- Κλίση
- Αγωγιμότητα
- Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στο νερό
- Βιολογική απαίτηση οξυγόνου
- Οξύτητα

Ο συσχετισμός μεταξύ των περιβαλλοντικών παραμέτρων και των σταθμών δειγματοληψίας (που συμβολίζονται με γράμματα τα οποία αντιστοιχούν στις ενοποιημένες βιοτικές ομάδες)

παριστάνεται στην εικόνα 15. Η διάκριση μεταξύ των τύπων δεν επιτυγχάνεται στον ίδιο βαθμό όπως στην *CCA*, φαίνεται όμως ότι οι σταθμοί του τύπου της πέστροφας (A&B στο διάγραμμα) βρίσκονται σε περιοχές με μεγαλύτερη κλίση από ότι οι σταθμοί των άλλων τύπων και με αυξημένη συγκέντρωση οξυγόνου που απαιτεί πιο δυναμικούς τύπους ροής. Ο τύπος των ορεινών κυπρινοειδών (F&G στο διάγραμμα) απαντάται σε περιοχές με ηπιότερες κλίσεις και μεγαλύτερη αγωγιμότητα. Παρότι η συγκέντρωση του οξυγόνου στην ιχθυοπανίδα των σταθμών του βιοτικού τύπου C (F&G στο διάγραμμα) είναι συγκριτικά μικρότερη σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους, το μικρό φορτίο BOD<sub>5</sub> δηλώνει πως η ευαισθησία του συγκεκριμένου τύπου στην οργανική ρύπανση είναι μεγάλη. Οι σταθμοί του τύπου πέστροφας-μπριάνας (C στο διάγραμμα) βρίσκονται σε ηπιότερες κλίσεις, αλλά δεν προκύπτει κάποια άλλη σαφής σχέση με τις υπόλοιπες παραμέτρους υπό διερεύνηση, καθώς και πάλι βρίσκονται διασκορπισμένοι σε όλο το διάγραμμα.



**Εικόνα 15.** Απεικόνιση της συσχέτισης μεταξύ των περιβαλλοντικών παραμέτρων και της κοινότητας ψαριών που βρέθηκαν σε κάθε δείγμα, με *RDA*. Στη συνέχεια, τα δείγματα ταξιθετήθηκαν και συμβολίστηκαν με το όνομα του αντίστοιχου βιοτικού τύπου. Ο τύπος Πέστροφας συμβολίζεται με τα γράμματα A&B, ο τύπος Πέστροφας-Μπριάνας με το γράμμα C και ο τύπος Ορεινών Κυπρινοειδών με τα γράμματα F&G.

Από συνδυασμό των αποτελεσμάτων των δύο παραπάνω μεθόδων ταξιθέτησης, της *CCA* (Εικ.14) και *RDA* (Εικ.15), εξάγεται το συμπέρασμα πως οι κυριότερες περιβαλλοντικές παράμετροι που παίζουν ρόλο στη διαμόρφωση των ιχθυοκοινοτήτων των τριών βιοτικών τύπων είναι:

- Λεκάνη απορροής
- Υψόμετρο
- Θερμοκρασία νερού
- Κλίση
- Συγκέντρωση οξυγόνου

Συμπερασματικά, από τα αποτελέσματα των στατιστικών μεθόδων ταξιθέτησης -*CCA* και *RDA*- καθώς και της απεικονιστικής μεθόδου θηκογραμμάτων, φαίνεται ότι **οι κύριοι αβιοτικοί παράγοντες που καθορίζουν τη σύσταση των ιχθυοκοινοτήτων στους τρεις τύπους (και επομένως αποτελούν σημαντικές τυπολογικές παραμέτρους) είναι η θερμοκρασία του νερού, το υψόμετρο, η κλίση, το βάθος του νερού, το διαλυμένο οξυγόνο,**



**το πλάτος της ενεργού κοίτης και η απόσταση από την πηγή.** Η τελευταία παράμετρος συσχετίζεται με το μέγεθος της λεκάνης απορροής ανάντη της θέσης δειγματοληψίας. Αν και η παράμετρος αυτή εξαιρέθηκε στην CCA λόγω συμεταβλητότητας με τη θερμοκρασία νερού, θεωρείται σκόπιμο να περιληφθεί στο τυπολογικό σχήμα αφενός λόγω της σημαντικής διακριτικής της ικανότητας στο διαχωρισμό των τύπων και αφετέρου λόγω της ευκολίας μετρήσεώς της. Το υψόμετρο δεν είναι παράγοντας που διαμορφώνει άμεσα την κατανομή των ειδών στους τύπους, αλλά επιδρά έμμεσα, κυρίως μέσω διαφοροποίησης της κλίσης και της θερμοκρασίας. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το τοπικό ανάγλυφο, η θερμοκρασία και ο όγκος των νερών σε μία θέση διαμορφώνουν βιολογικές συνθήκες διαφορετικές από αυτές που λογικά θα αναμένονταν από την υψομετρική θέση ενός σταθμού. Ωστόσο, το υψόμετρο είναι μία εύκολα μετρούμενη, και συνεπώς χρήσιμη τυπολογική παράμετρος.

Μία σύνοψη των κυριότερων περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών των βιοτικών τύπων, όπως προκύπτει από δεδομένα θέσεων με καθαρό τυπολογικό προφίλ, δίνεται στον Πίνακα 12. Κρίθηκε σημαντικό να περιληφθούν παράμετροι που δεν είναι υποκείμενοι σε ανθρωπογενείς πιέσεις και για τις οποίες η απόκτηση δεδομένων δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Οι συνθήκες αυτές γενικά ικανοποιούνται για τις παραμέτρους υψόμετρο, κλίση και απόσταση από την πηγή. Οι παράμετροι (θερινή) θερμοκρασία και (θερινό) πλάτος κοίτης επηρεάζονται από επιδράσεις του ανθρώπου, κυρίως στην παροχή, αλλά είναι βιολογικά τόσο σημαντικές ώστε δεν μπορούν να αγνοηθούν. Η παράμετρος παροχή, αν και επίσης σημαντική από βιολογική άποψη, δεν περιλήφθηκε, γιατί παρουσιάζει σημαντική ευαισθησία στις πιέσεις και πολύ μεγάλη χρονική και εποχιακή ποικιλότητα, και επίσης γιατί υπάρχει δυσκολία απόκτησης επαρκών και αξιόπιστων ιστορικών δεδομένων.

**Πίνακας 12.** Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά των βιοτικών τύπων A, B και C. Δίνονται ο αριθμός των θέσεων (N), οι ελάχιστες, μέγιστες και μέσες τιμές καθώς και η τυπική απόκλιση (TA) για τις αβιοτικές παραμέτρους: θερμοκρασία νερού (Θ), υψόμετρο (Y), κλίση (K), απόσταση από την πηγή (A), πλάτος κοίτης (Π).

ΤΥΠΟΣ		Y (m)	Θ (°C)	K (%)	A (Km)	Π (m)
<b>A</b> (a+b)	N	11	11	11	11	11
	Ελάχιστη	470.0	10.0	0.8	2.0	2.0
	Μέγιστη	1325.0	16.6	10.5	16.0	30.0
	Μέση TA	832.4 281.2	14.9 1.8	3.4 3.0	8.6 4.3	6.6 7.9
<b>B</b> (c)	N	7	7	7	7	7
	Ελάχιστη	550.0	14.2	1.5	9.0	5.0
	Μέγιστη	719.0	19.3	3.0	21.0	10.0
	Μέση TA	635.1 66.0	16.4 2.0	2.1 0.6	14.6 4.5	7.7 1.9
<b>C</b> (f+g)	N	15	15	15	15	15
	Ελάχιστη	270.0	15.3	0.2	8.0	7.0
	Μέγιστη	618.0	26.3	1.5	106.0	30.0
	Μέση TA	428.1 118.4	20.5 3.1	0.7 0.4	38.6 26.5	13.2 6.5

Συνδυάζοντας, λοιπόν, τα ιχθυολογικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά προκύπτουν οι εξής περιγραφές των βιοτικών τύπων:

Ο **τύπος πέστροφας** κυριαρχείται από το ομώνυμο είδος (*Salmo trutta*) που σε πολλά ορεινά ρέματα με χαμηλή θερμοκρασία, μεγάλη κλίση και υψηλή ταχύτητα ροής, αποτελεί το μοναδικό είδος ψαριού που απαντάται (βιοτική ομάδα a). Σε ομαλότερα ή/και λιγότερο ψυχρά ρέματα η πέστροφα, αν και εξακολουθεί να αποτελεί το κυρίαρχο είδος, συνυπάρχει με το είδος *Barbus peloponnesius*, το οποίο πάντα απαντάται σε πολύ χαμηλότερη αφθονία (βιοτική ομάδα b). Οι δύο αυτοί υποτύποι αντιστοιχούν στις ποτάμιες περιοχές epirhithral και metarhithral του

συστήματος ταξινόμησης Illies και στις ζώνες upper trout zone και lower trout zone του συστήματος ζώνωσης του Huet (ILLIES AND BOTOSANEAU 1963).

Ο **τύπος πέστροφας-μπριάνας** χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη αφθονία των ειδών *Salmo trutta* και *Barbus peloponnesius* με μικρή συμμετοχή του *Leuciscus pleurobipunctatus* και ενίοτε του *L. cephalus*. Στον Αώο, το *Leuciscus pleurobipunctatus* απουσιάζει και τον οικολογικό του θώκο καταλαμβάνει το είδος *Alburnoides bipunctatus*. Το *Alburnoides bipunctatus* πιθανότατα είναι πιο ευρύοικο – καταλαμβάνοντας μεγαλύτερο εύρος ενδιαιτημάτων και απαντούμενο σε μεγαλύτερες πληθυσμιακές πυκνότητες από το *Leuciscus pleurobipunctatus*. Σε ποταμούς που διατηρούν διαμήκη συνεκτικότητα, πολύ συχνά απαντάται και το χέλι *Anguilla anguilla*. Από πλευράς αβιοτικών παραμέτρων, ο τύπος πέστροφας-μπριάνας χαρακτηρίζεται από σχετικά ψυχρά νερά, ηπιότερες κλίσεις σε σύγκριση με τον τύπο πέστροφας και μικρό έως μέτριο πλάτος ενεργού κοίτης. Ο τύπος αυτός αντιστοιχεί στην ποτάμια περιοχή hyporhithral του συστήματος Illies και πιθανόν στη ζώνη *thymallus* του συστήματος Huet.

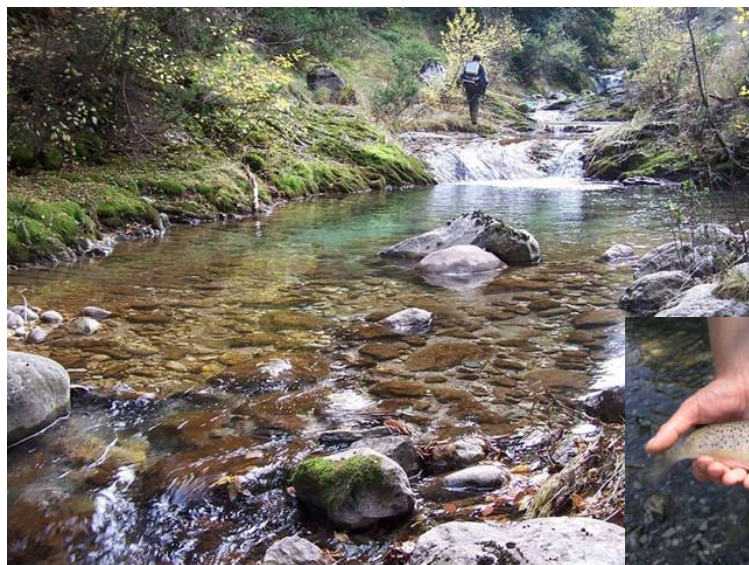
Ο **τύπος ορεινών κυπρινοειδών** φιλοξενεί ένα συγκριτικά μεγαλύτερο αριθμό ειδών από ότι οι προηγούμενοι τύποι, με μεγάλη συμμετοχή των κυπρινοειδών *Leuciscus cephalus*, *L. pleurobipunctatus*, *Barbus peloponnesius* και *Barbus albanicus*. Το είδος *Blennius fluviatilis* απαντάται τοπικά αλλά συχνά σε μεγάλη αφθονία. Σε ορισμένους σταθμούς υπάρχει συμμετοχή πέστροφας, αλλά το είδος απαντάται σε σχετικά μικρή αφθονία (< 10%). Οι περιβαλλοντικές παράμετροι που χαρακτηρίζουν τον τύπο αυτό είναι ήπιες κλίσεις, μικρή ταχύτητα ροής, μέτριες έως υψηλές θερινές θερμοκρασίες σε σύγκριση με τους προηγούμενους τύπους, και σχετικά μεγάλους όγκους νερού (ενίοτε μεγάλο βάθος και πλάτος κοίτης). Σε γενικές γραμμές, ο τύπος αυτός μπορεί να διαχωριστεί σε δύο **υποτύπους** που διαφοροποιούνται κυρίως ως προς τα χαρακτηριστικά μεγέθους του ποταμού σε παροχή και πλάτος ενεργού καναλιού: αυτόν των σχετικά μικρότερων ποταμών, και αυτόν των μεγαλύτερων ποταμών που συχνά παρουσιάζουν και υψηλότερη θερινή θερμοκρασία, λόγω χαμηλότερου υψομέτρου. Και στους δύο υποτύπους απαντούνται περίπου τα ίδια είδη ψαριών, αλλά σε διαφορετικές αναλογίες. Στον πρώτο υποτύπο επικρατούν κυρίως τα ψάρια της βιοτικής ομάδα f (*Barbus peloponnesius*, *Leuciscus pleurobipunctatus*, *Leuciscus cephalus* και, σε μικρή αφθονία, *Salmo trutta*). Στον δεύτερο υποτύπο απαντώνται τα ψάρια της βιοτικής ομάδας g (τα παραπάνω είδη, εκτός του *Salmo trutta* που συνήθως απουσιάζει, με συχνή όμως συμμετοχή των λιμνόφιλων ειδών *Barbus albanicus* και *Blennius fluviatilis*). Και στις δύο περιπτώσεις, η σύσταση των ειδών μπορεί να διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, αντανακλώντας διαφορές στις τοπικές αβιοτικές συνθήκες ή ιστορικούς παράγοντες. Σε πολλές περιοχές κυρίαρχο είδος είναι το *Leuciscus cephalus*. Στον Αχελώο και στον Άραχθο χαρακτηριστική είναι η παρουσία (ενίοτε με υψηλό ποσοστό συμμετοχής) του είδους *Barbus albanicus*, το οποίο δεν απαντάται στους άλλους ποταμούς που ερευνήθηκαν. Στον τύπο αυτό απαντούνται και ορισμένα λιμνόφιλα είδη (κυρίως όταν υπάρχει τεχνητή λίμνη σε κατάντη τμήματα του ποταμού) ή το ελόφιλο είδος *Pseudophoxinus stymphalicus*, όταν υπάρχουν τμήματα με στάσιμα νερά.

Μία ιδιαίτερη τυπολογική περίπτωση που δεν καταδείχθηκε σαφώς από την ανάλυση ομαδοποίησης (βλ. Εικ. 4) είναι αυτή των πολύ μικρών ρεμάτων με χαμηλή παροχή και μικρή ή μέτρια κλίση, στα οποία μπορεί να επιβιώσει μόνο το εξαιρετικής αντοχής είδος *Barbus peloponnesius* (βιοτικός τύπος PEL-BARBEL). Ο τύπος αυτός είναι σπάνιος στα ορεινά ρέματα της περιοχής έρευνας, αλλά πολύ συνηθισμένος σε μικρότερες λεκάνες απορροής, όπου συνήθως απουσιάζει η πέστροφα. Για λόγους γενίκευσης θεωρούμε αναγκαίο να περιλάβουμε αυτόν τον τύπο στο τυπολογικό σχήμα, ωστόσο, επειδή οι θέσεις PEL-BARBEL ήταν ολιγάριθμες, τα ιχθυολογικά δεδομένα τους δεν χρησιμοποιήθηκαν στις περαιτέρω αναλύσεις.

Συμπερασματικά, τα ψάρια δεν είναι τυχαία κατανομημένα κατά μήκος του ποταμού, αλλά σχηματίζουν συναθροίσεις που διαδέχονται η μία την άλλη από τα ανώτερα προς τα κατώτερα ποτάμια τμήματα σε συνάρτηση με τη μεταβολή των περιβαλλοντικών συνθηκών. Οι τρεις κύριοι βιοτικοί τύποι που περιγράφησαν και τα ιχθυολογικά τους χαρακτηριστικά (ποικιλότητα, συχνότητα εμφάνισης των ειδών, ποσοστιαία συμμετοχή ειδών) ακολουθούν ένα πρότυπο διαμήκους ιχθυολογικής ζώνωσης που τουλάχιστο σε ορεινές περιοχές, καθορίζεται κυρίως από τη θερμοκρασία, την κλίση και το μέγεθος του ποταμού (εκφρασμένο με παραμέτρους όπως πλάτος ενεργού κοίτης, βάθος και παροχή). Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αβιοτικά και ιχθυολογικά χαρακτηριστικά των τριών τύπων και περιγράφεται η χωρική κατανομή τους κατά μήκος ενός τυπικού ποταμού (ζώνωση). Ωστόσο, η σχέση ζώνωσης και τυπολογίας χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση, αφενός γιατί η έννοια της τυπολογίας εμπεριέχει δυνητικά ένα μεγαλύτερο αριθμό παραμέτρων από ότι η έννοια της ζώνωσης, και αφετέρου γιατί η μεταβολή των αβιοτικών παραμέτρων από τις πηγές προς τις εκβολές δεν ακολουθεί πάντα μία τυπική διαδοχή. Για παράδειγμα, υπάρχουν περιπτώσεις ποταμών με μικρή κλίση και υψηλή θερμοκρασία σε μεγάλα υψόμετρα, ενώ αντίθετα υπάρχουν ποταμοί με μεγάλη κλίση, ορμητικά νερά και χαμηλή θερμοκρασία σε χαμηλά υψόμετρα.

**Πίνακας 13.** Διαμήκης ζώνωση των βιοτικών τύπων και των αβιοτικών και ιχθυολογικών τους χαρακτηριστικών.

	ΤΥΠΟΣ Α (ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ)	ΤΥΠΟΣ Β (ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ-ΜΠΡΙΑΝΑΣ)	ΤΥΠΟΣ C (ΟΡΕΙΝ. ΚΥΠΡΙΝΟΕΙΔΩΝ)
	← <b>ΑΒΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b> →		
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΠΗΓΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ – ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	> 500 M		300 – 500 M
ΚΛΙΣΗ	>2 %	≈ 2 %	< 2 %
ΘΕΡΙΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ	< 17 °C	14 - 20 °C	16 - 26 °C
ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΤΗΣ	< 6 M	5 – 10 M	7 – 20 M
ΜΕΣΟ ΒΑΘΟΣ	< 30 CM	25 – 35 CM	> 30 CM
ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΘΟΣ	< 1.5 M	< 2 M	< 2.5 M
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	> 50 % ΒΡΑΧΟΙ, ΟΓΚΟΛΙΘΟΙ, ΚΡΟΚΑΛΕΣ (ΔΙΑΒΡΩΣΙΓΕΝΗΣ ΖΩΝΗ)	ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΑΛΛΑ ΠΙΟ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (ΠΕΡΙΕΧΟΝΤΑΙ ΤΟΣΟ ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΟΣΟ ΚΑΙ ΖΩΝΕΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ)	
ΡΟΗ	ΤΑΧΕΙΑ ΚΑΙ ΤΥΡΒΩΔΗΣ		ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΕΩΣ ΣΤΑΘΕΡΗ
	← <b>ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b> →		
ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΕΙΔΩΝ	ΜΙΚΡΗ (1-3 ΕΙΔΗ)	ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΙΚΡΗ (2-5 ΕΙΔΗ)	ΥΨΗΛΟΤΕΡΗ (4-7 ΕΙΔΗ)
ΚΥΡΙΑΡΧΑ ΕΙΔΗ ΨΑΡΙΩΝ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ	<i>Salmo trutta</i>	<i>Salmo trutta, Barbus peloponnesius</i>	<i>Leuciscus cephalus, Barbus peloponnesius</i>
ΑΛΛΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΕΙΔΗ ΨΑΡΙΩΝ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ	<i>Barbus peloponnesius</i>	<i>Leuciscus pleurobipunctatus</i>	<i>Barbus albanicus, Leuciscus pleurobipunctatus, Blenius fluviatilis, Anguilla anguilla</i>



Πηγαίος παραπόταμος του Αχελώου, στο ρέμα Καπραλία. Παράδειγμα ορεινού ποταμού στην Ζώνη της Πέστροφας (Βιοτικού Τύπου Α). Εδώ επικρατεί η πέστροφα (*Salmo trutta*).



Ο Τρικεριώτης κοντά στην συμβολή του με τον Καρπενησιώτη. Παράδειγμα ορεινού ποταμού στην Ζώνη της Πέστροφας-Μπριάνας (Βιοτικού Τύπου Β). Εδώ επικρατεί ο χαμοσουρτής (*Barbus peloponnesius*) μαζί με την πέστροφα (*Salmo trutta*).



Στο μέσο ρου του Αράχθου στην Γέφυρα Πλάκας. Τυπικό παράδειγμα ορεινού ποταμού στην Ζώνη των Ορειών Κυρπινοειδών (Βιοτικού Τύπου C). Εδώ επικρατούν τα *Leuciscus cephalus* μαζί με άλλα είδη κυρπινοειδών, από τα οποία χαρακτηριστικό είναι το στροσίδι (*Barbus albanicus*).

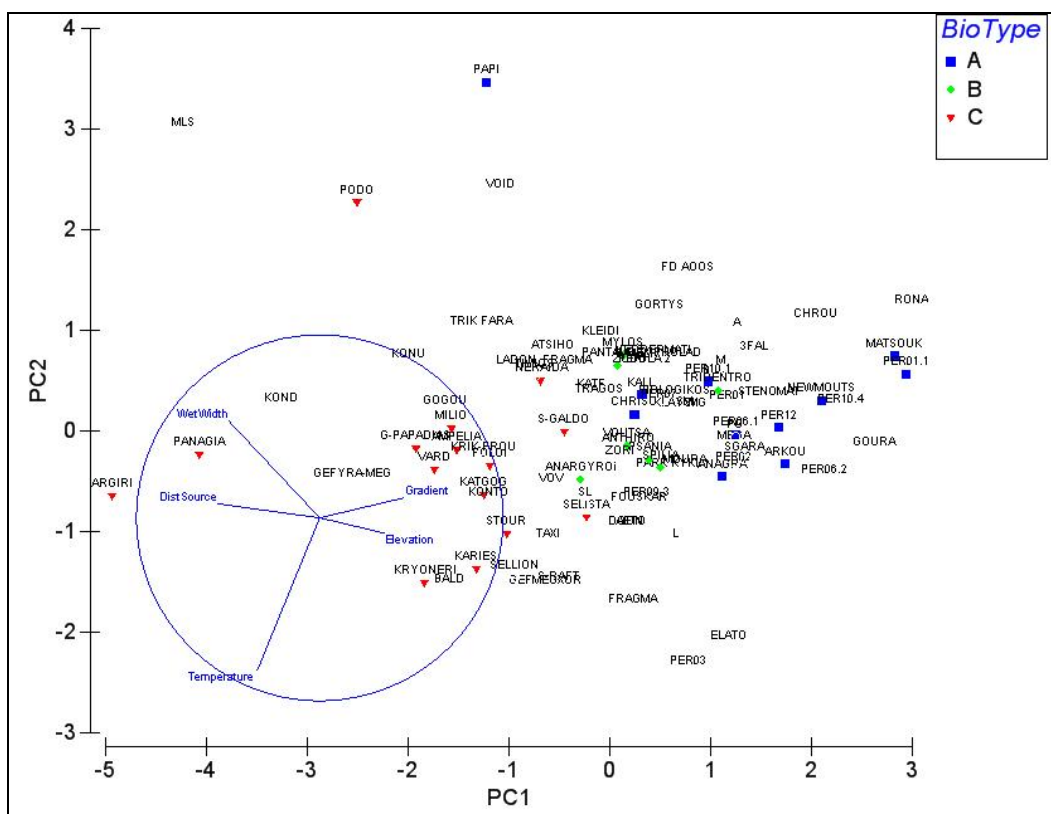
### 3.4.3. Τυπολογικός χαρακτηρισμός των επιβαρυσμένων θέσεων δειγματοληψίας

Οι 81 αδιατάρακτες ή σχετικά αδιατάρακτες θέσεις δειγματοληψίας χαρακτηρίστηκαν τυπολογικά σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης ομαδοποίησης (βλ. Εικ. 4) και της επακόλουθης ενοποίησης των βιοτικών ομάδων σε βιοτικούς τύπους (βλ. Πίνακα 11). Από την παραπάνω διαδικασία εξαιρέθηκε το δείγμα του σταθμού ΑΕΤΟΡΕ στον π. Βουβό (παραπόταμο του Αώου, Κόνιτσα), λόγω οικολογικών και περιβαλλοντικών ιδιαιτεροτήτων. Συνολικά, από τις υπόλοιπες επιβαρυσμένες θέσεις καθώς και από δείγματα προηγούμενων ερευνών που δεν μπορούσαν να προ-ταξινομηθούν βάση πιέσεων, προέκυψαν 94 θέσεις. Ο τυπολογικός χαρακτηρισμός των θέσεων αυτών, τα δεδομένα των οποίων δεν είχαν χρησιμοποιηθεί κατά τη διαδικασία δημιουργίας τυπολογίας, διερευνήθηκε με τις ακόλουθες τρεις μεθόδους:

- Στατιστική ταξιθετική μέθοδος, με υπαγωγή των σταθμών σε τύπους μέσω ταξίθετησης *PCA*.
- Αιτιολογημένη κρίση, για όσες θέσεις δεν υπήρξε επιτυχής ή σαφής προσδιορισμός με τις προηγούμενες μεθόδους.
- Γεωγραφική μέθοδος, με έλεγχο της θέσης των σταθμών στον ποταμό.

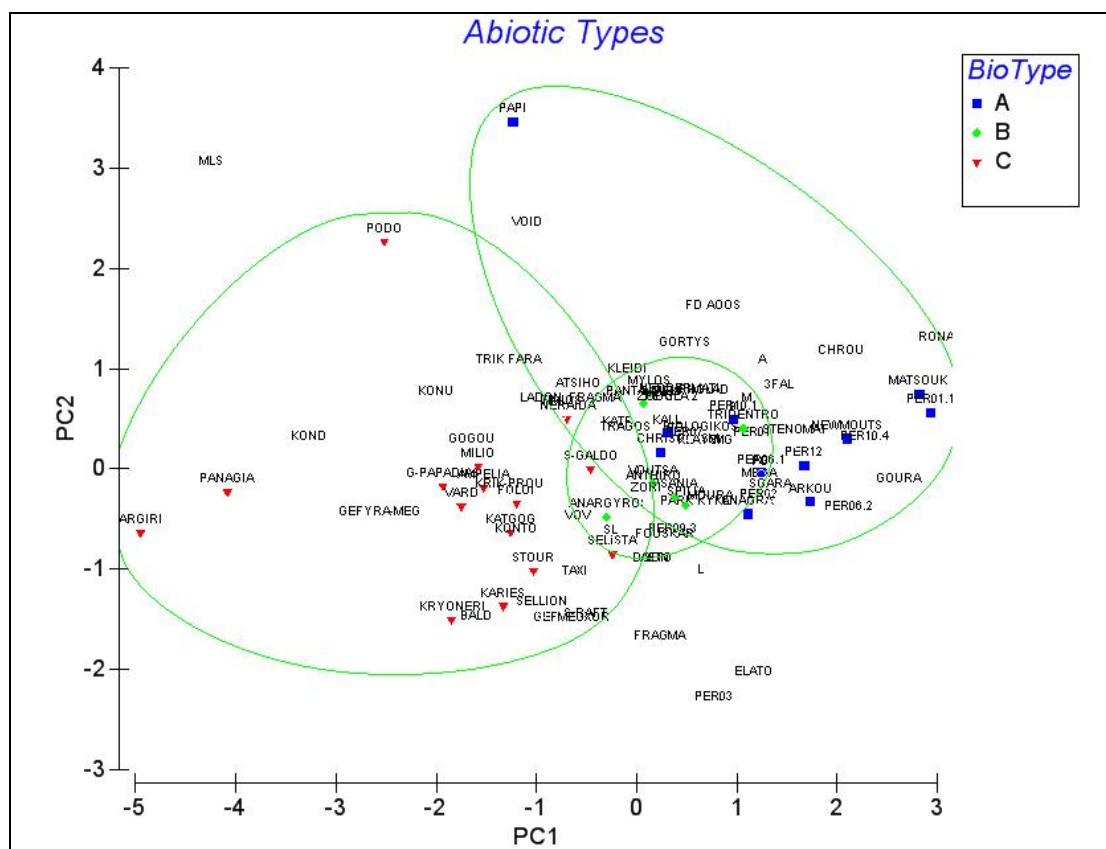
#### Στατιστική ταξιθετική μέθοδος

Οι περιβαλλοντικές μεταβλητές που προσφέρουν την καλύτερη διάκριση μεταξύ των τύπων, όπως αυτές προέκυψαν από την ανάλυση του κεφαλαίου 3.4.2 (υψόμετρο, απόσταση από την πηγή, κλίση, πλάτος του καναλιού και θερμοκρασία του νερού), χρησιμοποιήθηκαν σαν κριτήρια προσδιορισμού του βιοτικού τύπου των 94 σταθμών δειγματοληψίας σε επιβαρυσμένες θέσεις με την ανάλυση *PCA* (*Principal Component Analysis*). Στην εικόνα 16 εμφανίζεται η διάταξη των περιβαλλοντικών παραμέτρων που ευθύνονται για την ταξίθετηση των σταθμών.



Εικόνα 16. Διάγραμμα *PCA* για τους 94 σταθμούς δειγματοληψίας σε επιβαρυσμένες θέσεις, ως προς τις βασικότερες διαφοροποιούσες περιβαλλοντικές μεταβλητές.

Στην εικόνα 17 παρουσιάζεται η ομαδοποίηση των 94 σταθμών σε βιοτικούς τύπους. Ένας αριθμός θέσεων δεν μπορεί να υπαχθεί με ασφάλεια στους βιοτικούς τύπους, καθότι τοποθετούνται σε περιοχές του διαγράμματος που ικανοποιούν τα στατιστικά κριτήρια δύο ή περισσότερων τύπων. Ειδικά οι σταθμοί του τύπου πέστροφας-μπριάνας δεν διαχωρίζονται καθόλου από τις μεγάλες ομάδες σταθμών των τύπων πέστροφας και ορεινών κυπρινοειδών. Οι δυο τελευταίοι αυτοί τύποι (A και C) διαχωρίζονται ικανοποιητικά με βάση τις αβιοτικές παραμέτρους.



**Εικόνα 17.** Συνδυασμένο διάγραμμα *PCA* και ιχθυολογικής ομοιότητας για τους 94 σταθμούς δειγματοληψίας σε επιβαρυνμένες θέσεις κατά τύπο. Οι κλειστές καμπύλες πρεσβεύουν την ομοιότητα στο 60% μεταξύ των βιοτικών τύπων της ιχθυοκοινότητας που απαντήθηκε στους σταθμούς από το διάγραμμα της Εικόνας 16.

Οι στατιστικές παράμετροι (ιδιοτιμές) της *PCA* φαίνονται στον Πίνακα 14. Από τον παρακάτω πίνακα προκύπτει μέτρια αξιοπιστία της ανάλυσης, αφού οι δύο πρώτοι άξονες αντιστοιχούν στο 64,2% της συνολικής διακύμανσης.

**Πίνακας 14.** Ιδιοτιμές της *PCA* και συντελεστές διακύμανσης της *PCA*.

Άξονας	Ιδιοτιμές	% Διακύμανση	Αθροιστ.% Διακύμανση
-1-	2,260	45,2	45,2
-2-	0,948	19,0	64,2
-3-	0,846	16,9	81,1
-4-	0,616	12,3	93,4
-5-	0,329	6,6	100,0

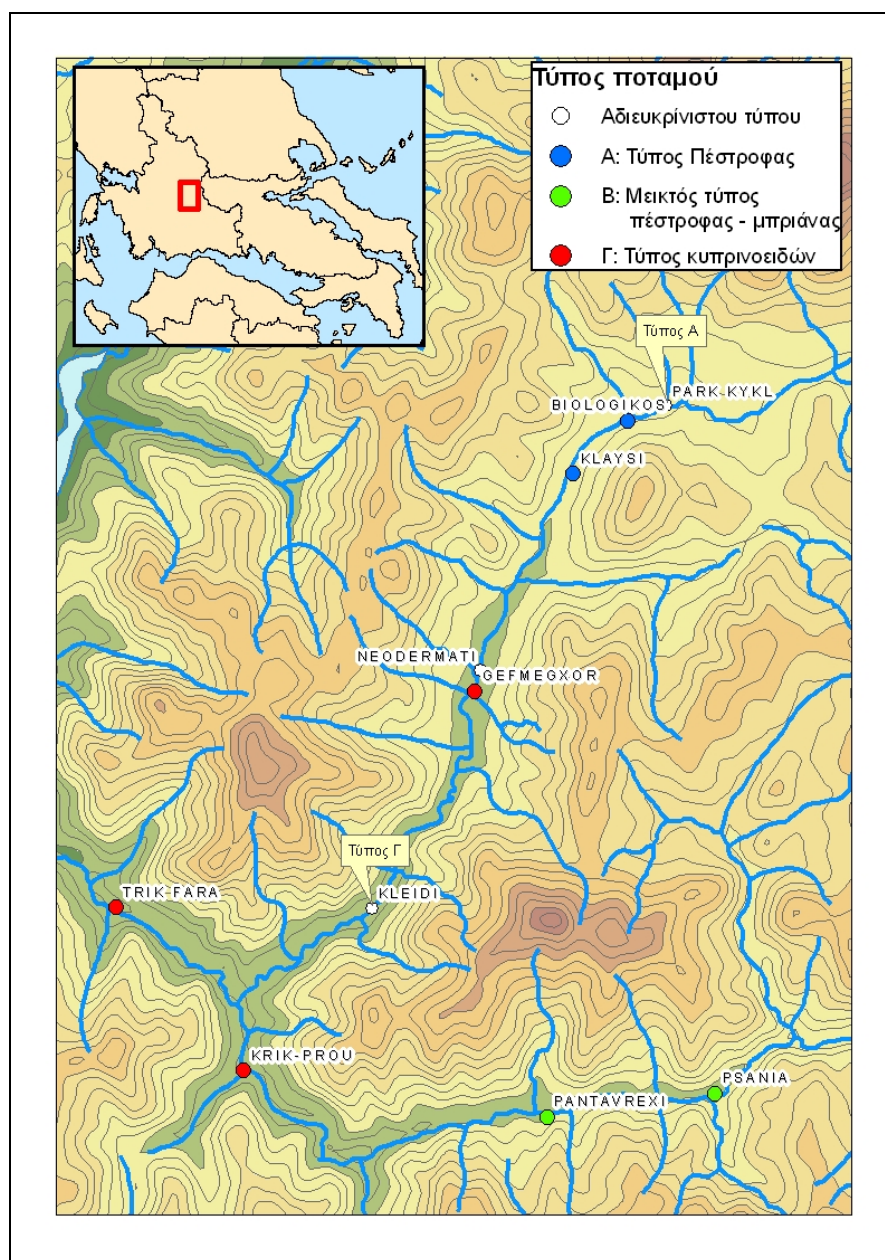
Ένα πρόβλημα που προέκυψε κατά την εφαρμογή αυτής της μεθόδου (στατιστική μέθοδος) είναι ότι επεμβάσεις του ανθρώπου στην υδρολογία και τη μορφολογία των ποταμών έχουν μεταβάλει τις τιμές ορισμένων από τις διαφοροποιούσες περιβαλλοντικές μεταβλητές, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η υπαγωγή των θέσεων στους σωστούς τύπους. Για παράδειγμα, σημαντικές απολήψεις νερού ανάντη μίας θέσης, οδηγούν σε ελάττωση του πλάτους της ενεργού κοίτης και σε μείωση της παροχής (πιθανόν και σε αύξηση της θερμοκρασίας, καθόσον οι μικροί όγκοι νερού θερμαίνονται ταχύτερα το καλοκαίρι). Συνεπώς, με βάση τις παρατηρούμενες τιμές αυτών των παραμέτρων, η θέση αυτή μπορεί να υπαχθεί σε έναν τύπο διαφορετικό από αυτόν ο οποίος θα αντιστοιχούσε σε αδιατάρακτες υδρολογικές συνθήκες. Καθώς η τυπολογία χρησιμοποιείται για την πρόγνωση των συνθηκών αναφοράς, οι συνθήκες αναφοράς που θα αποδοθούν στη θέση αυτή θα είναι λανθασμένες. Συνεπώς, η ορθή εφαρμογή της στατιστικής μεθόδου απαιτεί τη χρησιμοποίηση “ιστορικών δεδομένων” για παραμέτρους όπως πλάτος κοίτης νερού και θερμοκρασία (υδρο-μορφολογικές συνθήκες αναφοράς), τα οποία δεν ήταν διαθέσιμα σ’ αυτή την έρευνα. Για το λόγο αυτό, αποφασίσθηκε να μην ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής για θέσεις με σημαντική υδρολογική ή/και μορφολογική επιβάρυνση.

### Αιτιολογημένη κρίση

Η αιτιολογημένη κρίση χρησιμοποιήθηκε για την υπαγωγή σε τύπους όσων θέσεων δειγματοληψίας δεν μπορούσαν να υπαχθούν σε κάποιον τύπο, με βάση τις προηγούμενες μεθόδους. Συγκεκριμένα, η αιτιολογημένη κρίση εφαρμόστηκε: (α) όταν δεν υπήρξε ασφαλής κατάταξη με βάση τη στατιστική ή τη λογιστική μέθοδο, λόγω επικάλυψης περιβαλλοντικών μεταβλητών, (β) στις περιπτώσεις θέσεων με σημαντική υδρολογική ή/και μορφολογική επιβάρυνση (π.χ. από λειτουργία φραγμάτων ανάντη, απολήψεις νερού και καναλοποίηση), των οποίων η κατάταξη σε τύπους με τις παραπάνω μεθόδους θεωρήθηκε επισφαλής. Η κρίση στηρίχθηκε, στο βαθμό που ήταν δυνατό, σε υπάρχοντα στοιχεία πάνω στην παλαιά υδρολογική και μορφολογική κατάσταση των ποταμών, έτσι ώστε ο τυπολογικός χαρακτηρισμός της θέσης να αντανακλά αδιατάρακτες υδρολογικές, μορφολογικές και φυσικοχημικές συνθήκες. Ο τελικός τυπολογικός χαρακτηρισμός των θέσεων (υπαγωγή σε κάποιον από τους τρεις βιοτικούς τύπους) δίνεται σε πίνακα και απεικονίζεται σε χάρτες που παρουσιάζονται στο Παράρτημα VIII. Ο χαρακτηρισμός έγινε μόνο για τις θέσεις στις οποίες οι δειγματοληψίες έλαβαν χώρα κατά τα έτη 2005 και 2006. Κρίθηκε αναγκαίο να εξαιρεθούν ορισμένες θέσεις αμφίβολης ή μεταβατικής τυπολογίας, ώστε να μην υπεισέλθουν σφάλματα στις εκτιμήσεις της οικολογικής κατάστασης. Ωστόσο, περιλαμβάνονται οι θέσεις του βιοτικού τύπου PEL-BARBEL (βλ. τμήμα 3.4.2), χωρίς να γίνεται περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων τους.

### Γεωγραφική μέθοδος

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην εμπειρική διαπίστωση ότι συχνά υπάρχει μία ομαλή διαδοχή των τύπων από τις πηγές προς τις εκβολές του ποταμού. Συνεπώς, όλες οι θέσεις ενός ποταμού που βρίσκονται κατάντη αδιατάρακτων θέσεων που έχουν καθορισθεί σαν τύπου C ορίζονται ότι ανήκουν στον τύπο C, και οι αντίστοιχες θέσεις που βρίσκονται ανάντη θέσεων τύπου A ορίζονται ότι ανήκουν στον τύπο A. Ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου δίνεται στην εικόνα 18. Το κυριότερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι θέσεις με περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που τις διαφοροποιούν τυπολογικά από τις γειτονικές τους θέσεις (π.χ. τοπικά μεγάλη κλίση ή τοπική ανάβλυση ψυχρών πηγαίων νερών σε περιοχές χαμηλού υψομέτρου) θα αποδοθούν σε λανθασμένο τύπο. Για το λόγο αυτό η γεωγραφική μέθοδος εφαρμόστηκε μόνο στην περίπτωση αντιπροσωπευτικών θέσεων χωρίς ιδιαιτερότητες, των οποίων η τυπολογία δεν είχε διευκρινισθεί με τις άλλες δύο μεθόδους.



**Εικόνα 18.** Παράδειγμα εφαρμογής της γεωγραφικής μεθόδου, στη λεκάνη απορροής του ποταμού Αχελώου. Σε επεξήγηση ο τύπος στον οποίο μεταπίπτουν - κατατάσσονται τελικά οι δύο σταθμοί αδιευκρίνιστου τύπου (KLEIDI, PAR KYKL).

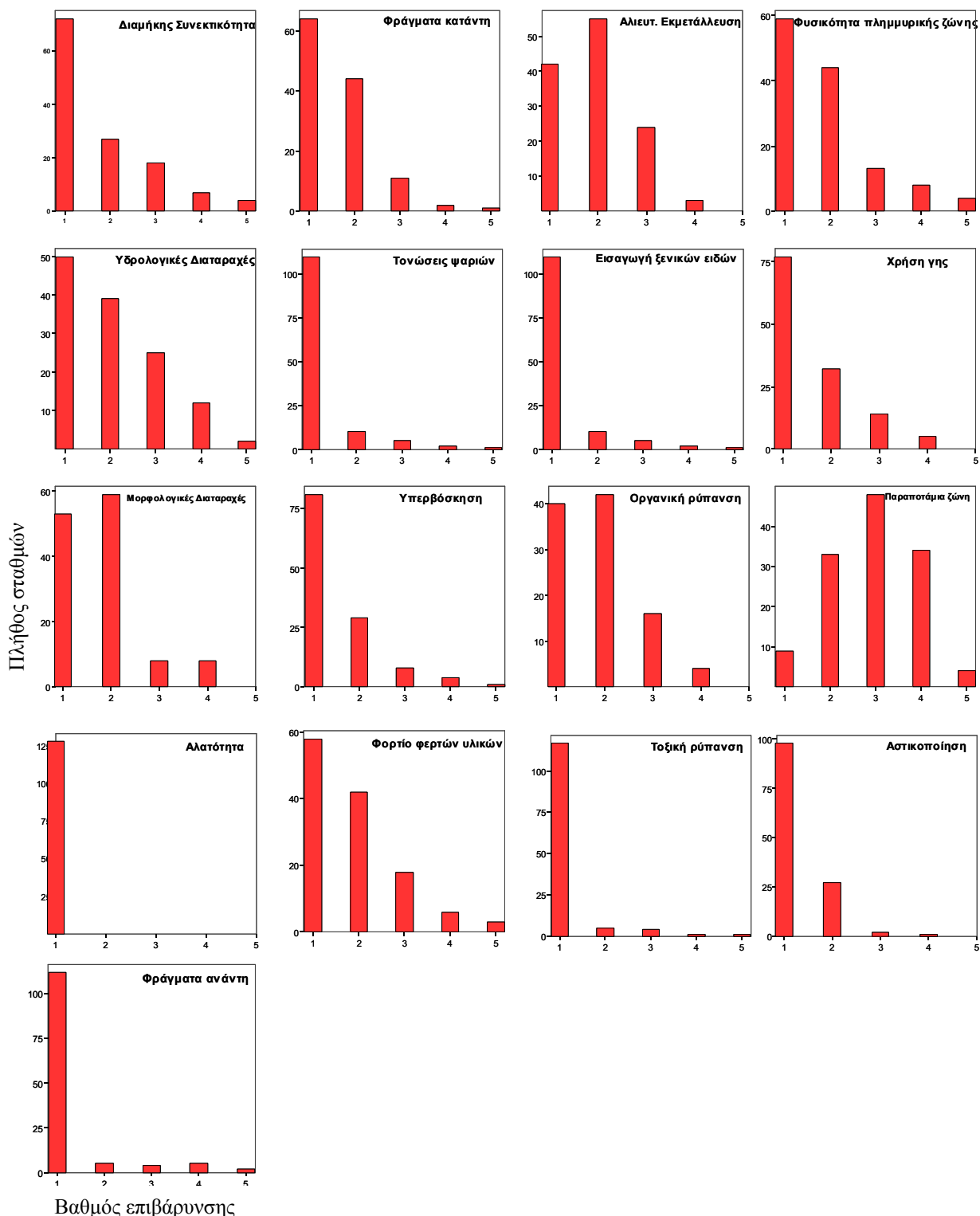


### 3.5. Προ-ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης

#### 3.5.1. Κατανομή πιέσεων στους σταθμούς δειγματοληψίας

Χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία που περιγράφηκε στο τμήμα 2.3 έγινε προ-ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης 126 θέσεων, στις οποίες οι δειγματοληψίες έλαβαν χώρα τα έτη 2005 και 2006 ως προς (α) κάθε μία από τις 17 συνολικά πιέσεις, (β) τη μέση τιμή των 17 πιέσεων και (γ) τη μέση τιμή των πέντε πρωταρχικών πιέσεων: **υδρολογικές διαταραχές, μορφολογικές αλλοιώσεις, διαμήκης συνεκτικότητα, χρήση γης και οργανική ρύπανση**. Να επισημανθεί, ότι η μεθοδολογία FAME χρησιμοποιεί τελικά μόνο τη μέση τιμή των πρωταρχικών πιέσεων για ελέγχους που σχετίζονται με την επιλογή των μετρικών και την επιβεβαίωση του δείκτη. Η ίδια μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε και στην έρευνα αυτή.

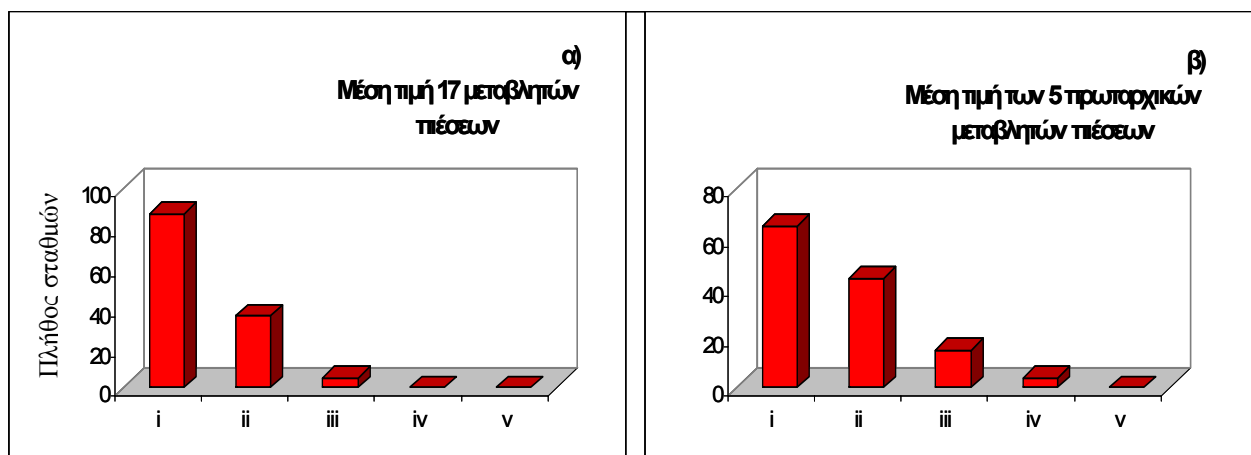
Τα αποτελέσματα της προ-ταξινόμησης, ως προς κάθε μία από τις 17 πιέσεις, δίνονται με τη μορφή ιστογραμμάτων στην εικόνα 19. Για ορισμένες μορφές πιέσεων (π.χ. χρήσεις γης, αστικοποίηση, εισαγωγές ξενικών ειδών) ο βαθμός επιβάρυνσης είναι μικρός, με τις περισσότερες θέσεις να κατανέμονται στις κλάσεις οικολογικής κατάστασης 1 και 2 (υψηλή και καλή). Αντίθετα, παρεμβάσεις στην παραποτάμια ζώνη αποτελούσαν την πιο σημαντική πηγή οικολογικής υποβάθμισης με 85 θέσεις να ταξινομούνται στις κλάσεις 3 έως 5 (μέτρια έως κακή).



**Εικόνα 19.** Κατανομή των θέσεων δειγματοληψίας σε κλάσεις οικολογικής κατάστασης εκφρασμένης με τις τιμές προ-ταξινόμησης για κάθε μία από τις 17 πιέσεις που καταγράφηκαν. Οι τιμές προ-ταξινόμησης που αντιστοιχούν στις κλάσεις οικολογικής κατάστασης διαδοχικά από 1 (υψηλή) έως 5 (κακή).

Στην εικόνα 20 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προ-ταξινόμησης ως προς τη μέση τιμή των 17 πιέσεων και τη μέση τιμή των πέντε σημαντικότερων (από ιχθυολογική άποψη) πιέσεων. Η προ-ταξινόμηση ως προς τη μέση τιμή των 17 πιέσεων εμφανίζει μία καλύτερη οικολογική κατάσταση σε σύγκριση με αυτή που προκύπτει με προ-ταξινόμηση ως προς τη

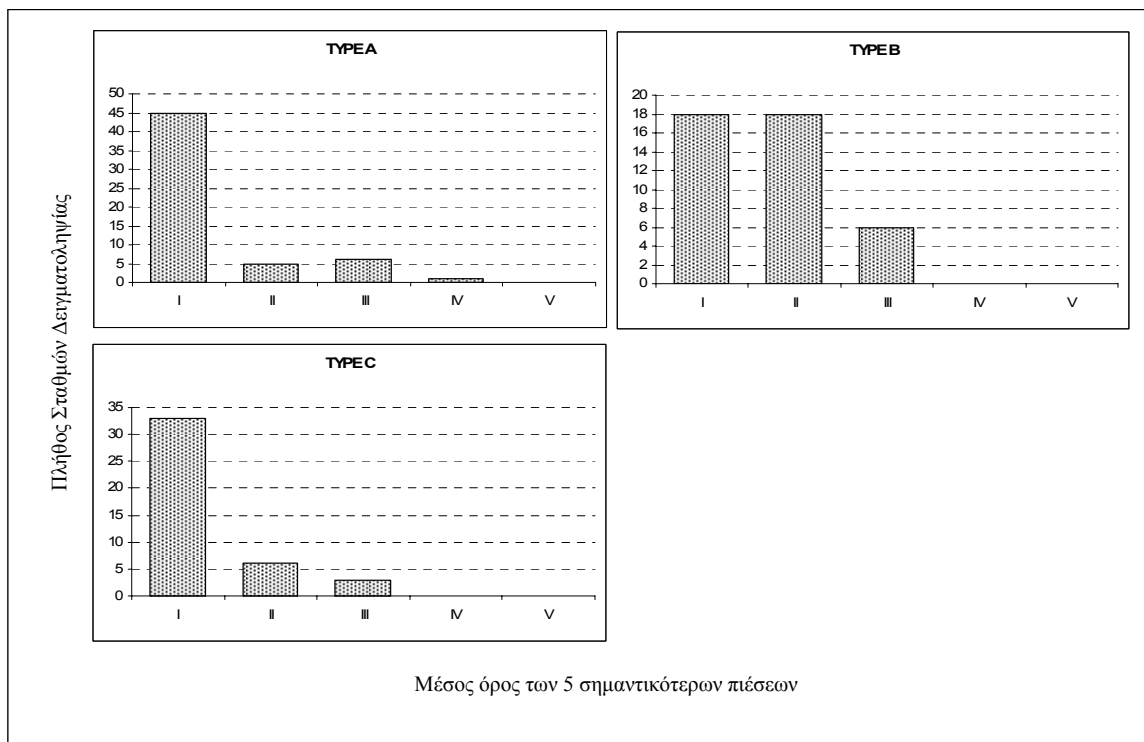
μέση τιμή των πέντε πρωταρχικών πιέσεων, λόγω της γενικά υψηλότερης επιβάρυνσης των περιοχών της έρευνας από τις πέντε αυτές πιέσεις. Λεπτομερή δεδομένα για την κατάσταση των σταθμών δειγματοληψίας κάθε λεκάνης απορροής (τιμές προ-ταξινόμησης ως προς τη μέση τιμή των πέντε πρωταρχικών πιέσεων - σύμφωνα με τη μεθοδολογία FAME) δίνονται στους χάρτες του Παραρτήματος ΙΧ. Οι ποταμοί Αχελώος, Άραχθος και Αώος εμφανίζουν πολύ μικρό βαθμό διαταραχής από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα υψηλό ποσοστό των θέσεων δειγματοληψίας προ-ταξινομήθηκε στην υψηλή κατάσταση. Οι ποταμοί Αλιάκμονας και Αλφειός περιέχουν ένα μεγαλύτερο ποσοστό θέσεων με μικρή ή μέτρια επιβάρυνση. Συνολικά, τα δεδομένα πιέσεων δίνουν μία εικόνα καλής οικολογικής κατάστασης των περιοχών έρευνας, αφού το συντριπτικό ποσοστό των θέσεων κατατάσσεται στις κλάσεις οικολογικής κατάστασης 1 (υψηλή) και 2 (καλή). Διευκρινίζεται ότι σύμφωνα με τη διαδικασία προ-ταξινόμησης που ακολουθήθηκε, η κλάση 1 δεν περιλαμβάνει κατ' ανάγκη θέσεις που είναι τελείως απαλλαγμένες από πιέσεις, εφόσον αποδέχεται μέση τιμή πιέσεων μέχρι 1.8.



**Εικόνα 20.** Κατανομή των θέσεων δειγματοληψίας σε κλάσεις οικολογικής κατάστασης εκφρασμένης με τις τιμές προ-ταξινόμησης για (α) τη μέση τιμή όλων των πιέσεων, και (β) τη μέση τιμή των πέντε πρωταρχικών πιέσεων. Τιμές προ-ταξινόμησης που αντιστοιχούν στις κλάσεις οικολογικής κατάστασης διαδοχικά από I (υψηλή=1) έως V (κακή=5): [1.0-1.8], [1.8-2.6], [2.6-3.4], [3.4-4.2], [4.2-5.0].

### 3.5.2. Κατανομή πιέσεων στους βιοτικούς τύπους

Στο Παράρτημα Χ δίνονται διαγράμματα που δείχνουν την προ-ταξινόμηση των σταθμών δειγματοληψίας ως προς κάθε μία από τις 17 πιέσεις χωριστά για κάθε ποτάμιο τύπο. Συγκεντρωτικά δεδομένα της προ-ταξινόμησης των σταθμών κάθε ποτάμιου τύπου, ως προς τις πέντε σημαντικότερες πιέσεις, δίνονται στην εικόνα 21. Οι σταθμοί του βιοτικού τύπου Α (πέστροφας) εμφανίζουν τη μικρότερη επιβάρυνση, τόσο όσο αφορά τις μεμονωμένες πιέσεις όσο και το μέσο όρο των πέντε κυριότερων πιέσεων, με σημαντικό ποσοστό των θέσεων να ταξινομούνται στην κλάση 1 (πλήρης απουσία διαταραχής). Γενικά, οι θέσεις που προ-ταξινομήθηκαν σε κλάσεις υψηλής επιβάρυνσης ήταν ελάχιστες, γεγονός που αποτέλεσε πρόβλημα κατά τη διαδικασία ελέγχου της απόκρισης των μετρικών στις πιέσεις (βλ. παρακάτω).



**Εικόνα 21.** Κατανομή των σταθμών δειγματοληψίας σε κλάσεις οικολογικής επιβάρυνσης (μετρούμενη σαν η μέση τιμή των πέντε πρωταρχικών πιέσεων) ανά βιοτικό τύπο. Τύπος A: Πέστροφας (βιοτικές ομάδες a και b). Τύπος B: Πέστροφας-Μπριάνας (βιοτική ομάδα c). Τύπος C: Ορεινών κυπρινοειδών (βιοτικές ομάδες f και g). Κλάσεις πιέσεων διαδοχικά από I έως V: [1.0-1.8], [1.8-2.6], [2.6-3.4], [3.4-4.2], [4.2-5.0].

### 3.5.3. Σταθμισμένη κατανομή πιέσεων στους βιοτικούς τύπους

Η προ-ταξινόμηση των θέσεων με βάση τις πιέσεις δεν παρέχει έναν τρόπο οικολογικής ταξινόμησης αποδεκτό από την Οδηγία-Πλαίσιο, αφού σύμφωνα με αυτή η οικολογική κατάσταση των υδάτινων σωμάτων πρέπει να εκτιμάται με τη χρήση βιολογικών δεικτών. Ο αποκλειστικός σκοπός της προ-ταξινόμησης με κριτήρια πιέσεων, είναι να αποκτηθούν ανεξάρτητες εκτιμήσεις της οικολογικής κατάστασης των θέσεων προκειμένου να γίνουν επιλογές αδιατάρακτων θέσεων (π.χ. για τη θέσπιση συνθηκών αναφοράς), βαθμονομήσεις των μετρικών και έλεγχοι της προγνωστικής ικανότητας των βιολογικών μεθόδων. Γενικά, το πρόβλημα που προκύπτει από προ-ταξινομήσεις της οικολογικής κατάστασης με βάση τις πιέσεις είναι ότι ο χαρακτηρισμός της οικολογικής κατάστασης γίνεται όχι με άμεσο υπολογισμό των επιπτώσεων των πιέσεων στις βιοκοινωνίες, αλλά με εκτίμηση της δυνητικής επιβάρυνσης από συγκεκριμένες πιέσεις. Επομένως, η εμφανιζόμενη οικολογική κατάσταση εξαρτάται ισχυρά από τον αριθμό και το συνδυασμό των πιέσεων που θα επιλεγούν για την προ-ταξινόμηση της κατάστασης των θέσεων. Στην περίπτωση που η προ-ταξινόμηση γίνεται με τη μέση τιμή των 17 πιέσεων, είναι δυνατό να προκύψει υπερεκτίμηση της κατάστασης μίας θέσης λόγω του συνυπολογισμού, στη μέση τιμή, κάποιων πιέσεων που δεν επηρεάζουν τη συγκεκριμένη θέση ή που ασκούν μικρή γενικά επίδραση στις βιοκοινωνίες. Αντίθετα, στην περίπτωση που η προ-ταξινόμηση γίνεται με τη μέση τιμή των κυριότερων πιέσεων, είναι δυνατό να προκύψει υποεκτίμηση, επειδή αγνοούνται πιέσεις που γενικά είναι μικρής σημασίας, αλλά τοπικά είναι σημαντικές (π.χ. διαφυγές καλλιεργούμενων ψαριών από γειτονικό ιχθυοτροφείο ή μεγάλα φορτία φερτών υλικών από εκτελούμενα έργα σε ανάντη περιοχή). Άλλη σοβαρή πηγή σφάλματος στην εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης με βάση τις πιέσεις προέρχεται από τη δυσκολία “στάθμισης” των βιολογικών επιπτώσεων από διαφορετικές πιέσεις. Για παράδειγμα, η πλήρης διακοπή της συνεκτικότητας θα επηρεάσει μόνο τα διάδρομα και ποταμόδρομα είδη, ενώ μία σοβαρή υδρολογική διαταραχή θα επηρεάσει

όλα τα είδη. Επομένως, η πίεση “υδρολογική διαταραχή” δημιουργεί ισχυρότερα αρνητικές επιπτώσεις στις ιχθυοκοινότητες από ότι η πίεση “διακοπή συνεκτικότητας”. Είναι δυνατό, σε περιπτώσεις εξαιρετικά σοβαρών υδρολογικών διαταραχών, να εξαφανισθούν όλα τα ψάρια από μία θέση, έστω και αν οι υπόλοιπες πιέσεις στη θέση αυτή είναι αμελητέες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η προ-ταξινόμηση της οικολογικής θέσης της θέσης με βάση τη μέση τιμή ενός αριθμού ή και όλων των πιέσεων θα εμφανίσει τη θέση σαν καλύτερης κατάστασης από ότι είναι πραγματικά (και συνεπώς θα αποκρύψει το μέγεθος της σοβαρής ιχθυολογικής υποβάθμισης), απλώς και μόνο λόγω του συνυπολογισμού των άλλων πιέσεων στη μέση τιμή προ-ταξινόμησης.

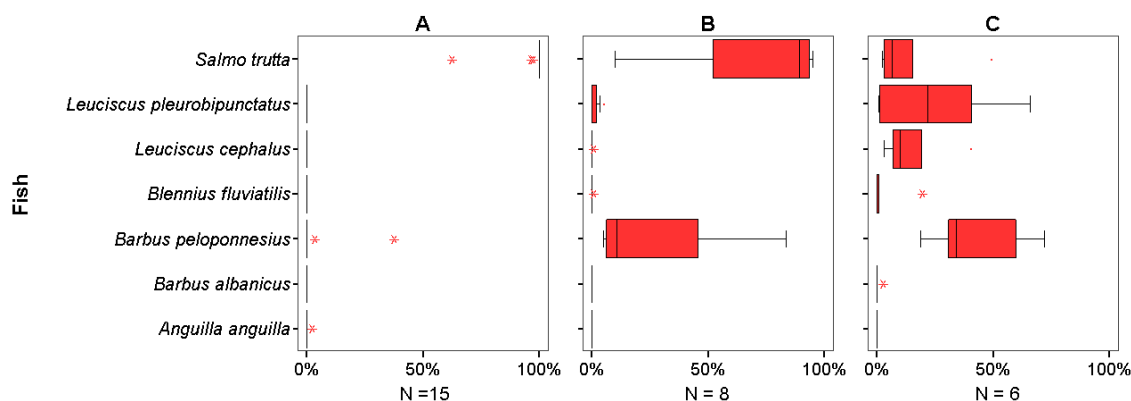
Για όλους τους παραπάνω λόγους δημιουργήθηκε ένας “σταθμισμένος δείκτης προ-ταξινόμησης” οικολογικής κατάστασης των θέσεων (General status) που αξιολογεί τις πιθανές βιολογικές επιπτώσεις από διαφορετικές πιέσεις και περιλαμβάνει τη δυνητική επιβάρυνση από πιέσεις τοπικής σημασίας. Ο δείκτης αυτός στηρίζεται στην κρίση του ειδικού και παίρνει υπόψη όχι μόνο τις πέντε σημαντικότερες πιέσεις, αλλά και άλλες πιέσεις που κατά περίπτωση επηρεάζουν τη θέση. Επίσης, ο δείκτης αποδίδει μεγαλύτερο σχετικό “βάρος” σε πιέσεις που κρίθηκε ότι επιδρούν ισχυρότερα στις ιχθυοκοινότητες. Για παράδειγμα, δόθηκε ιδιαίτερο “βάρος” στις πιέσεις που επηρεάζουν το κανάλι του ποταμού ή επιδρούν στην ποιότητα και ποσότητα του νερού, όπως είναι η μορφολογική υποβάθμιση, οι υδρολογικές διαταραχές και η ρύπανση, παρά στις πιέσεις που επηρεάζουν τη συνεκτικότητα και την παραποτάμια ζώνη. Η κατηγοριοποίηση της οικολογικής κατάστασης των σταθμών κάθε βιοτικού τύπου σύμφωνα με αυτόν το “σταθμισμένο δείκτη προ-ταξινόμησης” της οικολογικής κατάστασης παρουσιάζεται στους Πίνακες του Παραρτήματος XI. Ωστόσο, αυτός εμπεριέχει αρκετή υποκειμενικότητα, δεδομένου ότι στηρίζεται κατά πολύ στην “κρίση του ειδικού” ως προς την επιλογή και τη στάθμιση των πιέσεων. Για το λόγο αυτό, τα αποτελέσματα των προ-ταξινομήσεων με τον “σταθμισμένο δείκτη προ-ταξινόμησης” δεν χρησιμοποιήθηκαν στις περισσότερες διαδικασίες ανάπτυξης του πολυπαραμετρικού ιχθυολογικού δείκτη *χωρικής βάσης*, παρά μόνο για την ερμηνεία των τάσεων απόκρισης των μετρικών και για την επιβεβαίωση των προβλέψεων του ιχθυολογικού δείκτη. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, οι έλεγχοι και οι βαθμονομήσεις έγιναν με χρήση των δεδομένων προ-ταξινόμησης ως προς τις πέντε σημαντικότερες πιέσεις.

### 3.6. Θέσπιση συνθηκών αναφοράς

Οι μέθοδοι βιοεκτίμησης που είναι συμβατές με την Οδηγία-Πλαίσιο στηρίζονται στην αρχή των συνθηκών αναφοράς, σύμφωνα με την οποία η εκτίμηση του βαθμού οικολογικής υποβάθμισης των υδάτινων σωμάτων εκτιμάται με σύγκριση των παρατηρούμενων βιολογικών τιμών με τις αναμενόμενες τιμές, κάτω από πλήρη ή σχεδόν πλήρη απουσία ανθρωπογενών πιέσεων.

Στην παρούσα μελέτη ακολουθήθηκαν δύο μεθοδολογίες για τον προσδιορισμό των συνθηκών αναφοράς. Για τη **μέθοδο βιοεκτίμησης που έχει χωρική βάση** θεσπίστηκαν συνθήκες αναφοράς για κάθε έναν από τους τρεις βιοτικούς τύπους (τυποχαρακτηριστικές συνθήκες αναφοράς). Για τη **μέθοδο βιοεκτίμησης που στηρίζεται στο μοντέλο πρόβλεψης** δεν είναι δυνατή η περιγραφή γενικών συνθηκών αναφοράς, καθώς οι συνθήκες αυτές προσδιορίζονται από το μοντέλο για κάθε θέση.

**Ο προσδιορισμός των τυποχαρακτηριστικών συνθηκών αναφοράς, στον δείκτη χωρικής βάσης, στηρίχθηκε σε αιτιολογημένη κρίση, έχοντας σαν οδηγό ιχθυολογικά δεδομένα από 29 θέσεις με μηδαμινή ή ελάχιστη ανθρωπογενή διαταραχή, οι οποίες ικανοποιούσαν τις εξής συνθήκες:** (i) οι πέντε “πρωταρχικές πιέσεις” έχουν τιμή 1, και (ii) καμία από τις τιμές των υπόλοιπων 12 πιέσεων που προ-ταξινομήθηκαν δεν υπερβαίνει την τιμή 3 (βλ. τμήμα 2.6). Η μέση ιχθυολογική σύνθεση των θέσεων, που ανήκουν στους τρεις βιοτικούς τύπους, δίνεται υπό μορφή θηκογραμμάτων στην εικόνα 22.



**Εικόνα 22.** Σύνθεση της ιχθυοκοινότητας κάθε βιοτικού τύπου (συμμετέχοντα είδη, ποσοστιαία συμμετοχή) σύμφωνα με δεδομένα από 29 θέσεις, με καμία ή πολύ μικρή διαταραχή. Με αστερίσκο συμβολίζονται οι θέσεις που εμφανίζουν ακραίες τιμές.

Ο βιοτικός τύπος A (πέστροφας) χαρακτηρίζεται από την κυριαρχία του είδους *Salmo trutta* το οποίο συμμετέχει με 97,1 % στη μέση σύσταση της ιχθυοκοινότητας των (πλήρως ή σχετικά) αδιατάρακτων θέσεων του τύπου. Το ίδιο είδος παρουσιάζει υψηλή εκατοστιαία συμμετοχή (71,9 %) και στις θέσεις του βιοτικού τύπου B (πέστροφας-μπριάνας), όπου το είδος *Barbus peloponnesius* ακολουθεί με σημαντικά χαμηλότερο ποσοστό (26,7 %). Στον τύπο C το αφθονότερο είδος είναι το *Barbus peloponnesius* (41,7%) και ακολουθούν τα είδη *Leuciscus pleurobipunctatus* (25,4 %), *Leuciscus cephalus* (15,0 %) και *Blennius fluviatilis* (3,4 %). Περιοριστικοί παράγοντες για την αξιοπιστία των υπολογισμών είναι: (α) τα δεδομένα, ιδίως των θέσεων του τύπου C, προήλθαν από πολύ μικρό αριθμό θέσεων, και (β) οι θέσεις δεν ήταν πάντα αντιπροσωπευτικές του εύρους των φυσιογραφικών και υδρο-μορφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης. Πράγματι, οι περισσότερες θέσεις με βαθιά νερά και μεγάλο πλάτος ενεργού κοίτης αποκλείστηκαν κατά τη διαδικασία επιλογής αδιατάρακτων θέσεων για διάφορους λόγους, όπως παρουσία φράγματος κατάντη στην περίπτωση του Αχελώου. Το γεγονός αυτό επηρέασε σε κάποιο βαθμό τη φαινομενική σύνθεση της ιχθυοκοινότητας αναφοράς. Για παράδειγμα, το είδος *Barbus albanicus* έχει μικρότερη ποσοστιαία συμμετοχή στα δείγματα από τις σχετικά αδιατάρακτες θέσεις του τύπου C, απ' ότι σε δείγματα από θέσεις με μεγαλύτερη διαταραχή ή/και από όσο θα αναμενόταν με βάση την εμπειρική γνώση της ομάδας έρευνας.

Για τους παραπάνω λόγους ο προσδιορισμός των συνθηκών αναφοράς έγινε με **συνυπολογισμό δεδομένων πάνω στη βιολογία και τις οικολογικές απαιτήσεις των ψαριών, καθώς και δεδομένων πάνω στην ιστορική κατανομή των ειδών.** Για παράδειγμα, λήφθηκε υπόψη ότι τα είδη *Anguilla anguilla* (χέλι) και *Barbus albanicus* έχουν μεταναστευτική συμπεριφορά, και ότι τα δύο είδη εξαφανίστηκαν μετά τη δημιουργία φραγμάτων από περιοχές στις οποίες έχει καταγραφεί η παλαιότερη παρουσία τους. Συνεπώς, τα είδη αυτά περιλήφθηκαν στις συνθήκες αναφοράς των τύπων που αντιστοιχούν σε τέτοιες περιοχές. Οι συνθήκες αναφοράς που θεσπίστηκαν για τους τρεις τύπους δίνονται στον Πίνακα 15.

**Πίνακας 15.** Ιχθυολογικές συνθήκες αναφοράς στους τρεις ορεινούς τύπους ποταμών (Α, Β και C).

Τύπος	Σύσταση και αφθονία	Συνθήκες αναπαραγωγής	Τυπο- χαρακτηριστικά είδη	Κατανομές μεγεθών
<b>A</b>	1 έως 2 και σπάνια 3 είδη - <i>S. trutta</i> >90 %, <i>B. peloroponnesius</i> 0-10 % - Η αφθονία ποικίλει πολύ σε σχέση με τα μικροενδιαίτηματα και άλλους παράγοντες.	Σε καλές συνθήκες σύνθεσης ενδαιτημάτων παρατηρείται αναπαραγωγή <i>S. trutta</i> .	<i>S. trutta</i>	- <i>S. trutta</i> : τουλάχιστον τρεις κλάσεις ηλικιών, παρουσία ατόμων > 25 cm. - <i>B. peloroponnesius</i> : κυρίως μεγάλου μεγέθους άτομα, διότι το είδος δεν αναπαράγεται συχνά σε ρέματα με πολύ ψυχρά νερά και μεγάλη κλίση.
<b>B</b>	2 έως 3, σπάνια μέχρι 5 είδη - Κυριαρχεί πάντα το <i>Salmo trutta</i> , συνήθως με 50-95% συμμετοχή. - Παρουσία <i>Barbus peloroponnesius</i> 5 έως 40 % ανάλογα με τα ενδαιτήματα. - Συχνά υπάρχει <i>Leuciscus pleurobipunctatus</i> ή/και άλλα δύο είδη, πάντα με πολύ μικρή συμμετοχή.	Μεγάλες συγκεντρώσεις γόνου <i>B. peloroponnesius</i> . <i>S. trutta</i> αναπαράγεται όταν υπάρχουν κατάλληλα ενδαιτήματα.	<i>S. trutta</i> <i>B. peloroponnesius</i>	- <i>B. peloroponnesius</i> (τουλάχιστον 3 κλάσεις ηλικιών/μεγεθών) - <i>S. trutta</i> (2 έως 4 κλάσεις μεγεθών) - <i>L. pleurobipunctatus</i> (μία ή δύο κλάσεις μεγεθών).
<b>C</b>	4 έως 7 είδη, σπανίως 8, μεγάλη αφθονία ατόμων - Κυριαρχούν τα <i>B. peloroponnesius</i> (20 έως 60%), <i>L. cephalus</i> (5 έως 40%) και <i>L. pleurobipunctatus</i> (3-40%). - Όπου υπάρχουν κατάλληλες συνθήκες (βαθιά ήρεμα νερά) απαντάται το <i>Blennius fluviatilis</i> (2 έως 20 %). - Το <i>Barbus albanicus</i> και το <i>Anguilla anguilla</i> (έως 15%) έχουν χρονικά και χωρικά μεταβλητή συμμετοχή, λόγω μεταναστεύσεων. Τυχόν απουσία τους είναι ενδεικτική διαταραχών συνεκτικότητας. - Σε ποτάμια με πλημμυρική ζώνη και ποικιλόμορφα ενδαιτήματα απαντάται το ελόφιλο <i>P. stymphalicus</i> .	Αναπαράγονται διάφορα είδη κυπρινοειδών ( <i>L. cephalus</i> , <i>L. pleurobipunctatus</i> και <i>B. peloroponnesius</i> ) και υπάρχει άφθονος γόνος. Τα <i>B. albanicus</i> και <i>B. fluviatilis</i> αναπαράγονται σε ειδικές περιοχές.	<i>B. peloroponnesius</i> <i>L. cephalus</i> <i>L. pleurobipunctatus</i>	Τα μεγαλόσωμα είδη <i>B. albanicus</i> και <i>L. cephalus</i> αντιπροσωπεύονται από τουλάχιστον τέσσερις κλάσεις ηλικιών (μεγεθών).

Το “μοντέλο πρόβλεψης” χρησιμοποιεί έναν αριθμό περιβαλλοντικών παραμέτρων (π.χ. πλάτος και κλίση του ποταμού κάτω από αδιατάρακτες συνθήκες) για την “ανασύσταση” των συνθηκών αναφοράς σε μία θέση, ανεξάρτητα από τον τύπο στον οποίο αυτή ανήκει. Μεθοδολογικές λεπτομέρειες της κατασκευής του μοντέλου και των σχέσεων μεταξύ των ιχθυολογικών και των περιβαλλοντικών παραμέτρων δίνονται στο Παράρτημα XII.

### 3.7. Επιλογή μετρικών

Η βασική παραδοχή όλων των μεθόδων βιοεκτιμήσεων που στηρίζονται στην αρχή των συνθηκών αναφοράς είναι ότι αν υπάρξει ανθρωπογενής αλλοίωση στα υδρολογικά, μορφολογικά ή χημικά χαρακτηριστικά μίας θέσης, θα μεταβληθούν οι “συναθροίσεις” των ειδών που απαντούνταν στη θέση αυτή πριν την αλλοίωση. Οι μεταβολές μπορεί να οφείλονται σε περισσότερες από μία αιτίες: υπέρβαση των φυσιολογικών ορίων ανοχής των ψαριών σε κάποιες φυσικές και χημικές παραμέτρους, τροποποίηση οικολογικών θώκων και ενδαιτημάτων, αλλαγές στο τροφικό δίκτυο και εμπόδια στις μεταναστεύσεις. Συνεπώς, θα εμφανιστούν διαφορές στη σύνθεση και αφθονία των ειδών της θέσης αυτής από αυτά που περιγράφονται σαν «συνθήκες αναφοράς» για τη συγκεκριμένη θέση. Η μέτρηση αυτών των διαφορών μπορεί να γίνει με επιλεγμένες ιχθυολογικές “μετρικές” που εκφράζουν, για παράδειγμα, τη συνολική αφθονία ή βιομάζα των ψαριών, την ποσοστιαία συμμετοχή των ρεόφιλων ειδών ή άλλων οικολογικών ομάδων, τη ποσοστιαία συμμετοχή συγκεκριμένων ηλικιακών κλάσεων, κλπ. Η απόκλιση των τιμών των μετρικών αυτών από τις τιμές που περιγράφονται στις συνθήκες αναφοράς, μπορεί να δώσει ένα μέτρο για τον υπολογισμό των επιπτώσεων της ανθρωπογενούς επέμβασης στη δομή και λειτουργία του οικοσυστήματος.

#### 3.7.1. Κατάλογος δυνητικών μετρικών

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο χρησιμοποιούνται πάνω από 100 ιχθυολογικές μετρικές, οι περισσότερες από τις οποίες έχουν τοπική εφαρμογή και διαφέρουν από χώρα σε χώρα ή ακόμα και από έναν τύπο ποταμού σε άλλο τύπο, ανάλογα με ιστορικούς και οικολογικούς παράγοντες και τις κυρίαρχες πιέσεις. Η λίστα των μετρικών που έχουν χρησιμοποιηθεί στην Ευρώπη έχει συνοψισθεί στο πρόγραμμα FAME και περιγράφεται στο Παράρτημα XIII. Η λίστα αυτή αποτέλεσε τη βάση για την κατάρτιση του καταλόγου των δυνητικών μετρικών του παρόντος έργου. Πολλές από τις παραπάνω μετρικές δεν έχουν εφαρμογή στον Ελληνικό χώρο ή δεν ενδείκνυνται για τους συγκεκριμένους ορεινούς τύπους ποταμών που ερευνήθηκαν, π.χ. γιατί εκφράζονται από είδη τα οποία δεν απαντήθηκαν στις περιοχές έρευνας ή δεν ανταποκρίνονται στο είδος των πιέσεων που κυριαρχούν στα Ελληνικά ποτάμια. Για τους λόγους αυτούς έγιναν περικοπές από τον αρχικό κατάλογο των μετρικών του FAME. Παράλληλα τροποποιήθηκαν ορισμένες μετρικές και προστέθηκαν μερικές νέες, που πιθανό να ανταποκρίνονται καλύτερα στις τοπικές συνθήκες και δειγματοληπτικές τεχνικές. Ο κατάλογος των μετρικών που επελέγησαν σαν δυνητικοί δείκτες υποβάθμισης δίνεται στον Πίνακα 16. Οι μετρικές έχουν κατηγοριοποιηθεί ως προς το είδος της οικολογικής ή βιολογικής πληροφορίας που παρέχουν (σύσταση ειδών – οικολογικοί θώκοι, αφθονία, ηλικιακές κλάσεις – μεγέθη).



**Πίνακας 16.** Κατάλογος δυνητικών μετρικών.

Σύσταση ειδών/θόκοι	Σύμβολο	Σύσταση ειδών/θόκοι	Σύμβολο	Αφθονία	Σύμβολο
-°Αριθμός ειδών	Div	-°% άτομα με ασθένειες και μορφολογικές ή σκελετικές ανωμαλίες		-°Συνολική αφθονία (αριθμός ατόμων/στρέμμα)	DensTot
-°Αριθμός αυτόχθονων ειδών	NativDiv	-°% [μεταναστευτικά] διάδρομα είδη	MigrSp%	-°Αφθονία αυτόχθονων ειδών (αριθμός ατόμων/στρέμμα)	DensAut
-°% άτομα που ανήκουν σε αυτόχθονα είδη	Nativ%	-°% άτομα που ανήκουν σε [μεταναστευτικά] διάδρομα είδη	MigrPop%	-°Αφθονία πέστροφας (αριθμός ατόμων/στρέμμα)	DensSalm
-°Αριθμός ξενικών ειδών	InvDiv	-°% [μεταναστευτικά] ποταμόδρομα είδη	PotSp%	-°Αφθονία πέστροφας και μπριάνας (αριθμός ατόμων/στρέμμα)	DensSIBp
-°% άτομα που ανήκουν σε ξενικά είδη	Inv%	-°% άτομα που ανήκουν σε [μεταναστευτικά] ποταμόδρομα είδη	PotPop%	-°Αφθονία <i>Leuciscus cephalus</i> (αριθμός ατόμων/στρέμμα)	DensLece
-°% άτομα που προήλθαν από εμπλουτισμούς (= ξενικά είδη και τονώσεις)		-°% είδη που ζουν στη πλημμυρική ζώνη		-°Αφθονία ρεόφιλων ειδών (αριθμός ατόμων/στρέμμα)	DensREO
-°% μη ανθεκτικά είδη	TolrSp%	-°% άτομα ειδών που ζουν στη πλημμυρική ζώνη			
-°% άτομα που ανήκουν σε μη ανθεκτικά είδη	TolrPop%	-°% είδος πέστροφα στο σύνολο των ειδών	SalmSp%		
-°% ρεόφιλα είδη	ReoSp%	-°% άτομα πέστροφας στο σύνολο των ατόμων	SalmPop%		
-°% άτομα που ανήκουν σε ρεόφιλα είδη	ReoPop%	-°% είδος μπριάνας στο σύνολο των ειδών	BarpSp%		
-°% λιμνόφιλα είδη	LmnSp%	-°% άτομα μπριάνας στο σύνολο των ατόμων	BarpPop%		
-°% άτομα που ανήκουν σε λιμνόφιλα είδη	LmnPop%	-°% είδη πέστροφα και μπριάνας στο σύνολο των ειδών	SIBpSp%		
-°% εντομοφάγα είδη	InsSp%	-°% άτομα πέστροφας και μπριάνας στο σύνολο των ατόμων	SIBpPop%		
-°% άτομα που ανήκουν σε εντομοφάγα είδη	InsPop%	-°% είδος <i>Leuciscus cephalus</i> στο σύνολο των ειδών	LeceSp%		
-°% παμφάγα είδη	OmnSp%	-°% άτομα <i>Leuciscus cephalus</i> στο σύνολο των ατόμων	LecePop%		
-°% άτομα που ανήκουν σε παμφάγα είδη	OmnPop%	-°% είδος <i>Leuciscus pleurobipinctatus</i> στο σύνολο των ειδών	LepIsp%		
-°% είδη που ανήκουν σε [θερμοκρασιακά μη ανθεκτικά] ψυχρόφιλα είδη (= Salmonidae)	ColdSp%	-°% άτομα <i>Leuciscus pleurobipinctatus</i> στο σύνολο των ατόμων	LepIpop%		
-°% άτομα που ανήκουν σε [θερμοκρασιακά μη ανθεκτικά] ψυχρόφιλα είδη (= Salmonidae)	ColdPop%				
				<b>Κατανομές ηλικίας/μεγεθών</b>	<b>Σύμβολο</b>
				-°% άτομα ηλικίας 0+ πέστροφας στο σύνολο ατόμων πέστροφας	%Salm<10
				-°% άτομα ηλικίας 0+ μπριάνας στο σύνολο ατόμων μπριάνας	%Barp<5
				-°% άτομα ηλικίας 0+ όλων των ειδών	
				-°% άτομα πέστροφας > 25 mm στο σύνολο των ατόμων	%Salm>25
				-°% άτομα μακρόβιων ειδών (> 5 χρόνια)	

Στο Παράρτημα XIV δίνονται, χωριστά για τους σταθμούς κάθε βιοτικής ομάδας, οι τιμές των μετρικών για κάθε θέση δειγματοληψίας. Αποφασίστηκε η εξαίρεση των μη τυπικών θέσεων και μη λειτουργικών δειγμάτων. Με αυτό τον τρόπο εξαιρέθηκαν οι θέσεις που ανήκαν στις ολιγάριθμες και μη τυπικές βιοτικές ομάδες d, e και h καθώς και οι θέσεις που παρουσίασαν ακραίες τιμές των αβιοτικών παραμέτρων (PODO, ATSIHO). Επίσης, ο υπολογισμός έγινε μόνο για εκείνες τις θέσεις που είχαν χαρακτηριστεί ως προς τις πιέσεις που δέχονται. Συνεπώς, εξαιρέθηκαν και όλα τα παλαιότερα του 2003 στοιχεία.

### 3.7.2. Κατάλογος υποψήφιων μετρικών

Σαν βασικό κριτήριο επιλογής των υποψήφιων μετρικών τέθηκε η δυνατότητά τους να περιγράφουν τη σύσταση της ιχθυοκοινότητας και τους οικολογικούς θώκους των ψαριών. Συνεπώς, ο αρχικός κατάλογος υποψήφιων μετρικών περιείχε όλες τις μετρικές που περιγράφουν δομικά (είδη) και λειτουργικά (θώκους) στοιχεία της ιχθυοκοινότητας. Για το δείκτη **χωρικής βάσης** τέθηκαν τρία επί πλέον κριτήρια καταλληλότητας των μετρικών: α) να εμφανίζουν ευαισθησία στις κυριότερες πιέσεις, β) να έχουν μικρό βαθμό επικάλυψης με άλλες μετρικές και τέλος γ) να παρουσιάζουν ικανοποιητική διακριτική ικανότητα στο διαχωρισμό κλάσεων οικολογικής επιβάρυνσης. Τα τρία αυτά κριτήρια δεν είναι απαραίτητα, ούτε μπορούν εύκολα να επιβεβαιωθούν με τα υπάρχοντα δεδομένα, στο **μοντέλο πρόβλεψης FATHeR**. Στη συνέχεια περιγράφονται οι έλεγχοι που έγιναν για την επιλογή των μετρικών του πρώτου δείκτη (**χωρικής βάσης**).

#### Έλεγχος απόκρισης των μετρικών στις πιέσεις (responsiveness to impacts)

Πραγματοποιήθηκε μη παραμετρική ανάλυση συσχέτισης *Spearman Rank Correlation* μεταξύ των τιμών των μετρικών στις θέσεις δειγματοληψίας και των αντίστοιχων τιμών της προ-ταξινόμησης της οικολογικής κατάστασης των θέσεων, χωριστά για κάθε τύπο. Επειδή οι 17 πιέσεις που καταγράφηκαν δεν έχουν την ίδια συχνότητα εμφάνισης στις περιοχές έρευνας, ούτε δημιουργούν τις ίδιες επιπτώσεις στις ιχθυοκοινότητες, έγιναν χωριστές αναλύσεις της απόκρισης των μετρικών σε μεμονωμένες πιέσεις καθώς και σε συνδυασμούς αυτών. Συγκεκριμένα, ελέγχθηκε η απόκριση των μετρικών στη μέση τιμή των 17 πιέσεων, στη μέση τιμή των τεσσάρων πιο σημαντικών πιέσεων (υδρολογικές διαταραχές, μορφολογικές αλλοιώσεις, διαμήκης συνεκτικότητα και ρύπανση: 4param), στη μέση τιμή των πέντε σημαντικότερων πιέσεων (υδρολογικές διαταραχές, μορφολογικές αλλοιώσεις, διαμήκης συνεκτικότητα, χρήση γης και οργανική ρύπανση: 5param), στη μέγιστη τιμή που παρατηρήθηκε στις τιμές των πέντε παραπάνω πιέσεων (Max5Press), και στον σταθμισμένο δείκτη οικολογικής κατάστασης των θέσεων, που εκτιμήθηκε με τη κρίση του ειδικού (βλ. τμήμα 3.5.3).

Τα αποτελέσματα ορισμένων από τις παραπάνω συσχετίσεις δίνονται στο Παράρτημα XV. Αρχικά, οι συσχετίσεις έγιναν χωριστά για κάθε κύρια βιοτική ομάδα (a, b, c, f και g). Επειδή ο αριθμός των θέσεων (ιδίως των επιβαρυσμένων) σε κάθε ομάδα, ήταν μικρός για εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων πάνω στις τάσεις απόκρισης, οι αναλύσεις επαναλήφθηκαν με ενοποίηση των θέσεων που ανήκουν στις ομάδες a και b (Βιοτικός Τύπος A: πέστροφας) και στη συνέχεια με ενοποίηση και των θέσεων που ανήκουν στις ομάδες f και g (Βιοτικός Τύπος C: ορεινών κυπρινοειδών). Γενικά, υπάρχει αρκετή συμφωνία των αποτελεσμάτων της συσχέτισης των τιμών των μετρικών με διαφορετικούς συνδυασμούς πιέσεων. Τα αποτελέσματα της συσχέτισης με τη μέση τιμή των πέντε σημαντικότερων μετρικών δείχνουν: καμία απόκριση για την ομάδα a, 25 αποκρίσεις για την ομάδα b, 29 για την c, 22 για την f, 20 για την g, 24 για τον ενοποιημένο τύπο [a και b], και 18 για τον ενοποιημένο τύπο [f και g]. Συνεπώς, θεωρήθηκε αρκετά ασφαλές να συνεχισθεί η ανάλυση με τις ενοποιήσεις των ομάδων [a και b] (Βιοτικός τύπος A: πέστροφας), και [f και g] (Βιοτικός τύπος C: ορεινών κυπρινοειδών), εφόσον δεν υπάρχουν αλληλοσυγκρουόμενες μετρικές.

Ο Πίνακας 17 δείχνει τις μετρικές κάθε βιοτικού ποτάμιου τύπου που εμφάνισαν τις στατιστικά υψηλότερες συσχετίσεις με τις πιέσεις. Ισχυρά θετικές ή αρνητικές συσχετίσεις θεωρήθηκαν σαν κατ' αρχήν ένδειξη ικανοποιητικής απόκρισης και συνεπώς μεγάλη πιθανότητα επιλογής των μετρικών. Εντοπίστηκαν 16 ισχυρές συσχετίσεις για τον βιοτικό τύπο A, πέντε για τον τύπο B και 2 για τον τύπο C. Ωστόσο, ο παραπάνω κανόνας επιλογής μετρικών δεν εφαρμόστηκε με αυστηρότητα σε αυτή τη φάση, καθώς είναι πιθανόν ότι (α) η συσχέτιση μίας μετρικής με μία πίεση

μπορεί να αποκρύπτεται από έλλειψη συσχέτισης με μερικές ή όλες τις άλλες πιέσεις, οι οποίες μετέχουν στον καθορισμό της μέσης τιμής των πιέσεων σε μία θέση, (β) μία μετρική μπορεί να συσχετίζεται με πιέσεις οι οποίες δεν μετέχουν στην ομάδα των πέντε πρωταρχικών πιέσεων, (γ) η μετρική είναι ευαίσθητη μόνο σε ένα εύρος μεταβολών των πιέσεων, αλλά δεν παρουσιάζει σημαντική τάση απόκρισης στο υπόλοιπο εύρος, (δ) υπάρχει σημαντική ποικιλότητα των τιμών της εξεταζόμενης μετρικής, και (ε) το μικρό εύρος μεταβολών των πιέσεων στις περιοχές που ερευνήθηκαν δεν επιτρέπει να εκφρασθεί καλά η τάση απόκρισης. Ως προς το τελευταίο, σημειώνεται ότι η έρευνα έλαβε χώρα σε ορεινές και σχετικά αδιατάρακτες περιοχές, και επομένως υπήρχαν περιορισμένα δεδομένα από επιβαρυνμένες θέσεις.

**Πίνακας 17:** Μετρικές που εμφάνισαν απόκριση στις πιέσεις, καθώς και η τάση απόκρισης (θετική-↑ ή αρνητική-↓) για τους τρεις βιοτικούς τύπους Α, Β και C. Η απόκριση αναφέρεται στη μέση τιμή των πέντε πρωταρχικών πιέσεων. Για την ερμηνεία των συμβολισμών βλ. Πίνακα 16.

ΜΕΤΡΙΚΗ	ΤΥΠΟΣ Α	ΤΥΠΟΣ Β	ΤΥΠΟΣ C
InvDiv	↑	-	-
Inv%	↑	-	-
TolrPop%	↓	-	↓
ReoPop%	↓	-	
OmnPop%	↑	-	
ColdPop%	↓	-	↓
PotPop%	↓	-	-
SalmPop%	↓	-	-
DensSalm	↓	↓	-
DensAut	↓	-	-
DensTot	↓	-	-
DensREO	↓	-	-
DensSIBp	↓	↓	-
%Salm>25	↓	-	-
SIBpPop%	↑	-	-
SIBpSp%	↓	-	-
Div	-	↓	-
BarpPop%	-	↓	-
NativDiv	-	↓	-

Συμπερασματικά, η στατιστική μέθοδος που εφαρμόστηκε μπορεί να αποκρύψει σημαντικές βιολογικές αποκρίσεις των μετρικών στις πιέσεις, ιδίως όταν η εξεταζόμενη μετρική δεν παρουσιάζει μονότονη αντίδραση στις μεταβολές πιέσεων ή όταν το εύρος αυτών των μεταβολών είναι μικρό. Προκειμένου να διερευνηθούν πληρέστερα οι σχέσεις μετρικών και πιέσεων, δημιουργήθηκαν γραφήματα που απεικονίζουν τη μεταβολή των τιμών των μετρικών με την αύξηση της μέσης τιμής των πέντε σημαντικότερων πιέσεων, για τους τρεις βιοτικούς τύπους. Τα γραφήματα αυτά συνιστούν μία απλή τεχνική οπτικής επιβεβαίωσης των αποτελεσμάτων της ανάλυσης συσχέτισης, και επί πλέον προσφέρουν τη δυνατότητα ελέγχου της κατανομής μίας μετρικής στο εύρος μεταβολών της προ-ταξινομημένης οικολογικής κατάστασης. Σαν πρώτη προσέγγιση, δημιουργήθηκαν γραφήματα των σχέσεων μετρικών-πιέσεων, χωριστά για κάθε ποταμό, προκειμένου να μειωθεί ο θόρυβος από ιχθυοπανιδικές διαφορές μεταξύ ποταμών. Αν και παρουσιάστηκαν ικανοποιητικές αποκρίσεις σε αρκετές περιπτώσεις, τα γραφήματα αυτά θεωρήθηκαν επισφαλή, λόγω μικρού αριθμού θέσεων δειγματοληψίας σε κάθε ποταμό, και δεν συνεχίστηκε η περαιτέρω επεξεργασία τους. Στη συνέχεια ενοποιήθηκαν τα δεδομένα από διαφορετικά ποτάμια και έγιναν γραφικές απεικονίσεις των αποκρίσεων συνδυαστικά για όλους τους ποταμούς. Όπου παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή των τιμών μίας μετρικής, τουλάχιστον

σε ένα εύρος της μέσης τιμής των πέντε σημαντικών πιέσεων, θεωρήθηκε ότι αυτή η μετρική είναι κατάλληλη για αξιολογήσεις της οικολογικής κατάστασης, έστω και αν δεν παρατηρήθηκε ισχυρή στατιστική συσχέτιση. Ένας περιορισμός των αναλύσεων είναι ότι γενικά λείπουν θέσεις δειγματοληψίας με κλάση επιβάρυνσης 5 ή / και 4, με αποτέλεσμα να μην εκφράζεται καλά η τάση των τιμών των μετρικών. Τα γραφήματα που παρουσιάζουν τις ισχυρότερες αποκρίσεις δίνονται στο Παράρτημα XVI (Εικόνες XVI -1 έως XVI -3). Συνολικά επελέγησαν 12 μετρικές για τον βιοτικό τύπο A, εννέα για το τύπο B και οκτώ για τον τύπο C.

Στο ίδιο παράρτημα (Εικόνα XVI-4) παρουσιάζονται παραδείγματα της απόκρισης ορισμένων επιλεγμένων μετρικών του βιοτικού τύπου C (ορεινών κυπρινοειδών) στις τιμές μεμονωμένων πιέσεων. Σε γενικές γραμμές, οι μετρικές εμφάνισαν μεγαλύτερη ευαισθησία σε μεμονωμένες πιέσεις παρά στη μέση τιμή των πέντε κυριότερων πιέσεων, γεγονός που υποδηλώνει ότι η οικολογική κατάσταση μίας θέσης μπορεί να εκτιμηθεί καλύτερα με μία ομάδα σταθμισμένων μετρικών που παρουσιάζουν ευαισθησία σε ανεξάρτητες-σημαντικές πιέσεις. Ωστόσο, ένα σύστημα οικολογικής ταξινόμησης που εμπλέκει χωριστούς προσδιορισμούς της απόκρισης των μετρικών σε διαφορετικές πιέσεις, απαιτεί περίπλοκες στατιστικές επεξεργασίες για την επιλογή και στάθμιση των μετρικών, καθώς και μεγάλες σειρές δειγματοληπτικών δεδομένων για βαθμονομήσεις και ελέγχους της αξιοπιστίας του. Επί πλέον, ένα τέτοιο σύστημα είναι δύσχρηστο από τη διαχειριστική άποψη. Εξαιτίας τέτοιων προβλημάτων δεν έγινε περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων προς την κατεύθυνση του ελέγχου απόκρισης των μετρικών σε μεμονωμένες πιέσεις.

Στον Πίνακα 18 παρουσιάζεται ένας κατάλογος με τις κυριότερες μετρικές που παρουσίασαν απόκριση σε πιέσεις και δίνεται μία βιολογική επεξήγηση του τρόπου αντίδρασής τους σε οικολογική υποβάθμιση. Δεν περιλαμβάνονται μετρικές που αναφέρονται σε παρουσία ή ποσοστιαία συμμετοχή συγκεκριμένων ειδών. Γενικά, επελέγησαν μετρικές που παρουσιάζουν μονοτονική απόκριση στις μεταβολές πιέσεων, καθώς η βιολογική συνάφεια των μη μονοτονικών αποκρίσεων δεν μπορούσε να ελεγχθεί με τα περιορισμένα δεδομένα της παρούσας μελέτης.

**Πίνακας 18.** Βιολογική ερμηνεία για την επιλογή ορισμένων μετρικών με κριτήριο την απόκρισή τους σε πιέσεις.

Μετρικές	Κωδικός	Βιολογική ερμηνεία
Ιχθυοποικιλότητα (φυσική ή συνολική)	Div και NativDiv	Η ιχθυοκοινότητα μίας περιοχής συνήθως αντιδρά σε μία σειρά πιέσεων ποικίλης αιτιολογίας με μείωση του αριθμού των ψαριών. Τα είδη μικρής ανθεκτικότητας ή εξειδικευμένων οικολογικών θώκων εξαφανίζονται γρηγορότερα. Επομένως, η μετρική αυτή παρέχει μία γενική εικόνα της “υγείας” μίας ποτάμιας περιοχής χωρίς όμως να γίνεται διάγνωση της αιτίας υποβάθμισης. Η μετρική αυτή είναι χρήσιμη σε περιοχές με πλούσια ιχθυοκοινότητα από πλευράς αριθμού ειδών αλλά είναι λιγότερο χρήσιμη σε περιοχές με πτωχή ιχθυολογική ποικιλότητα.
Αφθονία (αυτόχθονων ειδών και συνολική)	DensAut και DensTot	Η αφθονία των ψαριών δεν είναι μία ιδιαίτερα καλή μετρική, ιδίως όσο αφορά είδη που απαντούν σε μικρή αφθονία, λόγω μεγάλης φυσικής ποικιλότητας της μετρικής. Ωστόσο, η μετρική αυτή μπορεί να προσφέρει χρήσιμη διάγνωση της οικολογικής κατάστασης εφόσον το τυπολογικό σχήμα επιτρέπει την ελάττωση της φυσικής ποικιλότητας εντός των τύπων (π.χ. βιοτικές ομάδες a και b στην παρούσα μελέτη). Γενικά, η μετρική αυτή επιλέχθηκε λόγω αδυναμίας εντοπισμού ενός σημαντικού αριθμού άλλων μετρικών ευαίσθητων σε πιέσεις σε περιοχές με πτωχή ιχθυολογική ποικιλότητα.
Ρεοφιλία (ποσοστό ειδών στην ιχθυοκοινότητα ή ατόμων στον ιχθυοπληθυσμό)	ReoSp% και ReoPop%	Τα ρεόφιλα ψάρια είναι ιδιαίτερα καλοί ενδείκτες μεταβολής των χαρακτηριστικών ροής λόγω απολήψεων νερού και λειτουργίας φραγμάτων που μεταβάλλουν περιοδικά την ποσότητα νερού και την ταχύτητα ροής σε μία θέση

(συνεχίζεται)

(συνέχεια Πίνακα 18)

Μετρικές	Κωδικός	Βιολογική ερμηνεία
Ανθεκτικότητα (ποσοστό ειδών στην ιχθυοκοινότητα ή ατόμων στον ιχθυοπληθυσμό)	TolrSp% και TolrPop%	Τα μη ανθεκτικά είδη (intolerant) παρουσιάζουν χαμηλά όρια ανοχής σε τουλάχιστον ορισμένες περιβαλλοντικές αλλαγές (αύξηση της θερμοκρασίας, μεταβολή του ενδιαιτήματος, και ελάττωση της ποσότητας του νερού, μείωση της συγκέντρωσης οξυγόνου, κλπ.). Συνεπώς, τέτοια είδη είναι ευαίσθητα σε πιέσεις όπως επεμβάσεις στην κοίτη και στα πρηνή ή μείωση της ροής (που ταυτόχρονα μπορεί να επιφέρει αύξηση της θερινής θερμοκρασίας).  Μία ιδιαίτερη περίπτωση μη ανθεκτικών ειδών είναι τα λιθόφιλα είδη, τα οποία διαβιούν σε καθαρά ποτάμια με διαυγή νερά και σκληρό υπόστρωμα, ελεύθερο ιζήματος. Τέτοια είδη επηρεάζονται αρνητικά από ανθρώπινες δραστηριότητες που μεταβάλουν τα φυσικά χαρακτηριστικά της κοίτης ή προξενούν επικάθηση ιζήματος, όπως ρειθροποίηση, καναλοποίηση και τεχνικά έργα σε ανάντη περιοχές.
Εντομοφαγία (ποσοστό ειδών στην ιχθυοκοινότητα ή ατόμων στον ιχθυοπληθυσμό)	InsSp% και InsPop%	Τα εντομοφάγα (ασπονδυλοφάγα) ψάρια έχουν εξειδικευμένες τροφικές συνήθειες με περιορισμένο φάσμα διατροφής, που περιλαμβάνει έντομα και βενθικά μακροασπόνδυλα (ορισμένα είδη όπως η πέστροφα είναι ταυτόχρονα και ιχθυοφάγα, όταν υπάρχουν πληθυσμοί ψαριών στο περιβάλλον τους). Επειδή τα ασπόνδυλα ευδοκιμούν σε αδιατάρακτες περιοχές με καθαρά νερά, η παρουσία και ποσοτική αφθονία τους αποτελεί ένδειξη καλής οικολογικής κατάστασης ενός ποταμού. Συνεπώς, η μείωση των τιμών της μετρικής υποδηλώνει αύξηση της επιβάρυνσης.
Παμφαγία (ποσοστό ειδών στην ιχθυοκοινότητα ή ατόμων στον ιχθυοπληθυσμό)	OmnSp% και OmnPop%	Τα παμφάγα ψάρια έχουν τη δυνατότητα να αξιοποιούν μία μεγάλη ποικιλία τροφικών πηγών, και επομένως επηρεάζονται λιγότερο από ανθρωπογενείς διαταραχές σε σύγκριση με ψάρια που εκμεταλλεύονται πιο εξειδικευμένους τροφικούς θώκους. Σε αντίθεση με τις περισσότερες άλλες μετρικές, η μετρική αυτή αυξάνει με την αύξηση της επιβάρυνσης.
Ποταμοδρομία (ποσοστό ειδών στην ιχθυοκοινότητα ή ατόμων στον ιχθυοπληθυσμό)	PotSp% και PotPop%	Τα ποταμόδρομα είδη εκτελούν μεσαίες κλίμακας μεταναστεύσεις. Τόσο αυτά όσο και τα διάδρομα είδη, τα οποία εκτελούν μεγάλης κλίμακας μεταναστεύσεις, είναι ευαίσθητοι δείκτες της διακοπής της διαμήκουσ συνεκτικότητας των ποταμών λόγω κατασκευής φραγμάτων, παρουσίας άλλων τεχνικών εμποδίων και έργων που επηρεάζουν ή ρυθμίζουν την κυκλοφορία του νερού.

### Έλεγχος αλληλοεπικάλυψης των μετρικών (redundancy of metrics)

Διαφορετικές μετρικές μπορεί να συσχετίζονται ισχυρά είτε γιατί εκφράζουν την ίδια ιχθυολογική παράμετρο είτε γιατί ανταποκρίνονται στον ίδιο στρεσογόνο παράγοντα. Και στις δύο περιπτώσεις, ο πολυπαραμετρικός δείκτης που περιέχει συσχετιζόμενες μετρικές θα υπερεκτιμά τον βαθμό επιβάρυνσης από ανθρωπογενείς αλλοιώσεις. Για την αποφυγή συμπερίληψης στο δείκτη επικαλυπτόμενων μετρικών που δίνουν ταυτόσημη πληροφορία, είναι απαραίτητο να διερευνηθούν οι μεταξύ των μετρικών συσχετίσεις. Η διερεύνηση έγινε με ανάλυση συσχέτισης των τιμών τους (*Spearman Rank Correlation*), στο πλήθος των θέσεων δειγματοληψίας κάθε βιοτικού τύπου χωριστά. Το κριτήριο αποκλεισμού που τέθηκε ήταν να υπάρχει ισχυρή συσχέτιση. Ανάμεσα στις μετρικές με υψηλό βαθμό συσχέτισης ( $r > 0,8$ ) (ZAR 1996) επιλέχθηκε η περισσότερο σχετική με τον τύπο ποταμού (με την έννοια ότι αναφέρεται σε είδη ή θώκους που αναμένονται για έναν ποτάμιο τύπο). Στον Πίνακα 19 δίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για μετρικές που παρουσίασαν συσχέτιση, χωριστά για κάθε βιοτικό τύπο. Στον Πίνακα 20 περιγράφονται συνοπτικά οι συσχετιζόμενες μετρικές κάθε τύπου και επισημαίνονται οι μετρικές που επιλέχθηκαν για περαιτέρω διερεύνηση.

**Πίνακας 19.** Αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης μεταξύ μετρικών. Με έντονα γράμματα σημειώνονται οι ισχυρές συσχετίσεις. Το πρόσημο υποδηλώνει την τάση της συσχέτισης (θετική ή αρνητική). Οι συμβολισμοί των μετρικών περιγράφονται στον Πίνακα 16.

<b>Βιοτικός τύπος Α (N=28)</b>													
Μετρικές	TolrSp%	TolrPop%	InsPop%	ColdPop%	PotPop%	SalmPop%	ReoPop%	SlBpPop%	DensTot	DensAut	DensSalm	DensSlBp	DensREO
TolrSp%	1,000	<b>0,971**</b>	<b>0,964**</b>	<b>0,971**</b>	<b>0,971**</b>	<b>0,971**</b>	0,628**	0,628**	-0,060	-0,029	0,041	0,016	-0,009
TolrPop%	<b>0,971**</b>	1,000	<b>0,996**</b>	<b>0,999**</b>	<b>1,000**</b>	<b>1,000**</b>	0,670**	0,670**	-0,046	0,001	0,080	0,059	0,019
InsPop%	<b>0,964**</b>	<b>0,996**</b>	1,000	<b>0,998**</b>	<b>0,996**</b>	<b>0,996**</b>	0,614**	0,614**	-0,049	-0,004	0,072	0,048	0,011
ColdPop%	<b>0,971**</b>	<b>0,999**</b>	<b>0,998**</b>	1,000	<b>0,999**</b>	<b>0,999**</b>	0,640**	0,640**	-0,040	0,004	0,080	0,058	0,020
PotPop%	<b>0,971**</b>	<b>1,000**</b>	<b>0,996**</b>	<b>0,999**</b>	1,000	<b>1,000**</b>	0,670**	0,670**	-0,046	0,001	0,080	0,059	0,019
SalmPop%	<b>0,971**</b>	<b>1,000**</b>	<b>0,996**</b>	<b>0,999**</b>	<b>1,000**</b>	1,000	0,670**	0,670**	-0,046	0,001	0,080	0,059	0,019
ReoPop%	0,628**	0,670**	0,614**	0,640**	0,670**	0,670**	1,000	<b>1,000**</b>	0,082	0,136	0,211	0,223	0,159
SlBpPop%	0,628**	0,670**	0,614**	0,640**	0,670**	0,670**	<b>1,000**</b>	1,000	0,082	0,136	0,211	0,223	0,159
DensTot	-0,060	-0,046	-0,049	-0,040	-0,046	-0,046	0,082	0,082	1,000	<b>0,992**</b>	<b>0,976**</b>	<b>0,976**</b>	<b>0,992**</b>
DensAut	-0,029	0,001	-0,004	0,004	0,001	0,001	0,136	0,136	<b>0,992**</b>	1,000	<b>0,992**</b>	<b>0,993**</b>	<b>0,997**</b>
DensSalm	0,041	0,080	0,072	0,080	0,080	0,080	0,211	0,211	<b>0,976**</b>	<b>0,992**</b>	1,000	<b>0,997**</b>	<b>0,992**</b>
DensSlBp	0,016	0,059	0,048	0,058	0,059	0,059	0,223	0,223	<b>0,976**</b>	<b>0,993**</b>	<b>0,997**</b>	1,000	<b>0,994**</b>
DensREO	-0,009	0,019	0,011	0,020	0,019	0,019	0,159	0,159	<b>0,992**</b>	<b>0,997**</b>	<b>0,992**</b>	<b>0,994**</b>	1,000

<b>Βιοτικός τύπος Β (N=19)</b>											
Μετρικές	NativDiv	TolrSp%	ColdSp%	PotSp%	SalmSp%	TolrPop%	DensSalm	BarpPop%	SlBpPop%	OmnPop%	LepIPOP%
NativDiv	1,000	0,258	0,258	0,258	0,258	0,392	0,555*	-0,379	-0,310	0,691**	0,655**
TolrSp%	0,258	1,000	<b>1,000**</b>	<b>1,000**</b>	<b>1,000**</b>	<b>0,871**</b>	0,743**	0,017	0,515*	-0,216	-0,101
ColdSp%	0,258	<b>1,000**</b>	1,000	<b>1,000**</b>	<b>1,000**</b>	<b>0,871**</b>	0,743**	0,017	0,515*	-0,216	-0,101
PotSp%	0,258	<b>1,000**</b>	<b>1,000**</b>	1,000	<b>1,000**</b>	<b>0,871**</b>	0,743**	0,017	0,515*	-0,216	-0,101
SalmSp%	0,258	<b>1,000**</b>	<b>1,000**</b>	<b>1,000**</b>	1,000	<b>0,871**</b>	0,743**	0,017	0,515*	-0,216	-0,101
TolrPop%	0,392	<b>0,871**</b>	<b>0,871**</b>	<b>0,871**</b>	<b>0,871**</b>	1,000	<b>0,902**</b>	-0,142	0,411	-0,048	0,063
DensSalm	0,555*	0,743**	0,743**	0,743**	0,743**	<b>0,902**</b>	1,000	-0,266	0,178	0,074	0,194
BarpPop%	-0,379	0,017	0,017	0,017	0,017	-0,142	-0,266	1,000	0,751**	-0,430	-0,477*
SlBpPop%	-0,310	0,515*	0,515*	0,515*	0,515*	0,411	0,178	0,751**	1,000	-0,523*	-0,510*
OmnPop%	0,691**	-0,216	-0,216	-0,216	-0,216	-0,048	0,074	-0,430	-0,523*	1,000	<b>0,941**</b>
LepIPOP%	0,655**	-0,101	-0,101	-0,101	-0,101	0,063	0,194	-0,477*	-0,510*	<b>0,941**</b>	1,000

<b>Βιοτικός τύπος C (N=17)</b>														
Μετρικές	InsSp%	OmnSp%	LepIPOP%	InsPop%	TolrSp%	ColdSp%	SalmSp%	TolrPop%	ColdPop%	DensSalm	PotPop%	DensTot	DensAut	LeceSp%
InsSp%	1,000	<b>-1,000**</b>	0,032	0,040	0,483*	0,661**	0,483*	0,605*	0,661**	0,465	0,329	-0,547*	-0,547*	0,011
OmnSp%	<b>-1,000**</b>	1,000	-0,032	-0,040	-0,483*	-0,661**	-0,483*	-0,605*	-0,661**	-0,465	-0,329	0,547*	0,547*	-0,011
LepIPOP%	0,032	-0,032	1,000	<b>0,806**</b>	0,421	0,427	0,421	0,106	0,088	0,320	-0,240	-0,059	-0,059	0,677**
InsPop%	0,040	-0,040	<b>0,806**</b>	1,000	0,372	0,286	0,372	0,253	0,214	0,497*	0,206	-0,044	-0,044	0,691**
TolrSp%	0,483*	-0,483*	0,421	0,372	1,000	<b>0,876**</b>	<b>1,000**</b>	0,735**	0,692**	0,792**	0,252	-0,414	-0,414	0,447
ColdSp%	0,661**	-0,661**	0,427	0,286	<b>0,876**</b>	1,000	<b>0,876**</b>	0,617**	0,653**	0,596*	0,112	-0,546*	-0,546*	0,358
SalmSp%	0,483*	-0,483*	0,421	0,372	<b>1,000**</b>	<b>0,876**</b>	1,000	0,735**	0,692**	0,792**	0,252	-0,414	-0,414	0,447
TolrPop%	0,605*	-0,605*	0,106	0,253	0,735**	0,617**	0,735**	1,000	<b>0,985**</b>	<b>0,865**</b>	0,647**	-0,668**	-0,668**	0,341
ColdPop%	0,661**	-0,661**	0,088	0,214	0,692**	0,653**	0,692**	<b>0,985**</b>	1,000	<b>0,807**</b>	0,632**	-0,744**	-0,744**	0,328
DensSalm	0,465	-0,465	0,320	0,497*	0,792**	0,596*	0,792**	<b>0,865**</b>	<b>0,807**</b>	1,000	0,515*	-0,291	-0,291	0,396
PotPop%	0,329	-0,329	-0,240	0,206	0,252	0,112	0,252	0,647**	0,632**	0,515*	1,000	-0,452	-0,452	0,057
DensTot	-0,547*	0,547*	-0,059	-0,044	-0,414	-0,546*	-0,414	-0,668**	-0,744**	-0,291	-0,452	1,000	<b>1,000**</b>	-0,316
DensAut	-0,547*	0,547*	-0,059	-0,044	-0,414	-0,546*	-0,414	-0,668**	-0,744**	-0,291	-0,452	<b>1,000**</b>	1,000	-0,316
LeceSp%	0,011	-0,011	0,677**	0,691**	0,447	0,358	0,447	0,341	0,328	0,396	0,057	-0,316	-0,316	1,000

**Πίνακας 20.** Συσχετιζόμενες μετρικές, για κάθε βιοτικό τύπο. Κάθε γραμμή αποτελεί μια σειρά συσχετιζόμενων μετρικών. Με υπογράμμιση οι μετρικές που επιλέχθηκαν σε κάθε τύπο για το μοντέλο. Οι συμβολισμοί των μετρικών περιγράφονται στον Πίνακα 16.

Βιοτικός Τύπος	Συσχετιζόμενες μετρικές					
<b>A</b>	TolrSp%	TolrPop%	ColdPop%	PotPop%	<u>SalmPop%</u>	InsPop%
	<u>ReoPop%</u>	SIBpPop%				
	DensTot	DensAut	<u>DensSalm</u>	DensSIBp	DensREO	
<b>B</b>	<u>NativDiv</u>	TolrSp%	ColdSp%	PotSp%	SalmSp%	
	OmnPop%	<u>LepIPop%</u>				
	DensSalm	<u>TolrPop%</u>				
<b>C</b>	Nativ%					
	InsSp%	<u>OmnSp%</u>				
	LepIPop%	<u>InsPop%</u>				
	<u>TolrSp%</u>	ColdSp%	SalmSp%			
	<u>TolrPop%</u>	ColdPop%	DensSalm			
	<u>PotPop%</u>					
	DensTot	<u>DensAut</u>				

#### Έλεγχος της ικανότητας των μετρικών στο διαχωρισμό κλάσεων οικολογικής κατάστασης

Ο τελευταίος έλεγχος αφορούσε την ικανότητα των μετρικών να κατηγοριοποιήσουν κλάσεις οικολογικής κατάστασης (διακριτική ικανότητα). Η διακριτική ικανότητα συνδέεται κατά πολύ με το εύρος της φυσικής ποικιλότητας των μετρικών. Σαν κριτήριο καταλληλότητας τέθηκε ότι η τιμή του συντελεστή ενδοτεταρτημορίου ( $C_{10}$ ) πρέπει να είναι μικρότερη της μονάδας (1) (βλ. τμήμα 2.7.2). Στον Πίνακα 21 δίνονται οι συντελεστές ενδοτεταρτημορίου για υποψήφιες μετρικές των τριών βιοτικών τύπων καθώς και ο τύπος της απόκρισης (θετική ή αρνητική). Ορισμένες μετρικές παρουσίασαν υψηλή τιμή του συντελεστή. Ωστόσο, κρίθηκε σκόπιμο να μην εξαιρεθούν από τον τελικό κατάλογο των μετρικών εάν πληρούν τα υπόλοιπα κριτήρια καταλληλότητας, που αναφέρθηκαν πιο πάνω.

**Πίνακας 21.** Ο συντελεστής ενδοτεταρτημορίου ( $C_{IQ}$ ) για τις μετρικές των τριών βιοτικών τύπων. Με έντονους χαρακτήρες σημειώνονται οι μετρικές που εμφανίζουν καταλληλότητα ως προς τον συντελεστή  $C_{IQ}$ . IR: ενδοτεταρτημοριακή κλίμακα και Ds κρίσιμη τιμή, βλ. Εικ. 2.

<b>Βιοτικός τύπος Α</b>												
<b>Μετρικές</b>	<b>Cold Pop%</b>	<b>Dens Tot</b>	<b>Dens Aut</b>	<b>Dens Salm</b>	<b>Dens SIBp</b>	<b>Dens REO</b>	<b>Ins Pop%</b>	<b>Pot Pop%</b>	<b>Salm Sp%</b>	<b>Salm Pop%</b>	<b>Tolr Sp%</b>	<b>Tolr Pop%</b>
N	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
Missing	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Median	100,00	95,05	91,75	86,75	89,45	89,45	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Range	100,00	339,40	339,40	341,10	341,10	341,10	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Minimum	0,00	1,70	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum	100,00	341,10	341,10	341,10	341,10	341,10	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
25%	90,94	22,40	22,40	22,40	22,40	22,40	93,87	90,94	50,00	90,94	50,00	90,94
50%	100,00	95,05	91,75	86,75	89,45	89,45	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
75%	100,00	151,13	149,35	143,90	147,80	147,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
95%	100,00	303,75	303,75	292,32	303,75	303,75	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Απόκριση	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
IR	9,06	128,73	126,95	121,50	125,40	125,40	6,14	9,06	50,00	9,06	50,00	9,06
Ds	90,94	20,70	20,70	22,40	22,40	22,40	93,87	90,94	50,00	90,94	50,00	90,94
$C_{IQ}$	0,10	6,22	6,13	5,42	5,60	5,60	0,07	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10

<b>Βιοτικός τύπος Β</b>									
<b>Μετρικές</b>	<b>ColdSp%</b>	<b>DensSalm</b>	<b>LepIPop%</b>	<b>NativDiv</b>	<b>OmnPop%</b>	<b>PotSp%</b>	<b>SalmSp%</b>	<b>TolrSp%</b>	<b>SalmPop%</b>
N	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Missing	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Median	33,33	7,40	0,00	2,00	0,00	33,33	33,33	33,33	2,20
Range	50,00	69,60	75,63	4,00	89,19	50,00	50,00	50,00	76,36
Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum	50,00	69,60	75,63	4,00	89,19	50,00	50,00	50,00	76,36
25%	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50%	33,33	7,40	0,00	2,00	0,00	33,33	33,33	33,33	2,20
75%	50,00	48,30	24,32	3,00	52,00	50,00	50,00	50,00	23,33
95%	50,00	69,60	75,63	4,00	89,19	50,00	50,00	50,00	76,36
Απόκριση	+	+	-	+	-	+	+	+	+
IR	50,00	48,30	24,32	1,00	52,00	50,00	50,00	50,00	23,33
Ds	0,00	0,00	51,31	2,00	37,19	0,00	0,00	0,00	0,00
$C_{IQ}$	--	--	0,47	0,50	1,40	--	--	--	--

<b>Βιοτικός τύπος C</b>														
<b>Μετρικές</b>	<b>Cold Sp%</b>	<b>Cold Pop%</b>	<b>Dens Tot</b>	<b>Dens Aut</b>	<b>Dens Salm</b>	<b>Ins Sp%</b>	<b>Ins Pop%</b>	<b>Lece Sp%</b>	<b>LepI Pop%</b>	<b>Omn Sp%</b>	<b>Pot Pop%</b>	<b>Salm Sp%</b>	<b>Tolr Sp%</b>	<b>Tolr Pop%</b>
N	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
Missing	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Median	25,00	3,53	328,60	328,60	6,70	50,00	25,00	20,00	13,33	50,00	6,25	20,00	20,00	3,43
Range	40,00	49,38	3769,30	3769,30	51,90	60,00	84,12	33,33	80,59	60,00	49,38	25,00	25,00	49,38
Minimum	0,00	0,00	66,70	66,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum	40,00	49,38	3836,00	3836,00	51,90	60,00	84,12	33,33	80,59	100,00	49,38	25,00	25,00	49,38
25%	16,67	0,37	114,10	114,10	1,40	45,00	17,69	16,67	3,77	50,00	1,94	16,67	16,67	0,37
50%	25,00	3,53	328,60	328,60	6,70	50,00	25,00	20,00	13,33	50,00	6,25	20,00	20,00	3,43
75%	25,00	6,76	458,00	458,00	16,85	50,00	49,67	25,00	35,82	55,00	12,87	25,00	25,00	6,76
95%	40,00	49,38	3836,00	3836,00	51,90	60,00	84,12	33,33	80,59	100,00	49,38	25,00	25,00	49,38
Απόκριση	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
IR	8,33	6,40	343,90	343,90	15,45	5,00	31,99	8,33	32,05	5,00	10,94	8,33	8,33	6,40
Ds	16,67	0,37	3378,00	3378,00	1,40	45,00	17,69	16,67	3,77	45,00	1,94	16,67	16,67	0,37
$C_{IQ}$	0,50	17,52	0,10	0,10	11,04	0,11	1,81	0,50	8,50	0,11	5,65	0,50	0,50	17,52



### 3.7.3. Κατάρτιση του τελικού καταλόγου μετρικών

Ο οριστικός κατάλογος μετρικών για τους τρεις βιοτικούς τύπους δίνεται στον Πίνακα 22. Ο κατάλογος περιλαμβάνει αυτές που κρίθηκαν επιλέξιμες σύμφωνα με τους ελέγχους καταλληλότητας που περιγράφονται στο τμήμα 3.7.2 και ορισμένες ακόμα που δεν ανταποκρίθηκαν σε όλα τα κριτήρια ελέγχου, αλλά θεωρήθηκε ότι προσφέρουν σημαντική βιολογική πληροφορία. Συγκεκριμένα, επελέγησαν τέσσερις μετρικές που δεν παρουσίασαν σημαντική διακύμανση τιμών, και συνεπώς δεν ικανοποίησαν το κριτήριο υψηλής ικανότητας στο διαχωρισμό κλάσεων: η μετρική DensSalm για τον τύπο A, η μετρική SalmPop% για τον τύπο B, και οι μετρικές TolrPop% και MigrSp% για τον τύπο C. Συνολικά, κρίθηκε ότι μετρικές με μικρή διακριτική ικανότητα, που όμως πληρούν τα κριτήρια της μη επικάλυψης και της απόκρισης στις πιέσεις, μπορούν να συνεισφέρουν στην εκτίμηση του βαθμού υποβάθμισης σε συνδυασμό με άλλες μετρικές. Από τον κατάλογο εξαιρέθηκε η μετρική DensAut του τύπου C, λόγω επισφαλούς εκτίμησης (διαφυγές ψαριών σε σταθμούς με βαθεία νερά).

**Πίνακας 22.** Κατάλογος μετρικών που επελέγησαν για τη μέθοδο οικολογικής ταξινόμησης χωρικής βάσης.

Μετρική	Τύπος A	Τύπος B	Τύπος C
NativDiv		√	
SalmPop%	√	√	
DensSalm	√		
LepPop%		√	
TolrPop%			√
InsPop%			√
OmnSp%			√
MigrSp%			√
LeceSp%			√

### 3.8. Δημιουργία και έλεγχος του πολυπαραμετρικού δείκτη χωρικής βάσης

Οι τιμές των μετρικών που επιλέχθηκαν εκφράστηκαν σε μονάδες που αντιστοιχούν σε κατηγορίες οικολογικής ποιότητας (υψηλή, καλή, μέτρια, ελλιπής, κακή) και συνδυάστηκαν σε έναν πολυπαραμετρικό δείκτη. Για τον καθορισμό του εύρους των τιμών των μετρικών που προσδιορίζουν κατηγορίες ποιότητας, έγιναν δοκιμαστικές εφαρμογές προκειμένου να αποφασιστούν τα όρια της ελάχιστης και μέγιστης τιμής μετρικών κάθε κατηγορίας. Οι δοκιμές αφορούσαν μόνο την ομάδα σταθμών ανάπτυξης του δείκτη (βλ. τμήμα 2.8) και έγιναν με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης. Συγκεκριμένα, δοκιμάστηκαν τα όρια μεταξύ ελάχιστης και μέγιστης τιμής: 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 40%, 50%, 60%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%. Η αξιολόγηση της απόκρισης των διαφορετικών αθροισμάτων των μετρικών από τις διαφορετικές δοκιμές, ως προς την προσδοκώμενη (προ-ταξινομημένη) οικολογική κατάσταση, έγινε με την "κρίση του ειδικού". Στον Πίνακα 23 περιγράφονται τα ενδιάμεσα διαστήματα του εύρους των τιμών των μετρικών για κάθε κατηγορία ποιότητας.

**Πίνακας 23.** Ιχθυολογικός δείκτης χωρικής βάσης. Οι τιμές των μετρικών που αντιστοιχούν στις κατηγορίες οικολογικής ποιότητας. Οι τιμές αφορούν το σετ δεδομένων ανάπτυξης.

Τύπος	Μετρική/τιμή	Κακή	Ελλιπής	Μέτρια	Καλή	Υψηλή
<b>A</b>	SalmPop%	<10%	10-30%	30-80%	80-90%	≥90%
	Τιμή	1	2	3	4	5
	DensSalm	<10 ατ./στρ.	10-20 ατ./στρ.	20-30 ατ./στρ.	30-90 ατ./στρ.	≥90 ατ./στρ.
	Τιμή	1	2	3	4	5
	Μέση τιμή±SE	2	6,66±1,33	7,50±0,5	8,43±0,53	9,47±0,34
	Εύρος τιμών	2	3-6	7	8-9	10
<b>B</b>	NativDiv	0	1	2-4	2-4	>4
	Τιμή	1	2	4	4	5
	LepIPop%	≥80%	60-80	15-60%	15-60%	<15%
	Τιμή	1	2	4	4	5
	SalmPop%	<5%	5-10%	5-10%	≥10%	≥10%
	Τιμή	1	3	3	5	5
	Μέση τιμή±SE	2	4,5±0,5	5,4±0,75	8,8±0,2	9±0
	Εύρος τιμών	2	3-4	5-7	8	9
<b>C</b>	TolrPop%	<10%	10-25%	25-50%	25-50%	≥50%
	Τιμή	1	2	4	4	5
	InsPop%	<26% ή ≥70%	26-35%	26-35%	35-70%	35-70%
	Τιμή	1	2	2	4	4
	OmnSp%	≥90%	≥90%	60-90%	60-90%	<60%
	Τιμή	1	1	4	4	5
	MigrSp%	<1%	<1%	<1%	≥1%	≥1%
	Τιμή	1	1	1	2	2
	LeceSp%	<5%	<5%	5-15%	≥15%	≥15%
Τιμή	2	2	3	5	5	
	Μέση τιμή±SE	-	10,33±2,19	12,5±0,87	14±0,73	16±1,22
	Εύρος τιμών	5	6-11	12	13-15	16

Προκειμένου να ελεγχθεί η ικανότητα του δείκτη να παρέχει χαρακτηρισμούς της οικολογικής κατάστασης, έγινε αντιστοίχιση και κατηγοριοποίηση των προβλέψεων του δείκτη (προβλεπόμενη κατάσταση) στους σταθμούς δειγματοληψίας, με τις τιμές προ-ταξινόμησης των πιέσεων (αρχική κατάταξη) στους ίδιους σταθμούς. Ο έλεγχος αυτός στηρίχθηκε στην υπόθεση ότι οι πιέσεις που ασκούνται σε μία θέση μπορούν να αποτελέσουν ένα μέτρο έκφρασης των επιπτώσεων των πιέσεων στην τοπική ιχθυοκοινότητα, και συνεπώς στην οικολογική κατάσταση της θέσης. Η αντιστοίχιση έγινε για κάθε έναν από τους τρεις ποτάμιους τύπους, χωριστά για τους σταθμούς ανάπτυξης και για τους σταθμούς επιβεβαίωσης (Πίνακες 24 α, β και γ).

Για τον τύπο A, το 53,8% των δεδομένων ανάπτυξης ταξινομήθηκε σωστά, ενώ από τα δεδομένα επιβεβαίωσης μόνο το 38,9%. Και από τις δύο ομάδες δεδομένων το 14,3% των σταθμών από καλή και υψηλή ποιότητα χαρακτηρίστηκε χαμηλότερης ποιότητας, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό μέτριας, ελλιπούς και κακής ποιότητας σταθμών που χαρακτηρίστηκαν καλύτερης ποιότητας ήταν 36,4%.

**Πίνακας 24α.** Αποτελέσματα ταξινόμησης – ελέγχου της αξιοπιστίας του δείκτη για τους σταθμούς του βιοτικού τύπου Α. Αρχική κατάταξη: οικολογική προ-ταξινόμηση, Προβλεπόμενη κατάταξη: οικολογική ταξινόμηση δείκτη, Γκρι χρωματισμός: ποσοστό αντιστοίχισης.

Τύπος Α			Προβλεπόμενη κατάταξη					Σύνολο
		Αρχική κατάταξη	1	2	3	4	5	
Σταθμοί ανάπτυξης	Πλήθος	1	10	4	1	0	0	15
		2	2	2	3	0	0	7
		3	0	1	1	0	0	2
		4	0	2	0	1	0	3
		5	0	0	0	0	1	1
	%	1	66,7	26,7	6,7	0	0	100
		2	28,6	28,6	42,9	0	0	100
		3	0	50	50	0	0	100
		4	0	66,7	0	33,3	0	100
		5	0	0	0	0	100	100
Σταθμοί επιβεβαίωσης	Πλήθος	1	3	2	0	1	0	6
		2	4	3	0	0	0	7
		3	0	1	0	0	0	1
		4	0	0	1	0	2	3
		5	0	0	0	0	1	1
	%	1	50	33,3	0	16,7	0	100
		2	57,1	42,9	0	0	0	100
		3	0	100	0	0	0	100
		4	0	0	33,3	0	66,7	100
		5	0	0	0	0	100	100

**Πίνακας 24β.** Αποτελέσματα ταξινόμησης – ελέγχου της αξιοπιστίας του δείκτη για τους σταθμούς του βιοτικού τύπου Β. Αρχική κατάταξη: οικολογική προ-ταξινόμηση, Προβλεπόμενη κατάταξη: οικολογική ταξινόμηση δείκτη, Γκρι χρωματισμός: ποσοστό αντιστοίχισης.

Τύπος Β			Προβλεπόμενη κατάταξη					Σύνολο
		Αρχική κατάταξη	1	2	3	4	5	
Σταθμοί ανάπτυξης	Πλήθος	1	2	0	0	0	0	2
		2	4	1	0	0	0	5
		3	0	0	4	1	0	5
		4	0	0	4	2	0	6
		5	0	0	0	0	1	1
	%	1	100	0	0	0	0	100
		2	80	20	0,0	0	0	100
		3	0	0	80	20	0	100
		4	0	0	66,7	33,3	0	100
		5	0	0	0	0	100	100
Σταθμοί επιβεβαίωσης	Πλήθος	1	3	0	0	0	0	3
		2	2	0	0	0	0	2
		3	3	0	5	0	0	8
		4	0	0	0	3	0	3
		5	0	0	0	0	0	0
	%	1	100	0	0	0	0	100
		2	100	0	0	0	0	100
		3	37,5	0	62,5	0	0	100
		4	0	0	0	100	0	100
		5	-	-	-	-	-	-

Για τον τύπο Β, το 52,6% των δεδομένων ανάπτυξης ταξινομήθηκε σωστά, ενώ από τα δεδομένα επιβεβαίωσης το 68,8%. Και από τις δύο ομάδες δεδομένων κανένας σταθμός με καλή και υψηλή ποιότητα δεν χαρακτηρίστηκε χαμηλότερης ποιότητας, ενώ το ποσοστό μέτριας, ελλιπούς και κακής ποιότητας σταθμών που χαρακτηρίστηκαν καλύτερης ποιότητας ήταν 13%.

**Πίνακας 24γ.** Αποτελέσματα ταξινόμησης – ελέγχου της αξιοπιστίας του δείκτη για τους σταθμούς του βιοτικού τύπου C. Αρχική κατάταξη: οικολογική προ-ταξινόμηση, Προβλεπόμενη κατάταξη: οικολογική ταξινόμηση δείκτη, Γκρι χρωματισμός: ποσοστό αντιστοίχισης.

Τύπος C			Προβλεπόμενη κατάταξη					Σύνολο
			1	2	3	4	5	
Σταθμοί ανάπτυξης	Πλήθος	1	3	1	0	0	0	4
		2	1	4	1	0	0	6
		3	0	3	0	1	0	4
		4	0	1	1	1	0	3
		5	0	0	0	0	0	0
	%	1	75	25	0	0	0	100
		2	16,7	66,7	16,7	0	0	100
		3	0	75	0	25	0	100
		4	0	33,3	33,3	33,3	0	100
		5	-	-	-	-	-	-
Σταθμοί επιβεβαίωσης	Πλήθος	1	0	0	0	0	0	0
		2	3	7	2	0	0	12
		3	0	2	0	0	0	2
		4	0	0	1	0	0	1
		5	0	0	0	0	0	0
	%	1	-	-	-	-	-	-
		2	25	58,3	16,7	0	-	100
		3	0	100	0	0	-	100
		4	0	0	100	0	-	100
		5	-	-	-	-	-	-

Για τον τύπο C, το 45,6% των δεδομένων ανάπτυξης ταξινομήθηκε σωστά, ενώ από τα δεδομένα επιβεβαίωσης το 46,7%. Και από τις δύο ομάδες δεδομένων το 13,6% των σταθμών από καλή και υψηλή ποιότητα χαρακτηρίστηκε χαμηλότερης ποιότητας, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό μέτριας και ελλιπούς σταθμών που χαρακτηρίστηκαν καλύτερης ποιότητας ήταν 60%. Για τον τύπο αυτό δεν υπήρχαν καθόλου θέσεις κακής οικολογικής ποιότητας.

Σαν γενική παρατήρηση αναφέρουμε ότι ο ιχθυολογικός δείκτης χωρικής βάσης χαρακτηρίζει σαν υψηλή και καλή την κατάσταση των περισσότερων θέσεων που εξετάστηκαν. Μόνο στην περίπτωση του βιοτικού τύπου Β υπήρξε ένα σημαντικό ποσοστό θέσεων που χαρακτηρίστηκαν σαν μέτριας, ελλιπούς ή κακής κατάστασης. Ωστόσο, οι παραπάνω εκτιμήσεις της οικολογικής κατάστασης των θέσεων δειγματοληψίας με βάση το δείκτη δεν παρέχουν μία ασφαλή ένδειξη της οικολογικής κατάστασης των ποταμών που ερευνήθηκαν γιατί, όπως προαναφέρθηκε, καταβλήθηκε προσπάθεια να εντοπισθούν θέσεις που υπόκεινται σε πιέσεις, έστω και τοπικού χαρακτήρα. Συνεπώς, ενώ η έρευνα έλαβε χώρα σε ποτάμια συστήματα που είναι γενικά λίγο διαταραγμένα, το πλήθος των σταθμών δειγματοληψίας περιλαμβάνει ένα δυσανάλογο υψηλό ποσοστό από διαταραγμένες θέσεις. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η στρατηγική δειγματοληψίας διαφέρει στην περίπτωση που σκοπός της έρευνας είναι η δημιουργία ενός δείκτη βιοεκτιμήσεων, σε σχέση με την περίπτωση που η έρευνα αποσκοπεί στην ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης ποταμών σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας-Πλαίσιο. Στη δεύτερη περίπτωση επιλέγονται θέσεις που είναι τυπικές και αντιπροσωπευτικές για τα ποτάμια τμήματα

των οποίων ζητείται ο χαρακτηρισμός της οικολογικής κατάστασης. Στην πρώτη περίπτωση επιδιώκεται να περιληφθούν αντιπροσωπευτικές θέσεις από τυπολογική άποψη (π.χ. υδρολογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά), που όμως καλύπτουν όλο το φάσμα (είδος) και όλο το εύρος (ένταση) των πιέσεων, ώστε να καταστεί δυνατή η βαθμονόμηση του δείκτη. Παρόλα αυτά, υπήρξε έλλειψη δεδομένων από έναν επαρκή αριθμό θέσεων, ιδίως υποβαθμισμένων θέσεων από τους τύπους Α και C, με αποτέλεσμα την έλλειψη ισοκατανομής των σταθμών συγκριτικά με το βαθμό διαταραχής τους. Το παραπάνω αντανακλά, εν μέρει, τα φτωχά ποσοστά αντιπροσώπευσης διαταραγμένων σταθμών στους τύπους Α και C.

Η σύγκριση των προβλέψεων του δείκτη χωρικής βάσης με την προ-ταξινομημένη οικολογική κατάσταση στις θέσεις δειγματοληψίας, συνολικά, έδειξε ότι ο δείκτης κατηγοριοποίησε “σωστά” περίπου τις μισές θέσεις στην πενταβάθμια κλίμακα της οικολογικής κατάστασης. Με τον όρο “σωστή κατηγοριοποίηση” αναφερόμαστε στην ακριβή αντιστοίχιση των τιμών προ-ταξινόμησης (που αποτελούν μία έκφραση της έντασης των σημαντικότερων πιέσεων σε μία θέση) με τις τιμές του δείκτη (ο οποίος εκφράζει τις επιπτώσεις των πιέσεων στην ιχθυοκοινότητα). Ωστόσο, όπως θα περιγραφεί λεπτομερέστερα στο κεφάλαιο 4 της έκθεσης, δεν υπάρχει πάντα σαφής και ευκρινής αντιστοιχία πιέσεων-επιπτώσεων, τόσο λόγω δυσκολίας να εκφραστούν οι διαφορετικές πιέσεις που δυναμικά δέχεται μία θέση με μία τιμή, όσο και λόγω του διαφορετικού τρόπου που διαφορετικοί συνδυασμοί πιέσεων επιδρούν στις ιχθυοκοινότητες (και ο οποίος μπορεί να διαφέρει από τον τρόπο που οι ίδιοι συνδυασμοί πιέσεων επιδρούν στις κοινότητες άλλων οργανισμών, όπως των βενθικών μακροασπονδύλων). Συνεπώς, οι περιπτώσεις μη ικανοποιητικής αντιστοίχισης των τιμών προ-ταξινόμησης με τις τιμές του δείκτη, μπορεί να οφείλονται σε αδυναμία των τιμών προ-ταξινόμησης να εκφράσουν τις επιπτώσεις των πιέσεων και δεν υποδηλώνουν κατ’ ανάγκη αδυναμία του δείκτη να παρέχει εκτιμήσεις της οικολογικής κατάστασης. Συμπεραίνουμε ότι η διαδικασία της προ-ταξινόμησης εμπεριέχει ένα σημαντικό ποσοστό αβεβαιότητας ως προς την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης και δεν προσφέρει μία ασφαλή μέθοδο επιβεβαίωσης του δείκτη.

Επιπλέον, η μη ικανοποιητική αντιστοιχία τιμών προ-ταξινόμησης και τιμών του δείκτη μπορεί να οφείλεται, σε μικρότερο βαθμό, στη μικρή διακριτική ικανότητα ορισμένων μετρικών στο διαχωρισμό κλάσεων οικολογικής επιβάρυνσης. Τόσο το πρόβλημα αυτό όσο και ο μικρός αριθμός μετρικών που κρίθηκαν επιλέξιμες, αναμένεται να επηρεάσουν κυρίως την κατηγοριοποίηση θέσεων που ανήκουν σε γειτονικές κλάσεις οικολογικής ποιότητας. Συνεπώς, η προγνωστική ικανότητα του δείκτη μπορεί να αυξηθεί αν η οικολογική ταξινόμηση γίνει σε τριβάθμια, αντί στην πενταβάθμια κλίμακα οικολογικής ποιότητας. Στους Πίνακες 25 α, β και γ γίνεται αντιστοίχιση των προβλέψεων του δείκτη με τις τιμές προ-ταξινόμησης των πιέσεων σε τριβάθμια κλίμακα (ομαδοποίηση των κλάσεων 1-2 και 4-5). Είναι εμφανές από τα αποτελέσματα ότι η ταξινόμηση των θέσεων δειγματοληψίας σε τρεις οικολογικές κλάσεις δημιουργεί μια σαφή αύξηση των “επιτυχών” προβλέψεων ταξινόμησης. Πιο συγκεκριμένα, στον βιοτικό τύπο Α η επιτυχής ταξινόμηση στους σταθμούς ανάπτυξης και επιβεβαίωσης ήταν 78,5% και 83,3% αντίστοιχα. Για τον βιοτικό τύπο Β τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 73,5% και 81,3%, ενώ για τον βιοτικό τύπο C 58,8% και 66,6%.

**Πίνακας 25.** Αποτελέσματα ταξινόμησης – ελέγχου της αξιοπιστίας του δείκτη για τους σταθμούς του βιοτικού τύπου Α, Β και C, σε τριβάθμια κλίμακα οικολογικής κατάστασης.

α)

Τύπος Α			Προβλεπόμενη κατάταξη			Σύνολο
			1-2	3	4-5	
		Αρχική κατάταξη				
Σταθμοί ανάπτυξης	Πλήθος	1-2	18	4	0	22
		3	1	1	0	2
		4-5	2	0	2	4
	%	1-2	82	18	0	100
		3	50	50	0	100
		4-5	50	0	50	100
Σταθμοί επιβεβαίωσης	Πλήθος	1	12	0	1	13
		3	1	0	0	1
		4-5	0	1	3	4
	%	1-2	92	0	8	100
		3	100	0	0	100
		4-5	0	25	75	100

β)

Τύπος Β			Προβλεπόμενη κατάταξη			Σύνολο
			1-2	3	4-5	
		Αρχική κατάταξη				
Σταθμοί ανάπτυξης	Πλήθος	1-2	7	0	0	7
		3	0	4	1	5
		4-5	0	4	3	7
	%	1-2	100		0	100
		3	0	80	20	100
		4-5	0	57	43	100
Σταθμοί επιβεβαίωσης	Πλήθος	1	5	0	0	5
		3	3	5	0	8
		4-5	0	0	3	3
	%	1-2	100	0	0	100
		3	38	62	0	100
		4-5	0	0	100	100

γ)

Τύπος C			Προβλεπόμενη κατάταξη			Σύνολο
			1-2	3	4-5	
		Αρχική κατάταξη				
Σταθμοί ανάπτυξης	Πλήθος	1-2	9	1	0	10
		3	3	0	1	4
		4-5	1	1	1	3
	%	1-2	90	10	0	100
		3	75	0	25	100
		4-5	33,3	33,3	33,3	100
Σταθμοί επιβεβαίωσης	Πλήθος	1	10	2	0	12
		3	2	0	0	2
		4-5	0	1	0	1
	%	1-2	83,3	16,6	0	100
		3	100	0	0	100
		4-5	0	100	0	100

### 3.9. Δημιουργία Ιχθυολογικού Δείκτη εκτίμησης της οικολογικής κατάστασης με βάση το μοντέλο πρόβλεψης. Δείκτης *FATHeR*.

Η φιλοσοφία και η μεθοδολογία που διέπουν αυτόν το δείκτη (*FATHeR*) είναι αρκετά διαφορετικές από αυτές του δείκτη χωρικής βάσης. Βασικά διαφοροποιά στοιχεία είναι:

(1) Οι συνθήκες αναφοράς “ανασυντίθενται” από το μοντέλο με βάση τις προσδοκώμενες συχνότητες παρουσίας των διαφορετικών ειδών και των “οικολογικών ομάδων ειδών” (ecological guilds), σε κάθε δυνατό συνδυασμό περιβαλλοντικών συνθηκών. Οι σχέσεις μεταξύ των ειδών στις αναμενόμενες συνθήκες αναφοράς καθώς και οι σχέσεις μεταξύ ειδών και περιβαλλοντικών παραμέτρων καθορίστηκαν μετά από ανάλυση δεδομένων από σχετικά αδιατάρακτες θέσεις.

(2) Επειδή δεν γίνεται “εκ των προτέρων” θέσπιση συνθηκών αναφοράς, δεν απαιτείται η ανάπτυξη τυπολογίας. Ωστόσο, οι βασικές τυπολογικές παράμετροι εμπεριέχονται στο μοντέλο πρόβλεψης συνθηκών αναφοράς. Υπό την ευρεία έννοια, μπορεί να θεωρηθεί ότι το μοντέλο δημιουργεί έναν άπειρο αριθμό τύπων, σε κάθε έναν από τους οποίους προσδίδει έναν χαρακτηρισμό των συνθηκών αναφοράς. Θεωρητικά, το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόγνωση των συνθηκών αναφοράς σε ένα πεπερασμένο (και προκαθορισμένο) αριθμό τύπων, σε αντιστοιχία με τη χωρική μεθοδολογία, εάν χρησιμοποιηθούν εύρη τιμών αβιοτικών παραμέτρων.

(3) Οι μετρικές επιλέγονται από όλο το εύρος των δυνητικών μετρικών με γνώμονα την κρίση του ειδικού, ως προς τη χρησιμότητά τους για την περιγραφή της σύστασης και λειτουργίας της ιχθυοκοινότητας. Οι μετρικές δεν αναφέρονται σε συγκεκριμένα είδη ή συγκεκριμένους οικολογικούς θώκους, αλλά σε ποσοτικά χαρακτηριστικά των ειδών και των οικολογικών θώκων, όπως: συνολικός αριθμός ειδών, αριθμός αναμενόμενων ειδών και θώκων, παρουσία μη αναμενόμενων ειδών και θώκων, συνολική ποσοστιαία συμμετοχή σημαντικών ειδών από πλευράς αφθονίας στην ιχθυοκοινότητα (καθοδηγητικά είδη), παρουσία μεταναστευτικών ειδών, κλπ. Συνεπώς, οι μετρικές του δείκτη *FATHeR* δεν επηρεάζονται από την παρουσία και κατανομή ειδών περιορισμένης γεωγραφικής εξάπλωσης, γεγονός που επιτρέπει την προσαρμογή του σε νέες περιοχές. Ωστόσο, ο δείκτης εμπεριέχει ένα μηχανισμό ενεργοποίησης/αδρανοποίησης των μετρικών που είναι κατάλληλες/ακατάλληλες σε κάθε περιοχή.

(4) Ο δείκτης *FATHeR* εκτιμά τις αποκλίσεις των ιχθυολογικών μετρικών σε κάθε θέση από τις μετρικές που χαρακτηρίζουν τη ιχθυοκοινότητα αναφοράς σε αυτή τη θέση, χωρίς να επιχειρεί σύνδεση των πιέσεων με τις επιπτώσεις των πιέσεων. Επομένως, δεν πραγματοποιούνται έλεγχοι καταλληλότητας των μετρικών, ούτε συνολική επιβεβαίωση του δείκτη με βάση τις τιμές προταξινόμησης. Απλώς, οποιαδήποτε απόκλιση των τιμών των μετρικών (ή του δείκτη) από τις αντίστοιχες τιμές αναφοράς θεωρείται ένδειξη ιχθυολογικής υποβάθμισης και βαθμονομείται αρνητικά. Συγκεκριμένα, οι τιμές των μετρικών που αντιστοιχούν σε τελείως αδιατάρακτες ιχθυοκοινότητες (δηλαδή διαφοροποιούνται ελάχιστα από τις τιμές αναφοράς) βαθμονομούνται στην κλάση της υψηλής κατάστασης, αυτές που αντιστοιχούν σε πολύ διαταραγμένες ιχθυοκοινότητες (π.χ. απουσιάζουν όλα ή σχεδόν όλα τα αναμενόμενα είδη και θώκοι) βαθμονομούνται στην κλάση της κακής κατάστασης, και οι ενδιάμεσες τιμές κατανέμονται στις ενδιάμεσες κλάσεις.

Το εργαλείο *FATHeR* υποστηρίζεται από λογισμικό, με τρία λογιστικά φύλλα *Excel* εμπλουτισμένα με μακροεντολές. Το λογισμικό τελικά εξάγει χαρακτηρισμούς της οικολογικής κατάστασης των θέσεων, μετά την εισαγωγή των σχετικών περιβαλλοντικών δεδομένων (αναφοράς) και ιχθυολογικών δεδομένων (δείγματος). Στις εικόνες 23, 24 και 25 παρουσιάζονται τα τρία φύλλα *Excel* του *FATHeR*, όπως αυτά θα φαίνονται κατά την ανάλυση ενός πραγματικού σταθμού δειγματοληψίας της έρευνας (σταθμός PER10). Αναλυτικότερα:

1. Στην εικόνα 23, φύλλο **Ιχθυοπανιδικής Σύνθεσης “Κοινότητας Αναφοράς”**, πληκτρολογούνται η ονομασία λεκάνης απορροής και οι περιβαλλοντικές παράμετροι στα αντίστοιχα πεδία και αυτόματα με κλικ στην επιλογή *Compute Reference* εξάγονται τα ποσοστά συμμετοχής των ψαριών στην ιχθυοκοινότητα αναφοράς (*Reference Percentage*).
2. Στην εικόνα 24, φύλλο **“Αποτελεσμάτων Δειγματοληψίας”**, πληκτρολογούνται λεπτομέρειες της δειγματοληψίας, όπως ημερομηνία, δειγματοληπτικό μήκος, μέθοδος και όργανα δειγματοληψίας στα αντίστοιχα πεδία. Παράλληλα, στο ίδιο φύλλο εισάγονται αναλυτικά τα άτομα κάθε είδους που συλλέχθηκαν κατά τη δειγματοληψία καθώς και ο ακριβής αριθμός των νεαρών ιχθυδίων κάθε είδους, που ανήκε στην κατηγορία 0<sup>+</sup> (άτομα πρώτης χρονιάς).
3. Στην εικόνα 25, φύλλο **“Εκτίμησης με βάση τα Ψάρια”**, παρουσιάζονται αναλυτικά οι μετρικές του μοντέλου καθώς και οι τιμές που αυτές παίρνουν με βάση τα εισαχθέντα δεδομένα. Παράλληλα, στο φύλλο αυτό δίνεται, με βαθμολόγηση αλλά και ποιοτικά, η τελική εκτιμώμενη οικολογική κατάσταση της θέσης. Το φύλλο αυτό εξάγεται αυτόματα με βάση τις μακροεντολές που έχουν προσαρμοσθεί στο λογισμικό, κατά συνέπεια ο χρήστης δεν πληκτρολογεί κάποιο στοιχείο.







Fishbased Assessment (Mountain Rivers of Western Greece and the Peloponnese)		River: <b>ACHELOOS</b>					
<b>Sampling date:</b> no data available <b>Sampled stretch:</b> no data available <b>Total no. of individuals detected:</b> 210		<b>Sampling Site:</b> <b>PER10</b> <b>Main river basin:</b> Acheloos <b>Sampling design:</b> no data available					
Quality Features and Metrics	Reference	Sampled	Scoring Criteria			Value to Score	Scoring
			5	3	1		
<b>(1) Inventory of Species and Guilds:</b>							<b>1,50</b>
a) Type Specific Species (reference $\geq 3\%$ ) number:	6	3	100 %	< 100 % and $\leq 0,06$	< 100 % and $> 0,06$	50,0 %	1
max. reference-proportion from missing Type Specific Species:	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
b) katadromous and potamodromous species $\geq 3\%$ , [n]:	2	0	100 %	50 – < 100 %	< 50 %	0,0 %	1
c) species far from reference, [n]:	0	1	N/A	N/A	> 0	1	1
d.1) Habitat Guilds $\geq 3\%$ , [n]:	2	1	100 %	N/A	< 100 %	50,0 %	1
d.2) Habitat Guilds far from reference, [n]:	0	0	N/A	N/A	> 0	0	
e.1) Reproductive Guilds $\geq 3\%$ , [n]:	4	1	100 %	N/A	< 100 %	25,0 %	1
e.2) Reproductive Guilds far from reference, [n]:	0	0	N/A	N/A	> 0	0	
f.1) Trophic Guilds $\geq 3\%$ , [n]:	3	3	100 %	N/A	< 100 %	100,0 %	5
f.2) Trophic Guilds far from reference, [n]:	0	0	N/A	N/A	> 0	0	
g.1) Termal Guilds $\geq 3\%$ , [n]:	2	1	100 %	N/A	< 100 %	50,0 %	1
g.2) Termal Guilds far from reference, [n]:	0	1	N/A	N/A	> 0	1	1
<b>(2) Abundance of Species and Guilds:</b>							<b>2,78</b>
a) Abundance of Guiding Species (reference $\geq 15\%$ )			Deviation:	Deviation:	Deviation:	Deviation:	
1. <i>Barbus peloponnesius</i>	0,345	0,438	↑	↑	↑	27,0 %	3
2. <i>Leuciscus cephalus / Squalius peloponnesis</i>	0,228	0,262	↑	↑	↑	15,0 %	5
3. <i>Leuciscus pleurobipunctatus</i>	0,174	0,048	↓	↓	↓	72,7 %	1
			< 25 %	25 – 50 %	> 50 %		
b) Distribution of Ecological Guilds			Deviation:	Deviation:	Deviation:	Deviation:	
I) Habitat Guilds: <i>rheophilic</i>	0,859	1,000	< 6 %	6 – 18 %	> 18 %	16,4 %	3
II) Reproductive Guilds: <i>lithophilic</i>	0,747	1,000	< 6 %	6 – 18 %	> 18 %	33,9 %	1
<i>psammophilic</i>	0,112	0,000	< 15 %	15 – 45 %	> 45 %	100,0 %	1
III) Trophic Guilds: <i>inverti-piscivorous</i>	0,039	0,252	< 25 %	25 – 75 %	> 75 %	541,2 %	1
<i>omnivorous</i>	0,685	0,700	-6 – +3 %	> -6 – -18 %	> -18 %	+2,2 %	5
IV) Termal Guilds: <i>tolerant</i>	0,747	0,748	< 6 %	6 – 18 %	> 18 %	0,1 %	5
<b>(3) Age Structure:</b>							<b>5,00</b>
Proportion of age class 0+ in catches of Guiding Species (reference $\geq 15\%$ )			Percentage:	Percentage:	Percentage:	Percentage:	
1. <i>Barbus peloponnesius</i> (total: 92 ind.)	> 0,300	0,304	↑	↑	↑	30,4 %	5
2. <i>Leuciscus cephalus / Squalius peloponnesis</i> (total: 55 ind.)	> 0,300	0,473	↑	↑	↑	47,3 %	5
3. <i>Leuciscus pleurobipunctatus</i> (total: 10 ind.)	> 0,300	0,800	↑	↑	↑	80,0 %	5
			> 30 % with a minimum of 10 individuals detected	10 – 30 % with a minimum of 10 individuals detected	< 10 % with a minimum of 10 individuals detected or species not detected		
<b>(4) Migration:</b>							<b>1,00</b>
Migration Index, MI	1,382	1,000	> 1,287	1,191 – 1,287	< 1,191	1,000	1
<b>(5) Fish Region:</b>							<b>1,00</b>
Total Index of Fish Regions, IFR <sub>tot</sub>	5,33	4,76	Deviation: < 0,26	Deviation: 0,26 – 0,52	Deviation: > 0,52	Deviation: 0,56	1
<b>Total Average (average from (1) + (2) + (3) + [average from (4) + (5)]):</b>							<b>2,57</b>
<b>Ecological Status:</b>							<b>Good</b>
<b>Ecological Quality Ratio (EQR):</b>							<b>0,39</b>

**Εικόνα 25.** Φύλλο εργασίας 3 (*Excel*) στο οποίο παρουσιάζεται η εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης του σταθμού δειγματοληψίας PER10. Παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές που παίρνουν οι διάφορες μετρικές. Η οικολογική κατάσταση της θέσης εκτιμάται ως καλή (**Good**), με τιμή 2,57. Το φύλλο αυτό εξάγεται αυτόματα με την εισαγωγή των δεδομένων στα δύο προηγούμενα φύλλα (Εικ. 24 και 25).

Στον Πίνακα 26 παρουσιάζονται συνολικά τα αποτελέσματα της οικολογικής ταξινόμησης των θέσεων δειγματοληψίας της παρούσας έρευνας, σύμφωνα με το εργαλείο *FATHeR*. Τα δείγματα που αναλύθηκαν με το μοντέλο ανήλθαν σε 143, καθώς κάποιοι σταθμοί που θεωρήθηκαν μη αντιπροσωπευτικοί ή στους οποίους εκτιμήθηκε ότι οι τεχνικές και τα εργαλεία δειγματοληψίας ήταν ελλιπή, αφαιρέθηκαν από την ανάλυση (δεν έγινε καν εισαγωγή των δεδομένων τους).

**Πίνακας 26:** Κατανομή των σταθμών δειγματοληψίας σε οικολογικές κλάσεις, με βάση το *FATHeR*

Οικολογική κατάσταση	Οικολογική Κλάση	Κατανομή θέσεων
υψηλή οικολογική κατάσταση	3,76-5,00	20
καλή οικολογική κατάσταση	2,51-3,75	62
μέτρια οικολογική κατάσταση	2,01-2,50	24
φτωχή οικολογική κατάσταση	1,51-2,00	26
κακή οικολογική κατάσταση	1,00-1,50	11

Στον Πίνακα 27 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της οικολογικής ταξινόμησης, με τη χρήση του δείκτη *FATHeR*. Το ποσοστό επιτυχούς ταξινόμησης των σταθμών, σε σύγκριση με τον χαρακτηρισμό τους με βάση την προ-ταξινόμηση, ήταν ~37% (στην πενταβάθμια ταξινόμηση).

Από την άλλη μεριά, σε πολλές βιβλιογραφικές αναφορές περιγράφονται συστήματα οικολογικής κατάταξης σε τρεις οικολογικές κλάσεις, ιδιαίτερα για συστήματα ποταμών ορεινού τύπου. Κι αυτό γιατί η διακριτική ικανότητα των δεικτών εκτίμησης, σε ορεινούς ποταμούς, φαίνεται να είναι μικρή, λόγω της μεγάλης παραλλακτικότητας τόσο των ιχθυοκοινοτήτων, όσο και των περιβαλλοντικών μεταβλητών. Έχοντας αυτό κατά νου, διαπιστώνεται ότι το μοντέλο πρόβλεψης επιτυγχάνει ένα ποσοστό επιτυχούς κατάταξης ~60%, στην ταξινόμηση με βάση τρεις κλάσεις και πάντα σε σύγκριση με τις τιμές προ-ταξινόμησης των σταθμών δειγματοληψίας (Πίνακας 27). Ένα τέτοιο ποσοστό, για τα διεθνή βιβλιογραφικά δεδομένα και λαμβάνοντας υπόψη ότι το μοντέλο πρόβλεψης βρίσκεται ακόμη στα πρώτα στάδια ανάπτυξής του, είναι αρκετά ικανοποιητικό.

**Πίνακας 27:** Παρουσίαση της επιτυχούς ταξινόμησης των σταθμών δειγματοληψίας από το μοντέλο *FATHeR*. Αριστερός πίνακας: ταξινόμηση με βάση πέντε οικολογικές κλάσεις, δεξιός πίνακας: ταξινόμηση με βάση 3 οικολογικές κλάσεις. General Status: κατανομή με βάση την προ-ταξινόμηση, *FATHeR*: επιτυχής κατανομή με βάση το μοντέλο.

Πενταβάθμια ταξινόμηση				Τριβάθμια ταξινόμηση			
Οικολογική κατάσταση	General Status	FATHeR	Επιτυχής ταξινόμηση%	Οικολογική κατάσταση	General Status	FATHeR	Επιτυχής ταξινόμηση%
Υψηλή	32	8	5,6	Υψηλή ή καλή	87	64	44,8
Καλή	55	30	21				
Μέτρια	34	9	6,3	Μέτρια	34	9	6,3
Φτωχή	22	6	4,2				
Κακή	0	-		Φτωχή ή κακή	22	12	8,4
<b>Σύνολο</b>	<b>143</b>	<b>53</b>	<b>37,1</b>	<b>Σύνολο</b>	<b>143</b>	<b>85</b>	<b>59,5</b>

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα όρια των κλάσεων οικολογικής ταξινόμησης δεν έχουν ακόμη καθοριστεί σαφώς, υπό την έννοια ότι το εύρος τιμών μιας οικολογικής κλάσης είναι δυνατό στο μέλλον να τροποποιηθεί. Έτσι, η εισαγωγή περισσότερων δεδομένων, από άλλους σταθμούς δειγματοληψίας στο μέλλον, αναμένεται να καθορίσει με μεγαλύτερη σαφήνεια τα όρια αυτά. Για παράδειγμα, στο σύνολο των 143 σταθμών που εκτιμήθηκαν με το *FATHeR*, 10 από αυτούς ταξινομήθηκαν πολύ κοντά στα όρια των κλάσεων. Αν ταξινομούσαμε αυθαίρετα τους σταθμούς

αυτούς στη γειτονική τους οικολογική κλάση, τότε το ποσοστό επιτυχούς ταξινόμησης από το *FATHeR* θα έφτανε ~66% (στην τριβάθμια ταξινόμηση). Θεωρούμε ότι η αποσαφήνιση των ορίων στο μέλλον θα αμβλύνει τέτοιου είδους άστοχες εκτιμήσεις, αναβαθμίζοντας παράλληλα και την εκτιμητική ικανότητα του μοντέλου.

Επιπροσθέτως, στην Οδηγία-Πλαίσιο ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στο όριο μεταξύ “καλής” και “μέτριας” οικολογικής κατάστασης, δηλαδή στον διαχωρισμό μεταξύ μη επιβαρυσμένης (καλή ή υψηλή) και επιβαρυσμένης κατάστασης (μέτρια ή φτωχή ή κακή), προκειμένου να αποφασισθεί ποια υδάτινα σώματα θα υπαχθούν σε καθεστώς παρακολούθησης. Είναι, άλλωστε, γνωστό ότι σύμφωνα με την Οδηγία τα κράτη-μέλη είναι υποχρεωμένα, μέχρι το έτος 2015, να φέρουν όλα τα επιφανειακά νερά σε “καλή” κατάσταση. Τα όρια, λοιπόν μεταξύ καλής και μέτριας οικολογικής κατάστασης θα σηματοδοτήσουν στο προσεχές μέλλον τη διαχείριση των νερών σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Σε μια τέτοια περίπτωση, όπου απλά και μόνο η γνώση επιβαρυσμένων ή μη ποτάμιων συστημάτων είναι το ζητούμενο, η επιτυχής ταξινόμηση του *FATHeR* ανέρχεται σε ένα ποσοστό ~72%.

Σε κάθε περίπτωση, βέβαια, η επίτευξη ενός μεγάλου ποσοστού επιτυχούς ταξινόμησης δε σημαίνει αυτόματα και επιβεβαίωση του μοντέλου, καθώς οι τιμές προ-ταξινόμησης, με τις οποίες εδώ συγκρίνουμε τα αποτελέσματα του μοντέλου, περιλαμβάνουν αφενός την υποκειμενικότητα του ερευνητή - ως προς τις πιέσεις που επικρατούν - αφετέρου την ακρίβεια των γνώσεών του για τις επικρατούσες πιέσεις της περιοχής, η οποία δεν είναι πάντοτε απολύτως σωστή. Συμπερασματικά, η ανάλυση μεγαλύτερου όγκου δεδομένων (περισσότεροι σταθμοί δειγματοληψίας), στενεύει τα περιθώρια σφαλμάτων μιας ερευνητικής προσπάθειας και κατά συνέπεια και του μοντέλου πρόβλεψης.

Επί του παρόντος το εργαλείο κάνει χαρακτηρισμούς της οικολογικής κατάστασης θέσεων που ανήκουν στις ποτάμιες περιοχές που ερευνήθηκαν. Από τους ελέγχους που έγιναν κρίνεται ότι το *FATHeR* κάνει αρκετά ικανοποιητική πρόβλεψη της οικολογικής κατάστασης, και επί πλέον πλεονεκτεί έναντι του δείκτη χωρικής βάσης για δύο λόγους: είναι σχετικά εύκολη η τροποποίηση και επέκτασή του σε νέες περιοχές (κυρίως επειδή δεν περιέχει μετρικές που αναφέρονται σε συγκεκριμένα είδη ψαριών), και αποφεύγονται οι επίπονες και εν μέρει αμφίβολες διαδικασίες προ-ταξινόμησης, προσδιορισμού ποτάμιων τύπων και ελέγχου της προγνωστικής ικανότητας των μετρικών. Η συνολική διαδικασία δημιουργίας του εργαλείου *FATHeR*, μεθοδολογικές λεπτομέρειες της εφαρμογής του και οδηγίες χρήσης δίνονται στο Παράρτημα XII.

### 3.10. Αποτελέσματα της έρευνας βενθικών μακροασπονδύλων

Όπως περιγράφηκε στο τμήμα 2.2.2 οι ιχθυολογικές δειγματοληψίες συνοδεύθηκαν από δειγματοληψίες και μετρήσεις άλλων ποιοτικών στοιχείων, που χρησιμοποιούνται για εκτιμήσεις της οικολογικής κατάστασης ποτάμιων σωμάτων. Ένα από αυτά ήταν η συλλογή και χρήση των βενθικών μακροασπονδύλων για την κατάταξη των ποταμών έρευνας σε οικολογικές κλάσεις. Μετά την ολοκλήρωση των σχετικών επεξεργασιών και αναλύσεων των δειγμάτων θα επιχειρηθεί συσχέτιση των αποτελεσμάτων με αυτά που προέκυψαν από τις ιχθυολογικές μεθόδους. Στην παρούσα έκθεση συμπεριλαμβάνουμε μία σύντομη αναφορά στις μεθοδολογικές λεπτομέρειες και στα αποτελέσματα της επεξεργασίας των βενθικών μακροασπονδύλων και η οποία παρατίθεται στο Παράρτημα XVII.

### 3.11. Κατάρτιση δικτύου σταθμών παρακολούθησης

Στο Παράρτημα XVIII παρουσιάζονται οι χάρτες των λεκανών απορροής που μελετήθηκαν και η οικολογική κατάσταση των διαφόρων τμημάτων τους, όπως αυτή εξήχθη από το μοντέλο *FATHeR*. Παράλληλα στο Παράρτημα XIX παρουσιάζεται η μεθοδολογική προσέγγιση για την κατάρτιση του μελλοντικού δικτύου σταθμών παρακολούθησης καθώς και χάρτες με τις ποτάμιες περιοχές που καλύφθηκαν από την έρευνα και στους οποίους υποδηλώνονται οι προτεινόμενες θέσεις σταθμών δειγματοληψίας για τα παραπάνω προγράμματα, όπως αυτά προβλέπονται από την Οδηγία-Πλαίσιο. Η κατάρτιση του δικτύου των σταθμών έγινε με κριτήρια (α) την αντιπροσωπευτικότητα των θέσεων σε κάθε ποτάμιο σύστημα από πλευράς φυσιογραφικών και υδρολογικών χαρακτηριστικών, (β) την κατανομή και ένταση των ανθρωπογενών πιέσεων, και (γ) τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας για τις επιπτώσεις των πιέσεων στις ιχθυοκοινότητες. Τα εργαλεία και η μεθοδολογία των δειγματοληψιών περιγράφονται στο τμήμα 2.2.3. Για την καταγραφή των δεδομένων προτείνονται τα παρακάτω πρωτόκολλα, όπως αυτά περιγράφονται στο τμήμα 2.2.2:

- **Πρωτοκολλά 1 και 2** (ιχθυολογικά δεδομένα)
- **Πρωτόκολλο 3** (μόνο το τμήμα που αναφέρεται στα υδρολογικά, μορφολογικά και μορφομετρικά χαρακτηριστικά των θέσεων)
- **Πρωτόκολλο 4** (μόνο το τμήμα που αναφέρεται στις φυσικοχημικές παραμέτρους)

#### 4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ

Συνοψίζοντας, δημιουργήθηκαν δύο ιχθυολογικοί δείκτες εκτίμησης της οικολογικής κατάστασης ορεινών ποταμών. Και οι δύο δείκτες βασίζονται στην αρχή των συνθηκών αναφοράς, διαφέρουν όμως ως προς τον τρόπο προσδιορισμού των συνθηκών αναφοράς (χωρικές μέθοδοι και μοντέλο πρόβλεψης αντίστοιχα) καθώς και στον τρόπο επιλογής και βαθμονόμησης των μετρικών. Η μεθοδολογία δημιουργίας των δύο δεικτών είναι σύμφωνη με τη μεθοδολογία που καθιερώθηκε από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα FAME. Στο τμήμα αυτό της έκθεσης περιγράφουμε επιγραμματικά τα μεθοδολογικά στάδια που ακολουθήθηκαν και επιχειρούμε μία συγκριτική εξέταση των δύο δεικτών, εστιασμένη στην αναζήτηση μεθοδολογικών διαφορών και σφαλμάτων που επηρεάζουν την ακρίβεια ή αξιοπιστία των οικολογικών ταξινομήσεων.

##### 4.1. Διαφοροποιά στοιχεία των δύο δεικτών

Η διαδικασία δημιουργίας του δείκτη *χωρικής βάσης* περιλαμβάνει το στάδιο δημιουργίας ποτάμιας τυπολογίας. Ανάλυση ομαδοποίησης με βάση την ποσοτική σύσταση και αφθονία των ειδών ψαριών έδειξε την παρουσία οκτώ βιοτικών ομάδων που συμπύχθηκαν σε τρεις βιοτικούς τύπους. Οι τρεις τύποι (Α, Β και C) ακολουθούν ένα πρότυπο διαμήκους ιχθυολογικής ζώνωσης και από πλευράς αβιοτικών χαρακτηριστικών διαχωρίζονται με βάση υδρολογικές και φυσιογραφικές παραμέτρους. Ωστόσο, παρατηρείται ένας βαθμός επικάλυψης των παραμέτρων που δημιουργεί κάποιες ασάφειες στον τυπολογικό χαρακτηρισμό ορισμένων θέσεων. Για την επιλογή μετρικών χρησιμοποιήθηκαν κριτήρια πίεσεων (προ-ταξινόμηση με βάση τις μέσες τιμές των πέντε πρωταρχικών πίεσεων, κωδικοποιημένων σε πέντε κλάσεις οικολογικής κατάστασης), με την παροδοχή ότι υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ των συγκεκριμένων πίεσεων και των μετρικών. Για την επιλογή των μετρικών ελέγχθηκαν διαδοχικά η απόκριση των υποψήφιων μετρικών στις πιέσεις, ο βαθμός επικάλυψης των μετρικών και η διακριτική τους ικανότητα στο διαχωρισμό κλάσεων οικολογικής επιβάρυνσης. Συνολικά επιλέχθηκαν δύο μετρικές για τον τύπο Α, τρεις για τον τύπο Β και πέντε για τον τύπο C. Η επιβεβαίωση του δείκτη επίσης στηρίχθηκε σε κριτήρια πίεσεων. Από τη σύγκριση των προβλέψεων του δείκτη με τις τιμές προ-ταξινόμησης των πιέσεων (και οι δύο μετρούμενες σε πενταβάθμια κλίμακα), προέκυψε αντιστοιχία για περίπου τις μισές θέσεις δειγματοληψίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις που είχαμε έλλειψη αντιστοιχίας, η διαφορά μεταξύ της εκτιμηθείσας κατάστασης (τιμές δείκτη) και παρατηρούμενης κατάστασης (τιμές προ-ταξινόμησης πιέσεων) δεν ήταν μεγαλύτερη από μία κλάση οικολογικής κατάστασης, γεγονός που επιτρέπει την υπόθεση ότι ο δείκτης έχει μεγαλύτερη προγνωστική ικανότητα σε τριβάθμια, απ' ό,τι σε πενταβάθμια κλίμακα οικολογικής ταξινόμησης. Η απόπειρα ενοποίηση των κλάσεων οικολογικής κατάστασης, ώστε να προκύψει τριβάθμια κλίμακα, ανέβασε το ποσοστό ορθής ταξινόμησης, αθροιστικά για τους σταθμούς ανάπτυξης και επιβεβαίωσης, στο 73,5%. Αναλυτικότερα, τα αθροιστικά ποσοστά ήταν ~78%, ~77% και ~62,5% για τους βιοτικούς τύπους Α, Β και C αντίστοιχα.

Ο δείκτης *FATHeR (μοντέλο πρόβλεψης)* δεν απαιτεί τον τυπολογικό χαρακτηρισμό των ποταμών για τη θέσπιση συνθηκών αναφοράς. Σε συμφωνία με τη μεθοδολογία που καθιερώθηκε από το πρόγραμμα FAME για τη δημιουργία ενός αντίστοιχου μοντέλου, οι συνθήκες αναφοράς προσδιορίζονται με βάση ορισμένα υδρο-φυσικο-μορφολογικά χαρακτηριστικά των θέσεων δειγματοληψίας, που θα αναμένονταν κάτω από αδιατάρακτες συνθήκες. Ωστόσο, λόγω έλλειψης επαρκών δειγματοληπτικών δεδομένων, δεν ήταν δυνατός ο έλεγχος και η χρησιμοποίηση μεγάλου αριθμού αβιοτικών παραμέτρων (σημειώνεται ότι για τη δημιουργία του μοντέλου του FAME αξιοποιήθηκαν δεδομένα χιλιάδων θέσεων δειγματοληψίας από την κεντρική και βόρεια Ευρώπη).

Η επιλογή και βαθμονόμηση των μετρικών έγινε με τη βοήθεια Γερμανών ειδικών, σύμφωνα με διαδικασίες που αναπτύχθηκαν στη Γερμανία. Ο δείκτης αποτελείται από 20 μετρικές, κατανομημένες σε πέντε ομάδες, που καλύπτουν όλο το φάσμα των δομικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών της ιχθυοκοινότητας, χωρίς όμως όλες οι μετρικές να έχουν ισοβαρή συμμετοχή στην παραγωγή βιοεκτιμήσεων. Υπάρχει πρόβλεψη για ενεργοποίηση ή αδρανοποίηση των μετρικών που έχουν ή δεν έχουν οικολογική συνάφεια με τα ιχθυολογικά χαρακτηριστικά κάθε θέσης αντίστοιχα, με οδηγό τις προβλεπόμενες συνθήκες αναφοράς της θέσης. Σε κανένα στάδιο των διαδικασιών ελέγχου των μετρικών ή του δείκτη δεν χρησιμοποιείται η προ-ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης των θέσεων.

## 4.2. Εντοπισμός σφαλμάτων και προβλημάτων

Σφάλματα που υπεισέρχονται κατά τα διάφορα μεθοδολογικά στάδια της ανάπτυξης των δύο μεθόδων οικολογικής ταξινόμησης δρουν συσσωρευτικά και επηρεάζουν το τελικό προϊόν (δείκτες). Η μεθοδολογική διερεύνηση των σταδίων δημιουργίας των δύο δεικτών εντόπισε τις εξής πιθανές πηγές σφαλμάτων κατά μεθοδολογικό στάδιο.

### 4.2.1. Δειγματοληπτική διαδικασία

Κατά κανόνα οι δειγματοληψίες λάμβαναν χώρα σε βατούς ποταμούς, όπου η ισχύς των μηχανών ηλεκτραλιείας ήταν επαρκής για την αποτελεσματική αλίευση του μεγαλύτερου ποσοστού των ψαριών. Σε ελάχιστους σταθμούς, κυρίως στον Άνω Αχελώο, υπήρξαν πολλές διαφυγές ατόμων εξαιτίας του μεγάλου βάθους (σταθμοί της βιοτικής ομάδας *h*). Οι διαφυγές αυτές επηρέασαν κυρίως την αφθονία και σε μικρότερο βαθμό τη σύσταση ειδών (βλέπε τμήμα 3.4.1). Το πρόβλημα αυτό δεν επηρέασε τα μετέπειτα στάδια εργασιών, καθώς τα δεδομένα των επισφαλών σταθμών δεν χρησιμοποιήθηκαν στις περαιτέρω επεξεργασίες.

### 4.2.2. Δημιουργία τυπολογίας

Η δημιουργία τυπολογίας (που απαιτείται για την ανάπτυξη του δείκτη χωρικής βάσης) επηρεάστηκε από τις τους εξής παράγοντες και σφάλματα:

#### Θέσεις δειγματοληψίας μη-αντιπροσωπευτικές στο ποτάμιο τμήμα.

Οι θέσεις δειγματοληψίας δεν ήταν πάντα οι πλέον αντιπροσωπευτικές του εύρους των φυσιογραφικών και υδρο-μορφολογικών χαρακτηριστικών των υπό εξέταση ποταμών. Σε τουλάχιστον μία περίπτωση, η αιτία ήταν η λανθασμένη αξιολόγηση της αντιπροσωπευτικότητας της θέσης (θέση GR04110008 στον ποταμό Αχελώο, λόγω της άμεσης γειτνίασης με φαράγγι-περιοχή Γαρδικίου). Κύρια όμως αιτία ήταν η έλλειψη οδικής πρόσβασης στις πλέον κατάλληλες από τυπολογική άποψη θέσεις. Το πρόβλημα δεν ήταν σοβαρό στην περίπτωση των μικρών ποταμών, όπου ήταν δυνατή η αλιεία με τις σχετικά ελαφρές αλλά μικρής ισχύος συσκευές ηλεκτραλιείας των 13 και 25 kg, που μπορούσαν να μεταφερθούν από το όχημα μεταφοράς σε κατάλληλες θέσεις. Στα μεγάλα ποτάμια ήταν απαραίτητη η χρησιμοποίηση της συσκευής μεγάλης ισχύος, το βάρος της οποίας (50 kg), μαζί με το αντίστοιχο του λοιπού εξοπλισμού, καθιστούσε απαγορευτική τη μετακίνηση σε μεγάλη απόσταση από το όχημα μεταφοράς.

#### Θέσεις στα όρια μεταξύ ποτάμιων τύπων.

Κατά την επεξεργασία των δειγματοληπτικών δεδομένων με σκοπό την ανάπτυξη βιοτικής τυπολογίας, παρατηρήθηκε ότι η σύνθεση ειδών σε ορισμένους σταθμούς παρουσίαζε ενδιάμεσα χαρακτηριστικά της ιχθυολογικής σύστασης δύο “γειτονικών” ποτάμιων τύπων. Τέτοιες ενδιάμεσες καταστάσεις οφείλονται στην τυπικά (αλλά όχι πάντα) ομαλή διαδοχή των βιοτικών τύπων κατά μήκος του ποταμού, σε συνάρτηση με τη μεταβολή των περιβαλλοντικών παραγόντων από ανάντη



προς κατάντη (πλάτος και βάθος ποταμού, παροχή, κλίση, θερμοκρασία, κλπ.), που οδηγεί σε κάποιο βαθμό επικάλυψης των ιχθυολογικών παραμέτρων μεταξύ τύπων. Με τη στενή έννοια, η ύπαρξη τέτοιων μεταβατικών καταστάσεων δεν δημιουργεί πρόβλημα στην ανάπτυξη της τυπολογίας, γιατί κάθε θέση μπορεί τελικά να υπαχθεί σε κάποιο τύπο με στατιστικά κριτήρια. Ωστόσο, προκύπτει πρόβλημα για τη θέσπιση αξιόπιστων τυπολογικών συνθηκών αναφοράς, καθώς ασάφειες ή πιθανά σφάλματα στον τυπολογικό χαρακτηρισμό θέσεων που βρίσκονται στα σύνορα μεταξύ ποτάμιων τύπων θα επηρεάσουν το εύρος της βιολογικής ποικιλότητας που περιγράφεται από τον τύπο. Η έκταση του προβλήματος ελαττώνεται με την αύξηση του αριθμού των θέσεων δειγματοληψίας, γιατί η πυκνωση των σταθμών στις μεταβατικές περιοχές μειώνει τις τυπολογικές ασάφειες και βελτιώνει την ακρίβεια της οριοθέτησης των βιοτικών τύπων. Στην παρούσα έρευνα κρίθηκε σκόπιμο να εξαιρεθούν ορισμένες από αυτές τις θέσεις από τις περαιτέρω επεξεργασίες, ενώ ορισμένες άλλες ενσωματώθηκαν στους κυρίαρχους τύπους.

#### Θέσεις που ανήκουν σε σπάνιους βιοτικούς τύπους.

Ένας μικρός αριθμός δειγματοληψιών έγινε σε περιοχές με περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που δεν απαντούν συχνά στα ορεινά ποτάμια (π.χ. μικρή κλίση και ύπαρξη ευρείας πλημμυρικής ζώνης που ευνοούν ελώδεις καταστάσεις). Τέτοιες περιοχές μπορεί να φιλοξενούν ψάρια που τυπικά δεν απαντούν στα ορεινά ρέματα και η ιχθυολογική τους σύσταση (από πλευράς ποικιλότητας, αφθονίας, ποσοστιαίας συμμετοχής ειδών και οικολογικών θώκων των ειδών) τις κατατάσσει σε ιδιαίτερες τυπολογικές ομάδες. Κατά κανόνα, οι σταθμοί που συνιστούν αυτές τις ομάδες είναι ολιγάριθμοι και τα δεδομένα τους δεν επαρκούν για τη θέσπιση τυπολογικών συνθηκών αναφοράς (π.χ. η βιοτική ομάδα *e* και ο βιοτικός τύπος PEL-BARBEL – βλέπε τμήματα 3.4.1. και 3.4.2). Το πρόβλημα είναι παρεμφερές με το πρόβλημα των θέσεων στη μετάβαση μεταξύ ποτάμιων τύπων και αντιμετωπίστηκε με τον ίδιο τρόπο (ενσωμάτωση ορισμένων θέσεων στους κυρίαρχους τύπους και απόρριψη ορισμένων άλλων).

#### Θέσεις πολύ κοντά στη συμβολή ποταμών.

Ορισμένες δειγματοληψίες σε μικρά ποτάμια διενεργήθηκαν σε θέσεις που βρίσκονται πολύ κοντά στη συμβολή με μεγαλύτερα ποτάμια, με αποτέλεσμα την παρουσία ψαριών που δεν αναμένονται τυπικά για τις θέσεις αυτές (π.χ. μεγάλωσυμα είδη που συνήθως απαιτούν μεγαλύτερη παροχή νερού, μικρότερη κλίση ή σχετικά υψηλή θερμοκρασία). Η επιλογή τέτοιων θέσεων, όπως για παράδειγμα οι θέσεις STOUR και DOUN στους ποταμούς Λεσκοβίτικο (Αχελώου) και Μελισουργιώτικο (Αράχθου), αποδείχθηκε ακατάλληλη για περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων τους, κατά τη δημιουργία των μοντέλων.

### **4.2.3. Θέσπιση συνθηκών αναφοράς**

Ο προσδιορισμός των συνθηκών αναφοράς αποτελεί ένα από τα πιο ευαίσθητα στάδια της συνολικής διαδικασίας ανάπτυξης ενός πολυπαραμετρικού δείκτη τόσο από τη μεθοδολογική πλευρά, όσο και από τη πλευρά των επιπτώσεων στην ακρίβεια των βιοεκτιμήσεων. Ο δείκτης χωρικής βάσης και ο δείκτης *FATHeR* χρησιμοποιούν διαφορετική μεθοδολογία προσδιορισμού των συνθηκών αναφοράς και επομένως υπόκεινται σε διαφορετικούς τύπους σφαλμάτων. Στο δείκτη χωρικής βάσης, οι συνθήκες αναφοράς υπολογίζονται για κάθε ποτάμιο τύπο χωριστά. Επομένως, σφάλματα ή ανεπάρκειες κατά τη διαδικασία της δημιουργίας τυπολογίας αντανακλώνται στην ορθότητα των συνθηκών αναφοράς. Μία σημαντική πηγή τέτοιων σφαλμάτων ήταν η ακαταλληλότητα των θέσεων δειγματοληψίας, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Πιστεύουμε ότι τα σφάλματα αυτά δεν επηρέασαν τον προσδιορισμό των συνθηκών αναφοράς, αφού οι θέσεις που κρίθηκαν ακατάλληλες για τυπολογικούς χαρακτηρισμούς εξαιρέθηκαν από τις επεξεργασίες. Μία άλλη πηγή σφαλμάτων ήταν η ανεπάρκεια των θέσεων δειγματοληψίας σε ορισμένους βιοτικούς τύπους, που επέβαλλε ομαδοποιήσεις βιοτικών ομάδων. Οι ομαδοποιήσεις ελάττωσαν τη

βιολογική ομοιογένεια εντός των βιοτικών τύπων και ελάττωσαν την ακρίβεια των βιοεκτιμήσεων. Με πιο απλούς όρους, συνέπεια των ομαδοποιήσεων ήταν ότι ποτάμια με όχι πολύ μεγάλη φυσιογραφική ή υδρολογική ομοιότητα ταξινομήθηκαν στον ίδιο βιοτικό τύπο, με επακόλουθο την “τεχνητή” αύξηση του εύρους διακύμανσης των συνθηκών αναφοράς εντός του τύπου, σε βάρος του εύρους διακύμανσης των ιχθυολογικών γνωρισμάτων που οφείλονται σε ανθρωπογενή αίτια.

Στο δείκτη *FATHeR*, οι συνθήκες αναφοράς υπολογίζονται με τη βοήθεια ενός μοντέλου που προσδιορίζει την αναμενόμενη σύνθεση της ιχθυοκοινότητας, για κάθε δυνατό συνδυασμό ενός αριθμού αβιοτικών παραμέτρων, κάτω από αδιατάρακτες υδρο-μορφολογικές και φυσικοχημικές συνθήκες. Το μοντέλο δημιουργήθηκε μετά από ανάλυση των σχέσεων μεταξύ ιχθυολογικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων, σε θέσεις που δεν παρουσίαζαν σημαντική διαταραχή ανθρωπογενούς προέλευσης. Μία πιθανή πηγή σφαλμάτων είναι η λανθασμένη εκτίμηση του βαθμού διαταραχής στις θέσεις δειγματοληψίας, που μπορεί να οδηγήσει στην περίληψη υποβαθμισμένων σταθμών στην ομάδα των σταθμών οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του μοντέλου. Για παράδειγμα, μία θέση που φαινομενικά είναι αδιατάρακτη, μπορεί έχει υποστεί σοβαρή υδρολογική επιβάρυνση από μη γνωστές υδροληψίες σε ανάντη περιοχές. Σφάλματα μπορεί επίσης να υπεισέλθουν από ελλιπή αξιολόγηση των υδρολογικών, μορφολογικών και φυσικοχημικών συνθηκών αναφοράς που απαιτούνται για κάθε θέση δειγματοληψίας (επιβαρυνμένη ή αδιατάρακτη), προκειμένου το μοντέλο να “επιστρέψει” τις ιχθυολογικές συνθήκες αναφοράς. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την αξία των ιστορικών δεδομένων (τόσο για βιολογικές όσο και για αβιοτικές παραμέτρους) στα προγράμματα βιοεκτιμήσεων.

Τόσο στην περίπτωση του δείκτη χωρικής βάσης, όσο και στην περίπτωση του δείκτη *FATHeR*, η αξιοπιστία των συνθηκών αναφοράς εξαρτάται από την ακρίβεια και το εύρος της βιολογικής ποικιλότητας την οποία περιγράφουν (γεωγραφικής, διαχρονικής και ενίοτε εποχιακής). Η παρούσα μελέτη είχε μία σχετικά ικανοποιητική γεωγραφική κάλυψη (αν και περιορισμένη σε ορεινά τμήματα των ποταμών), ωστόσο η διαθεσιμότητα των λεγόμενων δεδομένων “θέσεων” (site-specific data) ήταν οριακή για την ικανοποιητική περιγραφή της γεωγραφικής ποικιλότητας. Η χρονική κάλυψη της έρευνας ήταν ακόμα λιγότερο επαρκής, με αποτέλεσμα την ελλιπή περίληψη της διαχρονικής ποικιλότητας στις συνθήκες αναφοράς. Οι μελλοντικές έρευνες πρέπει να εστιαστούν στη διεύρυνση του δικτύου των σταθμών αναφοράς και τη χρονική επέκταση των δειγματοληψιών, περιλαμβάνοντας μη τυπικά έτη με δυσμενείς ή ιδιόρρυθμες κλιματικές συνθήκες.

#### 4.2.4. Επιλογή μετρικών – δημιουργία πολυπαραμετρικών δεικτών

Σε σχέση με τα πεδινά ποτάμια, τα ορεινά ποτάμια χαρακτηρίζονται από χαμηλή ιχθυολογική ποικιλότητα. Η χαμηλή ποικιλότητα αποτέλεσε περιοριστικό παράγοντα για την κατάρτιση της λίστας των υποψήφιων μετρικών για τους δύο ιχθυολογικούς δείκτες. Στην περίπτωση του δείκτη χωρικής βάσης, η διαδικασία επιλογής των τελικών μετρικών περιόρισε ακόμα περισσότερο τον αριθμό των μετρικών που απαρτίζουν το δείκτη. Συγκεκριμένα, η χρησιμοποίηση στατιστικών κριτηρίων για τον έλεγχο της καταλληλότητας των μετρικών ευθύνεται για την απόρριψη μετρικών με ενδεχομένως σημαντική σημασία στην ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης. Λόγοι στατιστικής απόρριψης δυνητικά χρήσιμων μετρικών ήταν οι εξής:

- ο Έλεγχος της απόκρισης των υποψήφιων μετρικών στις πιέσεις. Η πιθανώς ισχυρή συσχέτιση μίας μετρικής με μεμονωμένες πιέσεις επισκιάστηκε από την ασθενή ή ακόμα και διαφορετικού τύπου συσχέτιση με άλλες πιέσεις που μετέχουν στον υπολογισμό της μέσης τιμής προ-ταξινόμησης. Έτσι, μετρικές που εμφάνισαν μία σημαντική απόκριση σε μία πίεση δεν επελέγησαν, γιατί δεν παρατηρήθηκε σημαντική απόκριση στο συνδυασμό των πιέσεων που διαμορφώνουν τη μέση τιμή προ-ταξινόμησης.

- ο Έλεγχος της διακριτική ικανότητας των μετρικών στο διαχωρισμό κλάσεων οικολογικής επιβάρυνσης. Μία μετρική μπορεί να αποκρίνεται μόνο σε ένα εύρος μεταβολής των πιέσεων (π.χ. παρουσιάζει αντίδραση σε έντονες υδρολογικές, μορφολογικές ή φυσικοχημικές διαταραχές, αλλά δεν αντιδρά σε ήπιες διαταραχές). Για παράδειγμα, οι ιχθυοκοινότητες δεν επηρεάζονται σημαντικά με μικρή αύξηση του ευτροφισμού, αλλά παρουσιάζουν έντονη υποβάθμιση σε συνθήκες υψηλού ευτροφισμού. Η σπανιότητα θέσεων δειγματοληψίας με υψηλό βαθμό διαταραχής (κλάσεις επιβάρυνσης 4 και 5) ελάττωσε το στατιστικό εύρος απόκρισης στις μεταβολές πιέσεων, κάτι που συνετέλεσε στον αποκλεισμό χρήσιμων μετρικών.
- ο Έλεγχος του βαθμού επικάλυψης των μετρικών. Μία μετρική μπορεί να συσχετίζεται ισχυρά με μία άλλη μετρική, χωρίς οι δύο μετρικές να είναι απαραίτητως βιολογικά αλληλοεξαρτώμενες (με την έννοια ότι εκφράζουν τις ίδιες πτυχές της ιχθυοκοινότητας ή αντιδρούν με τον ίδιο τρόπο στην ίδια πίεση).

Παρ' ότι τα παραπάνω κριτήρια δεν εφαρμόστηκαν με απόλυτη αυστηρότητα, ο αριθμός των μετρικών που τελικά κρίθηκαν επιλέξιμες για το δείκτη χωρικής βάσης ήταν πολύ μικρός, ιδίως για τους βιοτικούς τύπους A (δύο μετρικές) και B (τρεις μετρικές). Με τόσο μικρό αριθμό μετρικών ο δείκτης δεν μπορεί να εκφράσει ένα σημαντικό φάσμα των δομικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών της ιχθυοκοινότητας, ούτε να διαγνώσει όλο το εύρος πιθανών αποκρίσεων σε πιέσεις (με εξαίρεση ίσως τις πιέσεις στην υδρολογία).

Πέραν του παραπάνω προβλήματος, ο δείκτης χωρικής βάσης χαρακτηρίζεται από λογισμική πολυπλοκότητα, επειδή περιλαμβάνει διαφορετικές μετρικές για τους τρεις ποτάμιους τύπους. Η διαφοροποίηση των μετρικών από τύπο σε τύπο προσδίδει στο δείκτη τροποποιητική ακαμψία, γιατί απαιτείται η επανάληψη των χρονοβόρων διαδικασιών τυπολογίας, προ-ταξινόμησης και επιλογής μετρικών για την εφαρμογή του δείκτη σε νέους ποτάμιους τύπους. Ένα συναφές πρόβλημα είναι η μικρή τροποποιητική δυνατότητα του δείκτη για εφαρμογές σε νέους ποταμούς, λόγω του ότι ορισμένες από τις μετρικές του δείκτη εκφράζουν ποσοστιαία συμμετοχή συγκεκριμένων ειδών ή ατόμων συγκεκριμένων ειδών στον ιχθυοπληθυσμό. Το πρόβλημα αυτό απορρέει από την ύπαρξη ενδημισμών στα Ελληνικά ποτάμια και επιβάλλει τη χρησιμοποίηση διαφορετικών μετρικών σε ποταμούς που έχουν διαφορετική σύσταση ειδών. Για παράδειγμα, το είδος *Leuciscus pleurobipunctatus* απαντάται στα τρία από τα ποτάμια που ερευνήθηκαν (Αχελώο, Αλφειό και Άραχθο), αλλά όχι στον Αώο και τον Αλιάκμονα. Καθώς μετρικές που συνδέονται με το παραπάνω είδος δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον Αώο και τον Αλιάκμονα, η ενδεικνυόμενη προσέγγιση είναι να εντοπισθούν εναλλακτικές μετρικές που αρμόζουν για τους ποταμούς αυτούς. Στην παρούσα έρευνα επιχειρήθηκε η διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ δυνητικών μετρικών και πιέσεων σε επίπεδο λεκάνης απορροής, προκειμένου να εντοπισθούν οι κατάλληλες μετρικές για κάθε ποταμό (βλέπε τμήμα 3.7.2 “Έλεγχος απόκρισης των μετρικών στις πιέσεις”). Όμως, η προσπάθεια εγκαταλείφθηκε, επειδή ο αριθμός των θέσεων δειγματοληψίας σε κάθε ποταμό και ποτάμιο τύπο ήταν ανεπαρκής για στατιστική επεξεργασία. Αναγκαστικά, λοιπόν, τα δεδομένα από διαφορετικά ποτάμια ενοποιήθηκαν και προέκυψε μία κοινή ομάδα μετρικών για κάθε ποτάμιο τύπο.

Οι μετρικές που αποτελούν τον ιχθυολογικό δείκτη *FATHeR* επιλέχθηκαν με κριτήρια και διαδικασίες που προσφέρουν διαγνωστική ικανότητα και τροποποιητική ευελιξία. Ο κατάλογος των μετρικών διαμορφώθηκε σύμφωνα με την κρίση των ειδικών και εκφράζει έναν ικανοποιητικό αριθμό των δομικών και οικολογικών χαρακτηριστικών της ιχθυοκοινότητας (σύσταση, ποσοστιαία συμμετοχή, αφθονία, συνθήκες αναπαραγωγής, οικολογικοί θώκοι, κλπ.). Η προσέγγιση αυτή στηρίζεται στην εμπειρική παρατήρηση ότι η ιχθυοκοινότητα, σαν σύνολο, παρουσιάζει πιο σταθερή και προγνώσιμη αντίδραση σε ανθρωπογενείς διαταραχές απ' ότι τα επί μέρους συστατικά

της. Επομένως, μετρικές που από μόνες τους δεν αντιδρούν ισχυρά ή προβλέψιμα σε όλο το φάσμα και το εύρος διακύμανσης των αναμενόμενων πιέσεων, μπορούν να συνεισφέρουν στην οικολογική ταξινόμηση σε συνδυασμό με άλλες μετρικές.

Τέλος, οι μετρικές που απαρτίζουν το *FATHeR* δεν εξαρτώνται από τοπικά είδη και τοπικές συνθήκες, και η διάταξή τους παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από περιοχές και τύπους πιέσεων. Αυτό είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα του δείκτη, καθώς επιτρέπει την σχετικά εύκολη προσαρμογή του δείκτη σε άλλους ποταμούς ή νέες ποτάμιες ζώνες. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή προσαρμογή του δείκτη είναι να υπάρχουν από τους νέους ποταμούς ή ποτάμιους τύπους τα αναγκαία ιχθυολογικά δεδομένα, με βάση τα οποία θα χαρακτηρισθούν οι οικολογικοί θώκοι των νέων ειδών, θα εντοπισθούν “οικολογικά παρόμοιες ομάδες ειδών” (ecological guilds), θα περιγραφεί η διαμήκης ιχθυολογική ζώνωση, και θα αναλυθούν οι σχέσεις μεταξύ μετρικών και περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών για τη βελτίωση ή επέκταση του μοντέλου πρόβλεψης των συνθηκών αναφοράς. Η απόκτηση αυτών των δεδομένων απαιτεί σημαντική ερευνητική προσπάθεια, που όμως εντοπίζεται στη διερεύνηση της βιολογίας, οικολογίας και κατανομής των ειδών (χρησιμοποιώντας και υπάρχοντα βιβλιογραφικά δεδομένα όπου υπάρχουν) και όχι στη μεθοδολογική επανάληψη της διαδικασίας δημιουργίας του δείκτη (π.χ. εκ νέου διαμόρφωση της λίστας των μετρικών). Συνολικά, ο δείκτης *FATHeR* χρησιμοποιεί ένα σύστημα μετρικών που συνδυάζει περιγραφική ικανότητα των δομικών-λειτουργικών χαρακτηριστικών της ιχθυοκοινότητας, λειτουργικότητα στην εφαρμογή του και προσαρμοστική ευελιξία. Τα πλεονεκτήματα αυτά του *FATHeR* μεταφράζονται σε χαμηλότερο ερευνητικό και διοικητικό κόστος για την πλήρη ανάπτυξη του δείκτη και την μετέπειτα εφαρμογή του σε προγράμματα βιοεκτιμήσεων, σε σύγκριση με το δείκτη χωρικής βάσης. Βέβαια, και στους δύο δείκτες η διαδικασία ανάπτυξης προϋποθέτει εκτεταμένη έρευνα πεδίου, με συστηματικές δειγματοληψίες θέσεων, για την συσσώρευση γνώσεων πάνω στην φυσική ιστορία των ψαριών και των ποτάμιων ενδιαιτημάτων.

#### 4.2.5. Προ-ταξινόμηση, επιβεβαίωση του δείκτη χωρικής βάσης

Η μεθοδολογία του προγράμματος FAME για τη δημιουργία του δείκτη χωρικής βάσης, περιλαμβάνει και το στάδιο της επιβεβαίωσης των βιοεκτιμήσεων του δείκτη. Η επιβεβαίωση έγινε με σύγκριση της οικολογικής κατάστασης των θέσεων δειγματοληψίας που εκτιμήθηκε με βάση: (α) τις τιμές του δείκτη, και (β) τις τιμές προ-ταξινόμησης, ως προς τις κυριότερες πιέσεις. Η σύγκριση απέδωσε φτωχά ποσοστά αντιστοιχίας (περίπου 50 %) στην πενταβάθμια κλίμακα οικολογικής ταξινόμησης (βλέπε τμήμα ΑΑ), γεγονός που εγείρει ερωτηματικά ως προς την ικανότητα του δείκτη στην παροχή αξιόπιστων βιοεκτιμήσεων. Ωστόσο, αν και πιστεύουμε ότι η διαδικασία παραγωγής του δείκτη επέτρεψε την εισαγωγή σφαλμάτων (κυρίως κατά τα μεθοδολογικά στάδια της τυπολογίας και της επιλογής μετρικών, όπως προαναφέρθηκε), έχουμε λόγους να πιστεύουμε ότι η μη ικανοποιητική αντιστοιχία μεταξύ τιμών δείκτη και τιμών προ-ταξινόμησης δεν οφείλεται τόσο σε ανεπάρκεια του δείκτη, όσο σε αδυναμία της μεθοδολογίας προ-ταξινόμησης να προσφέρει διάγνωση της οικολογικής κατάστασης. Υπενθυμίζεται ότι σύμφωνα με την Οδηγία-Πλαίσιο, η οικολογική κατάσταση μίας θέσης πρέπει να εκτιμάται μόνο με σύγκριση της δομής και αφθονίας της βιοκοινωνίας (στη συγκεκριμένη περίπτωση, της ιχθυοκοινότητας) στη θέση αυτή, με τη δομή και αφθονία της βιοκοινωνίας αναφοράς. Ο δείκτης, παρά τα σφάλματα που πιθανόν να έχουν υπεισέλθει κατά τη διαδικασία δημιουργίας του, προσφέρει μία μέθοδο κατηγοριοποίησης της οικολογικής κατάστασης (εκτιμώμενης από το βαθμό απόκλισης επιλεγμένων ιχθυολογικών παραμέτρων από τις αντίστοιχες παραμέτρους της ιχθυοκοινότητας αναφοράς), που είναι συμβατή με την Οδηγία. Αντίθετα, η προ-ταξινόμηση, ως προς τις πιέσεις, προσφέρει μία θεωρητική πρόγνωση της οικολογικής κατάστασης, που στηρίζεται στην υπόθεση ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ανθρωπογενών πιέσεων και επιπτώσεων των πιέσεων αυτών στις ιχθυοκοινότητες. Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή, η αξιολόγηση του είδους και της

έντασης των πιέσεων δίνει μία ένδειξη της αναμενόμενης διαταραχής των ιχθυοκοινοτήτων. Συνεπώς, οι τιμές προ-ταξινόμησης παρέχουν ένα ανεξάρτητο μέτρο εκτίμησης της οικολογικής κατάστασης, απέναντι στην οποία η οικολογική κατάσταση που εκτιμάται με βάση το δείκτη μπορεί να συγκριθεί. Για τρεις διαφορετικούς λόγους, όμως, πιστεύουμε ότι δεν υπάρχει ισχυρή και προβλέψιμη σχέση μεταξύ πιέσεων και επιπτώσεων στην ιχθυοκοινότητα.

1. Η δομή της ιχθυοκοινότητας επηρεάζεται από οικολογικούς παράγοντες ή πιέσεις που έδρασαν πριν από την έναρξη των δειγματοληψιών

Η σύσταση και αφθονία της ιχθυοκοινότητας μίας θέσης δεν αντανακλά μόνο τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά ή τις πιέσεις που επικρατούν κατά την περίοδο της έρευνας. Παρελθόντα γεγονότα (π.χ. κλιματικά) ή οικολογικές διαταραχές ανθρωπογενούς προέλευσης (π.χ. υδρολογικές), είναι δυνατό να επηρέασαν τη βιωσιμότητα και αναπαραγωγή των ψαριών, διαμορφώνοντας έτσι μία ιχθυολογική κατάσταση διαφορετική από αυτή που θα αναμενόταν με βάση τις παρατηρούμενες περιβαλλοντικές συνθήκες ή πιέσεις. Και στις δύο περιπτώσεις θα προκύψει ασυμφωνία μεταξύ πρόβλεψης της οικολογικής κατάστασης (τιμές προ-ταξινόμησης) και εκτίμησης της οικολογικής κατάστασης (τιμές δείκτη), επειδή η δομή της ιχθυοκοινότητας επηρεάστηκε από παράγοντες που δεν υφίστανται κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας. Σε βάθος χρόνου, βέβαια, η ιχθυοκοινότητα θα επανέλθει στην αρχική κατάσταση (π.χ. μέσω μηχανισμών αναπαραγωγής ή διασποράς). Επομένως, το πρόβλημα εντοπίζεται στο χρονικό διάστημα που οι βιολογικές επιπτώσεις από την οικολογική διαταραχή διατηρούνται, καθώς ο χρόνος που παρήλθε από τη στιγμή της διαταραχής δεν ήταν αρκετός ώστε η ιχθυοκοινότητα να ανακάμψει.

Σαν παράδειγμα επιπτώσεων από παρελθόντα κλιματικά γεγονότα αναφέρουμε τη θέση δειγματοληψίας NEWMOUTS στον ποταμό Μουτσαρίτικο, στο σύστημα το Αχελώου. Δειγματοληψίες που έγιναν το έτος 2004 έδειξαν την παρουσία μίας πλούσιας ιχθυοπανίδας, που ανταποκρίνεται στο βιοτικό τύπο Πέστροφας, ενώ κατά το έτος 2006, οπότε και πραγματοποιήθηκε πάλι δειγματοληψία, διαπιστώθηκε η σχεδόν πλήρης απουσία ψαριών από εκτεταμένο τμήμα του ποταμού. Αυτή η δραματική ελάττωση της αφθονίας των ψαριών είναι φαινομενικά ανεξήγητη, γιατί η περιοχή βρίσκεται μακριά από κέντρα ανθρώπινης δραστηριότητας και είναι σχεδόν πλήρως απαλλαγμένη από πιέσεις. Η εξήγηση βρίσκεται στο γεγονός ότι ο Μουτσαρίτικος ποταμός παρουσιάζει μία έντονα χειμαρρική και διαβρωτική συμπεριφορά, εξαιτίας των τοπογραφικών και γεωλογικών του χαρακτηριστικών (μεγάλο υψόμετρο, μεγάλο μέγεθος της συλλεκτήριας λεκάνης, γεωλογική σύσταση υποστρώματος). Έτσι, κατά το τέλος της άνοιξης του 2006, η απότομη τήξη του χιονιού στον ορεινό όγκο της Κακαρδίτσας δημιούργησε τεράστιες χειμαρρικές παροχές, που άλλαξαν δραστικά την τοπογραφία του ποταμού (μεταφορά τεράστιων όγκων αδρανών υλικών από ανάντη, αλλαγή θέσης κοίτης, κλπ.). Μάλιστα, οι έντονες αυτές πλημμυρικές παροχές προκάλεσαν την καταστροφή μίας συμπαγούς τσιμεντένιας γέφυρας που υπήρχε πλησίον του χωριού Αθαμανία, τμήματα της οποίας παρασύρθηκαν σε απόσταση εκατοντάδων μέτρων. Τέτοια χειμαρρικά γεγονότα είναι αρκετά σπάνια, όταν όμως συμβαίνουν προξενούν καταστροφή των φυσικών ενδιαιτημάτων και θνησιμότητα ή παράσυρση των ψαριών σε κατάντη περιοχές. Προφανώς, με την πάροδο των ετών η ιχθυοκοινότητα αποκαθίσταται σταδιακά, μέσω επανεποικισμού από κατάντη περιοχές. Μία κάπως διαφορετική περίπτωση είναι αυτή ποταμών όπου ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες εμφανίζονται με εποχιακή περιοδικότητα (π.χ. πολύ χαμηλή θερμοκρασία ή χειμαρρικές παροχές κάθε χειμώνα). Σε τέτοιες περιπτώσεις η ιχθυοκοινότητα θα εμφανίζει μόνιμη διαταραχή και η δομή της θα είναι διαφορετική από αυτή που θα αναμενόταν με βάση τις θερινές συνθήκες. Γίνεται φανερό ότι η ιχθυοκοινότητα μίας περιοχής μπορεί να παρουσιάζει μεγάλη φυσική μεταβλητότητα και η οποία μπορεί να διαπιστωθεί μόνον αν η ιχθυολογική έρευνα έχει αρκετή διάρκεια, ώστε να συμπεριλάβει εποχές και χρόνια

με ακραίες υδρολογικές συνθήκες. Σε περιοχές με τέτοια μεταβλητότητα, οποιαδήποτε ιχθυολογική μέθοδος οικολογικής ταξινόμησης θα καταλήξει σε εσφαλμένη εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης, εκτός αν υπάρχουν κατάλληλα εποχιακά και διαχρονικά δεδομένα που θα επιτρέψουν την συμπερίληψη της φυσικής ποικιλότητας στις συνθήκες αναφοράς.

Ο ποταμός Αροάνειος του Ερύμανθου, προσφέρει ένα αντίστοιχο παράδειγμα ιχθυολογικής υποβάθμισης, εξαιτίας πιέσεων που επηρέασαν τον ποταμό σε μία παρελθούσα χρονική στιγμή. Κατά τις δειγματοληψίες του 2003, στη θέση SELLION, το ποτάμι παρουσίαζε μία εικόνα ιχθυοκοινότητας τύπου πέστροφας-μπριάνας με κάποια στοιχεία υποβάθμισης λόγω απολήψεων νερού. Κατά το 2005 παρατηρήθηκε μία πλήρης εξαφάνιση της πέστροφας και μόνο μικρόσωμα άτομα μπριάνας και λιάρας, παρά το γεγονός ότι η ποσότητα του νερού και τα χαρακτηριστικά της ροής θα δικαιολογούσαν την επιβίωση τουλάχιστον ορισμένων ατόμων πέστροφας. Η κακή κατάσταση της ιχθυοκοινότητας όμως μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι, λίγες εβδομάδες νωρίτερα μεγάλα τμήματα του ποταμού είχαν υποστεί μηχανική ευθυγράμμιση (διευθέτηση της κοίτης), εκχέρσωση της παρόχθιας βλάστησης και μεγάλη απόληψη επιφανειακού νερού. Κατά συνέπεια, έγινε φανερό ότι η ιχθυοκοινότητα ανταποκρίθηκε άμεσα στις ανθρωπογενείς πιέσεις.

Τέλος, απαντήθηκαν και περιπτώσεις ιχθυολογικής υποβάθμισης που οφειλόταν σε παρελθούσα ρύπανση. Για παράδειγμα, οι δειγματοληψίες στο ρέμα Στενοματιώτικο (στον μέσο ρου του ποταμού Τραυρωπού) έδειξαν μία εξαιρετικά πτωχή ιχθυοκοινότητα, παρά το γεγονός ότι η ροή ήταν ικανοποιητική, οι γεωμορφολογικές συνθήκες ήταν άριστες και η φυσικοχημική κατάσταση του νερού ήταν ικανοποιητική. Ωστόσο, σύμφωνα με πληροφορίες από το Δασαρχείο Καρπενησίου, το ποτάμι αυτό δέχεται περιοδικά μεγάλα ρυπαντικά φορτία από εκπλύσεις των αποβλήτων μεγάλης κτηνοτροφικής μονάδας σε παρακείμενη περιοχή. Τέτοιες περιπτώσεις ιχθυολογικής υποβάθμισης, εξαιτίας διαταραχών που συνέβησαν στο παρελθόν, μπορούν να ερμηνευθούν ή/και να αποδοθούν στη σωστή αιτία μόνον αν υπάρχει αξιόπιστη τοπική πληροφορία για τη χρονική στιγμή και διάρκεια της διαταραχής. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί ότι τα ψάρια προσφέρονται ιδιαίτερα για την ανίχνευση των επιπτώσεων στο οικοσύστημα από πιέσεις παροδικού χαρακτήρα, εξαιτίας του ετήσιου κύκλου αναπαραγωγής και της μεγάλης διάρκειας ζωής, σε σύγκριση με άλλους οργανισμούς. Συγκεκριμένα, ένας ιχθυολογικός δείκτης μπορεί να εντοπίσει τις βιολογικές επιπτώσεις πιέσεων που έδρασαν κατά τους προηγούμενους μήνες ή/και χρόνια, ενώ άλλοι δείκτες εντοπίζουν μόνο τις βιολογικές επιπτώσεις πιέσεων που έδρασαν πρόσφατα.

## 2. Μία πίεση επηρεάζει σε διαφορετικό βαθμό διαφορετικές θέσεις

Οι βιολογικές επιπτώσεις μίας συγκεκριμένης πίεσης ποικίλουν σε θέσεις που διαφέρουν ως προς την ιχθυολογική τους σύσταση. Για παράδειγμα, οι επιπτώσεις από την πλήρη διακοπή συνεκτικότητας σε μία θέση εξαιτίας φραγμάτων ή άλλων εμποδίων μπορεί να είναι μηδαμινές, μέτριες ή σημαντικές στις περιπτώσεις απουσίας, μικρής ή υψηλής ποσοστιαίας συμμετοχής μεταναστευτικών ειδών στη θέση αντίστοιχα. Με τον ίδιο τρόπο, έντονες υδρολογικές διαταραχές (π.χ. από υπεράντληση νερού) μπορεί να αντιστοιχούν σε μικρό, μέτριο ή μεγάλο βαθμό αντίστοιχης ιχθυολογικής διαταραχής, εάν η ιχθυοκοινότητα της θέσης περιέχει μικρό, μέτριο ή μεγάλο ποσοστό ρεόφιλων ή ιδιαίτερα απαιτητικών σε παροχή νερού ειδών. Ανάλογη είναι η περίπτωση της πίεσης “μορφολογικές αλλοιώσεις” (π.χ. από ευθυγράμμιση ή καναλοποίηση), που μπορεί να επηρεάζει σε διαφορετικό βαθμό ιχθυοκοινότητες με διαφορετικά ποσοστά και αφθονίες ειδών που έχουν εξειδικευμένες απαιτήσεις υποστρωμάτων.

Εξαιτίας της γεωγραφικής ποικιλότητας που παρατηρείται στη δομή των ιχθυοκοινοτήτων, δεν υπάρχει μία σταθερή και προβλέψιμη αντιστοιχία της πενταβάθμιας κλίμακας τιμών προ-

ταξινόμησης, ως προς μία συγκεκριμένη πίεση (από 1 έως 5), με την πενταβάθμια κλίμακα οικολογικής κατάστασης (υψηλή, καλή, μέτρια, ελλιπής, κακή). Ο λόγος είναι ότι οι τιμές προ-ταξινόμησης είναι ανεξάρτητες από την ιχθυολογική σύσταση και παραμένουν σταθερές για ένα συγκεκριμένο συνδυασμό πιέσεων, αλλά οι τιμές οικολογικής κατάστασης επηρεάζονται από τη δομή της τοπικής ιχθυοκοινότητας. Σε μία προσπάθεια αντιμετώπισης του παραπάνω προβλήματος, δημιουργήθηκε μία εναλλακτική μέθοδος προ-ταξινόμησης (δεν περιλαμβάνεται στη γενική μεθοδολογία του προγράμματος FAME), η οποία αξιολογεί κατά περίπτωση τις πιθανές βιολογικές επιπτώσεις από τις συγκεκριμένες πιέσεις που επηρεάζουν κάθε θέση παίρνοντας υπόψη, μεταξύ άλλων, και τη δομή της τοπικής ιχθυοκοινότητας (General status: βλέπε τμήμα 3.5.3). Ωστόσο, η μέθοδος αυτή εμπεριέχει αρκετή υποκειμενικότητα, γιατί δεν ακολουθούνται τα ίδια κριτήρια ως προς την επιλογή και το χαρακτηρισμό της έντασης των πιέσεων σε όλες τις θέσεις δειγματοληψίας. Επί πλέον, η μέθοδος αυτή δεν προσφέρεται για ευρείας κλίμακας προ-ταξινομήσεις, επειδή η εφαρμογή της προϋποθέτει γνώση όχι μόνο των τοπικών πιέσεων, αλλά και της σύστασης των τοπικών ιχθυοκοινοτήτων.

### 3. Διαφορετικές πιέσεις επηρεάζουν σε διαφορετικό βαθμό την ιχθυοκοινότητα μίας θέσης

Διαφορετικές πιέσεις δεν επηρεάζουν ισοβαρώς την ιχθυοκοινότητα μίας θέσης. Για παράδειγμα, η πλήρης διακοπή συνεκτικότητας μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια ενός ή δύο μεταναστευτικών ειδών, και επομένως δημιουργεί μικρότερες επιπτώσεις στην ιχθυοκοινότητα από μία σημαντική ελάττωση της παροχής, η οποία μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια των περισσότερων ή και όλων των ειδών. Η προ-ταξινόμηση ως προς τη μέση τιμή των πιέσεων, δε σταθμίζει το σχετικό “βάρος” των επιπτώσεων διαφορετικών πιέσεων στις ιχθυοκοινότητες, διαμορφώνοντας έτσι μία πρόβλεψη της οικολογικής κατάστασης που βρίσκεται σε αναντιστοιχία με αυτή που εκτιμάται με τη χρησιμοποίηση του ιχθυολογικού δείκτη. Το κυριότερο πρόβλημα είναι ότι συνήθως η ιχθυοκοινότητα μίας θέσης επηρεάζεται από λίγες σχετικά πιέσεις, ενώ η μέση τιμή προ-ταξινόμησης εκφράζει το μέσο όρο των τιμών όλων των πιέσεων. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, το FAME υπέδειξε ότι η προ-ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης γίνεται μόνο με τις πέντε σημαντικότερες πιέσεις, από πλευράς συχνότητας εμφάνισης και επιπτώσεων στις ιχθυοκοινότητες. Παρ’ όλα αυτά, το πρόβλημα εξακολουθεί να υφίσταται σε θέσεις όπου μία μόνο από τις πέντε πιέσεις (συνήθως η υδρολογική) δημιουργεί σημαντική ιχθυολογική επιβάρυνση. Στις θέσεις αυτές, η προ-ταξινόμηση με βάση τις πιέσεις διαμορφώνει μία εικόνα καλύτερης οικολογικής κατάστασης από αυτή που εμφανίζεται με βάση τον ιχθυολογικό δείκτη, επειδή οι υπόλοιπες τέσσερις πιέσεις συμμετέχουν στον καθορισμό της μέσης τιμής προ-ταξινόμησης.

Ενδεικτικά, αναφέρουμε την περίπτωση του τμήματος του ποταμού Τράγου (σύστημα Αλφειού) ανάντη των πηγών Παναγίτσα, το οποίο κάποτε φιλοξενούσε σημαντικούς πληθυσμούς πέστροφας, μπριάνας και κεφάλου, και οι οποίοι έχουν σήμερα εξαφανισθεί λόγω υπεράντλησης νερού από τον υδροφόρο των πηγών Μεθυδρίου. Ουσιαστικά, για την εξαφάνιση των ψαριών στη θέση αυτή ευθύνεται αποκλειστικά η πίεση “υδρολογική επιβάρυνση”. Όμως, ενώ στο τμήμα αυτό η οικολογική κατάσταση εκτιμώμενη με τη χρήση του ιχθυολογικού δείκτη εμφανίζεται σαν κακή, η οικολογική κατάσταση εκτιμώμενη με βάση τη μέση τιμή των πέντε κυριότερων πιέσεων εμφανίζεται σαν καλή, επειδή οι υπόλοιπες τέσσερις πιέσεις είναι μικρές ή αμελητέες. Μία παρόμοια περίπτωση παρατηρήθηκε και στον ποταμό Αροάνειο, παραπόταμο του Ερύμανθου, όπου σημαντικές απολήψεις νερού οδήγησαν σε σχεδόν εξαφάνιση των πληθυσμών πέστροφας και μπριάνας. Δειγματοληψίες που έγιναν στο ποτάμι αυτό έδειξαν ότι μόνο το είδος *Leuciscus pleurobipunctatus* εξακολουθεί να επιβιώνει σε μικρές λακκούβες νερού που διατηρούνται κατά τη θερμή περίοδο του έτους. Με την εφαρμογή του ιχθυολογικού δείκτη στα δεδομένα, η οικολογική κατάσταση εκτιμήθηκε σαν “ελλιπής”, ωστόσο, επειδή οι μορφολογικές, φυσικοχημικές και άλλες πιέσεις ήταν σχετικά μικρές, η προ-

ταξινόμηση με βάση τη μέση τιμή των πέντε κυριότερων πιέσεων εμφάνισε μία “καλή” οικολογική κατάσταση. Επίσης, παρατηρήθηκαν περιπτώσεις υπερεκτίμησης της προ-ταξινομημένης οικολογικής κατάστασης με βάση τις πιέσεις, σε σχέση με αυτή που εκτιμήθηκε με βάση τον ιχθυολογικό δείκτη, επειδή υπήρχε σημαντική ιχθυολογική επιβάρυνση από πιέσεις που δεν περιέχονται στην ομάδα των πέντε κυριότερων πιέσεων. Ο σταθμισμένος δείκτης τιμών προ-ταξινόμησης (βλ. τμήμα 3.5.3), δεν ελάττωσε σημαντικά τις περιπτώσεις αναντιστοιχίας της οικολογικής κατάστασης που εκτιμάται με βάση τις πιέσεις και με βάση τον ιχθυολογικό δείκτη. Αποδίδουμε την αιτία, στο γεγονός ότι η επιβάρυνση που κάθε πίεση δημιουργεί στις ιχθυοκοινότητες δεν είναι σταθερή, αλλά (α) ποικίλει σε θέσεις με διαφορετικά φυσιογραφικά, υδρολογικά και ιχθυολογικά χαρακτηριστικά, και (β) εξαρτάται από την ένταση της πίεσης (λόγω της μη γραμμικής σχέσης μεταξύ έντασης της πίεσης και του βαθμού επιβάρυνσης που αυτή προξενεί).

Για τους τρεις παραπάνω λόγους θεωρούμε ότι η μέση τιμή των πιέσεων (όλων ή μόνο των κυριότερων) δεν μπορεί να εκφράσει τη συνισταμένη των επιπτώσεων των πιέσεων και επομένως εκτιμούμε ότι δεν προσφέρει μία αξιόπιστη πρόβλεψη της οικολογικής κατάστασης. Η προ-ταξινόμηση παρέχει μόνο μία χονδρική και σε μεγάλο βαθμό αβέβαιη ένδειξη των πιθανών επιπτώσεων των πιέσεων στις ιχθυοκοινότητες. Λόγω της αβεβαιότητας αυτής, η σύγκριση των τιμών του ιχθυολογικού δείκτη χωρικής βάσης με τις τιμές προ-ταξινόμησης είναι επισφαλής και περιπλέκει μάλλον, παρά διευκολύνει, την προσπάθεια επιβεβαίωσης του παραπάνω δείκτη. Θυμίζουμε ότι η διαδικασία δημιουργίας του δείκτη *FATHeR* δεν περιλαμβάνει το στάδιο επιβεβαίωσης. Πιστεύουμε πάντως ότι η σχέση πιέσεων – βιολογικών επιπτώσεων χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση (όταν επαρκή και κατάλληλα δεδομένα θα είναι διαθέσιμα), και ότι η διερεύνηση αυτή πρέπει να περιλάβει συγκριτικά στοιχεία για την επίδραση των πιέσεων σε διαφορετικές ομάδες οργανισμών (ψάρια, μακροασπόνδυλα ή υδρόβια φυτά). Από την άποψη αυτή, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση, στις ίδιες θέσεις, της οικολογικής κατάστασης που προσδιορίζεται με ιχθυολογικούς ενδείκτες, με εκείνη την οικολογική κατάσταση που προσδιορίζεται από άλλους βιολογικούς ενδείκτες. Η σύγκριση αυτή θα πραγματοποιηθεί όταν ολοκληρωθούν οι αναλύσεις και επεξεργασίες του μη ιχθυολογικού υλικού.



## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

1. Με τη χρησιμοποίηση δειγματοληπτικών δεδομένων από τα ορεινά τμήματα πέντε λεκανών απορροής, αναπτύχθηκαν δύο πολυπαραμετρικοί ιχθυολογικοί δείκτες οικολογικής ταξινόμησης. Ο πρώτος χρησιμοποιεί μεθοδολογία χωρικής βάσης για τον προσδιορισμό των συνθηκών αναφοράς και δημιουργήθηκε ακολουθώντας πιστά τις μεθοδολογικές διαδικασίες που προτάθηκαν από το πρόγραμμα FAME. Ο δεύτερος χρησιμοποιεί ένα μοντέλο πρόβλεψης των αναμενόμενων συνθηκών αναφοράς κάτω από διάφορους συνδυασμούς αβιοτικών παραμέτρων. Ο δείκτης αυτός (*FATHeR*) λαμβάνει υπόψη τις κατευθυντήριες οδηγίες του FAME, αλλά στις μεθοδολογικές του λεπτομέρειες ακολουθεί πρακτικές που καθιερώθηκαν στη Γερμανία, αποτελώντας έτσι προσαρμογή του αντίστοιχου Γερμανικού εργαλείου στις συνθήκες των Ελληνικών ορεινών ποταμών.

2. Η μεθοδολογία παραγωγής των δύο δεικτών διαφέρει ως προς: (α) την χρησιμοποίηση ή όχι τυπολογίας για τον προσδιορισμό των συνθηκών αναφοράς, (β) τη διαδικασία προσδιορισμού των συνθηκών αναφοράς, και (γ) τον τρόπο επιλογής και βαθμονόμησης των μετρικών. Σημαντικό συστατικό της μεθοδολογίας δημιουργίας του δείκτη χωρικής βάσης είναι η προ-ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης των θέσεων δειγματοληψίας με βάση τη μέση τιμή των κυριότερων πιέσεων, που χρησιμοποιείται τόσο για τον έλεγχο της καταλληλότητας των υποψήφιων μετρικών, όσο και για την επιβεβαίωση της αξιοπιστίας του δείκτη. Στην τελική του μορφή, ο δείκτης αποτελείται από ένα μικρό αριθμό μετρικών και χρησιμοποιεί διαφορετικούς συνδυασμούς αυτών σε διαφορετικούς τύπους ποταμών. Αντίθετα, η προ-ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης δεν περιλαμβάνεται στη μεθοδολογία δημιουργίας του δείκτη *FATHeR*. Ο δείκτης αυτός αποτελείται από ένα σχετικά μεγάλο αριθμό μετρικών και υποστηρίζεται από ένα κατάλληλο λογισμικό που επιτρέπει την ενεργοποίηση εκείνων μόνο των μετρικών, οι οποίες αντιστοιχούν σε είδη και οικολογικούς θώκους που εκφράζουν την ιχθυοκοινότητα αναφοράς της θέσης δειγματοληψίας.

3. Πέρα από τις μεθοδολογικές τους διαφορές, οι δύο δείκτες διαφέρουν και στη θεωρητική βάση του τρόπου οικολογικής ταξινόμησης. Και οι δύο δείκτες εκτιμούν την οικολογική κατάσταση ποτάμιων περιοχών σαν συνάρτηση της απόκλισης των τιμών επιλεγμένων ιχθυολογικών μετρικών, από τις τιμές των μετρικών που αναμένονται κάτω από αδιατάρακτες υδρολογικές, μορφολογικές και φυσικοχημικές συνθήκες (συνθήκες αναφοράς). Ο δείκτης **χωρικής βάσης** χρησιμοποιεί έναν πολύ περιορισμένο αριθμό μετρικών που επελέγησαν μετά από στατιστική διερεύνηση και με βασικό κριτήριο την ισχυρή απόκριση στη μέση τιμή των πέντε κυριότερων πιέσεων. Μετρικές που αποκρίνονται μόνο σε μία μόνο από τις πέντε πιέσεις, ή που αποκρίνονται σε διαφορετικές πιέσεις, ή που δεν παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα απόκρισης στις πιέσεις, κατά κανόνα δεν επιλέχθηκαν. Ο πολύ μικρός αριθμός μετρικών και ο τρόπος επιλογής τους, συνδυαστικά, περιορίζουν τη διαγνωστική ικανότητα του δείκτη. Ένα ουσιαστικό πρόβλημα είναι ότι ο δείκτης παρουσιάζει μικρή ή καμία ευαισθησία σε πιέσεις ή συνδυασμούς πιέσεων που δεν επηρεάζουν τις επιλεγθείσες μετρικές. Σαν αποτέλεσμα, οι επιπτώσεις ανθρωπογενών επεμβάσεων που δημιουργούν οικολογική υποβάθμιση, αλλά δεν επιδρούν ισχυρά στις μετρικές του δείκτη, δεν ανιχνεύονται ικανοποιητικά (υποεκτίμηση της οικολογικής επιβάρυνσης). Αντίθετα, επιπτώσεις ανθρωπογενών επεμβάσεων που δεν δημιουργούν σημαντική οικολογική υποβάθμιση, αλλά επιδρούν ισχυρά σε μία έστω από τις μετρικές του δείκτη, αποκτούν ιδιαίτερα σημαντικό βάρος στην οικολογική κατηγοριοποίηση (υπερεκτίμηση της οικολογικής επιβάρυνσης). Ο δείκτης **FATHeR** χρησιμοποιεί ένα μεγαλύτερο αριθμό μετρικών που περιγράφουν μετρήσιμες παραμέτρους της ιχθυοκοινότητας και επελέγησαν χωρίς στατιστική διερεύνηση. Λόγω του μεγάλου αριθμού μετρικών, κάθε μετρική αποκτά σχετικά μικρό “βάρος” στην αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης σε σύγκριση με το δείκτη χωρικής βάσης, υπάρχει όμως πρόβλεψη για “στάθμιση” της βιολογικής σημασίας κάθε μετρικής στην τελική τιμή του δείκτη. Η αρχή που διέπει τη λειτουργία του *FATHeR* είναι ότι δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τον τύπο της απόκρισης των μετρικών στις πιέσεις, που μπορεί να είναι

περίπλοκος, συνεργιστικός ή και αντίθετης τάσης. Αυτό που ενδιαφέρει είναι να ανιχνεύσουμε τις επιπτώσεις των πιέσεων στη σύνθεση της ιχθυοκοινότητας, και οι οποίες γίνονται εμφανείς από τη διαφορά των παρατηρούμενων τιμών των μετρικών στις θέσεις δειγματοληψίας, από τις αντίστοιχες τιμές των μετρικών που χαρακτηρίζουν την ιχθυοκοινότητα αναφοράς. Ουσιαστικά, ο δείκτης *FATHeR* κατηγοριοποιεί την οικολογική κατάσταση σαν συνάρτηση των μεταβολών στην ιχθυοκοινότητα που επιφέρουν οι πιέσεις, χωρίς να διερευνά τη σχέση μετρικών και πιέσεων. Βασική προϋπόθεση για την επιτυχημένη εφαρμογή του *FATHeR* είναι να γίνεται έγκυρη πρόγνωση των συνθηκών αναφοράς από το υποστηρικτικό μοντέλο πρόβλεψης. Τα σφάλματα που πιθανόν να προκύψουν, λόγω ατελούς βαθμονόμησης των μετρικών, είναι λιγότερο σημαντικά, γιατί ο μεγάλος αριθμός μετρικών που απαρτίζουν το δείκτη εξομαλύνει τις διαφορές.

4. Έγινε ανάλυση των σταδίων που ακολουθήθηκαν για τη δημιουργία των δύο δεικτών και διερευνήθηκαν οι συνθήκες και οι παράγοντες που ευθύνονται για την εισαγωγή βίας και σφαλμάτων. Ορισμένα σφάλματα σχετίζονται με την επιλογή μη αντιπροσωπευτικών θέσεων ή με προβλήματα κατά τις δειγματοληψίες. Τα σφάλματα αυτού του τύπου επηρέασαν και τους δύο δείκτες, αλλά μάλλον δεν αποτέλεσαν κρίσιμους περιοριστικούς παράγοντες, γιατί ήταν δυνατό να εντοπισθούν και να αφαιρεθούν από τις περαιτέρω επεξεργασίες πολλές από τις θέσεις που επηρεάστηκαν. Άλλα σφάλματα οφείλονται στον περιορισμένο αριθμό θέσεων που ήταν διαθέσιμες για ανάλυση, στο μικρό χρονικό φάσμα της έρευνας, και στην έλλειψη επαρκών ιστορικών δεδομένων για την υδρολογία και την ιχθυολογική σύσταση των περιοχών που ερευνηθήκαν. Αυτά τα σφάλματα επηρέασαν κυρίως τις περιγραφές της σύστασης της ιχθυοκοινότητας κάτω από διαφορετικούς συνδυασμούς περιβαλλοντικών παραμέτρων και πιθανόν δεν επέτρεψαν τη θέσπιση ιχθυολογικών συνθηκών αναφοράς που εκφράζουν όλο το εύρος της φυσικής βιολογικής ποικιλότητας (διαχρονικής και γεωγραφικής). Ωστόσο, οι συνθήκες αναφοράς δεν είναι στατικές τιμές στο χώρο και χρόνο που δημιουργούνται στα πλαίσια μίας και μοναδικής έρευνας και έκτοτε παραμένουν αμετάβλητες. Η ακρίβεια της περιγραφής των συνθηκών αναφοράς αυξάνεται, όσο μεγαλώνει η χρονική διάρκεια της έρευνας και αυξάνει ο αριθμός των θέσεων που απαρτίζουν το δίκτυο των σταθμών αναφοράς. Από την άποψη αυτή, μία δεδομένη περιγραφή των συνθηκών αναφοράς πρέπει να θεωρείται πάντα σαν προσωρινή, που θα υπόκειται σε συνεχείς βελτιώσεις, καθώς νέες θέσεις θα προστίθενται στο δίκτυο και η χρονική κάλυψη των ερευνών θα επεκτείνεται. Σε χώρες με ερευνητική παράδοση στο χώρο των βιοεκτιμήσεων, όπως είναι η Γαλλία, το δίκτυο “σταθμών αναφοράς” περιέχει εκατοντάδες θέσεις, και οι συνθήκες αναφοράς επανεκτιμώνται συνεχώς καθώς νέα δεδομένα αποκτώνται με την πάροδο του χρόνου και νέες θέσεις προστίθενται στο δίκτυο (ή ορισμένες από τις παλαιές θέσεις αφαιρούνται). Επομένως, η χρηστική αξία ενός δείκτη βιοεκτιμήσεων δεν εξαρτάται τόσο από την ακρίβεια με την οποία περιγράφηκαν οι συνθήκες αναφοράς σε δεδομένο τόπο και χρόνο, όσο από την ικανότητα του να επιδέχεται τυχόν τροποποιήσεις των συνθηκών αναφοράς. Οι τροποποιητικές δυνατότητες του δείκτη *FATHeR* είναι μεγαλύτερες από αυτές του δείκτη χωρικής βάσης, επειδή ο πρώτος δείκτης περιέχει λογισμικό το οποίο ενσωματώνει τις συνθήκες αναφοράς στις συναρτησιακές σχέσεις των μετρικών, με τις κλάσεις οικολογικής κατάστασης. Τέλος, υπάρχει μία τρίτη σειρά σφαλμάτων που επηρέασαν αποκλειστικά την ανάπτυξη του δείκτη χωρικής βάσης. Ένα από αυτά αφορά τη δημιουργία τυπολογίας και πηγάζει κυρίως από τον περιορισμένο αριθμό θέσεων δειγματοληψίας σε ορισμένους σχετικά “σπάνιους” βιοτικούς τύπους. Το γεγονός αυτό, επέβαλε την ανάγκη ομαδοποιήσεων ποτάμιων τύπων, με αποτέλεσμα την ελάττωση της βιολογικής ομοιογένειας εντός των τύπων και την αύξηση των ορίων διακύμανσης των ιχθυολογικών συνθηκών αναφοράς. Η προταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης με βάση τις πιέσεις αποτέλεσε μία ακόμα – και σημαντικότερη – πηγή σφαλμάτων. Τα σφάλματα αυτά ευθύνονται κυρίως για την εισαγωγή βίας στην επιλογή των μετρικών και πηγάζουν (α) από την έλλειψη μίας σταθερής σχέσης μεταξύ πιέσεων και βιολογικών επιπτώσεων των πιέσεων, και (β) από τη δυσκολία εξεύρεσης ενός κοινού μέτρου για την έκφραση των επιπτώσεων ενός συνδυασμού πιέσεων στις ιχθυοκοινότητες.

5. Συνολικά, θεωρούμε ότι για τρεις κυρίως λόγους ο δείκτης *FATHeR* πλεονεκτεί απέναντι στο δείκτη χωρικής βάσης στην παραγωγή βιοεκτιμήσεων. Πρώτον, η μεθοδολογία ανάπτυξης του δείκτη *FATHeR* είναι λιγότερο άκαμπτη και περίπλοκη από αυτή της ανάπτυξης του δείκτη χωρικής βάσης και δεν περιέχει τα χρονοβόρα στάδια της ανάπτυξης τυπολογίας, προ-ταξινόμησης της οικολογικής κατάστασης και του στατιστικού ελέγχου της καταλληλότητας των μετρικών. Δεύτερον, οι διαδικασίες ανάπτυξης του πρώτου δείκτη ευθύνονται για τη συσσώρευση μικρότερης μεθοδολογικής βίας, απ' ό,τι στην περίπτωση του δεύτερου δείκτη. Για παράδειγμα, δεν χρησιμοποιήθηκαν τα αμφίβολης ορθότητας κριτήρια πιέσεων για την επιλογή και βαθμονόμηση των μετρικών που απαρτίζουν το δείκτη. Και τρίτο, οι μετρικές του δείκτη δεν εξαρτώνται από τοπικά είδη και τοπικές συνθήκες, γεγονός που επιτρέπει την σχετικά εύκολη προσαρμογή του δείκτη σε άλλους ποταμούς ή νέες ποτάμιες ζώνες. Ωστόσο, η ανάπτυξη του δείκτη στηρίχθηκε σε περιορισμένο αριθμό δειγματοληπτικών δεδομένων και μόνο από τις ορεινές ζώνες λίγων ποταμών. Αναπόφευκτα, ο δείκτης δεν προσφέρεται, στο σημερινό του στάδιο, για ευρείας κλίμακας εφαρμογές, δεδομένης μάλιστα της μεγάλης φυσιογραφικής, υδρολογικής και ιχθυολογικής ποικιλότητας που χαρακτηρίζει τα Ελληνικά ποτάμια. Δεδομένα που θα αποκτηθούν από μελλοντικές ιχθυολογικές έρευνες θα επιτρέψουν την εξαγωγή πληρέστερων συμπερασμάτων σχετικά με την αποτελεσματικότητα του δείκτη *FATHeR* στην οικολογική ταξινόμηση, και επίσης θα συμβάλουν στη βελτίωση και επέκταση του σε νέες περιοχές.

**ΤΕΛΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ**

***PHOTO GALLERY***



Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ)  
Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων (ΙΕΥ)

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2007





**Εικ. 1.** Π. Ερύμανθος Αλφειού (Θέση FOLOI).



**Εικ. 2.** Π. Αγραφιώτης Αχελώου (Θέση SELITSA)



**Εικ. 3.** Π. Βάρδας Αράχθου (Θέση S-GALD)



**Εικ. 4.** Π. Λούσιος Αλφειού (Θέση ATSIHO).



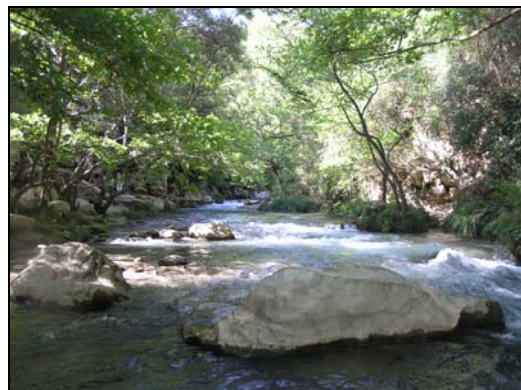
**Εικ. 5.** Ρέμα Γκούρας (Μεγάλο Περιστέρι) Αράχθου (Θέση GOURA).



**Εικ. 6.** Π. Αώος (Θέση KONU).



**Εικ. 7.** Π. Αχελώος (Θέση PER 20.1)



**Εικ. 8.** Π. Λούσιος, Αλφειού (Θέση ATSIHO).



**Εικ. 9.** Π. Ταυρωπός Αχελούου (Θέση NERAIDA).



**Εικ. 10.** Π. Ζαγορίτικος Αράχθου (Θέση KARIES).



**Εικ. 11.** Π. Βάρδας Αράχθου (Θέση VARD)



**Εικ. 12.** Π. Αώος (Θέση FD-AOOS)



**Εικ. 13.** Π. Αώος (Θέση VOV).



**Εικ. 14.** Π. Αώος (Θέση VOV). Ευτροφικές συνθήκες.



**Εικ. 15.** Π. Αώος (Θέση MLS)



**Εικ. 16.** Π. Αώος (Θέση KONU) Μικρό φράγμα εκτροπής.



Εικ. 17. *Salaria fluviatilis* (Κρικελλοπόταμος).



Εικ. 18. *Barbus albanicus* (Γαυροπόζ).



Εικ. 19. *Salmo trutta* (Ανω Αχελώος).



Εικ. 20. *Barbus peloponnesius* (Καλλαρίτικος).



Εικ. 21. *Alburnoides bipunctatus* (Αώος).



Εικ. 22. *Alburnus alburnus* (πάνω) και δύο *Pachychilon pictum* (κάτω) - (Αώος).



Εικ. 23. Γόνος *Barbus albanicus* (Αραχθος).



Εικ. 24 *Leuciscus pleurobipunctatus* (Αλφειός).





Εικ. 25. Π. Καταράκτης Αράχθου (Θέση TAXI).



Εικ. 26. Π. Αχελώος (Θέση PANAGIA).



Εικ. 27. Π. Αχελώος (Διακλαδιζόμενος τύπος ποταμού, κατάντη φράγματος Συκιάς).



Εικ. 28. Π. Καλλαρίτικος (Θέση S-MELI).



Εικ. 29. Π. Βάρδας Αράχθου (Θέση S-GALDO).



Εικ. 30. Π. Αώος (Θέση KOND).



Εικ. 31. *Chondrostoma vardarensis* (Αώος).



Εικ. 32. Π. Αχελώος (Θέση ARGIRI).



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- ALBANIS T., DANIS TH., VOUTSA D. & KOUIMTZIS TH. (1995). Evaluation of chemical parameters in Aliakmon river, northern Greece. Part III. Pesticides. *J. Environ. Sci. Health A30* (9): 1945-1956.
- ANAGNOSTOPOULOU M. (1992). The relationship between the macroinvertebrate community and water quality, and the applicability of biotic indices in the River Almopeos system (Greece). M.Sc. thesis, Department of Environmental Biology Manchester, U.K.
- ANGERMEIER P.L. & KARR J.R., (1986), Applying an index of biotic integrity based on stream-fish communities--Considerations in sampling and interpretation. *North American Journal of Fisheries Management*, v. 6, p.418-429.
- ANGERMEIER P., SMOGER R.A. & STAUFFER J.R. (2000). Regional frameworks and candidate metrics for assessing biotic integrity in mid-atlantic highland streams. *Trans. Amer. Fisheries Society*, 129: 962-981.
- APOSTOLIDIS A., TRIANTAFYLIDIS K., KOUVATSI A., ECONOMIDIS P.S. & TSAKALIDIS S. (1999). Use of molecular indices in the genetic study and management of fish populations with special emphasis on the trout (*Salmo trutta* L.) populations of Greece. *Geotechnical Scientific Issues* 10 (4): 14-24.
- 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 Resources Research*, 17, (3): 333 –347.
- ARTEMIADOU V. & LAZARIDOU M. (2005). Evaluation Score and Interpretation Index of the ecological quality of running waters in Central and Northern Hellas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 110: (1-3), 1-40.
- BJORKLAND R., PRINGLE C.M. & NEWTON B. (2001). A stream visual assessment protocol (SVAP) for riparian landowners. *Environmental Monitoring and Assessment*, 68: 99-125.
- BOBORI D.C. & MOURELATOS S.D. (1999). Physicochemical parameters and nutrient content of surface waters of the Aliakmon river (Greece). *Fres. Environ. Bull.* 8: 718-723.
- BOBORI D.C. & ECONOMIDIS P.S. (2006). Freshwater fishes of Greece: their biodiversity, fisheries and habitats. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 9: 407- 418.
- CHATZINIKOLAOU Y., DAKOS V. & LAZARIDOU M. (2006). Longitudinal impacts of anthropogenic pressures on benthic macroinvertebrate assemblages in a large transboundary Mediterranean river during the low flow period. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 34: 453 – 463.
- CHATZINIKOLAOU Y., DAKOS V. & LAZARIDOU M.(2007). Assessing the ecological integrity of a major transboundary Mediterranean river based on environmental, habitat variables and benthic macroinvertebrates (Aos-Vjose River, Greece-Albania). *International Review of Hydrobiology* (in press).
- CIS WORKING GROUP 2.1: IMPRESS (2003). *Guidance on the Analysis of Pressures and Impacts*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- COLLARES-PEREIRA M.J., COWX I.G. & COELHO M.M. (2002). Conservation of freshwater fishes: Options for the future. Fishing News Books: 462pp.
- CLARK & WARWICK (1994). , Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK (1994), p. 144.

- DAFIS S., PAPASTERGIADOU E., GEORGIU K., BABALONAS D., GEORGIADIS T., PAPAGEORGIU M., LAZARIDOU T. & TSIAOUI V. (1966). Directive 92/43/EEC The Greek “Habitat” Project NATURA 2000: An overview. LIFE Contract B4-3200/94/756, Commission of the European Communities DG XI, The Goulandris Natural History Museum Greek Biotope/Wetland Centre. 917 pp.
- DUSSLING U. & BERG R. (2001). Fische in Baden-Württemberg. Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg, Stuttgart; 176 S.
- DUSSLING U., BERG R., KLINGER H. & WOLTER C. (2004). Assessing the ecological status of river systems using fish assemblages. *Handbuch Angewandte Limnologie* – 20. Erg.Lfg. 12/04: 1-83.
- ECONOMIDIS P.S. (1974). Morphological, systematic and zoogeographical study of freshwater fishes of Eastern Macedonia and Western Thrace. Doctorate Dissertation, Thessaloniki, Greece: 179 pp.
- ECONOMIDIS P.S. & SINIS A.I. (1982). Les poissons du système des lacs Koronia et Volvi (Macédoine, Grèce). Considérations systématiques et zoogéographiques. *Biologia Gallo-Hellenica* 9, 291-317.
- ECONOMIDIS P.S. (1991). Check list of freshwater fishes of Greece (recent status of threat and protection). Bulletin of the Hellenic Society for the Protection of Nature, 48 pp.
- ECONOMIDIS P.S. & BANARESCU P.M. (1991). The distribution and origins of freshwater fishes in the Balkan Peninsula, especially in Greece. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 76 (2): 257-283.
- ECONOMIDIS P.S., DIMITRIU E., PAGONI R., MICHALOUDI E. & NATSIS L. (2000). Introduced and translocated fish species in the inland waters of Greece. *Fisheries Management and Ecology* 7: 239-250.
- ECONOMIDIS P.S. (2003). *Barbus macedonicus* Karaman, 1928. In: Banarescu, P.M. & Bogutskaya, N.G. (eds). The freshwater fishes of Europe, vol.5/II, Cyprinidae, Part II: *Barbus*. AULA-Verlag GmbH, Wiebelsheim.
- ECONOMIDIS P.S. & HERZIG-STRASCHIL B. (2003). *Barbus albanicus* Steindachner, 1870. In: Banarescu, P.M. & Bogutskaya, N.G. (eds). The freshwater fishes of Europe, vol.5/II, Cyprinidae, Part II: *Barbus*. AULA-Verlag GmbH, Wiebelsheim.
- ECONOMOU A.N., BARBIERI R., ZOGARIS S., GIAKOUMI S. & DIMITRIU E. (2004). Developing a database for a fish-based ecological quality assessment of the rivers of Greece. *Aqua Medit* 2004, 14 pp. 2nd International Congress on Aquaculture, Fisheries Technology and Environmental Management, 18-19 June 2004, Evgenidion Foundation, Athens, Greece. Conference Presentations in CD-ROM.
- ECONOMOU A.N., ZOGARIS S., GIAKOUMI S., GRITZALIS K. & SKOULIKIDIS N. (2005). Developing river bioassessment in Greece; imperative actions for WFD implementation. International symposium on assessing the ecological status of rivers, lakes and transitional waters, 12th – 15th July 2005. University of Hull International Fisheries Institute. Programme and Delegate Handbook p. 33.
- ECONOMOU A.N., CHATZINIKOLAOU Y., DUSSLING U., BLASEL K., GIAKOUMI S. & ZOGARIS S. (2006). Distribution Patterns Of Fish In Mountain Streams Of Western Greece. 10th International Congress on Zoogeography and Ecology of Greece and Adjacent Regions. Book of Abstracts, pp. 30.
- Environment Agency (1998). The State of the Environment of England and Wales: FreshWaters. The Stationery Office, London, ISBN 0 11 310148 1.

- EPA (1998). EPA Guidance for Data Quality Assessment. EPA QA/G-9 , EPA/600-R-96/084.U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, D.C. January 1998.
- EU FAME (2005). Fish-based Assessment Method for the Ecological Status of European Rivers – A Contribution to the Water Framework Directive. Final Report; Manual for the application of the European Fish Index – EFI. <http://fame.boku.ac.at>.
- FERREIRA M.T., ALBUQUERQUE A., AQUIAR F.C., & SIDORKEWICZ N., (2002). Assessing reference sites and ecological quality of river plant assemblages from an Iberian basin using a multivariate approach. *Arch. Hydrobiol.* 155(1): 121-145.
- FERREIRA M.T., ALBUQUERQUE A., & AGUIAR F.C. (2004). Método de amostragem de macrófitos. Unpublished Protocol. Version 5. pp. 36.
- FERREIRA M.T., CAIOLOA N., CASALS F., CORTES R., ECONOMOU A.N., GARCIA-JALON D., ILHEU M., MARTINEZ-CAPEL F., OLIVEIRA J., PONT D., PRENDA J., ROGERS C., DE SOSTOA A., & ZOGARIS S. (In Press). Ecological traits of fish assemblages from Mediterranean Europe and their implications in assessing human pressures. *Fisheries Management and Ecology* (accepted).
- FISHBASE. Url:<http://www.fishbase.org>, 10&11&12/04/2007
- FRIBERG N., BAATTRUP-PEDERSEN A., PEDERSEN ML. & SKRIVER J. 2005. The new Danish stream monitoring programme (NOVANA) – preparing monitoring activities for the Water Framework Directive era. *Environmental Monitoring and Assessment* 111: 27–42.
- GERRITSEN J. & BOWMAN M.L. (1994). . Periphytic diatom assemblages on high elevation Rocky Mountain lakes: Characterization of reference conditions. Prepared for the Montana Department of Health and Environmental Quality, Helena, MT and the U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- GODINHO F.N., FERREIRA M.T. & SANTOS J.M. (2000). Variation in fish community composition along an Iberian river basin from low to high discharge: relative contributions of environmental and temporal variables. *Ecology of Freshwater Fish*, 9: 22-29.
- GRETES W.C. & MAURAKIS E.G. (2001). Longitudinal distributions of fishes in river drainages of Greece, with comments on assessing fish biodiversity in the southern Balkan peninsula. *Bios*, 6: 91-108.
- HORNE A.J. & GOLDMAN C.R. (1983). *Limnology*. McGraw– Hill International Editions, New York, 301 pp.
- HUET M. (1949): Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 11: 332–351.
- HUET M. (1953): Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. *Bull. Fr. Piscic*, 175: 41–53.
- ILLIES J. (1961): Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 46: 205–213.
- ILLIES J., & BOTOSANEANU L. (1963). Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Int. Assoc. Theor. Appl. Limnol. Commun.* 12. 57 pp.
- ILLIES J. (1978). *Limnofauna Europaea*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- IMSIRIDOU A., KARAKOUSIS Y. & TRIANTAPHYLIDIS C. (1997). Genetic polymorphism and differentiation among chub *Leuciscus cephalus* (Pisces, Cyprinidae) populations of Greece. *Biochemical Systematics and Ecology* 21 (6): 537-546.

- JUNGWIRTH M., MUHAR S. & SCHMUTZ S. (2000) Fundamentals of fish ecological integrity and their relation to the extended serial discontinuity concept. *Hydrobiologia*, 422/423, 85-97.
- JUNGWIRTH M., MUHAR S. & SCHMUTZ S. (Hrsg.) (2000): Assessing the Ecological Integrity of running waters. Developments in Hydrobiology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 487 p.
- KARAKOUSIS Y., MACHORDOM A., DOADRIO I. & ECONOMIDIS P.S. (1995) Phylogenetic relationships of *Barbus peloponnesius* Valenciennes, 1842 (Osteichthyes, Cyprinidae) from Greece and other species of *Barbus* as revealed by allozyme electrophoresis. *Biochemical Systematics and Ecology* 23: 365-375
- KARR J. R. (1981): Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6 (6): 21-27
- KARR J. R., FAUSCH K. D., ANGERMEIER P. L., YANT P. R. & SCHLOSSER I. J. (1986): Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale. – *Ill. Nat. Hist. Surv., Spec. Pub.* 5, Champaign Ill: 28 p.
- KOKKINAKIS A.K. (2006). Environmental hazards affecting the endangered fish fauna of mountainous rivers in West Macedonia (Greece). Third International Congress on Aquaculture, Fisheries Technology and Environmental Management, 3-4 November 2006, Athens, Greece, EU.
- KOUMITZIS T., SAMARA C., VOUTSA D., & ZACHARIADIS G. (1994). Evaluation of chemical parameters in Aliakmon River, northern Greece. Part 1: Quality characteristics and nutrients. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Environmental Science and Engineering & Toxic and Hazardous Substance Control. J. Environ. Sci. Health. A29*: 2115-2126.
- KOTTELAT M. (1997). European freshwater fishes. An heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR), with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. *Biologia Bratislava* 52: 1–271.
- KOTTELAT M. & FREYHOF J. (2007). Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.
- LAIKRE L. (1999). Conservation Genetic Management of Brown Trout (*Salmo trutta*) in Europe. Report by the Concerted Action on Identification, Management and Exploitation of Genetic Resources in the Brown Trout (*Salmo trutta*). “TROUTCONCERT”; EU FAIR CT97-3882: 91 pp.
- MICHEL P. & OBERDORFF T. (1995). Feeding habitats of fourteen European freshwater fish species. *Cybium* 19: 5-46.
- MILLER P.J. & LOATES M.J. (1997). Fish of Britain and Europe. Harper Collins Publishers, London: 288 pp.
- MUNNÉ A., PRAT N., SOL C., BONADA N. & RIERADEVALL M. (2003). A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conserv: Marine and Freshwater Ecosystems* 13: 147-163.
- National Rivers Authority (1994). The quality of rivers and canals in England and Wales(1990 to 1992). Water Quality Series No. 19. HMSO, London, ISBN 0 11 886519 6.
- RAVEN P.J., FOX P., HOLMES N.T.H. & DAWSON F.H. (1997). ‘River Habitat Survey: a new system for classifying rivers according to their habitat quality’, in Boon, P.J. and Howell, D.L. (Eds), The Stationery Office, Edinburgh, 215-234.

- RAVEN P.J., HOLMES N.TH., DAWSON F.H., FOX P.J.A., EVERARD M., FOZZARD I.R. & ROUEN K.J. (1998). *River Habitat Quality: the physical character of rivers and streams in the UK and Isle of Man*. UK Environment Agency, Bristol, United Kingdom.
- REFCOND (WORKING GROUP 2.3) (2003). 'Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Rivers and Lakes-Typology, Reference Conditions and Classification Systems', Guidance Document No 10, Publications of European Communities, Luxemburg, pp. 1–87.
- RIPIDURABLE – Gestion durable de ripisilves (2007). <http://www.ripidurable.eu>
- SCHMUTZ S., KAUFMANN M., VOGEL B. & JUNGWIRTH M. (2000): *Methodische Grundlagen und Beispiele zur Bewertung der fischökologischen Funktionsfähigkeit österreichischer Fließgewässer*. Universität für Bodenkultur, Wien: 210 p.
- SKOULIKIDIS N., BERTAHAS I. & KOUSSOURIS T. (1998). The environmental state of freshwater resources in Greece (rivers and lakes). *Environmental Geology* 36 (1-2), 1-17.
- STAR (2006). *Standardisation of River Classifications: Framework Method for Calibrating Different Biological Survey Results against Ecological Quality Classifications to be developed for the Water Framework Directive*. <http://www.eu-star.at>.
- TALBOT J.C. (1995). *The current physical, chemical and biological status of the river Aliakmon, Greece*. Thesis, submitted to the University of Manchester for the degree of MSc. University of Manchester.
- TESH F.W. (1977). *The Eel. Biology and management of anguilla eels*. Chapman and Hall. 434 pp.
- VILA-GISPERT A., GARCIA-BERTHOU E. & MORENO-AMICH R. (2002). Fish zonation in a Mediterranean stream: effects of human disturbances. *Aquat. Sci.* 64: 163-170.
- VOURDOUMPA A., (1999). *Water Quality Assessment of a Greek River System (Alpheios, Peloponnisos) and the application of Biotic Indices*. Thesis, University of Wales Swansea, in collaboration with the National Centre for Marine Research (NCMR-Greece), 113 p.
- VOUTSA D., ZACHARIADIS G., SAMARA C. & KOUIMTZIS. TH., (1995). Evaluation of chemical parameters in Aliakmon river, Northern Greece. Part II. Dissolved and particulate heavy metals. *J. Environ. Sci. Health*, A30(1): 1-13.
- WENTWORTH C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377–392.
- WHEELER A. (1969). *The Fishes of The British Isles & N.W. Europe*. MACMILLAN and Co LTD: 613 pp.
- ZAR J. H. (1996). *Biostatistical Analysis*, 2nd. edn., Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 1–718.
- ZOGARIS S., CHATZINIKOLAOU Y., ECONOMOU A.N., GIAKOUMI S., GOSSIOU A. & DIMOPOULOS P. (2006). Assessing anthropogenic pressures on montane riparian forests of Greek rivers. Oral presentation in 8<sup>th</sup> Panellenic Symposium of Oceanography and Fisheries, Thessaloniki, 4-8 June 2006, p. 192.
- ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ Ι., ΒΑΣΤΑΚΗ Ι. & ΓΚΟΥΒΑΣ Κ. (1987). Μελέτη υδροδυναμικού νομού Ευρυτανίας. Α' Φάση. Ευρυτανία ΑΕ, Καρπενήσι, Σεπτέμβριος 1987. Σελ. 159.
- ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ Α. (1999). Συγκριτική μελέτη της βιολογίας των ειδών *Barbus peloponnesius* Valenciennes, 1842 και *Barbus cyclolepis* Heckel, 1837 από τον ποταμό Αλμωπαίο και από το ρέμα Δοϊράνης αντίστοιχα. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Εργαστήριο Ιχθυολογίας.

- ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ Κ. & ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ Ν. (1994). Στατιστικά χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων της Δυτ. Ελλάδας. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, Ελληνική Επιτροπή Υδρογεωλογίας, Τόμος Α. Πάτρα 34-28 Νοεμ. 1993. σελ. 33-41.
- ΒΟΥΡΔΟΥΜΠΑ Α. & ΓΚΡΙΤΖΑΛΗΣ Κ. (2000). Επιδράσεις μηχανικών επεμβάσεων και ελεγχόμενης ροής στη χρήση βιοτικών δεικτών. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Χίος 23-26/5, σελ. 258-260.
- ΔΑΣΚΑΛΑΚΗΣ Κ., ΤΣΑΚΙΡΗΣ Σ., ΜΩΨΣΙΑΔΗ Θ., ΠΑΝΩΡΙΟΣ Χ., ΓΙΑΝΝΑΚΗΣ Ν., ΣΤΑΠΠΑΣ Ν., ΤΡΑΜΠΑ Α., ΚΟΚΚΙΝΟΣ Η., ΣΤΑΘΑΚΗΣ Δ., ΜΑΝΩΛΑ Ε., ΑΜΠΑΡΙΩΤΗΣ Π., ΜΑΚΡΥΓΙΑΝΝΗ Α., ΜΑΛΟΥΤΑΣ Θ., ΚΑΖΑΚΗ Σ., ΤΣΙΦΟΡΟΣ Ι., ΜΠΑΡΚΑΣ Δ. & ΜΠΟΥΡΙΚΑΣ Δ. (1998). Χωροταξικό σχέδιο Περιφέρειας Θεσσαλίας, Α΄ φάση. Αθήνα, Σεπτέμβριος 1998, σελ. 665.
- ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Π. (2002). Αριθμητικές μέθοδοι ταξινόμησης και κατάταξης της βλάστησης. Παν. Τυπογραφείο Ιωαννίνων.
- ΕΛΚΕΘΕ (2003). Συλλογή και αξιολόγηση οικολογικών δεδομένων ποταμών και λιμνών για την εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Τεχνική Έκθεση για λογαριασμό του ΥΠΑΝ. Ιανουάριος 2004.
- ΕΥΔΕ ΑΧΕΛΩΟΥ – ΥΠΕΧΩΔΕ. (1995). Εκτροπή Αχελώου. Συνολική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων.
- ΖΟΓΚΑΡΗΣ Σ., DUSSLING U., ΓΙΑΚΟΥΜΗ Σ., & ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Α. (2004). Ιχθυολογική ζώνωση για την προώθηση της Οδηγίας 2000/60 στον Άνω Αχελώο. Πανελλήνιο Συνέδριο Ένωσης Ελλήνων Οικολόγων και Ελληνικής Ζωολογικής Εταιρείας. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη, 18-21 Νοεμβρίου 2004, Τεύχος Πρακτικών σελ. 20..
- ΗΠΕΙΡΟΣ Α.Ε. (2005). Ειδική περιβαλλοντική μελέτη ανάδειξης χαράδρας Αράχθου, Τζουμέρκων και ευρύτερης περιοχής. Β΄ Φάση.
- ΚΑΡΑΘΑΝΑΣΗ Ε., ΒΑΪΝΑΛΗΣ Δ., ΚΩΣΤΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ Δ., ΧΑΡΙΣΗΣ Ν., ΚΑΝΕΛΛΟΣ Θ., ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ Α., ΕΨΙΛΟΝ ΑΕ., ΠΕΡΓΑΝΤΗΣ Φ., ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΙΤΟΥ Δ., ΜΠΟΝΑΖΟΥΝΤΑΣ Μ., ΚΟΤΡΩΝΑΡΟΥ Α., ΡΕΙΖΟΠΟΥΛΟΣ Α., ΔΙΚΑΙΟΣ Κ., ΔΗΜΗΤΡΑΤΟΣ Κ., ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΥ Α. & ΖΑΛΑΧΩΡΗ Ε. (1997). Ειδική περιβαλλοντική μελέτη συμπλέγματος υγροτόπων Μεσολογγίου – Αιτωλικού. Α΄ στάδιο, Νοέμβριος 1997, σελ. 300.
- ΚΑΡΑΚΟΥΣΗΣ Ι. Π. (1990). Μελέτη του γενετικού πολυμορφισμού πληθυσμών της πέστροφας (*Salmo trutta* L) της Βόρειας Ελλάδας. Διδακτορική διατριβή. Θεσσαλονίκη 1990.
- ΚΑΡΑΝΔΕΙΝΟΣ Μ. (Υπεύθυνος προγράμμ.) (1992). Το Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων σπονδυλοζώων της Ελλάδας. Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία, WWF, Αθήνα: 356 σελ.
- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΚΑΠΕ). Αδημοσίευτα δεδομένα παροχής πηγών από καταγραφές της ΔΕΗ της περιόδου 1963-1967 (ελλιπή) (διατέθηκαν από κ. Καρρά).
- ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ Θ., ΔΙΑΠΟΥΛΗΣ Α., ΜΠΕΡΤΑΧΑΣ Η., ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ Ε., ΜΠΑΡΜΠΕΤΣΕΑΣ Σ., ΜΠΟΓΔΑΝΟΣ Κ., ΓΚΡΙΤΖΑΛΗΣ Κ. & ΦΩΤΗΣ Γ. (1995). Περιβαλλοντικές μετρήσεις στο σύστημα χείμαρροι, ποτάμια, λίμνη του ταμιευτήρα ΥΗΣ Κρεμαστά. Τεχνική Έκθεση, ΕΚΘΕ. 74 σελ. & 80 διαγράμματα στο παράρτημα.
- ΜΠΑΚΑΛΗΣ Ν. - ΜΑΡΚΑΝΤΩΝΑΤΟΣ Π. Ο.Ε., ΓΙΑΝΝΑΤΟΣ Γ., ΖΑΛΑΧΩΡΗ Ε., ΡΟΜΠΟΣ Ν. & ΠΑΝΕΤΣΟΣ Λ. (1995). Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του έργου μετατόπισης της κοίτης του ποταμού Αλφειού, Ν. Αρκαδίας. Στάδια I & II. ΔΕΗ, Δ/ση Ανάπτυξης Υδροηλεκτρικών Έργων. Ιούνιος 1995, π. 235 σελ.



- ΝΤΑΟΥΛΑΣ Χ., ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ Θ. & ΨΑΡΡΑΣ Θ. (1987). Οικολογία και δυνατότητες αλιευτικής αξιοποίησης της τεχνητής λίμνης Κρεμαστών. Εθνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών. Αθήνα, Ελλάδα. Ειδική Έκδοση Ν° 12, σελ. 120.
- ΝΤΑΦΗΣ Σ., ΠΑΠΑΣΤΕΡΓΙΑΔΟΥ Ε., ΓΕΩΡΓΙΟΥ Κ., ΜΠΑΜΠΑΛΩΝΑΣ Δ., ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ Θ., ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ Μ., ΛΑΖΑΡΙΔΟΥ Θ. & ΤΣΙΑΟΥΣΑ Β. (1997). Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Το Έργο Οικοτόπων Στην Ελλάδα: Δίκτυο Φύση 2000. Συμβόλαιο αριθμός Β4-3200/84/756, Γεν. Διεύθυνση ΧΙ Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας – Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων: 932 σελ.
- ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Α.Ν., ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ Θ., ΝΤΑΟΥΛΑΣ Χ., ΜΠΑΡΜΠΕΡΙ-ΤΣΕΛΙΚΗ Ρ., ΣΤΟΥΜΠΟΥΔΗ Μ., ΨΑΡΡΑΣ Θ., ΜΠΕΡΤΑΧΑΣ Η., ΖΑΧΑΡΙΑΣ Ι., ΠΑΤΣΙΑΣ Α., ΓΙΑΚΟΥΜΗ Σ., ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ Ν., ΔΙΑΠΟΥΛΗΣ Α., ΓΚΡΙΤΖΑΛΗΣ Κ., ΜΠΟΓΔΑΝΟΣ Κ., ΚΥΡΙΑΚΟΥ Γ. & MADURELL T. (1998). Μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης στους ταμιευτήρες Αώου και Πουρναρίου της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού. Τεχνική Έκθεση, ΕΚΘΕ, Τόμος Α': Αποτελέσματα, 160 σελ.
- ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Α., ΜΠΑΡΜΠΕΡΙ Ρ., ΝΤΑΟΥΛΑΣ Χ., ΨΑΡΡΑΣ Θ., ΣΤΟΥΜΠΟΥΔΗ Μ., ΜΠΕΡΤΑΧΑΣ Η., ΓΙΑΚΟΥΜΗ Σ. & ΠΑΤΣΙΑΣ Α. (1999). Απειλούμενα ενδημικά είδη ψαριών του γλυκού νερού της Δυτικής Ελλάδας και Πελοποννήσου - κατανομή, αφθονία, κίνδυνοι και μέτρα προστασίας. ΕΚΘΕ (πρόγραμμα ΠΕΝΕΔ), σελ. 341 και 4 Παραρτήματα.
- ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Α.Ν., ΣΤΟΥΜΠΟΥΔΗ Μ., ΜΠΑΡΜΠΕΡΙ Ρ., ΝΤΑΟΥΛΑΣ Χ., ΨΑΡΡΑΣ Θ., ΓΙΑΚΟΥΜΗ Σ. & ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ Β. (2001). Εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των εσωτερικών νερών με ιχθυοδείκτες. Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, Χανιά, 18-20 Οκτωβρίου, σελ. 297-300.
- ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Α.Ν., ΜΠΑΡΜΠΕΡΙ Ρ., ΓΙΑΚΟΥΜΗ Σ., ΝΤΑΟΥΛΑΣ Χ. & ΣΤΟΥΜΠΟΥΔΗ Μ. (2001). Η ιχθυοπανίδα της λεκάνης απορροής του Αχελώου. Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, Χανιά, 18-20 Οκτωβρίου, σελ. 261-264.
- ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Α., ΓΙΑΚΟΥΜΗ Σ., ΚΟΥΤΣΟΥΡΗΣ Θ., ΣΤΟΥΜΠΟΥΔΗ Μ., ΜΠΑΡΜΠΕΡΙ Ρ., ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ Ν., ΜΠΕΡΤΑΧΑΣ Η., ΝΤΑΟΥΛΑΣ Χ., ΨΑΡΡΑΣ Θ. & ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ Β. (2001). Μελέτη αλιευτικής διαχείρισης λιμνών (φυσικών και τεχνητών), αξιοποίηση υδάτινων πόρων ορεινών και μειονεκτικών περιοχών Νομών Αιτωλόακαρνανίας, Ευρυτανίας, Καρδίτσας, Βοιωτίας, Αρκαδίας, Ηλείας, Αχαΐας, Φλώρινας, Πέλλας, Κιλκίς, Σερρών, Ιωαννίνων, Κοζάνης, Καστοριάς, Θεσσαλονίκης, Ροδόπης, Γρεβενών, Θεσπρωτίας, Ημαθίας & Άρτας. Πρόγραμμα PESCA.
- ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Α., ΓΙΑΚΟΥΜΗ Σ., ΖΟΓΚΑΡΗΣ Σ., ΜΠΑΡΜΠΕΡΙ Ρ. & ΣΤΟΥΜΠΟΥΔΗ Μ. (2004). Συλλογή και αξιολόγηση ιχθυολογικών δεδομένων ποταμών και λιμνών για την εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Τεχνική Έκθεση για λογαριασμό του ΥΠΑΝ. Ιανουάριος 2004.
- ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Α.Ν., ΖΟΓΚΑΡΗΣ Σ., ΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗ Ε., ΜΠΑΡΜΠΕΡΙ Ρ., ΣΤΟΥΜΠΟΥΔΗ Μ.Θ. & ΓΙΑΚΟΥΜΗ Σ. (2006). Αξιολόγηση της ιχθυολογικής βιβλιογραφίας για τους ποταμούς και λίμνες της Ελλάδας σε σχέση με την εφαρμογή της Οδηγίας για το νερό (2000/60/ΕΚ). Προφορική ανακοίνωση. 8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Θεσσαλονίκη, 4-8 Ιουνίου 2006, σελ. 191.
- ΟΝΤΡΙΑΣ Ι. (1990). Συμβολή στη μελέτη της βιολογίας της *Salmo trutta macrostigma* του άνω ρου του Αχελώου ποταμού. Παν/μιο Πάτρας, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βιολογίας Ζώων, Εργ. Ζωολογίας. Πάτρα 1990, σελ. 195.
- ΠΑΝΤΑΖΗΣ Α. & συν. (1999). Χωροταξικό σχέδιο Περιφέρειας Δυτ. Ελλάδας. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον, ΥΠΕΧΩΔΕ, Α' Φάση, Γ' Φάση.
- ΣΚΑΓΙΑ Σ.Δ. (1978). Απογραφή καρστικών πηγών Ελλάδος. Ι. Πελοπόννησος – Ζάκυνθος – Κεφαλληνία. Έκδοση ΙΓΜΕ.

- ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ, Ν. (1997). Περιβαλλοντική κατάσταση των Ελληνικών ποταμών. Στο: “Βιώσιμη Ανάπτυξη με την Περιβαλλοντική Αγωγή”. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Αιτωλοακαρνανίας, Μεσολόγγι, σελ. 58-99.
- ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ Ν., ΓΚΡΙΤΖΑΛΗΣ Κ., ΜΠΕΡΤΑΧΑΣ Η., ΑΝΑΣΤΑΣΟΠΟΥΛΟΥ Σ. & ΒΟΥΡΔΟΥΜΠΑ Α. (2000). Υδροχημικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του Αλφειού ποταμού. Πρακτικά του Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Χίος 23-26/5, σελ. 212-217.
- ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ Ν., Ν. ΝΙΚΟΛΑΙΔΗΣ & ΖΑΓΓΑΝΑ Ε. (2000). "Αξιοποίηση Υδροχημικών Δεδομένων Αχελώου. Εκτίμηση της Συνεισφοράς της Γεωργίας στην Υδατική Ρύπανση", Πρόγραμμα Υπ. Γεωργίας, Γεν. Δ/ση Σχεδιασμού Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/ση ΣΕΕ & ΔΕ/ΥΕ/Τμ.Γ', Τμήμα Προστασίας Αρδευτικών Υδάτων (πρώτα αδημοσίευτα αποτελέσματα).
- ΤΑΧΟΣ Β.Α. (2003). Η ιχθυοπανίδα στο σύστημα του ποταμού Αώου. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα βιολογίας. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Θεσσαλονίκη, 2003.
- ΤΣΙΓΓΕΝΟΠΟΥΛΟΣ Κ. (1994). Μελέτη των φυλογενετικών σχέσεων του γένους *Leuciscus* (Pisces; Cyprinidae) της Ελλάδας. Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Εργαστήριο Ιχθυολογίας.
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (1996). Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας. ΕΜΠ-ΙΓΜΕ-ΚΕΠΕ, Αθήνα, σελ. 335 και 4 Παραρτήματα.
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ, Γενική Δ/ση Εγγειοβελτιωτικών Έργων ([www.minagric.gr/greek/2.9.3.html](http://www.minagric.gr/greek/2.9.3.html)).
- ΥΦΑΝΤΗΣ Γ. (1996). Οικολογική ποιότητα των ρεόντων υδάτων του ποταμού Αλιάκμονα σε είκοσι σταθμούς το μήνα Απρίλιο. Διπλωματική εργασία, ΑΠΘ, 137 σελ.
- ΧΑΤΖΗΝΙΚΟΛΑΟΥ Γ. (2001). Παρακολούθηση της οικολογικής ποιότητας των νερών και της δομής των ενδιαιτημάτων του ποταμού Αξιού. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Α.Π.Θ. Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας.
- ΧΕΙΜΩΝΟΠΟΥΛΟΥ Μ.Θ. (2005). Οικολογική εκτίμηση του Τριπόταμου – σύστημα ποταμού Αλιάκμονα. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Α.Π.Θ. Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας.
- ΧΟΥΣΙΑΝΑΚΟΥ Μ., ΜΠΕΝΣΕ Π., ΠΑΡΑΣΧΑΚΗΣ Ι., ΓΟΡΓΟΓΙΑΝΝΗΣ Ι., ΒΑΛΙΑΤΖΑ Ε., ΒΟΥΜΒΟΥΛΑΚΗ Α., ΣΙΜΟΥ Γ., ΟΡΦΑΝΟΓΙΑΝΝΗΣ Χ. & ΝΤΑΣΚΑΣ Α. (1998). Χωροταξικό σχέδιο Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας. Α' φάση. Αθήνα, Ιούνιος 1998.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗΣ Χ., ΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ Χ., ΣΥΡΙΔΗΣ Α., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Ε., ΤΣΙΤΣΟΠΟΥΛΟΣ Ι., ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΠΑΛΙΚΑΡΙΔΗΣ Χ., ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ Κ., ΜΑΡΙΝΟΣ Π., ΚΑΒΒΑΔΑΣ Μ., ΠΕΡΛΕΡΟΣ Β., ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ., ΜΗΤΡΑΚΑΣ Μ., ΝΤΟΤΣΙΚΑ Ε., ΜΠΑΜΠΑΛΩΝΑΣ Δ., ΔΡΟΣΟΣ Ε., ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ Π., ΤΣΑΚΙΡΗ Ε., ΔΙΑΜΑΝΤΗ Γ., ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ Β., ΖΑΡΦΤΣΙΑΣ Μ., ΤΣΑΧΑΛΙΔΗΣ Σ., ΛΑΟΠΟΥΛΟΣ Θ. & ΚΟΣΜΑΤΟΠΟΥΛΟΣ Κ. (1995). Έρευνα εκτίμησης και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της λεκάνης του κάτω Αχελώου για την ανάπτυξη και την περιβαλλοντική αναβάθμιση του δέλτα των λιμνοθαλασσών του και του συνόλου της περιοχής. Τεχνική Έκθεση, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 3 τεύχη 498, 261 και 221 σελ. αντίστοιχα.
- ΨΥΛΛΑΚΗΣ Γ.Ε. (1992). Αξιοποίηση του ποταμού Αχελώου κατάντη του ΥΗΕ Στράτου. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, 72 σελ.