

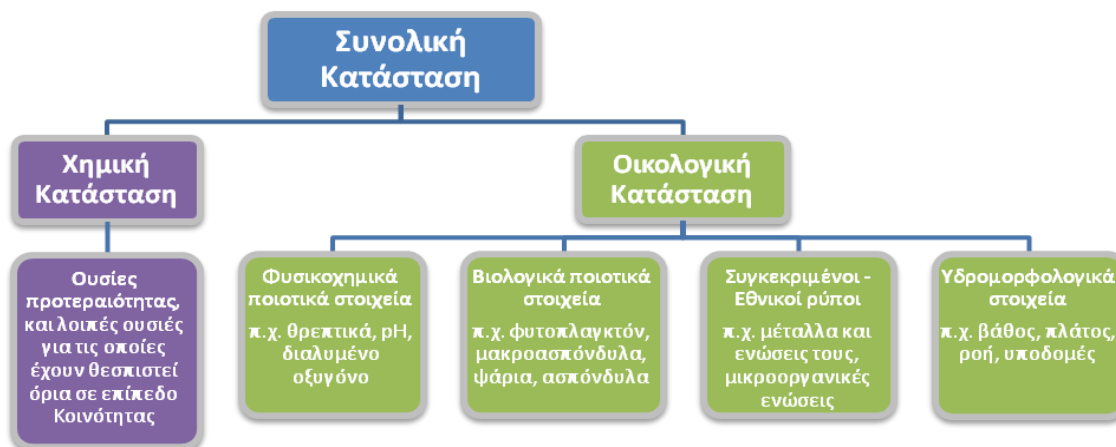
1^Η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΜΝΑΙΩΝ 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 ποιοτικά στοιχεία σε συνδυασμό με χημικά.

Η συνολική κατάσταση ενός επιφανειακού υδατικού συστήματος στηρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες μετρούμενων παραμέτρων. Αυτές είναι οι βιολογικές, οι φυσικοχημικές, οι υδρομορφολογικές και οι συγκεκριμένοι ή συνθετικοί ρύποι ή ειδικοί ρύποι (Σχήμα 1). Στο Παράρτημα V της Οδηγίας 200/60/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 ιδιαίτεως τροποποιημένα και τεχνητά υδατικά συστήματα (ΤΥΣ/ΙΤΥΣ) προτείνεται να αξιολογούνται με βάση τις παραμέτρους της κατηγορίας φυσικού συστήματος με το οποίο προσομοιάζεται 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

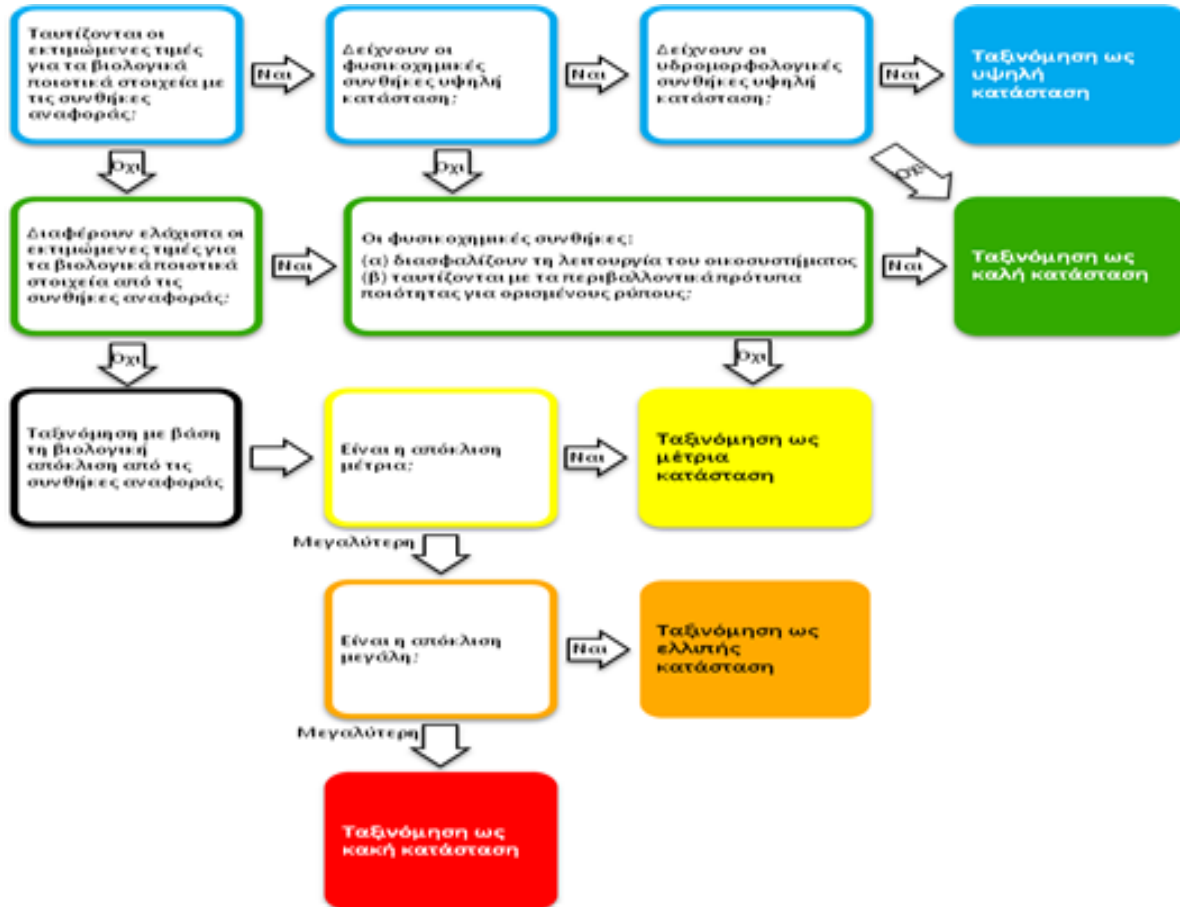
- Υψηλή Κατάσταση (High): Έλλειψη, ή ήσσονος μόνον σημασίας ανθρωπογενείς μεταβολές των τιμών των φυσικοχημικών και των υδρομορφολογικών ποιοτικών στοιχείων. Οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του συστήματος επιφανειακών υδάτων αντικατοπτρίζουν εκείνες των συνθηκών αναφοράς.
- Καλή Κατάσταση (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.
- Μέτρια Κατάσταση (Moderate): Οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του συστήματος επιφανειακών υδάτων παραλλάσσουν μετρίως τις τιμές που χαρακτηρίζουν φυσιολογικά το σύστημα επιφανειακών υδάτων υπό μη διαταραγμένες συνθήκες.
- 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 φυσικοχημικών ποιοτικών στοιχείων απεικονίζεται, για όλες τις κατηγορίες επιφανειακών υδατικών συστημάτων, στο Σχήμα 3.

Σύμφωνα με το Σχήμα αυτό, οι υδρομορφολογικές συνθήκες εξετάζονται μόνο εάν το επιφανειακό υδατικό σύστημα πρόκειται να ταξινομηθεί στην υψηλή οικολογική κατάσταση ή στο μέγιστο οικολογικό δυναμικό, αν είναι ιδιαιτέρως τροποποιημένο ή τεχνητό. Η ταξινόμηση σε καλή, μέτρια, ελλιπή ή κακή κατάσταση προϋποθέτει την εξέταση μόνο βιολογικών παραμέτρων ή και φυσικοχημικών για την ταξινόμηση σε καλή κατάσταση. Όταν οι βιολογικές συνθήκες είναι σύμφωνες με εκείνες που απαιτούνται για την ταξινόμηση σε καλή, μέτρια, ελλιπή ή κακή κατάσταση αντίστοιχα, τότε οι εξ ορισμού ικανοποιούνται οι υδρομορφολογικές συνθήκες και δεν επηρεάζουν την ταξινόμηση.

Ακόμα, για την ταξινόμηση σε υψηλή ή καλή κατάσταση απαιτείται η εξέταση και των φυσικοχημικών παραμέτρων, ενώ η αξιολόγηση της κατάστασης των υδατικών συστημάτων ως μέτρια, ελλιπή ή κακή μπορεί να βασιστεί αποκλειστικά στην εξέταση βιολογικών παραμέτρων, αφού τότε εξ ορισμού και οι φυσικοχημικές παράμετροι θα είναι σύμφωνες με τις προβλεπόμενες τιμές για την κατάσταση αυτή. Οι χημικές συνθήκες θα πρέπει ακόμα να ταυτίζονται με τα περιβαλλοντικά πρότυπα ποιότητας για ουσίες προτεραιότητας και ορισμένους άλλους ρύπους.

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 λόγοι της οικολογικής ποιότητας (Ecological Quality Ratio, EQR), όπου οι βιολογικές παράμετροι αποτελούν απόκλιση από τις συνθήκες αναφοράς και οι φυσικοχημικές-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: Λόγος οικολογικής ποιότητας (EQR)



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

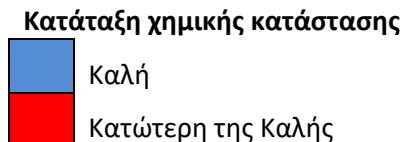
- Μέγιστο οικολογικό δυναμικό: Οι τιμές των σχετικών βιολογικών ποιοτικών στοιχείων αντικατοπτρίζουν, στο μέτρο του δυνατού, τις τιμές που χαρακτηρίζουν τον πλέον συγκρίσιμο τύπο συστήματος επιφανειακών υδάτων, λαμβανομένων υπόψη των φυσικών συνθηκών που απορρέουν από τα τεχνητά ή ιδιαιτέρως τροποποιημένα 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.
- Μέτριο οικολογικό δυναμικό: Μέτριες αλλαγές των τιμών των σχετικών βιολογικών ποιοτικών στοιχείων σε σχέση με τις τιμές που απαντούν στο μέγιστο οικολογικό δυναμικό.

B. 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 5: Κατηγορίες αξιολόγησης της χημικής κατάστασης επιφανειακών υδατικών συστημάτων



Η μεθοδολογία ταξινόμησης των επιφανειακών υδατικών συστημάτων του ΥΔ Κρήτης, 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.

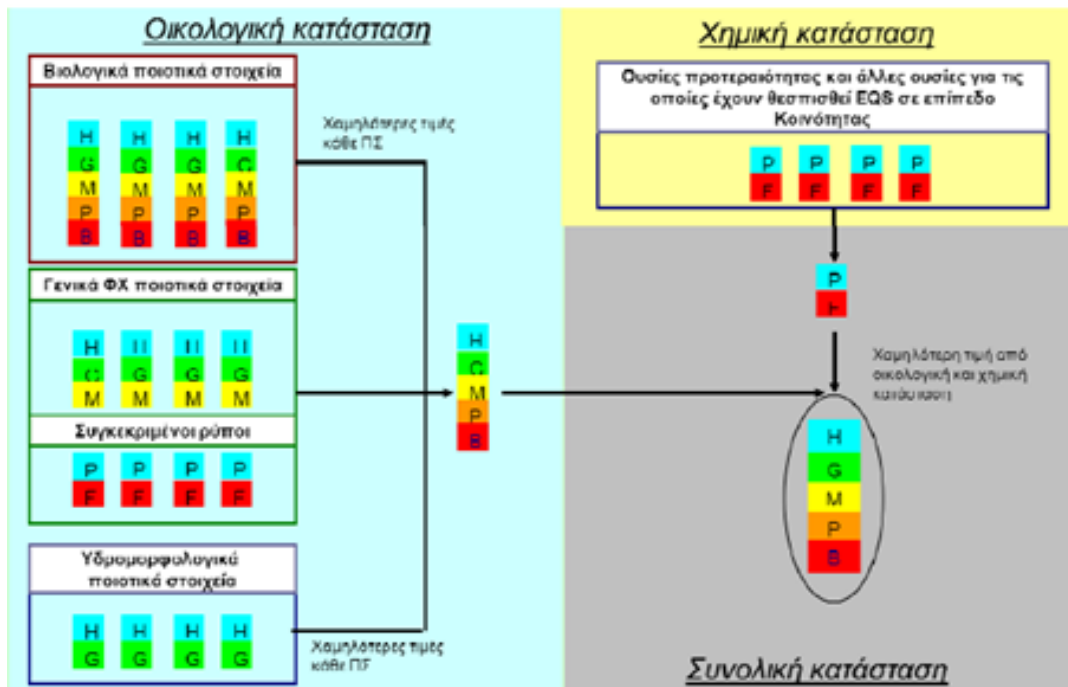
Για τα υδατικά συστήματα, για τα οποία δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις, θα εκτιμηθεί σε ποιες περιπτώσεις επιτυγχάνονται ή όχι οι στόχοι της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Ως αποτέλεσμα, τα επιφανειακά

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 Σχήμα 6 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 6: Λογικό διάγραμμα αξιολόγησης της συνολικής κατάστασης των επιφανειακών υδατικών συστημάτων



ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΛΙΜΝΑΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

1. ΜΕΘΟΔΟΣ

Στο πλαίσιο του προγράμματος παρακολούθησης της περιόδου 2012-2015, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες και αναλύσεις βιολογικών, φυσικοχημικών και υδρομορφολογικών στοιχείων ποιότητας στους σταθμούς του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης λιμνών του Παραρτήματος της ΚΥΑ 140384/2011.

Σε ό,τι αφορά τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία, για την ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης, συνοπτικά ισχύουν τα εξής:

- Φυτοπλαγκτό: Εφαρμόζεται η Μεσογειακή μέθοδος αξιολόγησης «New Mediterranean Assessment System Reservoirs Phytoplankton (NMASRP)», σε βαθείς ταμιευτήρες (τύποι LM 5/7 και LM 8). Η μέθοδος έχει διαβαθμονομηθεί στη Μεσογειακή Ομάδα Διαβαθμονόμησης (de Hoyos et al. 2014, Com Decision 2013/480/EE). Η εφαρμογή της μεθόδου στην Ελλάδα περιγράφεται σε σχετική έκθεση που έχει υποβληθεί και εγκριθεί από το ECOSTAT (Tsiaoussi et al. 2016).
- Φυτοπλαγκτό: Αναπτύχθηκε η μέθοδος αξιολόγησης HeLPhy (Hellenic Lake Phytoplankton), η οποία εφαρμόζεται σε φυσικές λίμνες (βαθείς μονομικτικές, μέσου βάθους > 9 m, ρηχές πολυμικτικές λίμνες μέσου βάθους 3-9 m). Η μέθοδος ανάπτυξης και τα ειδικότερα χαρακτηριστικά της μεθόδου αξιολόγησης περιγράφονται αναλυτικά σε σχετική έκθεση που έχει υποβληθεί και εγκριθεί από το ECOSTAT (Tsiaoussi et al. 2016).
- Υδρόβια μακρόφυτα: Αναπτύχθηκε η μέθοδος αξιολόγησης HeLM (Hellenic Lake Macrophytes), η οποία εφαρμόζεται σε φυσικές λίμνες (βαθείς μονομικτικές, μέσου βάθους > 9 m, ρηχές πολυμικτικές λίμνες μέσου βάθους 3-9 m). Η μέθοδος ανάπτυξης και τα ειδικότερα χαρακτηριστικά της μεθόδου αξιολόγησης περιγράφονται αναλυτικά σε σχετική έκθεση που έχει υποβληθεί και εγκριθεί από το ECOSTAT (Zervas et al. 2016).
- Ιχθυοπανίδα: Αναπτύχθηκε η μέθοδος αξιολόγησης GLFI (Greek Lake Fish Index), η οποία εφαρμόζεται σε φυσικές λίμνες. Η μέθοδος ανάπτυξης και τα ειδικότερα χαρακτηριστικά της μεθόδου αξιολόγησης περιγράφονται αναλυτικά σε σχετική έκθεση που έχει υποβληθεί στο ECOSTAT (Petriki et al. 2016).
- Ζωοβένθος: Αναπτύχθηκε η μέθοδος αξιολόγησης, η οποία εφαρμόζεται σε φυσικές λίμνες. Η μέθοδος ανάπτυξης και τα ειδικότερα χαρακτηριστικά της μεθόδου αξιολόγησης περιγράφονται αναλυτικά σε σχετική έκθεση που θα υποβληθεί στο ECOSTAT.

Η περιγραφή των μεθόδων αξιολόγησης δίδεται ακολούθως:

1. Μέθοδος Αξιολόγησης NMASRP (New Mediterranean Assessment System for Reservoirs Phytoplankton)

Υδατικό σύστημα	Βιολογικό Στοιχείο Ποιότητας	Ταξινομική σύνθεση	Αφθονία	Συχνότητα και ένταση ανθίσεων φυτοπλαγκτού
Λίμνες	Φυτοπλαγκτό	Δείκτης IGA	Συγκέντρωση χλωροφύλλης α Συνολικός βιοόγκος	Βιοόγκος κυανοβακτηρίων

Πρόκειται για έναν πολυμετρικό δείκτη, όπου όλες οι επιμέρους παράμετροι υπολογίζονται ισάξια και διαχωρίζονται σε αυτές που αφορούν στη βιομάζα και σε αυτές που σχετίζονται με τη σύνθεση του φυτοπλαγκτού. Οι τέσσερις αυτές παράμετροι είναι οι εξής:

-Χλωροφύλλη α (μg/l)

- Συνολικός Βιοόγκος Φυτοπλαγκτού (mm³/l)

-Συνολικός βιοόγκος κυανοβακτηρίων (mm³/l). Στην παράμετρο αυτή περιλαμβάνονται όλα τα είδη των κυανοβακτηρίων εκτός από αυτά που χαρακτηρίζονται ως chroococals, συμπεριλαμβανομένων ωστόσο των ειδών *Woronichinia* και *Microcystis*.

-Index Des Grups Algals (IGA) (Catalan et al., 2003)

Ο δείκτης IGA υπολογίζεται με βάση την παρακάτω εξίσωση, η οποία λαμβάνει υπόψη την ποσοστιαία συμμετοχή των κυρίαρχων ομάδων φυτοπλαγκτού μέσα στο δείγμα. Η εξίσωση αυτή μπορεί να εφαρμοστεί στα δείγματα εκείνα όπου ο βιοόγκος των κυρίαρχων ομάδων συνιστά το 70% ή παραπάνω του συνολικού βιοόγκου.

$$CI = [1 + 0.1Cr + Cc + 2(Dc + Chc) + 3Vc + 4Cia] / [1 + 2(D + Cnc) + Chnc + Dnc]$$

Στη συνέχεια οι τιμές των παραμέτρων εκφράζονται ως λόγοι οικολογικής ποιότητας (Ecological Quality Ratio, EQR), οι οποίοι παίρνουν τιμές μεταξύ του μηδενός και του ενός και τέλος εφαρμόζεται η παρακάτω εξίσωση:

$$NMASRP = \frac{\left(\frac{EQRn(Chl) + EQRn(BV)}{2} + \frac{EQRn(IGA) + EQRn(CyanoBV)}{2} \right)}{2}$$

Σε περίπτωση που ο βιοόγκος των κυρίαρχων ομάδων είναι μικρότερος ή ίσος από το 70% του συνολικού βιοόγκου, τότε η εξίσωση διαμορφώνεται ως εξής:

$$NMASRP = \frac{\left(\frac{EQRn(Chl) + EQRn(BV)}{2} + EQRn(CyanoBV) \right)}{2}$$

Τα όρια του Λόγου Οικολογικής Ποιότητας της μεθόδου αξιολόγησης NMASRP δίδονται στον κατωτέρω πίνακα.

Πίνακας 1: Όρια Λόγου Οικολογικής Ποιότητας της μεθόδου αξιολόγησης NMASRP

NMASRP	Οικολογική Κατάσταση
0.80-1.00	Υψηλή
0.60-0.80	Καλή
0.40-0.60	Μέτρια
0.20-0.40	Ελλιπής
0.00-0.20	Κακή

Το Όριο του Λόγου Οικολογικής Ποιότητας Καλού/Μέτριου Οικολογικού Δυναμικού είναι 0,6 και έχει καθορισθεί στην Απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής 2013/480/ΕΕ. Η μέθοδος του δείκτη και τα ειδικότερα χαρακτηριστικά αυτού περιγράφονται σε σχετική έκθεση του Joint Research Centre (de Hoog 2014), ενώ η εφαρμογή του στην Ελλάδα περιγράφεται σε σχετική έκθεση που έχει υποβληθεί και εγκριθεί από το ECOSTAT (Tsiaoussi et al. 2016).

2. Μέθοδος Αξιολόγησης HeLPhy (Hellenic Lake Phytoplankton)

Υδατικό σύστημα	Βιολογικό Στοιχείο Ποιότητας	Ταξινομική σύνθεση	Αφθονία	Συχνότητα και ένταση ανθίσεων φυτοπλαγκτού
Λίμνες	Φυτοπλαγκτό	Τροποποιημένος Δείκτης Nygaard	Συγκέντρωση χλωροφύλλης α Συνολικός βιοόγκος φυτοπλαγκτού	Βιοόγκος κυανοβακτηρίων

Πρόκειται για έναν πολυμετρικό δείκτη, όπου όλες οι επιμέρους παράμετροι υπολογίζονται ισάξια και διαχωρίζονται σε αυτές που αφορούν στη βιομάζα και αυτές που σχετίζονται με τη σύνθεση του φυτοπλαγκτού. Οι τέσσερις αυτές παράμετροι είναι οι εξής:

-Χλωροφύλλη α (μg/l)

- Συνολικός Βιοόγκος Φυτοπλαγκτού (mm³/l)

-Συνολικός βιοόγκος κυανοβακτηρίων (mm³/l). Στην παράμετρο αυτή περιλαμβάνονται όλα τα είδη των κυανοβακτηρίων εκτός από αυτά που χαρακτηρίζονται ως chroococals, συμπεριλαμβανομένων ωστόσο των ειδών *Woronichinia* και *Microcystis*.

- Τροποποιημένος δείκτης Nygaard

Η εξίσωση του δείκτη είναι (από Ott & Laugaste 1996):

$$PCQ = \frac{Cyanophyta + Chlorococcales + Centrales + Euglenophyceae + Cryptophyta + 1}{Desmidiaceae + Chrysophyta + 1}$$

Στη συνέχεια οι τιμές των παραμέτρων εκφράζονται ως λόγοι οικολογικής ποιότητας (Ecological Quality Ratio, EQR), οι οποίοι παίρνουν τιμές μεταξύ του μηδενός και του ενός και τέλος εφαρμόζεται η παρακάτω εξίσωση:

$$HeLPhy = \frac{\left(\frac{nEQR_{Chl} + nEQR_{BV}}{2} + \frac{nEQR_{mod\ Nygaard} + nEQR_{CyanoBV}}{2} \right)}{2}$$

HeLPhy: Τελική τιμή της μεθόδου αξιολόγησης HeLPhy

nEQRChl: Λόγος Οικολογικής Ποιότητας για την παράμετρο Chl a

nEQRBV: Λόγος Οικολογικής Ποιότητας για την παράμετρο Συνολικός Βιοόγκος Φυτοπλαγκτού

nEQRmodNygaardi: Λόγος Οικολογικής Ποιότητας για την παράμετρο τροπ. Δείκτης Nygaard

nEQRcyanoBV: Λόγος Οικολογικής Ποιότητας για την παράμετρο Βιοόγκος Κυανοβακτηρίων

Τα όρια της μεθόδου αξιολόγησης HeLPhy δίδονται κατωτέρω.

Πίνακας 2. Όρια Λόγου Οικολογικής Ποιότητας της μεθόδου αξιολόγησης HeLPhy.

HeLPhy	Οικολογική κατάσταση
0.80-1.00	Υψηλή
0.60-0.80	Καλή
0.40-0.60	Μέτρια
0.20-0.40	Ελλιπής
0.00-0.20	Κακή

Η μέθοδος ανάπτυξης και τα ειδικότερα χαρακτηριστικά της μεθόδου αξιολόγησης HeLPhy με βάση το φυτοπλαγκτό περιγράφονται αναλυτικά σε σχετική έκθεση που έχει υποβληθεί και εγκριθεί από το ECOSTAT (Tsiaoussi et al. 2016).

3. Μέθοδος Αξιολόγησης HeLM (Hellenic Lake Macrophyte)

Υδατικό σύστημα	Βιολογικό Στοιχείο Ποιότητας	Ταξινομική σύνθεση και ευαισθησία/ανθεκτικότητα	Αφθονία
Λίμνες	Υδρόβια μακρόφυτα	TIHeLM : Συνολικός βαθμός χαρακτηριστικών ειδών, ανάλογα με την τιμή και την αφθονία κάθε είδους	Cmax: Μέγιστο Βάθος Αποίκησης

Η μέθοδος αξιολόγησης HeLM αποτελείται από δύο μετρικές:

- **Trophic Index HeLM (TIHeLM)**. Πρόκειται για μια τροποποιημένη εκδοχή της παραμέτρου **Intercalibration Common Metric for lake macrophytes (ICMLM)**, η οποία βασίζεται σε βαθμούς τροφικής κατάστασης (Lake Trophic Ranks, LTRs), με βάση την απόκριση κάθε είδους στον ευτροφισμό. Οι τιμές αυτές έχουν προκύψει από πανευρωπαϊκή άσκηση διαβαθμονόμησης (Kolada et al. 2011). Οι προσαρμογές του ελληνικού δείκτη **TIHeLM** αφορούν πρώτον στην ενσωμάτωση των ελοφύτων, καθώς όπως αναφέρει η Kolada (2016) προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για την κατάσταση των οικοσυστημάτων και μπορούν να υποστηρίξουν την αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης από την πίεση του ευτροφισμού. Η δεύτερη προσαρμογή αφορά στην συνεκτίμηση της σχετικής αφθονίας των ειδών, ώστε να περιοριστεί η κυριαρχία ορισμένων ειδών στον δείκτη. Τέλος, η τελική τιμή του δείκτη για κάθε λίμνη προκύπτει από το μέσο όρο των επιμέρους δειγματοληπτικών λωρίδων (transect).
- **Μέγιστο Βάθος Αποίκησης (Cmax)**. Είναι μία ευρέως χρησιμοποιούμενη μετρική αφθονίας των υδρόβιων μακροφύτων. Οι τιμές κυμαίνονται από 0 στις υπερέυτροφες λίμνες χωρίς καθόλου υδρόβια βλάστηση, έως πολλά μέτρα, στις ολιγότροφες λίμνες.

Η πρώτη παράμετρος για κάθε λίμνη προκύπτει από τον μέσο όρο των τιμών του δείκτη Trophic Index HeLM για κάθε δειγματοληπτική λωρίδα, όπως αυτός υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$THeLM_{TRANS} = \sum_{i=1}^n (RAb_i \times LTR_i)$$

όπου $THeLM_{TRANS}$: Ο δείκτης HeLM Trophic Index για την εκάστοτε δειγματοληπτική λωρίδα

n : Αριθμός taxa της συγκεκριμένης δειγματοληπτικής λωρίδας

RAb_i : Σχετική αφθονία κάθε taxon στη συγκεκριμένη δειγματοληπτική λωρίδα

LTR_i : Βαθμός τροφικής κατάστασης κάθε taxon

Όσον αφορά στη δεύτερη παράμετρο, υπολογίζεται ο μέσος όρος των ετήσιων τιμών του μέγιστου βάθους αποίκησης για κάθε λίμνη για μία περίοδο τριών ετών.

Στη συνέχεια οι τιμές των δύο παραμέτρων μετατρέπονται σε λόγους οικολογικής ποιότητας (EQRs), οι οποίοι παίρνουν τιμές μεταξύ του μηδενός και του ενός και τέλος υπολογίζεται η τελική τιμή της μεθόδου αξιολόγησης HeLM για κάθε λίμνη, σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$HeLM_i = nEQR_{HeLM_i} = \frac{nEQR_{THeLM_i} + nEQR_{Cmaxi}}{2}$$

όπου $HeLM_i$: Τελική τιμή μεθόδου αξιολόγησης HeLM για την εκάστοτε λίμνη

$nEQR_{THeLM_i}$: Λόγος οικολογικής ποιότητας για την παράμετρο $THeLM$

$nEQR_{Cmaxi}$: Λόγος οικολογικής ποιότητας για την παράμετρο του μέγιστου βάθους αποίκησης

Πίνακας 3: Λόγου Οικολογικής Ποιότητας της μεθόδου αξιολόγησης HeLM

$HeLM_i$	Οικολογική Κατάσταση
0.80-1.00	Υψηλή
0.60-0.80	Καλή
0.40-0.60	Μέτρια
0.20-0.40	Ελλιπής
0.00-0.20	Κακή

Η μέθοδος ανάπτυξης και τα ειδικότερα χαρακτηριστικά της μεθόδου αξιολόγησης HeLM με βάση τα υδρόβια μακρόφυτα περιγράφονται αναλυτικά σε σχετική έκθεση που έχει υποβληθεί και εγκριθεί από το ECOSTAT (Zervas et al. 2016).

4. Μέθοδος αξιολόγησης GLFI (Greek Lake Fish Index)

Υδατικό σύστημα	Βιολογικό Στοιχείο Ποιότητας	Ταξινομική σύνθεση και αφθονία
Λίμνες	Ιχθυοπανίδα	OMNI _b : σχετική βιομάζα παμφάγων ειδών Introduced _a : σχετική αφθονία ειδών εισαγωγής (introduced*)

*Αφορά σε ξενικά είδη και σε είδη προερχόμενα από εμπλουτισμούς.

Ο δείκτης GLFI (Greek Lake Fish Index) αποτελείται από δύο μετρικές της ιχθυοπανίδας και συγκεκριμένα τις OMNI_b: σχετική βιομάζα παμφάγων ειδών και Introduced_a: σχετική αριθμητική αφθονία ειδών εισαγωγής. Η πρώτη μετρική αποκρίνεται (όπως βρέθηκε μετά από βηματική πολλαπλή γραμμική συσχέτιση της μετρικής με περιβαλλοντικούς περιγραφείς των λιμνών και πιέσεις στη λεκάνη απορροής) στις συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου στο νερό που αποτελεί ένδειξη του ευτροφισμού και η δεύτερη στον δείκτη τροποποίησης του λιμναίου οικοσυστήματος (LHMS) που δείχνει την γενικότερη υποβάθμιση του λιμναίου συστήματος (Πίνακας 4).

Η μέθοδος αξιολόγησης GLFI αναπτύχθηκε και εφαρμόζεται για 11 φυσικές λίμνες που ανήκουν σε 3 τύπους. Η μέθοδος αποτελεί ουσιαστικά ένα μοντέλο, στο οποίο εισάγονται παράμετροι κάθε λίμνης και ειδικότερα: Αλκαλικότητα, μέγιστο βάθος, υψόμετρο, συγκεντρώσεις ολικού φωσφόρου, μη φυσική κάλυψη γης και αξιολόγηση τροποποίησης ενδιαιτήματος (LHMS), με βάση την εξίσωση του κατωτέρω πίνακα 4. Το κλάσμα της οικολογικής ποιότητας, δηλαδή η απόκλιση των μετρικών από τις συνθήκες αναφοράς, εκτιμήθηκε με τη μέθοδο «αναδρομής στο παρελθόν». Συγκεκριμένα, η θεωρητική τιμή της μετρικής σε αδιατάρακτες συνθήκες εκτιμήθηκε μετά το μηδενισμό ή την ελαχιστοποίηση των πιέσεων.

Η τελική τιμή του δείκτη GLFI εκτιμάται ως η μέση τιμή των κλασμάτων οικολογικής ποιότητας (EQR) των δύο μετρικών με βάση τη σχέση:

$$GLFI = \frac{EQR_{OMNI_b} + EQR_{Introduced_a}}{2} \quad (\text{Εξίσωση 1})$$

όπου:

$$EQR_{OMNI_b} = 0,8 * \left(1 - \frac{(OMNI_{b_obs} - OMNI_{b_hind}) - 0,219}{1,4957} \right) \quad (\text{Εξίσωση 2})$$

και

$$EQR_{Introduced_a} = 0,8 * \left(1 - \frac{(Introduced_{a_obs} - Introduced_{a_hind}) - 1,004}{1,5683} \right) \quad (\text{Εξίσωση 3})$$

Τα όρια του Λόγου Οικολογικής Ποιότητας της μεθόδου αξιολόγησης GLFI δίδονται στον πίνακα κατωτέρω.

Πίνακας 5. Όρια Λόγου Οικολογικής Ποιότητας της μεθόδου αξιολόγησης GLFI.

GLFI	Οικολογική κατάσταση
0.80-1.00	Υψηλή
0.60-0.80	Καλή
0.40-0.60	Μέτρια
0.20-0.40	Ελλιπής
0.00-0.20	Κακή

Η μέθοδος ανάπτυξης και τα ειδικότερα χαρακτηριστικά της μεθόδου αξιολόγησης GLFI με βάση την ιχθυοπανίδα περιγράφονται αναλυτικά σε σχετική έκθεση που έχει υποβληθεί στο ECOSTAT (Petriki et al. 2016).

Πίνακας 4. Παράμετροι του μοντέλου πολλαπλών παλινδρομήσεων των δύο μετρικών OMNI_b και Introduced_a που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της μεθόδου αξιολόγησης.

Metrics	intercept	Περιβαλλοντικοί περιγραφείς			Πιέσεις			Adj. R ²	p
		log(Alk)	log(Alt)	log(Z _{max})	log(NNLC)	log(LHMS+1)	log(TP)		
arcsin(VOMNI _b)	-2.509**	1.733**		0.522.	-0.601*	-0.422	1.591**	0.751	<0.05
arcsin(VIntroduced _a)	-1.356.		0.2880.	0.559.		0.938*		0.489	0.05

Επίπεδο σημαντικότητας ‘***’: 0, ‘**’: 0,001, ‘*’: 0,01, ‘.’: 0,05. Alk: αλκαλικότητα (mEq/l), Alt: υψόμετρο (m), Z_{max}: μέγιστο βάθος (m), NNLC: έκταση λεκάνης απορροής που καλύπτεται από μη φυσική χρήση γης (km²), LHMS: δείκτης τροποποίησης λιμναίου ενδιαιτήματος, TP: συγκεντρώσεις ολικού φωσφόρου (μg/l), OMNI_b: ποσοστιαία συμμετοχή των παμφάγων ειδών στη συνολική βιομάζα του αλιεύματος των βενθικών διχτυών (%), Introduced_a: ποσοστιαία αριθμητική συμμετοχή των ειδών εισαγωγής στο αλίουμα των βενθικών διχτυών (%).

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Απόφαση 2013/480/ΕΕ της Επιτροπής, της 20ής Σεπτεμβρίου 2013, για τον καθορισμό, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, των τιμών των ταξινομήσεων στα συστήματα παρακολούθησης των κρατών μελών, βάσει των αποτελεσμάτων της διαβαθμονόμησης και την κατάργηση της απόφασης 2008/915/ΕΚ (ΕΕ L 266 της 8.10.2013).
- de Hoyos C., J. Catalan, G. Dörflinger, J. Ferreira, D. Kemitzoglou, C. Laplace-Treytore, J.P. Lopez, A. Marchetto, O. Mihail, G. Morabito, P. Polykarpou, F. Romão, V. Tsiaoussi, and S. Poikane (ed.), 2014. Mediterranean Lake Phytoplankton ecological assessment methods. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Joint Research Centre Technical Reports.
- Petriki O., M. Lazaridou, and D. Bobori. 2016. Report on the development of the national assessment method for the ecological quality of natural lakes in Greece, using the Biological Quality Element “Fish” (GLFI, Greek Lake Fish Index). Aristotle University of Thessaloniki, School of Biology, 22 p.
- Petriki, O., M. Lazaridou, and D.C. Bobori. accepted. A fish-based index for the assessment of the ecological quality of temperate lakes. Ecological Indicators.
- Tsiaoussi V., D. Kemitzoglou, and E. Mavromati. 2016. Report on the application of phytoplankton index NMASRP for reservoirs in Greece. Greek Biotope/Wetland Centre and Special Secretariat for Waters, Ministry of Environment. Thermi, Greece. 16 p.
- Tsiaoussi V., E. Mavromati, and D. Kemitzoglou. 2016. Report on the development of the national method for the assessment of the ecological status of natural lakes in Greece, using the biological quality element “phytoplankton”. Greek Biotope/Wetland Centre and Special Secretariat for Waters, Ministry of Environment. Thermi, Greece. 16 p.
- Zervas D., V. Tsiaoussi, and I. Tsiripidis. 2016. Report on the development of the national assessment method for the ecological status of natural lakes in Greece, using the Biological Quality Element “Macrophytes” (Hellenic Lake Macrophytes-HeLM assessment method). Greek Biotope/Wetland Centre and Special Secretariat for Waters, Ministry of Environment. Thermi, Greece. 22 p.