

1^Η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Πρωτοποριακό στοιχείο της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ είναι ότι η ποιότητα των επιφανειακών υδάτων δεν εκτιμάται με βάση μόνο τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων (χημική κατάσταση), αλλά με οικολογικά (βιολογικά-υδρομορφολογικά) ποιοτικά στοιχεία σε συνδυασμό με χημικά.

Η συνολική κατάσταση ενός επιφανειακού υδατικού συστήματος στηρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες μετρούμενων παραμέτρων. Αυτές είναι οι βιολογικές, οι φυσικο-χημικές, οι υδρομορφολογικές καθώς και οι συγκεκριμένοι ή συνθετικοί ρύποι ή ειδικοί ρύποι (Σχήμα 1). Στο Παράρτημα V της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ καθορίζονται οι παράμετροι σύμφωνα με τους οποίους γίνεται η αξιολόγηση των επιφανειακών συστημάτων. Οι παράμετροι διαφέρουν ανάλογα με την κατηγορία του συστήματος, δηλαδή αν πρόκειται για ποτάμιο, λιμναίο, μεταβατικό ή παράκτιο σύστημα. Αναφορικά με τα ιδιαιτέρως τροποποιημένα και τεχνητά υδατικά συστήματα (ΤΥΣ/ΙΤΥΣ) προτείνεται να αξιολογούνται με βάση τις παραμέτρους της κατηγορίας φυσικού συστήματος με το οποίο προσομοιάζει καλύτερα και χρησιμοποιείται η έννοια του καλού οικολογικού δυναμικού, αντί της καλής οικολογικής κατάστασης.

Σχήμα 1: Κατηγορίες ποιοτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται για την κατάταξη των επιφανειακών υδατικών συστημάτων



Μεθοδολογία ταξινόμησης της κατάστασης των επιφανειακών υδατικών συστημάτων

Α. Οικολογική κατάσταση και οικολογικό δυναμικό

Στην Ευρώπη υπάρχει πληθώρα μεθόδων για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των επιφανειακών υδατικών συστημάτων, οι οποίες όμως χρησιμοποιούν διαφορετικές κλίμακες βαθμολογίας και επομένως διαφορετικά όρια στις κλάσεις ποιότητας. Με βάση τις σαφείς κατευθυντήριες γραμμές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, για την εξασφάλιση της συγκρισιμότητας των αποτελεσμάτων:

α) η οικολογική ποιότητα των επιφανειακών υδάτων θα πρέπει να παρουσιάζεται με την παρακάτω πενταβάθμια κλίμακα, η οποία αποδίδεται χρωματικά στο ακόλουθο Σχήμα 2.

Σχήμα 2: Ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης και αντίστοιχος χρωματικός κώδικας, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ

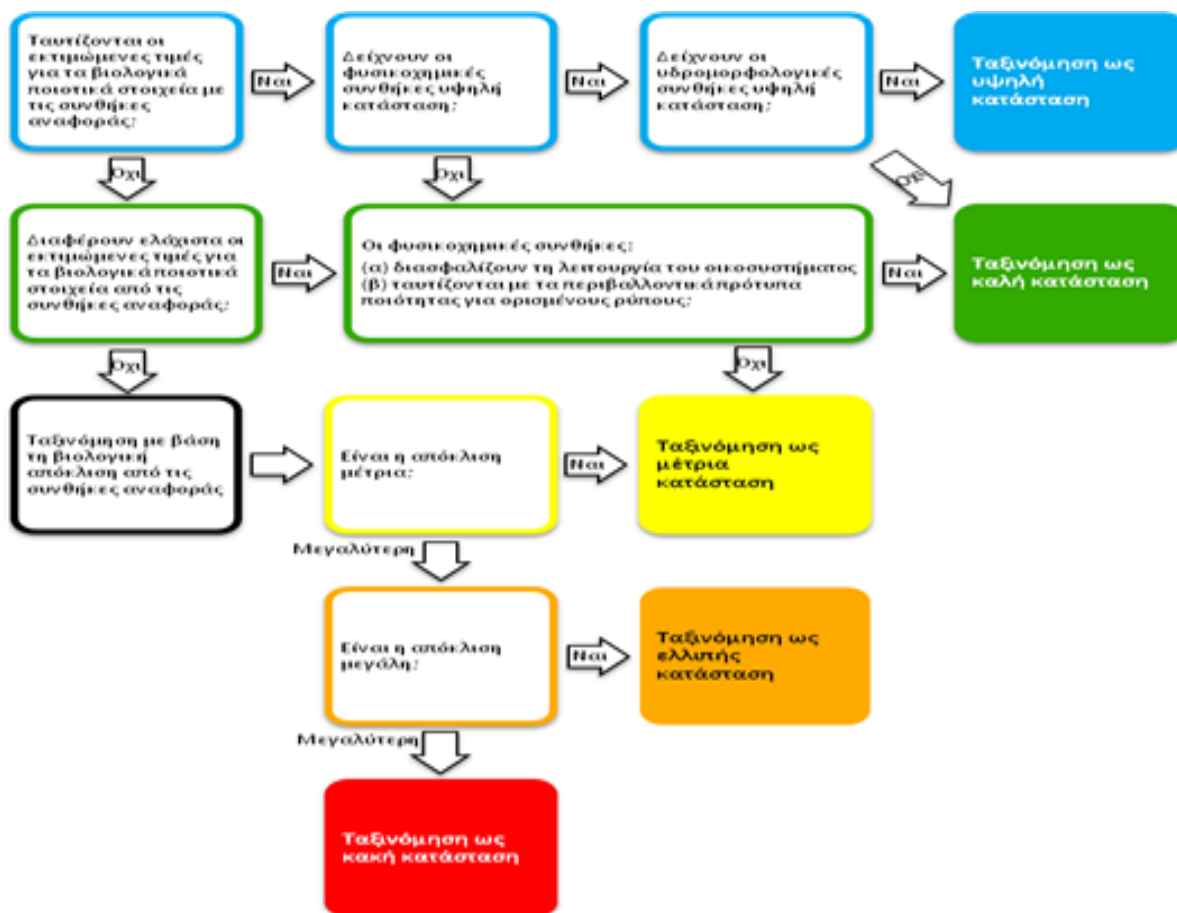
Κατάταξη οικολογικής ποιότητας	Χρωματισμός
Υψηλή	Blue
Καλή	Green
Μέτρια	Yellow
Ελλιπής	Orange
Κακή	Red

- Υψηλή Κατάσταση (High): Έλλειψη, ή ήσσονος μόνον σημασίας ανθρωπογενείς μεταβολές των τιμών των φυσικο-χημικών και των υδρομορφολογικών ποιοτικών στοιχείων. Οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του συστήματος επιφανειακών υδάτων αντικατοπτρίζουν εκείνες των συνθηκών αναφοράς.
- Καλή Κατάσταση (Good): Οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του συστήματος επιφανειακών υδάτων εμφανίζουν χαμηλού επιπέδου αλλοιώσεις, λόγω ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, αλλά διαφοροποιούνται σε μικρό βαθμό από τις τιμές που χαρακτηρίζουν το σύστημα επιφανειακών υδάτων υπό μη διαταραγμένες συνθήκες. Παράλληλα οι τιμές των φυσικο-χημικών στοιχείων χαρακτηρίζονται και αυτές καλές.
- Μέτρια Κατάσταση (Moderate): Οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του συστήματος επιφανειακών υδάτων παραλλάσσουν μετρίως από τις τιμές που χαρακτηρίζουν φυσιολογικά το σύστημα επιφανειακών υδάτων, υπό μη διαταραγμένες συνθήκες, αλλά οι τιμές των φυσικο-χημικών στοιχείων πρέπει να διασφαλίζουν τη λειτουργία του οικοσυστήματος.
- Ελλιπής Κατάσταση (Poor): Τα ύδατα τα οποία εμφανίζουν ενδείξεις σημαντικών αλλοιώσεων των τιμών των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του τυπικού συστήματος επιφανειακών υδάτων και στα οποία οι σχετικές βιολογικές κοινότητες διαφέρουν ουσιαστικά από εκείνες που χαρακτηρίζουν το σύστημα επιφανειακών υδάτων σε μη διαταραγμένες συνθήκες.
- Κακή Κατάσταση (Bad): Τα ύδατα τα οποία εμφανίζουν ενδείξεις σοβαρών αλλοιώσεων των τιμών των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του τυπικού συστήματος επιφανειακών υδάτων και από τα οποία απουσιάζει μεγάλο μέρος των σχετικών βιολογικών κοινοτήτων που χαρακτηρίζουν φυσιολογικά το σύστημα επιφανειακών υδάτων σε μη διαταραγμένες συνθήκες.

Η σχέση μεταξύ των βιολογικών, των υδρομορφολογικών και των φυσικο-χημικών ποιοτικών στοιχείων απεικονίζεται, για όλες τις κατηγορίες επιφανειακών υδατικών συστημάτων, στο Σχήμα 3.

Σύμφωνα με το Σχήμα αυτό, οι υδρομορφολογικές συνθήκες εξετάζονται μόνο για την υψηλή οικολογική κατάσταση ή το μέγιστο οικολογικό δυναμικό, προκειμένου για ιδιαίτερος τροποποιημένο ή τεχνητό υδατικό σύστημα. Οι φυσικο-χημικές συνθήκες λαμβάνονται υπόψη για την ταξινόμηση σε υψηλή, καλή ή μέτρια κατάσταση ή δυναμικό, ενώ τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία εφαρμόζονται σε όλες τις κατηγορίες ποιότητας. Τέλος, οι εθνικοί ή ειδικοί ρύποι θα πρέπει να ταυτίζονται με τα περιβαλλοντικά πρότυπα ποιότητας.

Σχήμα 3: Λογικό διάγραμμα αξιολόγησης κατάστασης φυσικού υδατικού συστήματος



β) τα αποτελέσματα για την ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης κάθε σταθμού επιφανειακών υδάτων, σύμφωνα με το άρθρο 1.4.1. του Παραρτήματος V της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ πρέπει να εκφράζονται ως λόγος της οικολογικής ποιότητας (Ecological Quality Ratio, EQR), όπου οι βιολογικές παράμετροι αποτελούν απόκλιση από τις συνθήκες αναφοράς και οι φυσικο-χημικές-υδρομορφολογικές παράμετροι είναι τέτοιες που να στηρίζουν τα αποτελέσματα των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων (Οδηγία 2000/60/ΕΚ, Παράρτημα V). Ο λόγος εκφράζεται ως η αριθμητική τιμή μεταξύ του μηδενός και του ενός, όπου η υψηλή οικολογική κατάσταση δηλώνεται με την τιμή ένα (1) και η κακή οικολογική κατάσταση αντιπροσωπεύεται από το μηδέν (0) (Σχήμα 4).

Σχήμα 1: Λόγος οικολογικής απόκλισης (EQR) (Πηγή: <http://ies.jrc.cec.eu.int>)



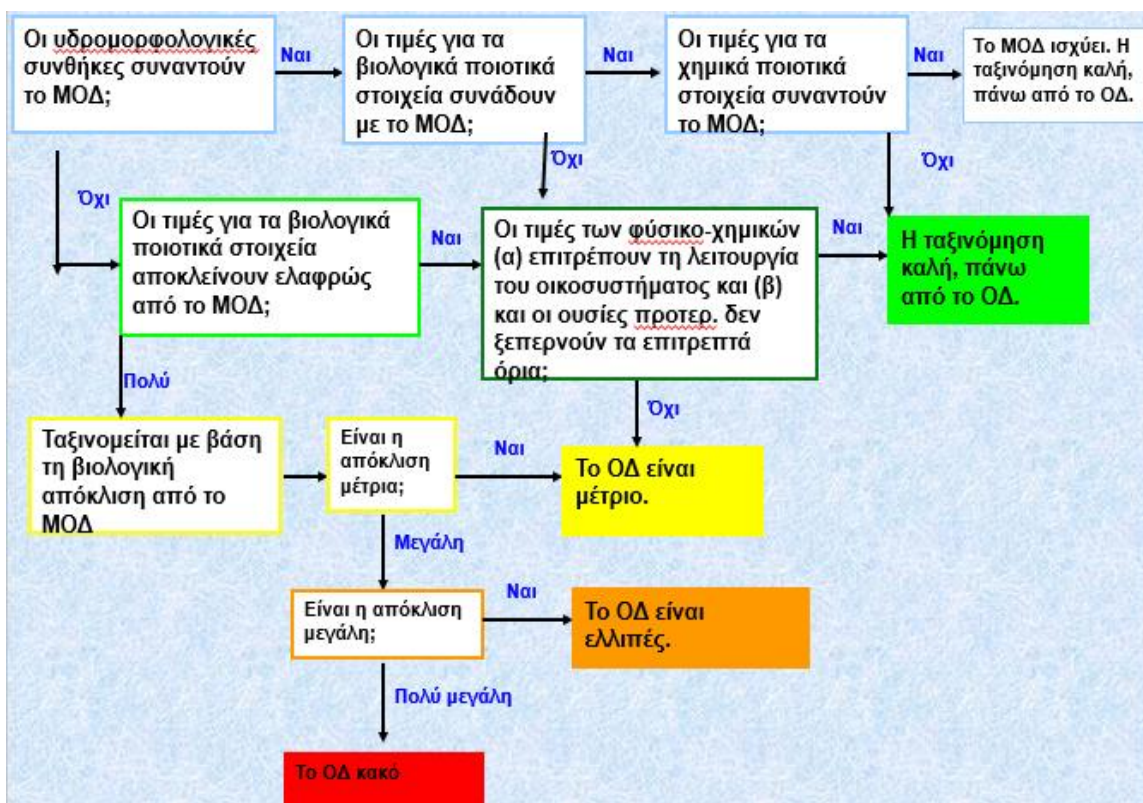
γ) για να υπολογιστεί η παραπάνω απόκλιση, πρέπει το υδατικό σύστημα να ανήκει στον ίδιο τύπο.

δ) Για να διασφαλιστεί η συγκρισιμότητα μεταξύ των Ευρωπαϊκών δεικτών οικολογικής ποιότητας έγινε διαβαθμονόμηση.

ε) Αντίστοιχα, για τα ιδιαιτέρως τροποποιημένα και τα τεχνητά υδατικά συστήματα (ΤΥΣ/ΙΤΥΣ), το οικολογικό δυναμικό θα πρέπει να παρουσιάζεται με την παρακάτω πενταβάθμια κλίμακα:

- Μέγιστο οικολογικό δυναμικό: Οι υδρομορφολογικές συνθήκες πρέπει να συναντούν το μέγιστο οικολογικό δυναμικό (ΜΟΔ). Οι τιμές των σχετικών βιολογικών και φυσικο-χημικών ποιοτικών στοιχείων να αντικατοπτρίζουν, στο μέτρο του δυνατού, τις τιμές που χαρακτηρίζουν τον πλέον συγκρίσιμο τύπο συστήματος επιφανειακών υδάτων, λαμβανομένων υπόψη των φυσικών συνθηκών που απορρέουν από τα τεχνητά ή ιδιαιτέρως τροποποιημένα χαρακτηριστικά του υδατικού συστήματος.
- Καλό οικολογικό δυναμικό: Ελαφρές αλλαγές των τιμών των σχετικών βιολογικών ποιοτικών στοιχείων σε σχέση με τις τιμές που απαντούν στο μέγιστο οικολογικό δυναμικό, οι τιμές των φυσικο-χημικών στοιχείων να επιτρέπουν τη λειτουργία του οικοσυστήματος και οι ουσίες προτεραιότητας να μην ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια.
- Μέτριο, ελλιπές και κακό οικολογικό δυναμικό: Μέτριες, σημαντικές ή σοβαρές αντίστοιχα αλλαγές των τιμών των σχετικών βιολογικών ποιοτικών στοιχείων σε σχέση με τις τιμές που απαντούν στο μέγιστο οικολογικό δυναμικό (Σχήμα 5).

Σχήμα 5: Αξιολόγηση των τροποποιημένων ή τεχνητών υδατικών συστημάτων

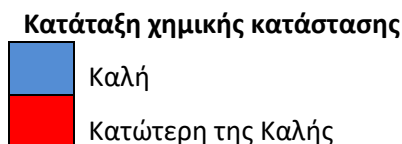


Β. Χημική κατάσταση

Η ταξινόμηση σε κλάσεις ποιότητας της χημικής κατάστασης των επιφανειακών υδατικών συστημάτων πραγματοποιείται μετά από έλεγχο της τήρησης των οριακών τιμών ποιότητας ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που καταλήγουν στο υδάτινο περιβάλλον. Οι ουσίες αυτές καθορίζονται στο Παράρτημα Χ της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, όπως αυτό εξειδικεύτηκε στην ΚΥΑ Η.Π. 51354/2641/Ε103/2010 (ΦΕΚ Β' 1909) «Καθορισμός Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2008».

Στην ανωτέρω ΚΥΑ καθορίζονται Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για 101 χημικές ενώσεις ή ομάδες χημικών ενώσεων, εκ των οποίων 41 αφορούν σε ουσίες προτεραιότητας και άλλους ρύπους, που έχουν θεσπιστεί σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (Οδηγία 105/2008/ΕΕ) και 60 αφορούν σε ειδικούς ρύπους, οι οποίοι είτε έχουν ανιχνευθεί στα υδατικά συστήματα της χώρας, είτε αναφέρονταν σε παλαιότερες νομοθετικές ρυθμίσεις. Τα ΠΠΠ αφορούν είτε στην Ετήσια Μέση Συγκέντρωση (ΕΜΣ) είτε στη Μέγιστη Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση (ΜΕΣ). Η ετήσια μέση συγκέντρωση προκύπτει ως ο αριθμητικός μέσος των μετρούμενων συγκεντρώσεων σε διάφορους χρόνους κατά τη διάρκεια του έτους. Για κάθε επιφανειακό υδατικό σύστημα, ο χαρακτηρισμός της καλής χημικής κατάστασης εξαρτάται από τις ετήσιες μέσες συγκεντρώσεις, οι οποίες δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις τιμές των θεσμοθετημένων ορίων. Η υπέρβαση τιμής σε οποιοδήποτε θέση ενός συστήματος, συνεπάγεται το χαρακτηρισμό του ως Κατώτερης της Καλής (Σχήμα 6).

Σχήμα 6: Κατηγορίες αξιολόγησης της χημικής κατάστασης επιφανειακών υδατικών συστημάτων



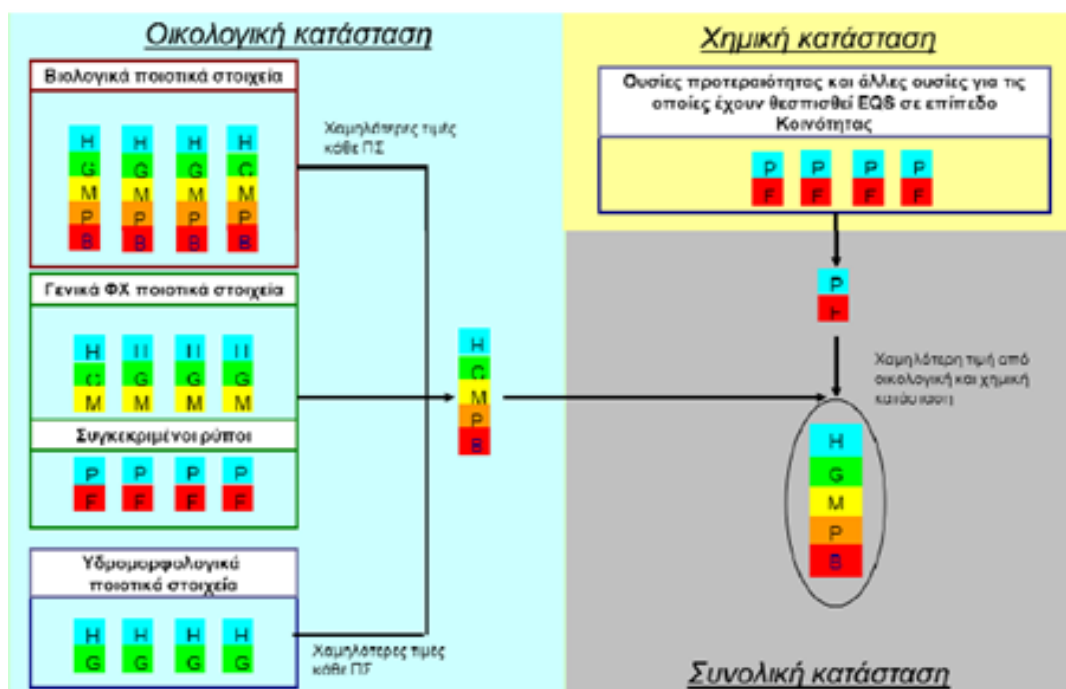
Η μεθοδολογία ταξινόμησης των επιφανειακών υδατικών συστημάτων, για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις για τις ουσίες προτεραιότητας και για άλλους κύριους ρύπους, θα βασιστεί στη σύγκριση της μέσης τιμής των αποτελεσμάτων των μετρήσεων της συγκέντρωσης των ουσιών προτεραιότητας και άλλων κύριων ρύπων σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας ανά υδατικό σύστημα, με τις τιμές καλής χημικής κατάστασης, με κατάλληλη στατιστική επεξεργασία. Στην περίπτωση που οι τιμές είναι κατώτερες των ΠΠΠ και των οριακών τιμών έκθεσης τα συστήματα θα χαρακτηριστούν ως καλής χημικής κατάστασης, ενώ στην περίπτωση που θα υπερβαίνουν τα ΠΠΠ και τις οριακές τιμές έκθεσης θα χαρακτηριστούν ως κατώτερης της καλής.

Για τα υδατικά συστήματα, για τα οποία δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις, θα εκτιμηθεί σε ποιες περιπτώσεις επιτυγχάνονται ή όχι οι στόχοι της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Ως αποτέλεσμα, τα επιφανειακά αυτά υδατικά συστήματα, θα έχουν άγνωστη χημική κατάσταση, ενώ θα γίνει και διερεύνηση της μη επίτευξης του περιβαλλοντικού στόχου, με βάσεις τις πιέσεις (χαμηλές, υψηλές).

Γ. Συνολική κατάσταση

Η διαδικασία ταξινόμησης της συνολικής κατάστασης των επιφανειακών υδατικών συστημάτων βασίζεται στην συναξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης και της χημικής κατάστασης. Στο παρακάτω Σχήμα παρουσιάζεται η γενική διαδικασία ως διάγραμμα λογικής, με τα βήματα που ακολουθούνται. Στην τελική ταξινόμηση της συνολικής κατάστασης επικρατεί ο κανόνας του (one out all out), κατά τον οποίο η αξιολόγηση βασίζεται στην χαμηλότερη τιμή ανάμεσα στην οικολογική και χημική κατάσταση.

Σχήμα 7: Λογικό διάγραμμα αξιολόγησης της συνολικής κατάστασης των επιφανειακών υδατικών συστημάτων



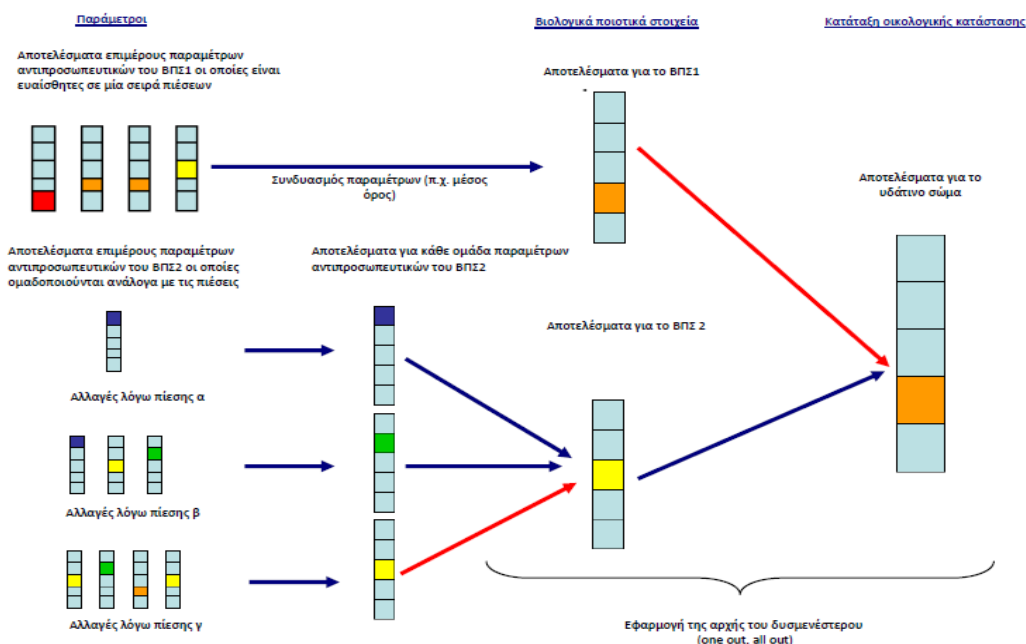
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Στο πλαίσιο του Εθνικού προγράμματος «Παρακολούθηση της οικολογικής ποιότητας υδάτων ποταμών, παράκτιων και μεταβατικών υδάτων της Ελλάδας σε εφαρμογή του Άρθρου 8 της Οδηγίας - Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ» κατά τη διάρκεια των ετών 2012-2013-2014, πραγματοποιήθηκαν, από το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), δειγματοληψίες και αναλύσεις φυσικο-χημικών, υδρομορφολογικών και βιολογικών στοιχείων ποιότητας (βενθικών μακροασπονδύλων, μακροφύτων, διατόμων και ψαριών) στους σταθμούς του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης Ποταμών της Ελλάδας και υποβλήθηκε η ακόλουθη σχετική έκθεση για όλα τα Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας.

Στους εποπτικούς σταθμούς, όπου και σύμφωνα με το πρόγραμμα παρακολούθησης έχουμε μόνο δυο τιμές (εποχές άνοιξης και καλοκαιριού), καθώς η παρακολούθηση γίνεται μόνο μια χρονιά στο πλαίσιο του Εθνικού προγράμματος παρακολούθησης, η εκτίμηση της συνολικής ποιότητας γίνεται υπολογίζοντας αρχικά το μέσο όρο της EQR τιμής του κάθε βιολογικού ποιοτικού στοιχείου (ΒΠΣ), εφόσον υπάρχουν περισσότερες από μια τιμές. Στην περίπτωση που υπάρχει μόνο μια τιμή (μια εποχή) αποδεχόμαστε την τιμή αυτή ως τιμή του αντίστοιχου ποιοτικού στοιχείου. Στη συνέχεια συνδυάζουμε τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία ακολουθώντας τον κανόνα του του δυσμενέστερου χαρακτηρισμού (Ένα εκτός –Όλα εκτός, one out all out) (Σχήμα 8).

Στους επιχειρησιακούς σταθμούς, όπου σύμφωνα με το πρόγραμμα παρακολούθησης οι σταθμοί παρακολουθούνται κάθε έτος (εποχές άνοιξης και καλοκαιριού) η εκτίμηση της ποιότητας γίνεται υπολογίζοντας αρχικά το median των EQR τιμών κάθε βιολογικού ποιοτικού στοιχείου. Εφόσον κάποιο ΒΠΣ έχει, για κάποιο λόγο, δώσει τιμές μόνο από μια χρονιά (ημερολογιακή χρονιά), τότε δεν λαμβάνεται υπόψη η τιμή του, άρα δε συμμετάσχει και στην τελική εκτίμηση. Κατόπιν, ακολουθείται ο κανόνας *one out all out* για τα υπόλοιπα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.

Σχήμα 8: Συνδυασμός διαφορετικών βιολογικών ποιοτικών στοιχείων ακολουθώντας τον κανόνα του δυσμενέστερου χαρακτηρισμού (Ένα εκτός –Όλα εκτός, one out all out)



Φύσικο-χημική ποιότητα

Για την εκτίμηση της φύσικο-χημικής ποιότητας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Nutrient Classification System (NCS) (Skoulidakis et al., 2006), τροποποιημένη ώστε να περιλαμβάνει και την παράμετρο του διαλυμένου οξυγόνου (Cardoso et al., 2001). Οι σταθμοί κατατάσσονται σε μία από τρεις κλάσεις ποιότητας (Υψηλή, Καλή, Μέτρια) ανάλογα με τη συγκέντρωση του αζώτου των νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών και του φωσφόρου των φωσφορικών ιόντων (Σχήμα 9).

Σχήμα 9: Κατάταξη σε κλάσεις ποιότητας βάσει των συγκεντρώσεων θρεπτικών στοιχείων σύμφωνα με το Nutrient Classification System (NCS) (Skoulidakis et al., 2006)

ΚΛΑΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ					
	ΥΨΗΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΕΛΙΠΗΣ	ΚΑΚΗ
N-NO ₃ - (mg/L)	<0,22	0,22-0,60	0,61-1,3	1,31-1,80	>1,80
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	<0,024	0,024-0,060	0,061-0,2	0,21-0,50	>0,50
N-NO ₂ - (μg/L)	<3	3-8	8,1-30	30,1-70,0	>70,0
P-PO ₄ ³⁻ (μg/L)	<70	70-105	106-165	166-340	>340
TP (μg/L)	<125	125-165	166-220	221-405	>405

Η κατάταξη της ποιότητας ανάλογα με τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου έγινε σύμφωνα με τον Σχήμα 10.

Σχήμα 10: Κατάταξη σε κλάσεις ποιότητας βάσει της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου (DO) (Cardoso et al., 2001)

ΚΛΑΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ					
	ΥΨΗΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΕΛΙΠΗΣ	ΚΑΚΗ
DO (mg/L)	> 9,0	9-6,4	6,4-4,0	4,0-2,0	< 2

Κάθε ποιότητα των επιμέρους θρεπτικών και του οξυγόνου βαθμολογείται σύμφωνα με το Σχ. 11 δηλαδή 4,5 (υψηλή), 3,5 (καλή), κλπ. Εν συνεχεία λαμβάνεται ο Μ.Ο. των τιμών και έτσι προκύπτει η τελική φύσικο-χημική κατάσταση. Αν δηλαδή ο Μ.Ο. είναι μεταξύ 4 και 5, η τελική κατάσταση θα είναι υψηλή, αν ο Μ.Ο. είναι μεταξύ 3 και 4 θα είναι καλή, κλπ. Όπως προαναφέρθηκε, η τελική φύσικο-χημική κατάσταση λαμβάνεται υπόψη μόνο μέχρι τη μέτρια ποιότητα. Επομένως, όταν η τελική φύσικο-χημική κατάσταση εξαχθεί ελλιπής ή κακή, θα θεωρηθεί ως μέτρια.

Σχήμα 11: Υπολογισμός της τιμής των κλάσεων ποιότητας για κάθε παράμετρο (Skoulidakis, 2008).

	High (H)	Good (G)	Moderate (M)	Poor (P)	Bad (B)
Class boundaries	4–5	3–4	2–3	1–2	<1
Calculation	(4.01 + 5)/2	(3.01 + 4)/2	(2.01 + 3)/2	(1.01 + 2)/2	1/2
Score	4.50	3.50	2.50	1.50	0.50

Υδρομορφολογική ποιότητα

River Habitat Survey (RHS)

Από το πρωτόκολλο του RHS και με τη χρήση συγκεκριμένου συνοδευτικού υπολογιστικού προγράμματος υπολογίζεται για κάθε σταθμό, ο δείκτης τροποποίησης των ποτάμιων ενδιαιτημάτων HMS (Habitat Modification Score) που εκφράζει την υδρομορφολογική υποβάθμιση που έχει προκληθεί στο σταθμό από ανθρώπινες παρεμβάσεις (γέφυρες, φράγματα, αγωγοί άντλησης και μεταφοράς νερού, ενίσχυση όχθων, εκτροπή κοίτης κλπ.). Σε κάθε παράγοντα υποβάθμισης αποδίδεται συγκεκριμένη βαθμολογία και οι βαθμολογίες τελικά αθροίζονται. Όσο πιο μεγάλη είναι η αριθμητική τιμή του δείκτη HMS (Raven et al, 1998), τόσο μεγαλύτερη είναι η υδρομορφολογική υποβάθμιση του σταθμού. Σύμφωνα με τον συγκεκριμένο δείκτη, ο κάθε σταθμός κατατάσσεται σε έξι κατηγορίες (Σχήμα 12). Για τους σκοπούς της ΟΠΥ 2000/60/ΕΚ η κλίμακα του δείκτη μετατράπηκε σε πενταβάθμια, μετά από συγχώνευση των δύο πρώτων κατηγοριών (Pristine & Semi-natural).

Σχήμα 12: Κατηγορίες υδρομορφολογικής υποβάθμισης σύμφωνα με τον δείκτη HMS. Στην τρίτη στήλη οι δύο κατηγορίες έχουν συγχωνευτεί ώστε να μετατραπεί η κλίμακα του δείκτη σε πενταβάθμια

HMS	ΚΛΑΣΗ HMS	ΚΛΑΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΠΥ
0	Φυσικό	ΥΨΗΛΗ
0-2	Ημι-φυσικό	
3-8	Κυρίως μη τροποποιημένο	ΚΑΛΗ
9-20	Εμφανώς τροποποιημένο	ΜΕΤΡΙΑ
21-44	Σημαντικά τροποποιημένο	ΕΛΛΙΠΗΣ
45+	Βαριά τροποποιημένο	ΚΑΚΗ

Βιολογική ποιότητα

(1) Βενθικά μακροασπόνδυλα

Η εκτίμηση της βιολογικής ποιότητας με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα έγινε σύμφωνα με το Νέο Ελληνικό Σύστημα Αξιολόγησης (Hellenic Evaluation System – HESY2) (Lazaridou et al. 2016). Το HESY2 στηρίζεται σε EQR και είναι η απόκλιση της παρατηρούμενης τιμής HESY (Artemiadou & Lazaridou 2005) από τους σταθμούς αναφοράς ανά ποτάμιο τύπο (Σχήμα 8). Τα βενθικά μακροασπόνδυλα συλλέγονται με τη μέθοδο 3 λεπτών σάρωσης και κλωστήματος με ειδικό δείκτη (ISO 7828:1985) και 1 λεπτού σάρωσης όταν υπάρχει βλάστηση. Βασίζεται στο σύστημα δειγματοληψίας πολύ-ενδιαιτημάτων και λαμβάνει υπόψη την ποικιλία τους όπως και την ανθεκτικότητα, αφθονία και ποικιλία των κοινοτήτων των βενθικών μακροασπονδύλων, στοιχεία τα οποία απαιτούνται από την ΟΠΥ. Το HESY2 ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στις διάφορες πιέσεις (χρήσεις γης, οργανική ρύπανση και υδρομορφολογικές τροποποιήσεις). Αποτελείται από:

(Α) Από τη βαθμολογία Αξιολόγησης (HES) των οικογενειών των βενθικών μακροασπονδύλων σύμφωνα με τη βαθμολογία τύπου BMWP (Armitage et al. 1983). Ο HES προκύπτει από το άθροισμα των βαθμολογιών όλων των ταξινομικών ομάδων του δείγματος ανάλογα με την αφθονία τους (Σχήμα 14).

(Β) Από το πηλίκιο του HES προς τον αριθμό των ταξινομικών ομάδων που συμμετείχαν στον υπολογισμό του προκύπτει ο AHES σύμφωνα με το Βρετανικό ASPT, και

(Γ) Η τιμή SemiHES προκύπτει το ημίαθροισμα των τιμών HES και AHES οι οποίες βαθμολογούνται από 1 έως 5 ξεχωριστά για πλούσια και φτωχά ενδιαιτήματα (απαίτηση της ΟΠΥ) (Σχήμα 15) βάσει μιας μήτρας ενδιαιτημάτων Habitat Richness Matrix (GHRM) (Chatzinikolaou et al. 2006) (Σχήμα 17).

Οι τιμές SemiHES ερμηνεύονται σε πενταβάθμια κλίμακα (Υψηλή, Καλή, Μέτρια, Ελλιπής, Κακή) όπως απαιτεί η ΟΠΥ. (Artemiadou & Lazaridou 2005) (Σχήμα 16).

Για τους σταθμούς αναφοράς χρησιμοποιήθηκαν τα όρια από την εργασία των Skoulidakis et al. (2006) καθώς και τα φυσικο-χημικά κριτήρια που προβλέπονται στο MED GIG 2012, τα οποία είναι χαμηλότερα από τα όρια που προτείνονται από τους Feio et al. 2014, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό μεσογειακών ΥΣ με τις ελάχιστες διαταραγμένες συνθήκες. Για την αξιολόγηση της ύπαρξης ή όχι σημαντικών πιέσεων από μορφολογικές αλλοιώσεις σε ένα επιφανειακό ΥΣ ακολουθήθηκε η μέθοδος της Βρετανικής Επιτροπής Περιβάλλοντος (UK Environmental Agency, 2005). Η βιολογική ποιότητα έπρεπε να είναι >4 σύμφωνα με το HES. Οι ποταμοί μετά από στατιστικό έλεγχο χωρίστηκαν σε πέντε τύπους (RM1, RM2, RM3, RM4, RM5) σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ομάδα Διαθαμονόμησης για τα Μεσογειακά ποτάμια. (Σχήμα 13).

Σχήμα 13: Οι τέσσερις τύποι μεσογειακών ποταμών που διαβαθμονομήθηκαν σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Απόφαση 2013/480 (Commission Decision 2013/480/EU). Τα μεγάλα ποτάμια RM3 (1000-10000 km²) δεν διαβαθμονομήθηκαν

Τύπος	Χαρακτηρισμός Ποταμού	Λεκάνη Απορροής	Γεωλογία Υποβάθρου	Καθεστώς Ροής Ποταμού
R-M1	Μικρά Μεσογειακά Ρέματα	<100 km ²	Μικτή (εκτός πυριτικό)	Έντονα Εποχικό
R-M2	Μεσαία Μεσογειακά Ρέματα	10-1000 km ²	Μικτή (εκτός πυριτικό)	Έντονα Εποχικό
R-M4	Ορεινά Μεσογειακά Ρέματα		Μη πυριτικό υπόβαθρο (μικτή)	Έντονα Εποχικό
R-M5	Εποχικά Ρέματα			Πρόσκαιρο

Σχήμα 14: Βαθμολογίες των ταξινομικών ομάδων βενθικών μακροασπονδύλων για τον υπολογισμό του HES (Artemiadou & Lazaridou, 2005). Τα P, C και A αναφέρονται στην αφθονία των ατόμων (Present από 0-1%, Common από 1.01-10% και Abundant από >10.01% αντίστοιχα ενώ για τα taxa με αστερίσκο τα όρια είναι 0-10% (P), 10.01-20% (C) και >20% (A).

ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΕΣ ΟΜΑΔΕΣ	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ		
	P	C	A
Capniidae, Chloroperlidae, Siphonuridae, Apheloceiridae, Blephariceridae, Phryganeidae, Molanidae, Odontoceridae, Beraeidae, Lepidostomatidae, Thremnatidae, Brachycentridae, Helicopsychidae	100	110	120
Leuctridae, Perlodidae, Perlidae, Sericostomatidae, Goeridae, Neophemeridae	90	97	100
Nemouridae, Taeniopterygidae, Ephemeridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Leptoceridae, Polycentropodidae, Psychomyidae, Philopotamidae, Limnephilidae, Rhyacophilidae, Glossosomatidae, Ecnomidae, Aeshnidae, Lestidae, Corduliidae, Libeluliidae, Athericidae, Dixidae, Scirtidae (Helodidae), Gyrinidae, Hydraenidae, Sialidae, Grapsidae, Potamonidae (Brachyura), Astacidae (Macrura)	80	86	90
Potamanthidae, Calopterygidae, Cordulegasteridae, Stratiomyidae, Hydrobiidae	70	75	78
Platycnemididae, Gomphidae, Tabanidae, Ceratopogonidae, Empididae, Elmithidae, Viviparidae, Neritidae, Unionidae	60	64	67
Caenidae, Oligoneuriidae, Polymitarchidae, Isonychiidae, Hydropsychidae, Ancyliidae, Acroloxidae, Gammaridae, Corophidae, Atyidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dufesiidae, Dryopidae, Helophoridae, Hydrochidae, Clambidae, Psychodidae, Simuliidae	50	53	56
Ephemerellidae, Baetidae, Hydroptilidae, Tipulidae, Dolichopodidae, Anthomyidae, Limoniidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Hydrosaphidae, Hydracarina, Piscicolidae, Glossiphonidae	40	38	35
Coenagrionidae, Chironomidae (not red)*, Dytiscidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Corixidae, Hebridae, Veliidae, Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Pleidae, Naucoridae, Notonectidae, Belostomatidae, Asellidae, Ostracoda, Physidae, Bithyniidae, Bithynellidae, Melaniidae, (Thiaridae), Ellobiidae, Hirudinidae, Sphaeriidae, Oligochaeta*	30	25	20
Chironomidae (red), Rhagionidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydriidae, Chaoboridae, Lymnaeidae, Planorbidae, Erpobdellidae	20	12	3
Tubificidae, Valvatidae, Syrrhapidae	10	2	1

Σχήμα 15: Βαθμολογίες των HES και AHES για τον υπολογισμό του Semi-HES (Artemiadou & Lazaridou, 2005). Η ποικιλότητα των ενδιαιτημάτων ορίζεται σύμφωνα με το Greek Habitat Richness Matrix (Chatzinikolaou et al., 2006).

	ΒΑΘΜΟΣ 5	ΒΑΘΜΟΣ 4	ΒΑΘΜΟΣ 3	ΒΑΘΜΟΣ 2	ΒΑΘΜΟΣ 1
ΣΤΑΘΜΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΩΝ					
HES	>1532	1326-1532	830-1325	341-829	0-340
ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΤΩΧΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΩΝ					
HES	>1052	756-1052	389-755	167-388	0-166
ΣΤΑΘΜΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΩΝ					
AHES	>64.72	54.57-64.72	45.82-54.56	31.73-45.81	0-31.72
ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΤΩΧΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΩΝ					
AHES	>55.69	45.18-55.69	35.33-45.17	27.50-35.32	0-27.49

Σχήμα 16: Τελική κατάταξη σε κλάσεις ποιότητας σύμφωνα με τον Semi-HES των βενθικών μακροασπονδύλων (Artemiadou & Lazaridou, 2005).

Semi-HES	ΚΛΑΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
5	ΥΨΗΛΗ
4.5	ΥΨΗΛΗ
4	ΚΑΛΗ
3.5	ΚΑΛΗ
3	ΜΕΤΡΙΑ
2.5	ΜΕΤΡΙΑ
2	ΕΛΛΙΠΗΣ
1.5	ΕΛΛΙΠΗΣ
1	ΚΑΚΗ

Σχήμα 17: Μήτρα ποικιλότητας των ενδιαιτημάτων. Αρκεί ένα διαγραμματισμένο ενδιαιτήμα για να δηλωθούν αυτά ως πλούσια.

Πίνακας Ενδιαιτημάτων ✓ όταν υπάρχει ο τύπος ενδιαιτήματος	Μακρόφυτ α >10% του συνόλου	Φυσικό υπόστρωμα					Τεχνητό υπόστρωμα		Απομεινάρ α κοίτης	Κλαδιά
		CPO M	FPOM	Χονδρό κοκκο*	Μεικτό*	Λεπτό κοκκο ***	Τσιμέ ντο	Άλλ ο		
1. Ρηχός ύφαλος [riffle] (σχετικά μικρό βάθος, με γρήγορη ροή)										
Όριο καναλιού										
Όριο νησίδας										
Κυρίως κανάλι										
2. Λοιπό Κανάλι [run] (όλες οι υπόλοιπες καταστάσεις εκτός της 1 και 3)										
Όριο καναλιού										
Όριο νησίδας										
Κυρίως κανάλι										
3. Μικρολίμνη [pool] (σχετικά μεγάλο βάθος, φαινομενικά χωρίς ή ελάχιστη ροή)										
Όριο καναλιού										
Όριο νησίδας										
Κυρίως κανάλι										

* Μεικτό : Όταν δεν ισχύουν τα παρακάτω

** Χονδρόκοκκο : Ποσοστιαία σύνθεση τύπων υποστρώματος, αθροιστικά πάνω από 70% για τις κατηγορίες ογκόλιθοι, κροκάλες, χαλίκια

*** Λεπτόκοκκο : Ποσοστιαία σύνθεση τύπων υποστρώματος, αθροιστικά πάνω από 70% για τις κατηγορίες αδρό ίζημα, άμμος υλός

Για την διαβαθμονόμηση του HESY2 χρησιμοποιήθηκε η τυπολογία των RM (Σχήμα 13). Τα όρια ποιότητας (class boundaries) ορίστηκαν για κάθε τύπο ποταμού, χρησιμοποιώντας, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τις τιμές των EQR_Semi_HES (HESY2) των δειγμάτων αναφοράς (Σχήμα 18).

Σχήμα 18: Όρια ποιότητας για κάθε τύπο σύμφωνα με τον HESY2 μετά την Ευρωπαϊκή διαβαθμονόμηση.

	R-M1	R-M2	R-M3	R-M4	R-M5
Τιμές υψηλής ποιότητας	1.100	1.000	1.000	1.000	1.100
Όριο υψηλής/καλής ποιότητας	0.943	0.944	0.889	0.850	0.963
Όριο καλής/μέτριας ποιότητας	0.750	0.708	0.667	0.637	0.673

(2) Ιχθυοπανίδα

Για τον προσδιορισμό της βιολογικής ποιότητας με βάση το ποιοτικό στοιχείο ιχθυοπανίδα, αναπτύχθηκε ο πρώτος ελληνικός πολυμετρικός δείκτης (He.F.I.: Hellenic Fish Index). Η προσέγγιση και τα βήματα δημιουργίας του δείκτη (βλ. Tachos *et. al.* 2016, Zogaris *et. al.* 2016) ακολουθούν, εν πολλοίς, τις πρακτικές ανάπτυξης των ήδη εφαρμοζόμενων δεικτών που στηρίχθηκαν στον ευρωπαϊκό δείκτη EFI (European Fish Index), η μεθοδολογία του οποίου είναι εκείνη που χρησιμοποιείται για τη διαβαθμονόμηση των ευρωπαϊκών δεικτών, από την ομάδα ECOSTAT.

Ο πολύ πολυμετρικός δείκτης προβλέπει τη σύσταση της ιχθυοκοινότητας σε κάθε θέση, λαμβάνοντας υπόψη συγκεκριμένες περιβαλλοντικές μεταβλητές καθώς και τη σύσταση κάτω από αδιατάρακτες συνθήκες. Στη συνέχεια, αποδίδει τη σύσταση της ιχθυοκοινότητας σε τιμές μετρικών, τις οποίες και συγκρίνει με τις αντίστοιχες τιμές συνθηκών αναφοράς

Συνοπτικά, στο πολυπαραμετρικό μοντέλο που κατασκευάστηκε χρησιμοποιούνται πέντε περιβαλλοντικές μεταβλητές (υψόμετρο, κλίση, απόσταση από την πηγή, μέγεθος λεκάνης ανάντη και μέση θερμοκρασία αέρα κατά το μήνα Ιανουάριο) για την πρόβλεψη των ιχθυοσυναθροίσεων.

Από την άλλη, για την απόδοση των τιμών του δείκτη χρησιμοποιούνται τέσσερις μετρικές: (1) η σχετική αφθονία των εντομοφάγων ειδών μεγαλύτερων από 100mm (dens.INSV.p.100large), (2) η σχετική αφθονία των παμφάγων ειδών μικρότερων από 100mm (dens.OMNI.p.100small), (3) η σχετική αφθονία των βενθικών ειδών μικρότερων από 150mm (dens.BENTH.p.150small) και (4) η σχετική αφθονία των ποταμόδρομων ειδών (dens.POTAD.p.all).

Ο δείκτης που δημιουργήθηκε, τελικά, χρησιμοποιεί τους μέσους όρους των τιμών των επιλεγμένων μετρικών και στη συνέχεια αναδιατάσσει τις εκτιμώμενες τιμές στην κλίμακα 0 έως 1. Τα όρια των 5 οικολογικών κλάσεων της Οδηγίας 2000/60 (υψηλή, καλή, μέτρια, ελλιπή και κακή) προσδιορίστηκαν με βάση τους κανόνες που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή ομάδα διαβαθμονόμησης, χωρίζοντας το εύρος τιμών του δείκτη σε πέντε ίσες κατηγορίες εκτίμησης, με ενδιάμεσα όρια 0.8, 0.6, 0.4 και 0.2 (European Community 2011) (Σχήμα 19). Ο δείκτης δεν έχει ακόμη διαβαθμονομηθεί.

Σχήμα 19: Κατάταξη σε κλάσεις ποιότητας σύμφωνα με τον πολυπαραμετρικό δείκτη ψαριών HeFI.

Κλάσεις Ποιότητας	Όρια Κλάσεων Ποιότητας
High	$0,8 \leq x \leq 1$
Good	$0,6 \leq x < 0,8$
Moderate	$0,4 \leq x < 0,6$
Poor	$0,2 \leq x < 0,4$
Bad	$0 \leq x < 0,2$

(3) Μακρόφυτα

Ο Βιολογικός Δείκτης Μακροφύτων για τα Ποτάμια, IBMR (Macrophyte Biological Index for Rivers, Haury *et al.* 2006), αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε ευρέως σε φυσικά και τεχνητά ρέοντα ύδατα της Γαλλίας (AFNOR - Association Francaise de Normalisation, 2003, Haury *et al.* 2006) και αποτελεί μέτρο αξιολόγησης της τροφικής κατάστασης της περιοχής που βρίσκεται υπό αξιολόγηση.

Στο παρόν έργο χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης IBMR για την αξιολόγηση της βιολογικής ποιότητας των σταθμών με βάση τα μακρόφυτα, λαμβάνοντας υπόψη και τις προτεινόμενες τροποποιήσεις της Μεσογειακής Γεωγραφικής Ομάδας Διαβαθμονόμησης για τα μακρόφυτα ποταμών (MEDGIG).

Ο δείκτης IBMR περιλαμβάνει έναν κατάλογο περίπου 207 taxa μακροφύτων (Σχήμα 20), κάθε ένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από δύο δείκτες:

- i. τον **δείκτη CSi**, ο οποίος αποτελεί συντελεστή τροφικής κατάστασης για το κάθε είδος και κυμαίνεται από 0 (βαριά οργανική ρύπανση και ετεροτροφικά taxa) μέχρι 20 (ολιγοτροφικά είδη),
- ii. το **Συντελεστή Οικολογικού Εύρους** (Coefficient of Ecological Amplitude) (E_i) ο οποίος χαρακτηρίζει το οικολογικό τροφικό εύρος κάθε φυτού. Είδη τα οποία έχουν $E_i = 1$ χαρακτηρίζονται από μεγάλο οικολογικό εύρος και καλύπτουν τρεις τροφικές κλάσεις ενώ είδη με $E_i = 3$ χαρακτηρίζονται από πολύ μικρό οικολογικό εύρος το οποίο περιορίζεται μόνο σε μία τροφική κλάση.

Ο υπολογισμός του δείκτη IBMR γίνεται με τον ακόλουθο μαθηματικό τύπο (Haury *et al.*, 2006):

$$IBMR = \frac{\sum_i E_i * K_i * CS_i}{\sum_i E_i * K_i}$$

Όπου:

CS_i = συντελεστής τροφικής κατάστασης από 0 μέχρι 20

E_i = συντελεστής οικολογικού εύρους

K_i = συντελεστής κάλυψης { K_1 : <0.1 % (πολύ σπάνιο), $0.1 \leq K_2 \leq 1\%$ (όχι συχνό), $1 \leq K_3 \leq 10\%$ (κοινό), $10 \leq K_4 < 50\%$ (συχνό είδος), $K_5 > 50\%$ (κυρίαρχο)}

Σχήμα 20: Βαθμονομημένος κατάλογος ειδών μακροφύτων του Βιολογικού Δείκτη Μακροφύτων για τα Ποτάμια IBMR (Haury et al., 2006)

Taxa taken into account for IBMR and scores. Legend : aq. fo. = aquatic form; agg. = aggregate; sh. l. = short leaves; lg.l. = long leaves; CSI = Species score (0-20); Ei = Ecological amplitude (1-3).

NAMES	CSI	Ei	NAMES	CSI	Ei
Heterotrophic taxa (genus)			Bryophyta (follow)		
<i>Leptominus</i> sp.	0	3	<i>Marsupella emarginata</i> (Ehrh.) Dum.	20	3
<i>Sphaerotilus</i> sp.	0	3	<i>Nardia compressa</i> (Hook.) Gray	20	3
Algae (genus)			<i>Nardia scalaris</i> (Shrad.) Gray	20	3
<i>Audouinella</i> sp. Bory de St Vincent	13	2	<i>Porella pinnata</i> Lindb	12	2
<i>Bangia atropurpurea</i> Lyngbye	10	2	<i>Riccardia multifida</i> (L.) Gray	15	2
<i>Batrachospermum</i> sp. Roth	16	2	<i>Riccardia pinguis</i> (L.) Gray	14	2
<i>Binuclearia</i> sp. Wittrock	14	2	<i>Riccardia sinuata</i> (Dicks.) Trev.	15	2
<i>Chaetophora</i> sp. Schrank	12	2	<i>Riccia fluitans</i> L.	8	3
<i>Chara globularis</i> Thuill.	13	1	<i>Scapania paludosa</i> K. Müll.	20	3
<i>Chara hispida</i> (L.) Vaillant	15	2	<i>Scapania undulata</i> (L.) Dum.	17	3
<i>Chara vulgaris</i> L.	13	1	<i>Solenostoma crenulatum</i> (Sm.) Mitt.	20	3
<i>Cladophora</i> sp. Kützing	6	1	<i>Solenostoma triste</i> (Nees) K. Müll.	19	3
<i>Diatoma</i> sp. Bory de St Vincent	12	2	Mosses		
<i>Draparnaldia</i> sp. Bory de St Vincent	18	3	<i>Amblystegium fluviatile</i> (Sm.) Loeske	11	2
<i>Enteromorpha intestinalis</i> Link	3	2	<i>Amblystegium riparium</i> Hedw.	5	2
<i>Hildenbrandia rivularis</i> Nardo	15	2	<i>Amblystegium tenax</i> (Hedw.) Jern.	15	2
<i>Hydrodictyon reticulatum</i> Roth	6	2	<i>Brachythecium plumosum</i> (Sw.) B. e.	18	3
<i>Hydrurus foetidus</i> C. Agardh	16	2	<i>Brachythecium rivulare</i> B. e.	15	2
<i>Lemanea</i> sp. (gr. <i>fluviatilis</i>) Bory de St Vincent	15	2	<i>Cinclidonus aquaticus</i> (Jaeg.) B. e.	15	2
<i>Lyngbya</i> sp. C. Agardh	10	2	<i>Cinclidonus danubicus</i> Schiffn. & Baumgartner	13	3
<i>Melosira</i> sp. C. Agardh	10	1	<i>Cinclidonus fontinaloides</i> (Hedw.) P. Beauv.	12	2
<i>Microspora</i> sp. Thuret	12	2	<i>Cinclidonus riparius</i> (Web. & Mohr) Arnott	13	2
<i>Monostroma</i> sp. Thuret	13	2	<i>Cratoneuron commutatum</i> (Hedw.) Roth	15	2
<i>Mougeotia</i> sp. C. Agardh + <i>Mougeotiopsis</i> sp.	13	2	<i>Cratoneuron filicinum</i> Hedw.	18	3
C. Agardh + <i>Debarya</i> sp. Wittrock			<i>Drepanocladus aduncus</i> (Hedw.) Warnot.	15	3
<i>Nitella flexilis</i> L. Agardh	14	2	<i>Drepanocladus fluitans</i> (Hedw.) Warnot.	14	2
<i>Nitella gracilis</i> (Smith) Agardh	14	2	<i>Fissidens crassipes</i> Br. Eur.	12	2
<i>Nitella mucronata</i> (A. Braun) Miquel	14	2	<i>Fissidens minutulus</i> Suill.	14	3
<i>Nostoc</i> sp. Vaucher	9	1	<i>Fissidens polyphyllus</i> Br. Eur.	20	3
<i>Oedogonium</i> sp. Link	6	2	<i>Fissidens pusillus</i> Wils.	14	2
<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher	11	1	<i>Fissidens ruflus</i> Br. Eur.	14	3
<i>Pharmidium</i> sp. Kützing	13	2	<i>Fissidens viridulus</i> (Sw.) Wahlenb.	11	2
<i>Rhizoclonium</i> sp. Kützing	4	2	<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	10	1
<i>Schizomeris</i> sp. Kützing	1	3	<i>Fontinalis duriaei</i> Schimp.	14	3
<i>Sirogonium</i> sp. Kützing	12	2	<i>Fontinalis squamosa</i> Hedw.	16	3
<i>Spirogyra</i> sp. Link	10	1	<i>Hygrohypnum dilatatum</i> (Schimp.) Loeske	19	3
<i>Stigeoclonium</i> sp. Link (excluding <i>S. tenue</i>)	13	2	<i>Hygrohypnum luridum</i> (Hedw.) Jern.	19	3
<i>Stigeoclonium tenue</i> Link	1	3	<i>Hygrohypnum ochraceum</i> (Wils.) Loeske	19	3
<i>Tetraspora</i> sp. Link	12	1	<i>Hypocnium armoricum</i> (Brid.) Wijk & Marg.	20	3
<i>Thorea ramississima</i> Bory de St Vincent	14	3	<i>Octodiceras fontanum</i> (La Pyl.) Lindb.	7	3
<i>Tohypella glomerata</i> Leonhardy	12	2	<i>Orthotrichum rivulare</i> Tum.	15	3
<i>Tohypella prolifera</i> Leonhardy	15	3	<i>Pachyffissidens grandifrons</i> (Brid.) Limpr.	15	3
<i>Tribonema</i> sp. Derbès & Solier	11	2	<i>Philonotis fontana</i> Milde agg.	18	3
<i>Ulothrix</i> sp. Kützing	10	1	<i>Philonotis calcarea</i> (B. e.) Schimp.	18	2
<i>Vaucheria</i> sp. De Candolle	4	1	<i>Platyhypnidium rusciforme</i> (Br. Eur.) Fleisch.	12	1
<i>Zygnema</i> sp. C. Agardh	13	3	<i>Racomitrium aciculare</i> (Hedw.) Brid.	18	3
Lichens (species)			<i>Schistidium rivulare</i> Br. Eur.	15	3
<i>Dermatocarpon weberi</i> (Ach.) Mann.	16	3	<i>Sphagnum inundatum</i> Russ. (gr. <i>denticulatum</i>)	20	3
<i>Collema fluviatile</i> (Huds.) Steud.	17	3	<i>Sphagnum palustre</i> L.	20	3
Bryophyta (species)			<i>Thamnum alopecurum</i> (Hedw.) B. e.	15	2
Liverworts			Pteridophyta		
<i>Chiloscyphus pallescens</i> (Ehrh.) Dum.	14	2	<i>Asolla filiculoides</i> Lam.	6	3
<i>Chiloscyphus polyanthus</i> (L.) Corda. agg.	15	2	<i>Equisetum fluviatile</i> L.	12	2
<i>Marsupella aquatica</i> (Schrad.) Schiffn.	19	2	<i>Equisetum palustre</i> L.	10	1

NAMES	CSi	Ei	NAMES	CSi	Ei
Phanerogams (species)			Phanerogams (follow)		
<i>Acorus calamus</i> L.	7	3	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steudel	9	2
<i>Agrostis stolonifera</i> L. aq. fo.	10	1	<i>Polygonum amphibium</i> L.	9	2
<i>Alisma lanceolatum</i> With.	9	2	<i>Polygonum hydropiper</i> L. aq. fo.	8	2
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	8	2	<i>Potamogeton acutifolius</i> Link	12	3
<i>Apium inundatum</i> L.	17	3	<i>Potamogeton alpinus</i> Balbis	13	2
<i>Apium nodiflorum</i> (L.) Lag.	10	1	<i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber	9	2
<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville	14	2	<i>Potamogeton coloratus</i> Hornem.	20	3
<i>Butomus umbellatus</i> L.	9	2	<i>Potamogeton compressus</i> L.	6	3
<i>Callitriche hamulata</i> Kütz. ex Koch	12	1	<i>Potamogeton crispus</i> L.	7	2
<i>Callitriche obtusangula</i> Le Gall	8	2	<i>Potamogeton friesii</i> Rupr.	10	1
<i>Callitriche platycarpa</i> Kütz.	10	1	<i>Potamogeton gramineus</i> L.	13	2
<i>Callitriche stagnalis</i> Scop.	12	2	<i>Potamogeton lucens</i> L.	7	3
<i>Callitriche truncata</i> Guss. ssp. <i>occidentalis</i>	10	2	<i>Potamogeton natans</i> L.	12	1
<i>Carex rostrata</i> Stokes	15	3	<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	4	3
<i>Carex vesicaria</i> L.	12	2	<i>Potamogeton obtusifolius</i> Mert. & Koch	10	2
<i>Catabrosa aquatica</i> (L.) Beauv.	11	2	<i>Potamogeton panormitanus</i> Biv.	9	2
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	5	2	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	2	2
<i>Ceratophyllum submersum</i> L.	2	3	<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	9	2
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roemer & Schultes	12	2	<i>Potamogeton polygonifolius</i> Pourret	17	3
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	10	2	<i>Potamogeton proelongus</i> Wulfen	13	2
<i>Elodea nuttallii</i> (Planchon) St John	8	2	<i>Potamogeton trichoides</i> Cham. & Schelcht	7	2
<i>Glyceria fluitans</i> R. Br.	14	2	<i>Potentilla palustris</i> (L.) Scop.	16	3
<i>Groenlandia densa</i> (L.) Fourr.	11	2	<i>Ranunculus aquatilis</i> L.	11	2
<i>Helodes palustris</i> Spach	17	3	<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.	10	2
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	12	2	<i>Ranunculus flammula</i> L. aq. fo.	16	3
<i>Hottonia palustris</i> L.	12	2	<i>Ranunculus fluitans</i> Lam.	10	2
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	11	3	<i>Ranunculus hederaceus</i> L.	12	3
<i>Hydrocotyle vulgaris</i> L. fo. aq.	14	2	<i>Ranunculus hololeucos</i> Lloyd	19	3
<i>Iris pseudacorus</i> L.	10	1	<i>Ranunculus omiophyllus</i> Ten.	19	3
<i>Juncus bulbosus</i> L.	16	3	<i>Ranunculus peltatus</i> Schrank.	12	2
<i>Juncus subnodulosus</i> Schrank aq. fo.	17	3	<i>Ranunculus penicillatus</i> (Dumort.) Bab.		
<i>Lemna gibba</i> L.	5	3	<i>R. penicillatus</i> ssp. <i>penicillatus</i>	12	1
<i>Lemna minor</i> L.	10	1	<i>R. penicillatus</i> ssp. <i>pseudofluitans</i>	13	2
<i>Lemna trisulca</i> L.	12	2	<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix	11	2
<i>Littorella uniflora</i> (L.) Ascherson	15	3	<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser	9	1
<i>Luronium natans</i> (L.) Rafin.	14	3	<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	6	2
<i>Lycopus europaeus</i> L.	11	1	<i>Scirpus fluitans</i> L.	18	3
<i>Mentha aquatica</i> L.	12	1	<i>Scirpus lacustris</i> L.	8	2
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	16	3	<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	10	2
<i>Montia fontana</i> L. agg.	15	2	<i>Sparganium angustifolium</i> Michaux.	19	3
<i>Myosotis</i> gr. <i>palustris</i> (<i>M. scorpioides</i> L.)	12	1	<i>Sparganium emersum</i> Rehmann sh. 1. (<20cm)	13	2
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> DC.	13	2	<i>Sparganium emersum</i> Rehmann lg. 1. (>20cm)	7	1
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	8	2	<i>Sparganium erectum</i> L.	10	1
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	12	3	<i>Sparganium minimum</i> Wallr.	15	3
<i>Najas marina</i> L.	5	3	<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleiden	6	2
<i>Najas minor</i> L.	6	3	<i>Trapa natans</i> L.	10	3
<i>Nasturtium officinale</i> R. Br. agg.	11	1	<i>Typha angustifolia</i> L.	6	2
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sibth. & Sm.	9	1	<i>Typha latifolia</i> L.	8	1
<i>Nymphaea alba</i> L.	12	3	<i>Vallisneria spiralis</i> L.	8	2
<i>Nymphaeoides peltata</i> (S. G. Gmelin) O. Kuntze	10	2	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	11	2
<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.	11	2	<i>Veronica beccabunga</i> L.	10	1
<i>Oenanthe crocata</i> L.	12	2	<i>Veronica catenata</i> Pennel	11	2
<i>Oenanthe fluviatilis</i> (Bab.) Coleman	10	2	<i>Wolffia arhiza</i> (L.) Horkel & Wimmer	6	2
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	10	1	<i>Zannichellia palustris</i> L.	5	1

Η διαβαθμονόμηση του δείκτη IBMR για τα μακρόφυτα σε εθνικό επίπεδο, πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της άσκησης Διαβαθμονόμησης MEDGIG (Feio *et al.* 2014, Aguiar *et al.* 2014) με βάση τις ελληνικές περιοχές αναφοράς για τα μακρόφυτα (IC Reference Sites) (Papastergiadou & Manolaki, 2011). Τα όρια των οικολογικών κλάσεων ποιότητας δίνονται στο Σχήμα 21.

Σχήμα 21: Όρια των 5 οικολογικών κλάσεων ποιότητας σύμφωνα με το δείκτη αξιολόγησης IBMRGR

IBMRGR	ΚΛΑΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
>0,75	ΥΨΗΛΗ
0,56 – 0,75	ΚΑΛΗ
0,37 – 0,56	ΜΕΤΡΙΑ
0,19 – 0,37	ΕΛΛΙΠΗΣ
<0,19	ΚΑΚΗ

(4) Διάτομα

Για την εκτίμηση της βιολογικής ποιότητας με βάση τα διάτομα χρησιμοποιείται ο δείκτης IPS - Specific Pollution sensitivity Index (Coste in Cemagref, 1982) ο οποίος συνιστά μια μετρική για την ανίχνευση διαφόρων τύπων επιβάρυνσης - ρύπανσης (οργανική ρύπανση, αλατότητα, ευτροφισμό) (Prygiel & Coste, 2000) των νερών των ρεόντων υδάτων και έχει θεωρηθεί ως δείκτης αναφοράς (Descy & Coste, 1991). Έχει επιλεγεί για την παρακολούθηση της ποιότητας των νερών στην Ισπανία και Πορτογαλία μετά από ευρεία μελέτη των ποταμών τους, καθώς θεωρήθηκε ως ο ακριβέστερος δείκτης για τα ποτάμια της Μεσογειακής περιοχής (Almeida 2001, Gomà *et al.* 2004, Oscoz *et al.* 2007). Στην Ελλάδα παρουσίασε καλή επίδοση σε δύο Μεσογειακά ποτάμια (Ziller & Montesanto 2004) και σε μικρά ορεινά ρέματα (Montesanto *et al.* 1999).

Ο IPS βασίζεται στον τύπο των Zelinka & Marvan (1961) και υπολογίζεται ως εξής:

$$IPS = \sum_{j=1}^n A_j \cdot I_j \cdot V_j / \sum_{j=1}^n A_j \cdot V_j$$

όπου: **A_j**: η σχετική αφθονία ενός συγκεκριμένου είδους στο δείγμα

V_j: η αξία του είδους αυτού ως βιοδείκτη ή εύρος εξάπλωσής του (indicator value or stenoecy degree) (1=μικρή αξία - μεγάλο εύρος εξάπλωσης, 2=μέτρια αξία – μέτριο εύρος εξάπλωσης, 3=μεγάλη αξία – μικρό εύρος εξάπλωσης, χαρακτηριστικό συγκεκριμένων συνθηκών)

I_j: βαθμός ευαισθησίας ως προς τη ρύπανση (pollution sensitivity, από 1 έως 5): 1 = πολύ ανθεκτικό έως σαπρόφιλο, 2 = ανθεκτικό, 3 = αδιάφορο, 4 = ευαίσθητο έως μέτρια ευαίσθητο, 5 = πολύ ευαίσθητο.

Ο IPS παίρνει τιμές από 1 έως 20 κατά την έννοια της αυξανόμενης οικολογικής ποιότητας. Οι τιμές του έχουν ταξινομηθεί σε 5 τάξεις ποιότητας όπως φαίνεται στον Σχήμα 22.

Σχήμα 22: Τάξεις ποιότητας υδάτων με βάση τα διάτομα σύμφωνα με τον δείκτη IPS - Specific Pollution sensitivity Index (Coste in Cemagref, 1982).

ΚΑΚΗ	ΕΛΛΙΠΗΣ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ	ΥΨΗΛΗ
1 ≤ i < 5	5 ≤ i < 9	9 ≤ i < 13	13 ≤ i < 17	17 ≤ i ≤ 20

Η διαβαθμονόμηση του δείκτη IPS για τα διάτομα σε εθνικό επίπεδο, πραγματοποιήθηκε πρόσφατα αφού για πρώτη φορά υπήρχαν δείγματα διατόμων από όλη την Ελλάδα (Smeti & Karaouzas 2016). Τα όρια των οικολογικών κλάσεων ποιότητας δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα. Πρέπει να σημειωθεί ότι για τους τύπους RM3 και RM5 δεν υπήρχαν αρκετά δείγματα αναφοράς ώστε να υπολογισθούν τα EQR για τους τύπους αυτούς (Σχήμα 23).

Σχήμα 23: Όρια των 5 οικολογικών κλάσεων ποιότητας σύμφωνα με το δια-βαθμονομημένο δείκτη IPS.

	R-M1	R-M2	R-M4
Reference IPS values	16.00	16.30	16.85
Reference	1.000	1.000	1.000
High/Good Boundary	0.956	0.953	0.932
Good/Moderate Boundary	0.717	0.715	0.699
Moderate/Poor Boundary	0.478	0.477	0.466
Poor/Bad Boundary	0.239	0.238	0.233

Βιβλιογραφία

- Armitage P.D., Moss D., Wright J.F. & Furse M.T. (1983): The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, 17 (3), 333-347.
- Artemiadou V. & Lazaridou M. (2005). Evaluation Score and Interpretation Index for the ecological quality of running waters in Central and Northern Hellas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 110, 1–40.
- Chatzinikolaou, Y., Dakos, V., Lazaridou, M., 2006. Longitudinal impacts of anthropogenic pressures on benthic macroinvertebrate assemblages in a large transboundary Mediterranean river during the low flow period. *Acta hydrochim. Hydrobiologia*. 34, 453-463.
- CIS Guidance Document n°30 (2015). Procedure to fit new or updated classification methods to the results of a completed intercalibration exercise. Technical report-2015-085.
- CIS Guidance Document No. 14. (2011). Guidance document on the intercalibration process 2008–2011. Implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). European Commission, Technical report-2011-045
- Environment Agency (2005). Technical Assessment Method for Morphological Alterations in Rivers. Water Framework Directive Programme – Environment Agency.
- European Union (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities* L327, 1-72.
- European Union (2008). Commission Decision of 30 October 2008 establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise. Decision 2008/915/EC.
- European Union (2013). Commission decision of 20 September 2013 establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise and repealing Decision 2008/915/EC.
- Feio, M. J., Aguiar, F. C., Almeida, S. F. P., Ferreira, J., Ferreira, M. T., Elias, C., ... & Delmas, F. (2014). Least disturbed condition for European Mediterranean rivers. *Science of the Total Environment*, 476, 745-756.
- ISO 7828:1985. Water quality – Methods of biological sampling - Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macro-invertebrates. International Organization for Standardization.
- Lazaridou M., Ntislidou, Ch., Karaouzas I., Scoulikidis N. 2016, Development of a national assessment method for the ecological status of rivers in Greece, using the biological quality element, benthic macroinvertebrates; The Hellenic Evaluation System-2 (HESY-2), and harmonization of the results of the completed intercalibration of the MED GIG (RM1, RM2, RM4, rm5). Ministry of Environment, 30p.
- MedGIG 2012. Intercalibration technical report. Mediterranean river GIG, Macroinvertebrates.
- Munné A.C., Solà C. & N. Prat (2006). Estado ecologico de los rios en Cataluña. *Diagnosis del riesgo de incumplimiento de los objetivos de la Directiva Marco del Agua*. *Tecnologia del Agua*, 273, 30-46.
- Raven, P., Boon, P., Dawson, F., Ferguson, A. (1998). Towards an integrated approach to classifying and evaluating rivers in the UK. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 8: 383-393
- Skoulikidis N., Amaxidis Y., Bertahas I., Laschou S. & Gritzalis K. (2006). Analysis of factors driving stream water composition and synthesis of management tools – A case study on small/medium Greek catchments. *The Science of the Total Environment* 362: 205-241.
- Smeti E. & Karaouzas I. (2016). Defining new classification boundaries for the ecological status assessment of rivers in Greece, using the biological quality element “phytobenthos” and harmonisation with the results of the completed intercalibration of the MED GIG (RM1, RM2, RM4). October 2016, 19 pp.

Tachos V, Zogaris S, Koutsikos N, Vardakas L, Kommatas D, Chatzinikolaou Y, Kalogianni E, Kalaitzakis N, Economou A, Schmutz S (2016). Developing a national fish-index for the assessment of the ecological of lotic waters of Greece: elaboration of a multi-metric model. *Proceedings of the Hellenic Conference of Ichthyologists* 16: 333-336

Zogaris, S., A.N. Economou, V. Tachos & E. Oikonomou. June (2016). Fitting a new assessment system for rivers in Greece using fish fauna to the results of the MED GIG. Unpublished Annex Report submitted to WG ECOSTAT through the Special Secretariat for Water, Hellenic Ministry of Environment and Energy. Institute of Marine Biological Resources and Inland Waters, HCMR, Athens. 33 p.

Skoulikidis N. (2008). Defining chemical status of a temporal Mediterranean River. *Journal of Environmental Monitoring* 10(7): 842 - 852.