



ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΡΝΑ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΥΡΑΝΤΩΝΑΚΗ ΦΩΤΕΙΝΗ

ΧΑΝΙΑ 2010



ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΡΝΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΥΡΑΝΤΩΝΑΚΗ ΦΩΤΕΙΝΗ

Επιβλέπων : Δρ. Γ. Σταυρουλάκης Καθηγητής

Επιτροπή Αξιολόγησης : Δρ. Κώττη Μελίνα
Καθηγήτρια Εφαρμογών

Παπαφιλίππáκη Ανδρονίκη (MSc)
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Ημερομηνία παρουσίασης : 02/07/2010

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 38

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου Γεώργιο Σταυρουλάκη για την καθοδήγησή του από την αρχή μέχρι το τέλος για την διεκπεραίωση της πτυχιακής μου εργασίας και κυρίως για τη συμβολή του στο κομμάτι των δειγματοληψιών, στην Ελένη Κατσιμεντέ και στη Ρίτα Βλάχου για την πολύτιμη βοήθειά τους στο κομμάτι των ποιοτικών αναλύσεων στο χώρο του εργαστηρίου, καθώς επίσης και στην Κρυσταλλία Σηφακάκη για την βοήθειά της πάνω σε θέματα διαχείρισης προγραμμάτων στον υπολογιστή, αλλά κυρίως για την ανεκτίμητη ψυχολογική υποστήριξή της για την διεκπεραίωση της ακόλουθης πτυχιακής εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ, ακόμη, στους γονείς μου που χωρίς τη δική τους βοήθεια και υποστήριξη τόσα χρόνια, δεν θα είχα καταφέρει να φτάσω ως εδώ...

Ευχαριστώ...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ABSTRACT	- 10 -
Pollution Control of Lake Kournas -	- 10 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	- 11 -
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 11 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	- 12 -
2.1.i ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΑ.....	- 12 -
2.1.ii ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΛΙΜΝΗ	- 12 -
2.2 ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΙΣ ΛΙΜΝΕΣ	- 12 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	- 15 -
3.1 ΓΕΝΕΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΛΙΜΝΩΝ.....	- 15 -
3.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ.....	- 15 -
3.2.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ-ΑΝΑΜΙΞΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	- 16 -
3.2.2 ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΒΑΘΜΟ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ ΤΟΥΣ.....	- 17 -
3.2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΑΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ	- 17 -
ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΙΜΝΩΝ.....	- 25 -
3.3 ΛΙΜΝΑΙΑ ΖΩΝΩΣΗ	- 25 -
<i>ΠΥΘΜΕΝΙΚΕΣ</i>	- 25 -
ΠΕΛΑΓΙΚΗ ΖΩΝΗ	- 26 -
3.4 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΛΙΜΝΩΝ - ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	- 26 -
3.5 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ	- 28 -
3.6 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	- 29 -
3.6.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ – ΑΝΑΜΙΞΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	- 29 -
3.6.2 ΣΤΡΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	- 30 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	- 31 -
4.1. ΑΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΛΙΜΝΩΝ	- 31 -
4.1.1. ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	- 31 -
4.1.1.i.ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΝΕΡΟ.....	- 32 -
4.1.1.ii. ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟ ΝΕΡΟ	- 32 -
4.1.1.iii. ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	- 33 -
4.1.2. ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ.....	- 34 -
4.1.3. ΧΡΩΜΑ	- 35 -
4.1.3.i. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	- 36 -
4.1.4. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	- 37 -
4.1.5. ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ	- 38 -
4.2. ΧΗΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	- 40 -
4.2.1. ΟΞΥΓΟΝΟ	- 40 -
4.2.2. ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (BOD).....	- 42 -
4.2.3. ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ.....	- 44 -
4.2.4. ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	- 45 -
4.2.5. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΙΟΝΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ.....	- 46 -
4.2.5.i. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	- 47 -
4.2.6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ.....	- 48 -
4.2.7. ΑΝΙΟΝΤΑ	- 49 -
4.2.7.i. ΑΛΑΤΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ, ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑΣ	- 49 -

4.2.7.ii. ΑΛΟΓΟΝΑ, ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ.....	- 50 -
4.2.7.iii. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	- 50 -
4.2.7.iv. ΘΕΙΟ.....	- 51 -
4.2.7.v. ΑΖΩΤΟ	- 52 -
4.2.7.vi. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ.....	- 53 -
4.2.7.vii. ΦΩΣΦΟΡΟΣ.....	- 53 -
4.2.8. ΚΑΤΙΟΝΤΑ	- 54 -
4.2.8.i. ΑΛΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΑΛΚΑΛΙΚΕΣ ΓΑΙΕΣ	- 54 -
4.2.8.ii. ΑΣΒΕΣΤΙΟ.....	- 54 -
4.2.8.iii. ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	- 55 -
4.2.8.v. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΛΑΤΩΝ	- 55 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	- 57 -
ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ NATURA 2000 ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	- 57 -
5.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 57 -
5.2. ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΟΔΗΓΙΑ 92/43/ΕΟΚ ΚΑΙ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ NATURA 2000	- 58 -
5.2.1.ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ NATURA 2000	- 58 -
5.2.2. Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	- 59 -
5.3. ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	- 60 -
5.3.1. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ.....	- 60 -
5.3.2. ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΕ ΦΟΡΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	- 61 -
5.4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ NATURA 2000 ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ(Φεβρ.07).....	- 65 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	- 68 -
6.1. ΟΙ ΛΙΜΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ - ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΛΙΜΝΕΣ.....	- 68 -
6.2. ΟΙ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΛΙΜΝΕΣ.....	- 68 -
ΑΜΒΡΑΚΙΑ.....	- 68 -
ΒΕΓΟΡΙΤΙΣ.....	- 68 -
ΒΙΣΤΟΝΙΣ.....	- 69 -
ΒΟΛΒΗ.....	- 69 -
ΒΟΥΛΚΑΡΙΑ.....	- 69 -
ΔΟΪΡΑΝΗ	- 69 -
ΔΥΣΤΟΣ	- 70 -
ΖΑΖΑΡΗ	- 70 -
ΖΑΡΑΒΙΝΑ	- 70 -
ΚΑΡΛΑ	- 71 -
ΛΙΜΝΗ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ Η ΟΡΕΣΤΙΑΣ	- 71 -
ΚΩΠΑΪΔΑ	- 71 -
ΚΟΡΩΝΕΙΑ.....	- 71 -
ΛΥΣΙΜΑΧΕΙΑ.....	- 72 -
ΞΥΝΙΑΔΑ.....	- 72 -
ΟΖΕΡΟΣ	- 72 -
ΠΑΜΒΩΤΙΣ.....	- 72 -
ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ.....	- 73 -
ΛΙΜΝΗ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΝ	- 73 -
ΠΡΕΣΠΕΣ	- 73 -
ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ.....	- 74 -
ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ	- 74 -
ΠΙΚΡΟΛΙΜΝΗ	- 74 -
ΣΤΥΜΦΑΛΙΑ	- 75 -
ΤΑΚΚΑ	- 75 -

ΤΡΙΧΩΝΙΔΑ	- 75 -
ΤΣΙΒΛΟΥ	- 76 -
ΥΛΙΚΗ	- 76 -
ΧΕΙΜΑΔΙΤΙΣ	- 76 -
ΛΙΜΝΗ ΖΗΡΟΥ	- 77 -
Η ΛΙΜΝΗ ΚΟΜΗΤΗ.....	- 77 -
Η ΛΙΜΝΗ ΣΑΛΤΙΝΗ.....	- 77 -
ΛΙΜΝΗ ΚΟΥΜΟΥΝΔΟΥΡΟΥ	- 77 -
ΟΡΕΙΝΕΣ ΛΙΜΝΕΣ	- 77 -
ΛΙΜΝΕΣ ΤΗΣ ΒΑΛΙΑ ΚΑΛΝΤΑ.....	- 78 -
Η ΛΙΜΝΗ ΛΑΚΚΟΣ	- 78 -
ΛΙΜΝΗ ΓΚΑΜΗΛΑ.....	- 78 -
ΛΙΜΝΗ ΓΑΛΑΝΗ	- 78 -
ΔΡΑΚΟΛΙΜΝΗ ΤΟΥ ΣΜΟΛΙΚΑ.....	- 78 -
ΛΙΜΝΗ ΓΚΙΣΤΟΒΑ	- 79 -
ΛΙΜΝΗ ΤΗΣ ΓΡΙΑΣ.....	- 79 -
ΣΤΕΦΑΝΙΑΔΑ	- 79 -
ΛΙΜΝΗ ΑΡΕΝΩΝ.....	- 79 -
ΜΙΑ ΛΙΜΝΗ ΣΤΟΝ ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	- 79 -
6.3. ΟΙ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΛΙΜΝΕΣ	- 79 -
ΛΙΜΝΗ ΤΟΥ ΔΟΞΑ	- 79 -
ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗΣ.....	- 80 -
ΛΙΜΝΗ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ	- 80 -
ΛΙΜΝΗ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ	- 80 -
ΛΙΜΝΗ ΤΟΥ ΛΑΔΩΝΑ	- 80 -
ΛΙΜΝΗ ΤΟΥ ΜΟΡΝΟΥ	- 81 -
ΛΙΜΝΗ ΜΑΡΑΘΩΝΑ.....	- 81 -
ΛΙΜΝΗ ΠΛΑΣΤΗΡΑ	- 81 -
ΛΙΜΝΗ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ.....	- 82 -
ΛΙΜΝΗ ΤΟΥ ΣΤΡΑΤΟΥ.....	- 82 -
ΦΕΝΕΟΥ ΛΕΚΑΝΗ.....	- 82 -
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ. -	
82 -	
6.5. ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΛΙΜΝΕΣ.....	- 84 -
6.6. ΦΥΣΙΚΟ - ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΟΛΥΝΣΗΣ	- 87 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	- 90 -
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ.....	- 90 -
7.1 ΚΟΥΡΝΑΣ – ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗ.....	- 90 -
7.2 ΛΙΜΝΗ ΚΟΥΡΝΑ – ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	- 91 -
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	- 91 -
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	- 91 -
ΟΡΝΙΘΟΠΑΝΙΔΑ	- 92 -
ΛΟΙΠΗ ΠΑΝΙΔΑ	- 92 -
ΧΛΩΡΙΔΑ.....	- 93 -
ΕΠΟΧΗ – ΚΛΙΜΑ	- 93 -
ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ – ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	- 94 -
ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	- 94 -
ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	- 95 -
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	- 95 -
ΓΕΝΙΚΑ	- 95 -

7.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	- 97 -
ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	- 97 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΟΞΥΤΗΤΑΣ (pH).....	- 97 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (Electrical Conductivity - EC)-	99
-	
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΛΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ (Total Solids ή TS)	- 100 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ (ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ).....	- 102 -
ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	- 105 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑΣ	- 105 -
ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	- 108 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (BOD)-	108
-	
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (COD).....	- 111 -
ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	- 114 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO ₃ ⁻ -N).....	- 114 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΜΜΩΝΙΑΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NH ₄ ⁺ -N).....	- 116 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΩΣΦΟΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ (PO ₄ ³⁻ -P).....	- 117 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΘΕΙΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ (SO ₄ ²⁻)	- 119 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ(Cl ⁻)	- 120 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ Ca ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺	- 123 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΑΛΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (DO)	- 126 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	- 127 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΛΙΚΩΝ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΩΝ (Total Coliforms)	- 127 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΟΠΡΙΚΩΝ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΩΝ (Escherichia coli)	- 131 -
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΟΠΡΙΚΩΝ ΣΤΡΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ-ΕΝΤΕΡΟΚΟΚΚΩΝ (Streptococcus Faecalis).....	- 131 -
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	- 133 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 134 -

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Τύποι λιμνών [1].....	- 17 -
Εικόνα 2: Λιμναίες τεκτονικές λεκάνες. Επάνω, στο βάθος, ένα ρηγματογενές βύθισμα ανάμεσα σε δυο ανυψωμένες μάζες και σε πρώτο πλάνο το ίδιο μετά από μια σημαντική περίοδο διάβρωσης και απόθεσης. Κάτω, διάγραμμα των μεγάλων ρηγματογενών φραγμάτων στα βουνά της βόρειας Σιέρρα Νεβάδα με την πεδιάδα της λίμνης Honey στα ανατολικά [1].....	- 20 -
Εικόνα 3: Ηφαιστειογενείς λίμνες. Μια καλδέρα λίμνη μέσα στον ηφαιστειογενή κώνο και μερικές λίμνες μέσα στις φραγμένες από ροή λάβας κοιλάδες [1]	- 20 -
Εικόνα 4: Η καλδέρα λίμνη Okama στο όρος Ζάο, στη Β. Ιαπωνία [1].....	- 21 -
Εικόνα 5: Λίμνες σχηματισμένες από μια μεγάλη κατολίσθηση σε απόκρυμνη πλευρά διαβρωμένου φαραγγιού (επάνω) και σε μικρή κοιλάδα πίσω από μια πρόσφατη κατολίσθηση (κάτω). Στο βάθος διακρίνονται μερικές άλλες κατολισθήσεις [1].....	- 21 -
Εικόνα 6: Μικρές αμφιθεατρικές λίμνες σχηματισμένες ανάμεσα σε βουνά [1]	- 22 -
Εικόνα 7: Διάγραμμα σχηματισμού διάφορων τύπων κέττλε λιμνών.	- 22 -

Εικόνα 8: Λίμνες από παλιομάνες κατά μήκος του ποταμού Μισσισιπιή [1].....	- 23 -
Εικόνα 9: Επάνω, παράκτιες λίμνες σχηματισμένες από τη δράση των κυμάτων. Κάτω, κόλπος σχηματισμένος από παράκτια αμμοθίνα [1].....	- 23 -
Εικόνα 10: Η λίμνη Ungava ή Chubb μετεωριτικού κρατήρα, μια λεκάνη που μοιάζει με σεληνιακό κρατήρα καλυμμένη από πάγο, έρχεται σε έντονη αντίθεση με τις ακανόνιστες λίμνες ενός πρόσφατα παγωμένου τοπίου που την περιβάλλει [1]	- 24 -
Εικόνα 11 : Μικρές λίμνες σχηματισμένες από φράγματα καστόρων στον ποταμό Carp [1].....	- 24 -
Εικόνα 12 : Το περίγραμμα της τεχνητής λίμνης του Ταυρωπού ή του Μέγδοβα στηνπεριοχή της Καρδίτσας. [1].....	- 25 -
Εικόνα 13: Ετεροβαθμική αρνητική διανομή του οξυγόνου στη λίμνη Sakrowersee (Γερμανία) στις 25 Αυγούστου 1929 [1].....	- 42 -
Εικόνα 14: Οι κυριότερες ελληνικές λίμνες: Μιτρικού, Βιστωνίδα, Κερκίνη, Βόλβη, Κορωνίδα, Δοΐράνη, Βεγορίτιδα, Πετρών, Ζαζάρη, Χειμαδίτιδα, Καστοριά, Μικρή Πρέσπα, Μεγάλη Πρέσπα, Πολύφυτος, Σφικιά, Ασωμάτων, Αώου, Ιωαννίνων, Πουρνάρη, Λούρου, Πλαστήρα, Κρεμαστά, Καστράκη, Στράτος, Αμβρακία, Οζερός, Λυσιμαχεία, Τριχωνίδα, Μόρνου, Παραλίμνη, Υλίκη, Πηνειού. [1].....	- 86 -
Εικόνα 15: Μορφολογική παρουσίαση των Ελληνικών λιμνών σε σχέση με το ύψος. Το βάθος των λιμνών είναι στο ίδιο γράφημα ως ύψος τριγώνου. [1].....	- 88 -
Εικόνα 16: (α) Σταθμός δειγματοληψίας θέση Αμάτι (β) Σταθμός δειγματοληψίας λίμνη Εστιάτορια	- 97 -

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Αναλογία των αλκαλικών διαλυμάτων (CuSO_4 , K_2CrO_4 , CoSO_4) για τη σύνθεση των χρωμάτων της κλίμακας Forel-Ule [1].....	- 36 -
Πίνακας 2: Προστατευόμενες περιοχές σε Εθνικό Επίπεδο (Απρ. 2008) [7]	- 62 -
Πίνακας 3: Προστατευόμενες περιοχές σε Διεθνές και Περιφερειακό Επίπεδο [7]..	- 64 -
Πίνακας 4: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των λιμνών της Ελλάδας [10]	- 82 -
Πίνακας 5: Τα κυριότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυσικών λιμνών της Ελλάδας. [1].....	- 85 -
Πίνακας 6: Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων των κυριότερων ελληνικών λιμνών (ppb). [1].....	- 89 -
Πίνακας 7: Ηλεκτρική αγωγιμότητα ορισμένων ιόντων [18]	- 99 -
Πίνακας 8: Συντελεστές αντιστοιχίας των διαφόρων μονάδων μέτρησης της σκληρότητας. [20]	- 103 -

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Χάρτης της Ελλάδας με τις περιοχές που εντάσσονται στο δίκτυο Natura 2000.....	- 60 -
Σχήμα 2: Μεταβολή των παραμέτρων pH, ηλ. αγωγιμότητας, σκληρότητας, θολερότητας, ολικών στερεών και των συγκεντρώσεων Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} , K^+ στο σημείο	

δειγματοληψίας Μάτι λίμνης Κουρνά για τη χρονική περίοδο από 10/12/2007 – 15/12/2008.

.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

Σχήμα 3: Μεταβολή των παραμέτρων DO (% και mg/l), COD, BOD και των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών, νιτρικών, θειικών και φωσφορικών ιόντων στο σημείο δειγματοληψίας Μάτι λίμνης Κουρνά για τη χρονική περίοδο από 10/12/2007 – 15/12/2008.

.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

Σχήμα 4: Μεταβολή της συγκέντρωσης Total coliforms, E.Coli, Streptococcus fecalis (cfu / 100 ml) στο σημείο δειγματοληψίας Μάτι λίμνης Κουρνά για την περίοδο από 10/12/2007 – 15/12/2008.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

Σχήμα 5: Μεταβολή των παραμέτρων pH, ηλ. αγωγιμότητας, σκληρότητας, θολερότητας, ολικών στερεών και των συγκεντρώσεων Cl⁻, Na⁺, Ca²⁺, K⁺ στο σημείο δειγματοληψίας Εστιατόρια λίμνης Κουρνά για την χρονική περίοδο από 10/12/2007 – 15/12/2008.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

Σχήμα 6: Μεταβολή των παραμέτρων DO (% και mg/l), COD, BOD και των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών, νιτρικών, θειικών και φωσφορικών ιόντων στο σημείο δειγματοληψίας Εστιατόρια λίμνης Κουρνά για την χρονική περίοδο από 10/12/2007 – 15/12/2008.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

Σχήμα 7: Μεταβολή της συγκέντρωσης Total coliforms, E.Coli, Streptococcus fecalis (cfu / 100 ml) στο σημείο δειγματοληψίας Εστιατόρια λίμνης Κουρνά για την χρονική περίοδο από 10/12/2007 – 15/12/2008.**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

Σχήμα 8: Μεταβολή των παραμέτρων pH, ηλ. αγωγιμότητας, σκληρότητας, θολερότητας, ολικών στερεών και των συγκεντρώσεων Cl⁻, Na⁺, Ca²⁺ K⁺ στα σημεία δειγματοληψίας Μάτι και Εστιατόρια λίμνης Κουρνά για τη χρονική περίοδο 10/12/2007 – 15/12/2008.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

Σχήμα 9: Μεταβολή των παραμέτρων DO (% και mg/l), COD, BOD και των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών, νιτρικών, θειικών και φωσφορικών ιόντων στα σημεία δειγματοληψίας Μάτι και Εστιατόρια λίμνης Κουρνά για τη χρονική περίοδο 10/12/2007 – 15/12/2008.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

Σχήμα 10: Μεταβολή της συγκέντρωσης Total coliforms, E.Coli, Streptococcus fecalis (cfu / 100 ml) στα σημεία δειγματοληψίας Μάτι και Εστιατόρια λίμνης Κουρνά για τη χρονική περίοδο 10/12/2007 – 15/12/2008.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

ABSTRACT

Pollution Control of Lake Kournas -

A systematic positional and temporal water quality observation of Lake Kournas with a view of discussing the existence and degree of its possible pollution.

The experimental part of the following diplomatic dissertation was accomplished from December 2007 to December 2008 in the Water and Soil Quality Control Laboratory located at the premises of TEI CRETE – Department of Chania. The methodology that is followed relies mostly on the collection of samples from two purposefully selected stations in the lake: “Amati” meaning eye and “Estiatoria” signifying restaurants. The aim of this thesis is the systematic positional and temporal water quality observation of Lake Kournas in order to examine the possibility and the extend of its feasible pollution. The latter designates the utmost importance of the lake as a basic source of water supply to the surrounding areas both in terms of watering and as far as irrigation is concerned.

Initially, there is a brief reference to the terms Limnology, Lake as well as to Water Balance that governs lakes, ingeniously included in Chapter 2. The main part of the essay is incorporated in Chapter 3, which actually refers to the formation of lakes, the various lake classifications based on different classification rules, such as the degree of water eutrophication, the discernible areas in a lake, etc. Moreover, Chapter 4 delineates all natural and chemical abiotic factors in a lake, i.e. light and oxygen respectively, the study of which is significant since lakes affect the organisms that live in them.

Furthermore, Chapter 5 comprises an extended presentation of what the network of protected areas Natura 2000 is about, as Lake Kournas is one of them. It also analyses the institutional framework that rules the regions included in the network in Greece. Additionally, Chapter 6 mostly focuses on the region of interest, namely Lake Kournas. Chapter 7 puts the finishing touch of this dissertation and at the same time constitutes the experimental section of it.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πειραματικό μέρος της ακόλουθης πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών & Εδαφικών Πόρων που βρίσκεται στο χώρο του ΤΕΙ Κρήτης - παράρτημα Χανίων, από τον Δεκέμβριο του 2007 έως τον Δεκέμβριο του επόμενου έτους. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε στη λήψη δειγμάτων από δυο επιλεγμένα σημεία δειγματοληψίας της λίμνης: Αμάτι και Εστιατόρια. Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η συστηματική χωροχρονική παρακολούθηση της ποιότητας των νερών της λίμνης Κουρνά, προκειμένου να διερευνηθεί η ύπαρξη και ο βαθμός της ενδεχόμενης ρύπανσής της, γεγονός που υποδεικνύει και το βαθμό σπουδαιότητάς της, μιας και η λίμνη του Κουρνά αποτελεί την βασική πηγή υδροδότησης των γύρω περιοχών, τόσο από υδρευτικής, όσο και από αρδευτικής σημασίας.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν γίνεται αρχικά μια σύντομη αναφορά στους ορισμούς της Λιμνολογίας και της Λίμνης, καθώς και στο Ισοζύγιο του νερού που διέπει τις λίμνες (Κεφάλαιο 2). Έπειτα, ακολουθεί το κυρίως μέρος της εργασίας στο Κεφάλαιο 3, με αναφορά στη γένεση και προέλευση των λιμνών, τις διάφορες ταξινομήσεις των λιμνών με βάση διάφορους παράγοντες ταξινόμησης (βαθμός ευτροφισμού τους, δημιουργία κ.τ.λ), τις ζώνες που διακρίνουμε σε μια λίμνη και πολλά άλλα. Στο Κεφάλαιο 4 αναφέρονται όλοι οι φυσικοί και χημικοί αβιοτικοί παράγοντες των λιμνών, όπως το φως και το οξυγόνο αντίστοιχα παραδείγματος χάριν, η μελέτη των οποίων είναι πάρα πολύ σημαντική, αφού επηρεάζουν τους οργανισμούς που ζουν σε αυτές.

Ακόμη, θεωρήθηκε σκόπιμο μιας και η λίμνη του Κουρνά εμπεριέχεται μέσα στο δίκτυο των προστατευόμενων περιοχών Natura 2000, να γίνει μια εκτενής αναφορά για το τί είναι το δίκτυο αυτό, καθώς και για το θεσμικό πλαίσιο που το διέπει, τις περιοχές που εντάσσονται σε αυτό στον ελλαδικό χώρο κ.ά αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5. Στο Κεφάλαιο 6 πλέον, δίνονται πληροφορίες για την περιοχή μελέτης ενδιαφέροντος που δεν είναι άλλη από την λίμνη του Κουρνά, ενώ η εργασία ολοκληρώνεται με το Κεφάλαιο 7 το οποίο αποτελεί το πειραματικό μέρος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1.i ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΑ

Λιμνολογία είναι η μελέτη των γλυκών και αλμυρών νερών που περιβάλλονται από χερσαίες εκτάσεις. Αντικείμενό της, δηλαδή, είναι οι λίμνες, φυσικές και τεχνητές, οι χείμαρροι, τα ποτάμια, οι υγρότοποι και οι εκβολές των ποταμών. Η Λιμνολογία εξελίχθηκε σε ξεχωριστή επιστήμη κατά τη διάρκεια των 2 τελευταίων αιώνων και σ' αυτό συντέλεσαν οι βελτιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στα μικροσκόπια, στα θερμόμετρα, ακόμη και η εφεύρεση των λεπτών δικτύων συλλογής του φυτοπλαγκτού, τα οποία μάζ φανέρωσαν ότι οι λίμνες αποτελούν ένα μικρόκοσμο με χαρακτηριστική δομή.

Πατέρας της λιμνολογίας θεωρείται ο **F.A.Forel**, καθηγητής του πανεπιστημίου της Λοζάνης, ο οποίος για πρώτη φορά το 1892 εισάγει τον όρο <<λιμνολογία>> (limnologie) στην εργασία του 'Le Leman: Monographie Limnologique', που αφορά τη μελέτη της γεωλογίας, φυσικής και χημείας της λίμνης της Γενένης της Ελβετίας, γνωστή και με το γαλλικό όνομα Lac Leman. Αξίζει να αναφερθεί ότι και η λέξη πλαγκτόν (plankton) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Hensen το 1887, για να περιγράψει τους πλανόμενους μικροοργανισμούς των γλυκών και αλμυρών νερών και διαδόθηκε από τον Γερμανό βιολόγο Ernst Haeckel που συμπεριέλαβε στον όρο <<πλαγκτόν>> και τους μεγαλύτερους πελαγικούς οργανισμούς.

Σχετική με την καταγραφή της ιστορικής εξέλιξης των λιμνών είναι και η Παλαιολιμνολογία που είναι η μελέτη των λιμναίων ιζημάτων.

2.1.ii ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΛΙΜΝΗ

Ως λίμνη ορίζεται η μικρή ή μεγάλη υδάτινη μάζα με γλυκό, υφάλμυρο ή και αλμυρό νερό, που βρίσκεται συνήθως σε μια κλειστή γεωλογική λεκάνη στην επιφάνεια της γης, χωρίς να έχει άμεση επικοινωνία με τη θάλασσα. Η ελεύθερη επιφάνεια των λιμνών δεν παρουσιάζει μια μέση σταθερή στάθμη, γιατί εξαρτάται από την έκταση και την χωρητικότητα της λίμνης, από τις παροχές των ποταμών και των πηγών και κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες.

Η λίμνη, βέβαια, δεν είναι μόνο μια συλλογή νερού, αλλά ένα οικοσύστημα, μια κοινότητα με αλληλεπιδράσεις μεταξύ ζώων, φυτών, μικροοργανισμών και του φυσικού και χημικού περιβάλλοντος στο οποίο ζουν. Η **ποικιλία** και η **ετερογένεια** αποτελούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των λιμναίων οικοσυστημάτων. Οι λίμνες διαφέρουν μεταξύ τους λόγω φυσικών αιτιών, όπως είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, η θερμοκρασία ή η κίνηση των νερών, διαφέρουν λόγω χημικών αιτιών (διαφοροποίηση στα θρεπτικά συστατικά, τα κυρίαρχα ιόντα, τους ρυπαντές), διαφέρουν ακόμη λόγω βιολογικών αιτιών (όπως η βιομάζα, οι αριθμοί πληθυσμών, οι ρυθμοί ανάπτυξης).

Η λεκάνη απορροής της κάθε λίμνης αποτελεί επίσης ένα σημαντικό παράγοντα για κάθε λιμναίο οικοσύστημα γιατί αφενός μεν υδροδοτεί τη λίμνη με τις απορροές και τις υπολίμνιες πηγές της, αφετέρου μια αλλαγή στη λεκάνη απορροής, όπως μια οικιστική επέκταση, ένα αποστραγγιστικό έργο ή μια φωτιά σε δασική έκτασή της μπορούν να τροποποιήσουν την ευαίσθητη ισορροπία του λιμναίου οικοσυστήματος.

2.2 ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΙΣ ΛΙΜΝΕΣ

Το ισοζύγιο του νερού στις λίμνες εκφράζεται από τη βασική υδρολογική σχέση, στην οποία **οποιαδήποτε αλλαγή στην ποσότητα του νερού που είναι αποθηκευμένη ανά μονάδα χρόνου, ρυθμίζεται από την είσοδο του νερού απ' όλες τις πηγές, μείον την ποσότητα του νερού που χάνεται με οποιονδήποτε τρόπο.** Έτσι, το νερό που εισέρχεται από την κατακρήμνιση, τα επιφανειακά ρεύματα και από τις υπόγειες πηγές ισοσταθμίζεται από το νερό που χάνεται με επιφανειακή απορροή, με διαρροή προς το έδαφος και με εξάτμιση. Καθεμιά από τις παραπάνω εισόδους και εξόδους του νερού ποικίλλει εποχικά και

γεωγραφικά και ρυθμίζεται από τα χαρακτηριστικά της λεκάνης της λίμνης, της λεκάνης απορροής και του κλίματος.

Τα νερά που εισέρχονται στις λίμνες, προέρχονται από: **α) Άμεση κατακρήμνιση στην επιφάνεια της λίμνης.** Αν και οι περισσότερες λίμνες, κυρίως στις εξωρροϊκές περιοχές, λαμβάνουν μια σχετικά μικρή αναλογία νερού από άμεση κατακρήμνιση σε σχέση με το συνολικά εισερχόμενο σε αυτές νερό, οι πολύ μεγάλες λίμνες συγκεντρώνουν μια σημαντική ποσότητα. **β) Επιφανειακά νερά της λεκάνης απορροής.** Η συνολική ποσότητα νερού που εισέρχεται σε μια λίμνη από τα επιφανειακά νερά ποικίλλει πολύ. Οι λίμνες των ενδορροϊκών περιοχών παίρνουν σχεδόν όλο το νερό τους από επιφανειακή απορροή. Η ποσότητα του νερού από τη λεκάνη απορροής και επομένως και οι αλλαγές της στάθμης των λιμνών επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη φύση του εδάφους και της βλάστησης που καλύπτει τη λεκάνη απορροής. Ένα καλό παράδειγμα που δείχνει την επίδραση που έχουν αυτοί οι παράγοντες είναι το εξής: τα δένδρα ενός δάσους κόπηκαν πειραματικά και χρησιμοποιήθηκαν χορτοφάγα ζώα για να αποφευχθεί η αναγέννηση της βλάστησης στη λεκάνη απορροής. Η ετήσια ροή του νερού αυξήθηκε 39 % τον πρώτο χρόνο και 23 % το δεύτερο, πάνω από τις τιμές που υπήρχαν πριν την εκλεκτική αποψίλωση. **γ) Εισροή υπόγειου νερού από τη λιμναία λεκάνη.** Η εισροή υπολίμνιου υπόγειου νερού αποτελεί την κύρια πηγή νερού για τις καρστικές λίμνες.

Τα νερά που χάνονται από τις λίμνες, οφείλονται σε: **α) Απορροή από επιφανειακή διέξοδο.** **β) Διαρροή από τον πυθμένα της λεκάνης.** Στις λίμνες διαρροής τα ιζήματα που αποτίθενται πάνω στα βαθιά τμήματα της λεκάνης σχηματίζουν συχνά ένα αποτελεσματικό σφράγισμα. **γ) Άμεση εξάτμιση.** Η έκταση και ο ρυθμός απώλειας νερού εξαιτίας της εξάτμισης ποικίλλουν πολύ ανάλογα με την εποχή και το γεωγραφικό πλάτος και είναι μεγαλύτεροι στις ενδορροϊκές περιοχές. Οι λίμνες των ημιάνυδρων περιοχών συνήθως δεν έχουν καμιά διέξοδο και χάνουν νερό μόνο από εξάτμιση. Τέτοιες λίμνες καλούνται κλειστές σε αντίθεση με τις ανοιχτές λίμνες στις οποίες παρατηρείται ροή νερού από κάποια διέξοδο ή από διαρροή. **δ) Εξατμηση-διαπνοή από τα αναδυόμενα υδρόβια μακρόφυτα.** Τα ποσοστά των απωλειών από εξατμηση-διαπνοή ποικίλλουν πολύ, αφού καθορίζονται από πολλές φυσικές (ταχύτητα ανέμου, υγρασία, θερμοκρασία) και μεταβολικές παραμέτρους, καθώς επίσης και από τα είδη που ζουν στην εξεταζόμενη περιοχή. Μεγαλύτερη φυτική ανάπτυξη και συνεπώς αυξημένη εξατμηση-διαπνοή επικρατούν εποχικά σε λίμνες εξωρροϊκών περιοχών. Στις τροπικές λίμνες πολλά από τα μεγάλα υδρόφυτα είναι πολυετή και αυξάνονται λίγο-πολύ συνεχώς. Στις περισσότερες τοποθεσίες όπου παρατηρείται έντονη αύξηση της παραλιακής βλάστησης, αυξάνεται σημαντικά και η εξάτμιση σε σχέση με αυτήν που συμβαίνει στα ανοιχτά (πελαγικά) νερά. Επειδή η πλειονότητα των λιμνών είναι μικρής έκτασης και συνήθως έχουν καλά αναπτυγμένη παραλιακή βλάστηση, αυτές οι φυτοκοινωνίες συμβάλλουν σημαντικά στο ισοζύγιο του νερού σε πολλές λίμνες.

Οι αναλυτικές τεχνικές για μια λεπτομερή εκτίμηση του ισοζυγίου του νερού μιας λίμνης και της λεκάνης απορροής της είναι σύνθετες και απαιτούν μεγάλη προσπάθεια και δουλειά. Εξαιτίας των πολλών τοπικών διακυμάνσεων του κλίματος από έτος σε έτος, οι αναλύσεις αυτές θα πρέπει να καλύπτουν πολλά έτη.

Παραπάνω αναφέρθηκαν οι πηγές εισροής νερού σε μια λίμνη και τα αίτια απώλειας αυτού όπως συμβαίνουν στη φύση. Παρόμοια όμως αποτελέσματα μπορεί να έχουμε και με την **επέμβαση του ανθρώπου**. Ο άνθρωπος, για παράδειγμα, έχει τη δυνατότητα να στρέψει την κοίτη ενός ποταμού, έτσι ώστε τα νερά του να καταλήγουν σε μια λίμνη. Όπως, επίσης, έχει τη δυνατότητα να αφαιρεί μεγάλες ποσότητες νερού και μάλιστα μέχρι τέλειας αποξήρανσης. Παραδείγματα από τον ελλαδικό χώρο αποτελούν οι λίμνες της Αγουλινίτσας (στις δυτικές ακτές της Πελοποννήσου), της Κωπαΐδας (στην περιοχή της Λειβαδιάς), της Κάρλας (στους νομούς Μαγνησίας και Λάρισας) και των λιμνών της Λάντζας και της Μαυρούδας (βόρεια της λίμνης Βόλβης), οι οποίες αποξηράνθηκαν για την απόκτηση καλλιεργήσιμης γης. Επίσης, ένα "καλό" παράδειγμα οικολογικής καταστροφής είναι η λίμνη Κορώνεια, της οποίας το βάθος μειώθηκε μέσα σε λίγα χρόνια από 8,5 m σε 1,5 m. Η πτώση της στάθμης των νερών και η μεγάλη ρύπανση είχαν ως αποτέλεσμα τη μαζική θνησιμότητα των ψαριών που συνέβη στις 14 με 16 Αυγούστου του 1995.

Η πτώση της στάθμης των νερών μιας λίμνης έχει δυσμενή αποτελέσματα για τους υδρόβιους οργανισμούς και ιδιαίτερα για τα ψάρια. Ορισμένα είδη ψαριών αφήνουν τα αβγά τους στα ρηχά νερά κοντά στην ακτή. Όταν η απώλεια των νερών και συνεπώς η πτώση της

στάθμης συμβεί πριν την εκκόλαψη, τα αβγά θα μείνουν έξω από το νερό και θα καταστραφούν. Αν ληφθεί υπόψιν ότι κάθε ψάρι (ανάλογα με το είδος) αποθέτει από λίγες χιλιάδες ως εκατοντάδες χιλιάδες αβγά, είναι εύκολο να κατανοηθεί το μέγεθος της καταστροφής. [1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΓΕΝΕΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΛΙΜΝΩΝ

Η γένεση μιας λίμνης, με την ευρύτερη έννοια του όρου, εξαρτάται ουσιαστικά από την ύπαρξη ενός φυσικού βυθίσματος (δημιουργία ύφεσης) στην επιφάνεια της γης, λίγο-πολύ κλειστού απ' όλες τις πλευρές που κατέχει μια κεντρική έκταση πολύ πιο χαμηλή από τις όχθες του. Θα πρέπει ακόμη αυτό το βύθισμα να είναι λίγο-πολύ στεγανό, ώστε να μπορεί να γεμίσει με νερό που θα προέρχεται, είτε από τις βροχοπτώσεις, είτε από άλλες πηγές. Υφέσεις σχηματίζονται από τρεις κατηγορίες διεργασιών: **α) κατασκευαστικές διεργασίες** που προκαλούν ενεργό σχηματισμό οχθών **β) καταστροφικές διεργασίες** που προκαλούν εκβάθυνση μιας επίπεδης περιοχής και **γ) φραγματικές διεργασίες** που σε προϋπάρχουσα μικρή ύφεση δημιουργούν φυσικό φράγμα ώστε να εμποδίζεται η εκροή των νερών που εισρέουν (τυπική ταξινόμηση των παραγόντων που μπορούν να δημιουργήσουν λεκάνες σύμφωνα με κάποιους γεωμορφολόγους και κυρίως του Davis).

Όλες οι υφέσεις-λεκάνες, ανεξάρτητα από τον τρόπο σχηματισμού τους, έχουν τη δυνατότητα να μετατραπούν σε λίμνες. **Ωστόσο, ο τρόπος γένεσης μιας λίμνης έχει καθοριστικό ρόλο στα έμβια όντα που θα εγκατασταθούν και αναπτυχθούν σε αυτήν καθώς και στη μετέπειτα εξέλιξή της** π.χ. το μέγεθος και το σχήμα μιας λίμνης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις δυνάμεις που δημιούργησαν τη λιμναία λεκάνη.

Για να ξεκινήσουν οι παραπάνω διεργασίες χρειάζονται τη δράση κάποιου αιτίου. Συνηθέστερα αίτια είναι: η τεκτονική δράση, η ηφαιστειακή δράση, οι κατολισθήσεις γαιών, η δράση παγετώνων, η διάλυση πετρωμάτων, η δράση των ποταμών, η αιολική διάβρωση, η δράση ζώνων και η πτώση μετεωριτών. Στα φυσικά αυτά αίτια μπορούμε να προσθέσουμε και τις ανθρώπινες παρεμβάσεις με τις οποίες δημιουργούνται τεχνητές λίμνες για ιχθυοκαλλιέργεια ή για αναψυχή ή ως τμήματα υδροηλεκτρικών, εγχειοβελτιωτικών και υδροδοτικών έργων.

Αυτό που ίσως αξίζει να σημειώσει κανείς σε αυτό το σημείο είναι ότι όσο μεγάλα και σπουδαία και αν είναι τα αίτια που δημιουργούν τις λεκάνες, δεν ενεργούν εξίσου σε όλα τα εδάφη και στον ίδιο χρόνο. Γι' αυτό το λόγο, οι λίμνες συγκεντρώνονται κυρίως σε λιμναίες περιοχές. Μέσα σε κάθε περιοχή, διάφορες λίμνες μπορεί να μοιάζουν μεταξύ τους σε ορισμένα γενικά χαρακτηριστικά, ωστόσο να διαφέρουν πολύ σε μέγεθος και βάθος και επομένως στο ρυθμό ωρίμανσης και γήρανσης. Επιπλέον, ολόκληρη η ομάδα των λιμνών μιας δεδομένης λιμναίας περιοχής μπορεί να συγκριθεί με μια άλλη ομάδα, συχνά κάτω από πολύ διαφορετικές γεωγραφικές και κλιματικές συνθήκες. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατόν να αναγνωριστούν οι αιτιατοί παράγοντες που προκαλούν τις διαφορές από λίμνη σε λίμνη ή από λιμναία περιοχή σε λιμναία περιοχή.

Οι λίμνες, επίσης, διαμορφώνουν λίγο-πολύ κλειστά οικοσυστήματα, έτσι ώστε να παρέχουν μια σειρά από ποικίλους οικολογικούς κόσμους, οι οποίοι επιτρέπουν μια πραγματικά συγκριτική προσέγγιση στους μηχανισμούς της φύσης. [1,2]

3.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ

Η ταξινόμηση των λιμνών σε τύπους και κατηγορίες βοηθάει στην αποτελεσματικότερη μετάδοση των γνώσεων, στη σύλληψη κοινών προβλημάτων των υδάτινων οικοσυστημάτων, στην οργάνωση των συζητήσεων και κυρίως στην αντιμετώπιση θεμάτων προστασίας και διαχείρισης των λιμνών. Ακόμη, όταν μελετώνται μέτρα αξιοποίησεως και προστασίας των λιμνών, η ταξινόμηση είναι χρήσιμη στη λήψη αποφάσεων και στη νομοθετική κατοχύρωση των αποφάσεων αυτών.

Υπάρχουν διάφορες βάσεις ταξινόμησης των λιμνών: α) η θερμοκρασία και η κυκλοφορία- ανάμιξη του νερού, β) η περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά στοιχεία ή όπως λέγεται ο βαθμός ευτροφισμού τους, γ) ο τρόπος σχηματισμού της λιμναίας λεκάνης και δ) διάφορες άλλες πολύ πιο ειδικές (π. χ. υψηλή συγκέντρωση χουμικών οξέων κ. ά.). Αναλυτικότερα έχουμε:

3.2.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ-ΑΝΑΜΙΞΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ακολουθώντας το υψόμετρο, το γεωγραφικό πλάτος και τις διαστάσεις των λιμνών, μπορούμε να διακρίνουμε, σύμφωνα με τους Hutchinson και Löffler τους παρακάτω τύπους λιμνών:

1. Αμεικτικές δίχως αρκετά σημαντικές θερμικές ανταλλαγές ανάμεσα στο εξωτερικό και το εσωτερικό του νερού και που έχουν, εξαιτίας αυτού του γεγονότος, ένα μόνιμο στρώμα αδιαφανούς πάγου στην επιφάνεια και μια σταθερή (μικρή) θερμοκρασία πιο κάτω.

2. Ψυχρές μονομεικτικές με θερμοκρασία που δεν ξεπερνά ποτέ τους 4 °C στην επιφάνεια κατά τη θερμή εποχή και αποκαλούμενες μερικές φορές λίμνες πολικού τύπου. Κατά την ψυχρή εποχή έχουν ένα παχύ στρώμα πάγου στην επιφάνεια, η τήξη του οποίου δε διαρκεί παρά λίγο καιρό. Ορισμένες λίμνες των ψηλών γαλλικών βουνών (Άλπεις, Πυρηναία) είναι αυτού του τύπου. Ο Paschalski προτιμά να τις ονομάζει ψυχρομονομεικτικές.

3. Διμεικτικές με δυο περιόδους στρωμάτωσης, μια άμεση κατά τη θερμή εποχή, μια αναστροφή κατά την ψυχρή εποχή και δυο περιόδους κυκλοφορίας ανάμεσα στις παραπάνω περιόδους στρωμάτωσης. Είναι οι λίμνες του εύκρατου τύπου και οι πιο συχνές.

4. Θερμές μονομεικτικές των οποίων η θερμοκρασία δεν κατεβαίνει ποτέ κάτω από 4 °C, ούτε στην επιφάνεια, ούτε στο βυθό και δε δέχονται εξαιτίας αυτού του γεγονότος παρά μια περίοδο κυκλοφορίας κατά την ψυχρή εποχή και μια περίοδο άμεσης στρωμάτωσης κατά τη θερμή εποχή. Είναι οι λίμνες του τροπικού τύπου του Forel, οι λίμνες του υποτροπικού τύπου του Yoshimura και του Ruttner, οι θερμές λίμνες του Vivier. Ο Paschalski τις ονομάζει θερμομονομεικτικές.

5. Ολιγομεικτικές μέσα στις οποίες το νερό είναι πάντοτε θερμό σε όλα τα βάθη και οι περίοδοι κυκλοφορίας σπάνιες, μικρές, ακανόνιστες και δίχως μεγάλη σημασία. Είναι οι λίμνες του τροπικού τύπου, οι λίμνες σε χαμηλό υψόμετρο των περιοχών του Ισημερινού.

6. Πολυμεικτικές με θερμοκρασία σχετικά χαμηλή σε όλα τα βάθη, αν και πάντοτε ανώτερη από 4 °C και που παρουσιάζουν πολυάριθμες (και μάλιστα καθημερινές) περιόδους κυκλοφορίας που οφείλονται στην απώλεια της εναποθηκευμένης θερμότητας και που εμποδίζουν έτσι το σχηματισμό μιας σταθερής στρωμάτωσης. Είναι η περίπτωση των πολυάριθμων λιμνών σε μεγάλο υψόμετρο των ενδοτροπικών περιοχών.

Οι διάφοροι τύποι των λιμνών είναι κατανομημένοι στην επιφάνεια της γήινης σφαίρας ανάλογα με το κλίμα, άρα με το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο. Σε πρώτη προσέγγιση, μπορούμε να παρουσιάσουμε αυτήν την κατανομή με μορφή γραφικής παράστασης, ιδίως για το βόρειο ημισφαίριο (γνωρίζουμε ότι υπάρχει μια καθαρή μετατόπιση στα κλίματα ανάμεσα στα δυο ημισφαίρια, εξαιτίας της πολύ άνισης κατανομής των ηπείρων και των θαλασσών).

Οι μονομεικτικές και οι διμεικτικές λίμνες μπορούν να ταξινομηθούν, σύμφωνα με τον Whipple, στις εξής τάξεις (Εικόνα 1):

α) λίμνες πρώτης τάξης, των οποίων η θερμοκρασία στο βυθό μένει πάντοτε κοντά στους 4 °C.

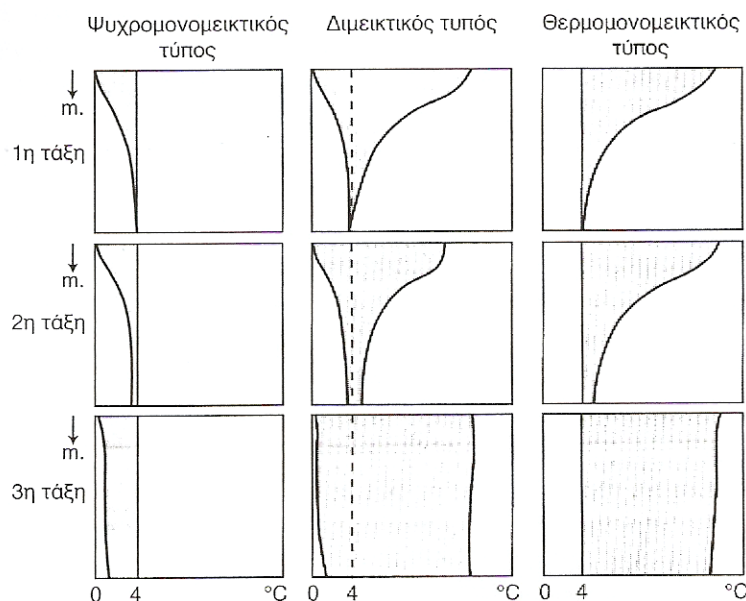
β) λίμνες δεύτερης τάξης, των οποίων η θερμοκρασία στο βυθό ποικίλλει ευρέως γύρω στους 4 °C.

γ) λίμνες τρίτης τάξης, των οποίων η θερμική στρωμάτωση δεν είναι φανερή είναι οι αμεικτικές, οι ολιγομεικτικές και οι πολυμεικτικές λίμνες της Hutchinson. Για παραδείγματα, αναφέρονται η πιο μεγάλη γαλλική λίμνη Lemane (της οποίας τα 3/5 βρίσκονται στην Ελβετία) που είναι μια θερμομονομεικτική λίμνη πρώτης τάξης και η λίμνη Βόλβη, που είναι θερμομονομεικτικού τύπου δεύτερης τάξης.

Το σχήμα, ο προσανατολισμός, το μέγιστο και το μέσο βάθος, καθώς και η φύση των ανέμων που επικρατούν, ωκεάνιας ή ηπειρωτικής προέλευσης, είναι οι πρωταρχικοί παράγοντες που δίνουν σε μια λίμνη τη θερμική ιδιομορφία.

Οι μετρήσεις που έγιναν στη Βόλβη έδειξαν ότι η θερμοκρασία εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις. Η απόλυτη ελάχιστη τιμή (5 °C) σημειώθηκε κατά τον Ιανουάριο και η απόλυτη μέγιστη (31 °C) κατά τον Ιούλιο. Από το Σεπτέμβριο ως τον Απρίλιο η θερμοκρασία του νερού διατηρείται σχεδόν σταθερή σε όλο το βάθος της λίμνης, εξαιτίας της ανάμιξης των ανώ-

τερων στρωμάτων του νερού με τα κατώτερα από τη δράση των ανέμων. Οι μεγαλύτερες διαφορές παρατηρήθηκαν από το Μάιο ως τον Αύγουστο, οπότε και έγιναν μετρήσεις για τη διαπίστωση της μεταβολής της θερμοκρασίας σε σχέση με το βάθος. Από τις μετρήσεις αυτές διαπιστώθηκε τυπική θερμική στρωμάτωση με διαφορά θερμοκρασίας επιφάνειας-βυθού 4,5 °C. [1]



Εικόνα 1: Τύποι λιμνών [1]

3.2.2 ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΒΑΘΜΟ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ ΤΟΥΣ

Διακρίνονται σε 3 μεγάλες κατηγορίες:

1. **Ολιγότροφες** (με λίγα θρεπτικά στοιχεία)
2. **Εύτροφες** (με πολλά θρεπτικά στοιχεία)
3. **Μεσότροφες** (με ενδιάμεση συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων)

Γενικά, μια τυπικά ολιγότροφη λίμνη έχει χαμηλή συγκέντρωση και παροχή θρεπτικών στοιχείων (άζωτο, φώσφορος, θείο), μεγάλο βάθος με απότομες πλαγιές σε άγονα εδάφη, μικρή πρωτογενή παραγωγικότητα, μικρούς πληθυσμούς πλαγκτικών οργανισμών, ελάχιστα ριζωμένα φυτά, μικρή διαφοροποίηση διαλυμένου οξυγόνου από το επιλίμνιο στο υπολίμνιο, διαυγή νερά με εισβολή φωτός ακόμη και κάτω απ'το θερμοκλινές. Την αντίθετη εικόνα παρουσιάζει μια τυπικά εύτροφη λίμνη.

3.2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΑΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

- **Τεκτονικές λίμνες:** Βυθίσματα σχηματισμένα από μετακινήσεις που προέρχονται από τα βαθύτερα σημεία του φλοιού της γης. Ο αρχικός τύπος της τεκτονικής λεκάνης είναι αποτέλεσμα ρήγματος, στο οποίο εμφανίζονται βυθίσματα ανάμεσα στις μάζες που εκτοπίζονται, ενώ ο μεταγενέστερος τύπος της λεκάνης εμφανίζεται ως μια τάφρος (**Εικόνα 2**).

- **Ηφαιστειογενείς Λίμνες:** Καταστροφικά γεγονότα συνδυασμένα με ηφαιστειακή δράση μπορούν να σχηματίσουν λιμναίες λεκάνες με διάφορους τρόπους. Καθώς τα ηφαιστειογενή υλικά εκδιώκονται προς τα πάνω και δημιουργούν ένα κενό ή καθώς το απελευθερωμένο μάγμα ψύχεται και παραμορφώνεται κατά ποικίλους τρόπους, δημιουργούνται βυθίσματα και κοιλώματα. Αν αυτά δεν έχουν διαρροές, μπορούν να σχηματίσουν μια λίμνη (

Εικόνα 3,

- **Εικόνα 4).**
- **Λίμνες σχηματισμένες από κατολισθήσεις:** Ξαφνικές μετακινήσεις μεγάλων όγκων ασύνδετων υλικών, με τη μορφή κατολισθήσεων στις ποτάμιες κοιλάδες, μπορούν να προκαλέσουν φράγματα και να δημιουργήσουν λίμνες συχνά πολύ μεγάλου μεγέθους. Τέτοια φράγματα κατολισθήσεων μπορεί να προκύψουν από πτώσεις βράχων, λασποροές, ολισθήσεις πάγου και ακόμη από μετακινήσεις μεγάλων ποσοτήτων τύρφης, αλλά αυτά βρίσκονται συνήθως σε παγετώδη βουνά. Οι κατολισθήσεις συμβαίνουν συνήθως από έντονα μετεωρολογικά φαινόμενα, τέτοια όπως υπερβολική βροχή που πέφτει πάνω σε ασταθείς πλαγιές ή ακόμη και από σεισμική δράση (**Εικόνα 5,**

- **Εικόνα 6).**
- **Λίμνες παγετωνικής προέλευσης:** Οι λίμνες παγετωνικής προέλευσης είναι πολύ περισσότερες από τις λίμνες που σχηματίστηκαν με τη δράση άλλων παραγόντων και ουσιαστικά προκύπτουν από τις βαθμιαίες διαβρωτικές και αποθηκευτικές ενέργειες των μετακινήσεων του πάγου (**Εικόνα 7).**

- **Καρστικές λίμνες (Λίμνες διάλυσης):** Λιμναία βυθίσματα που δημιουργούνται από αποθέσεις ευδιάλυτων πετρωμάτων που διαλύονται αργά από διηθημένο νερό (συνήθως είναι διάλυση ασβεστολίθων από ελαφρά όξινο νερό που περιέχει διοξείδιο του άνθρακα.) Είναι συνήθως πολύ κυκλικές και κωνικά σχηματισμένες λεκάνες και ονομάζονται **δολίνες**. Οι καρστικές λίμνες είναι συνηθισμένες στις ασβεστολιθικές περιοχές της γης όπως στην Αδριατική, Γιουγκοσλαβία, Βαλκανική χερσόνησο, Άλπεις της Κεντρικής Ευρώπης, Μίτσιγκαν, Ινδιάννα, Κεντάκυ, Τέννεση και ιδίως στη Φλόριδα της Β. Αμερικής. Όμοια για την Ελλάδα, εφόσον είναι μια χώρα που καλύπτεται από μεγάλο ποσοστό από ασβεστολίθους, έχει πολλές καρστικές λίμνες όπως των Πρεσπών, της Βεγορίτιδας, της Καστοριάς, των Ιωαννίνων καθώς και της Κωπαΐδας (στην περιοχή της Λειβαδιάς) η οποία αποξηράνθηκε το 1931 για την απόκτηση καλλιεργήσιμης γης.

- **Λίμνες σχηματισμένες από τη δράση ποταμού:** Καθώς οι ποταμοί ρέουν πάνω από ομαλές πλαγιές, ένας συνδυασμός από διαβρωτικές καταστρεπτικές και αποθεματικές αποφρακτικές εξελίξεις (π. χ. απόθεση ιζημάτων) συμβάλλει στο σχηματισμό πολλών λιμνών στις πεδιάδες που κατακλύζουν. Εδώ ανήκουν **οι λίμνες καταρρακτών και οι δελταΐκές λίμνες.**

- **Λίμνες αιολικής προέλευσης:** Η δράση του ανέμου ενεργεί σε ξηρές περιοχές και δημιουργεί λιμναίες λεκάνες από αποφύσηση ή διάβρωση των θρυμματισμένων πετρωμάτων ή από ανακατανομή της άμμου που οδηγούν στο σχηματισμό των **θινών λιμνών**. Τέτοιες λιμναίες κοιλότητες μπορεί να είναι μόνο ή κατά ένα μέρος το αποτέλεσμα της δράσης του ανέμου και το νερό που περιέχουν είναι συχνά προσωρινό και εξαρτάται από τις διακυμάνσεις του κλίματος.

- **Παράκτιες λίμνες:** Αυτές δημιουργούνται όταν η γραμμή της ακτής μιας μεγάλης ποσότητας νερού, τέτοιας όπως της θάλασσας ή μιας μεγάλης λίμνης, είναι ακανόνιστη ή οδοντωτή και υπάρχει δυνατότητα σχηματισμού ενός φράγματος κάθετα προς την εγκόλπωση και δημιουργίας έτσι μιας παράκτιας λίμνης. Δηλαδή, ένα ρεύμα που κινείται κατά μήκος της ακτογραμμής και μεταφέρει ίζημα, συναντώντας έναν κόλπο θα αποθέσει το υλικό σε μορφή φράγματος ή θα σχηματίσει ανάχωμα στο στόμιο της οδόντωσης. Συχνά το ανάχωμα μπορεί τελικά να χωρίσει τον κόλπο από τη θάλασσα ή τη μεγάλη λίμνη και να σχηματίσει μια παράκτια λίμνη. Υπάρχει, όμως, η περίπτωση ο αποκλεισμός να είναι ατελής και να επιτρέπεται η επικοινωνία της λίμνης με τη θάλασσα και να υπάρχει έτσι μια εναλλαγή μεταξύ γλυκού και αλμυρού νερού μέσα στη λίμνη, η αλατότητα της οποίας θα εξαρτάται από την αναλογία της

εισαγωγής γλυκού και αλμυρού νερού. Έτσι, έχουμε τη δημιουργία της **λιμνοθάλασσας**, όπως αυτή του Μεσολογίου και του Πόρτο Λάγος Ξάνθης (**Εικόνα 9**).

▪ **Λίμνες σχηματισμένες από πρόσκρουση μετεωρίτη:** Αποτελεί τον σπανιότερο και πιο δραματικό τρόπο σχηματισμού μιας λιμναίας λεκάνης. Κατά την πρόσκρουση ενός τέτοιου σώματος στη γη προκαλείται μερική εισχώρησή του στο έδαφος. Εξαιτίας της τρομακτικής αυτής πίεσης, ένα μέρος της κινητικής του ενέργειας μεταφέρεται με κύματα στο έδαφος και στην ατμόσφαιρα και ένα άλλο μέρος θα διασκορπιστεί τοπικά ως θερμότητα. Το αποτέλεσμα αυτής της έντονης θέρμανσης είναι να αναπτυχθούν υδρατμοί και άλλα αέρια, προκαλώντας έκρηξη. Ο κρατήρας που προκύπτει από την έκρηξη, είναι μεγαλύτερος σε διάμετρο από τον μετεωρίτη που τον προκάλεσε. Αφού η πίεση ασκείται προς όλες τις διευθύνσεις, ο κρατήρας θα είναι σχεδόν κυκλικός, όποια κι αν είναι η γωνία πρόσκρουσης του μετεωρίτη. Ο πυθμένας του κρατήρα μπορεί να παρουσιάζει ομόκεντρες εξάρσεις και βυθίσματα και να αποτελείται από συντριμμένα και λιωμένα πετρώματα. Το μεγαλύτερο τμήμα του ίδιου του μετεωρίτη είναι δυνατόν, με την έκρηξη, να εκτοξευτεί έξω από τον κρατήρα. Αξίζει να σημειώσουμε ότι οι περισσότεροι από τους πιο γνωστούς μετεωρικούς κρατήρες είναι ξηροί, πιθανώς επειδή η διατήρηση τέτοιων εδαφών είναι καλύτερη σε άνυδρες παρά σε υγρές περιοχές και ότι υπάρχουν 3 αποδεκτές λίμνες μετεωρικής προέλευσης: **α)** Η Kaali'j'a'rvn στη νήσο 'O'sel στη Βαλτική **β)** Η Laguna Negra στην Αργεντινή και **γ)** Η Ungava στο Κεμπέκ (**Εικόνα 10**).

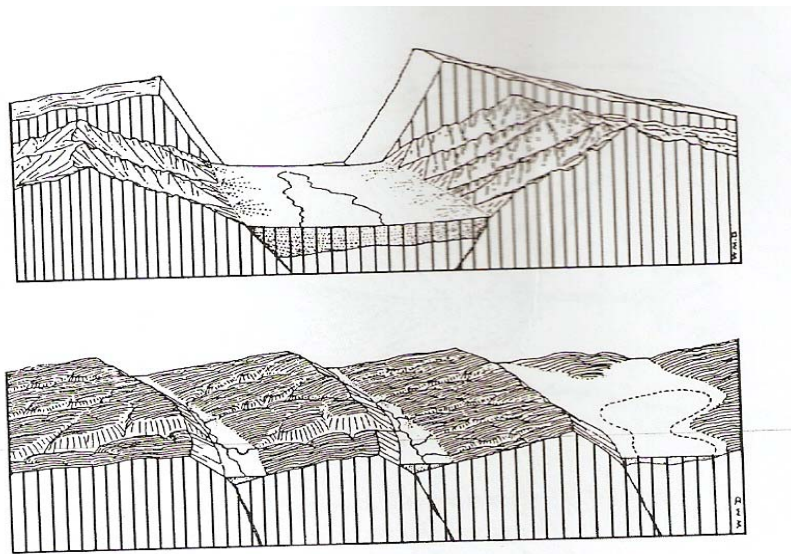
▪ **Κρυπτοηφαιστειογενείς λίμνες:** Αυτές είναι στην ουσία παλαιά βυθίσματα γεμάτα τώρα με ιζήματα, αλλά συγκρίσιμα με τους κρατήρες που περιγράφηκαν παραπάνω. Ορίζονται ως κρυπτοηφαιστειογενή διότι επιφανειακά μοιάζουν με μεγάλες καλδές, αλλά δεν έχει αποδειχθεί ότι είναι ηφαιστειακής προέλευσης. Μάλλον το πιθανότερο είναι να είναι μετεωρικοί κρατήρες. Έχουν καταγραφεί 12 τέτοιες λεκάνες οι οποίες χρονολογούνται από το άνω Κάμβριο ή το κάτω Ορδοβίσιο ως το Μειόκαινο. Οι 2 πιο πρόσφατες, και οι δυο του Μειόκαινου, είναι οι λεκάνες Stein heim και Reikessel στη νοτιότερη Γερμανία. Στα ιζήματα αυτών των λιμνών βρέθηκαν απολιθωμένα μαλάκια σημαντικού βιογεωγραφικού ενδιαφέροντος.

▪ **Λίμνες οργανικής προέλευσης:** Είναι οι λίμνες που δημιουργήθηκαν από τη φραγματική δραστηριότητα **α)** της φυτικής ανάπτυξης και **β)** αυτής που προέρχεται από 2 θηλαστικά: τον κάστορα και τον άνθρωπο. Οι λίμνες που προέρχονται από τα φράγματα της φυτικής ανάπτυξης δεν είναι καλά γνωστές. Ωστόσο, πολλές λίμνες της Β. Αμερικής δημιουργήθηκαν από την κατασκευή φραγμάτων (κορμούς δέντρων, ξύλα και λάσπη) από τον αμερικάνικο κάστορα. Ομοίως ισχύει και για πολλές ευρωπαϊκές λίμνες από τη δράση του ευρωπαϊκού κάστορα όπως π. χ. στη Σουηδία, στην περιοχή των μεγάλων λιμνών του Αγίου Λαυρεντίου και στην περιοχή Yellowstone στην Β. Αγγλία. Το φράξιμο των ποταμών από τον άνθρωπο δημιουργεί τις **τεχνητές λίμνες**. Πιθανότατα εφαρμόστηκε πρώτα από τους αρχαίους Αιγυπτίους πριν από το 2000 π. Χ. Η λίμνη Homs στην κοιλάδα Orontes της Συρίας έχει ένα φράγμα που μπορεί να χρονολογηθεί από το 1300 π. Χ. αλλά πολλά αρχαία φράγματα υπάρχουν ακόμη σε λίμνες της Μεσοποταμίας. Η κατασκευή τεχνητών λιμνών είναι πολύ σημαντική διότι συμβάλει στον έλεγχο των πλημμυρών, στην προμήθεια ενέργειας, στην άρδευση, στην υδροδότηση μεγάλων αστικών κέντρων, στην αύξηση της παραγωγής ψαριών και άλλων υδρόβιων προϊόντων, στην άμυνα και για καθαρά διακοσμητικούς λόγους. Αυτό που ίσως θα έπρεπε να προσέξουμε είναι οι επικείμενες αλλαγές στην τοπογραφία και στο κλίμα της περιοχής (

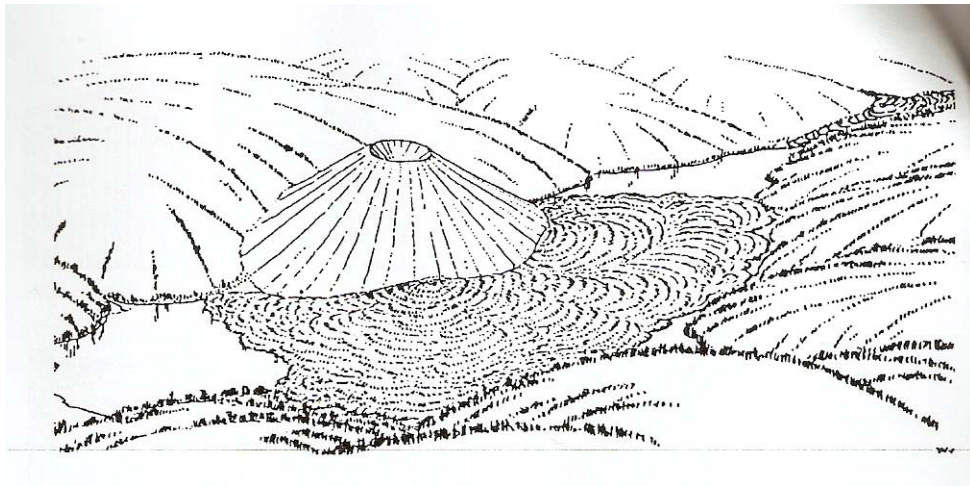
-
-

- Εικόνα 11,
-
-

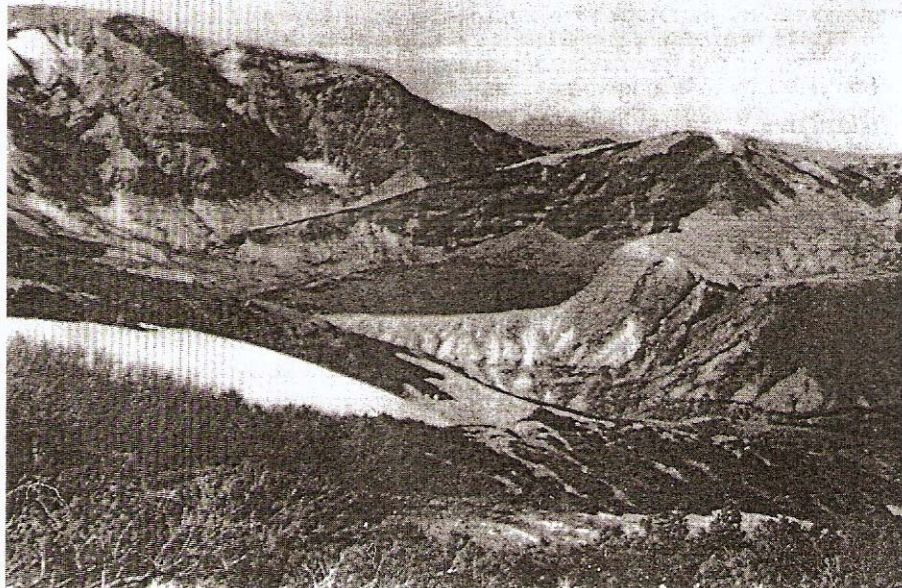
- Εικόνα 12). [1]



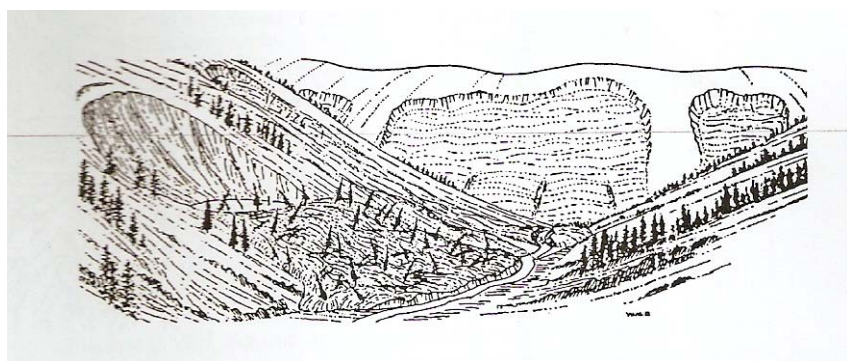
Εικόνα 2: Λιμναίες τεκτονικές λεκάνες. Επάνω, στο βάθος, ένα ρηγματογενές βύθισμα ανάμεσα σε δυο ανυψωμένες μάζες και σε πρώτο πλάνο το ίδιο μετά από μια σημαντική περίοδο διάβρωσης και απόθεσης. Κάτω, διάγραμμα των μεγάλων ρηγματογενών φραγμάτων στα βουνά της βόρειας Σιέρρα Νεβάδα με την πεδιάδα της λίμνης Honey στα ανατολικά [1]



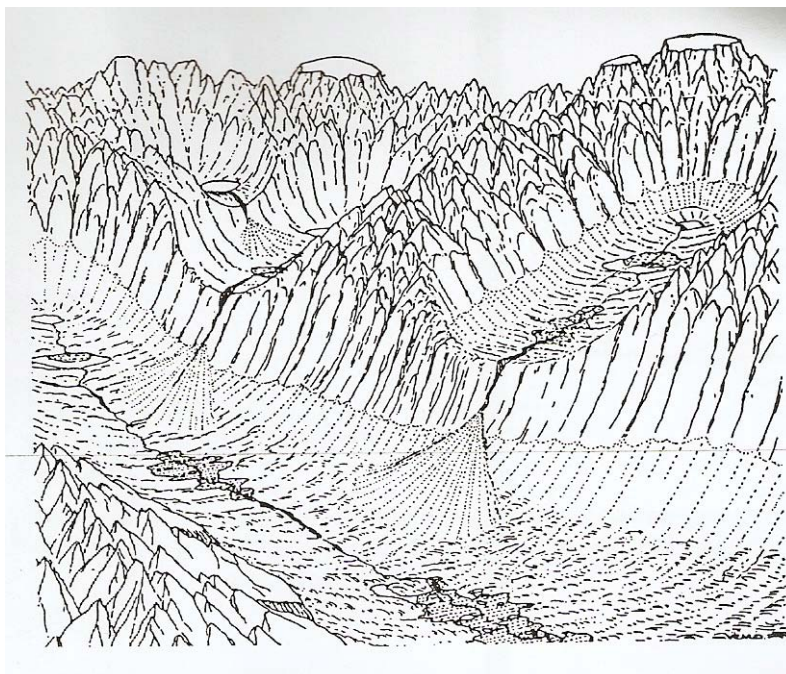
Εικόνα 3: Ηφαιστειογενείς λίμνες. Μια καλδέρα λίμνη μέσα στον ηφαιστειογενή κώνο και μερικές λίμνες μέσα στις φραγμένες από ροή λάβας κοιλάδες [1]



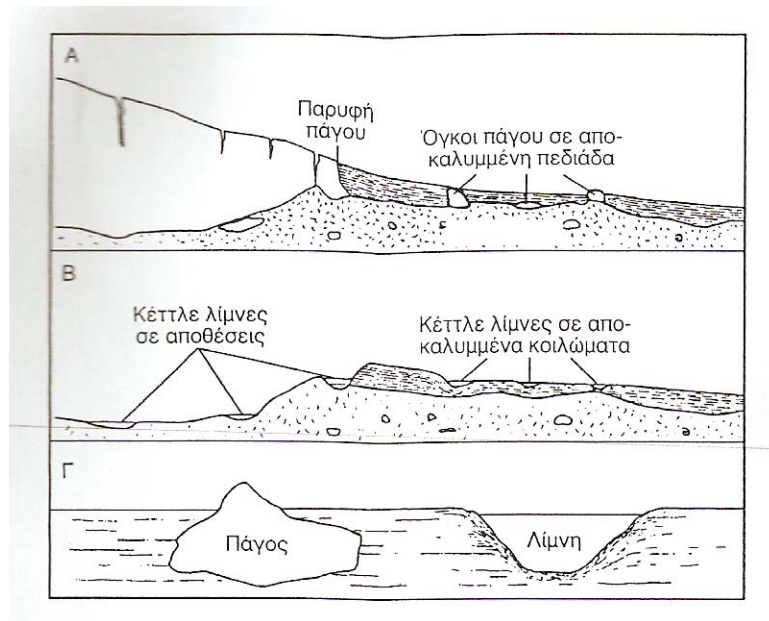
Εικόνα 4: Η καλδέρα λίμνη Okama στο όρος Ζάο, στη Β. Ιαπωνία [1]



Εικόνα 5: Λίμνες σχηματισμένες από μια μεγάλη κατολίσθηση σε απόκρυμνη πλευρά διαβρωμένου φαραγγιού (επάνω) και σε μικρή κοιλάδα πίσω από μια πρόσφατη κατολίσθηση (κάτω). Στο βάθος διακρίνονται μερικές άλλες κατολισθήσεις [1]



Εικόνα 6: Μικρές αμφιθεατρικές λίμνες σχηματισμένες ανάμεσα σε βουνά [1]



Εικόνα 7: Διάγραμμα σχηματισμού διάφορων τύπων κέττλε λιμνών.

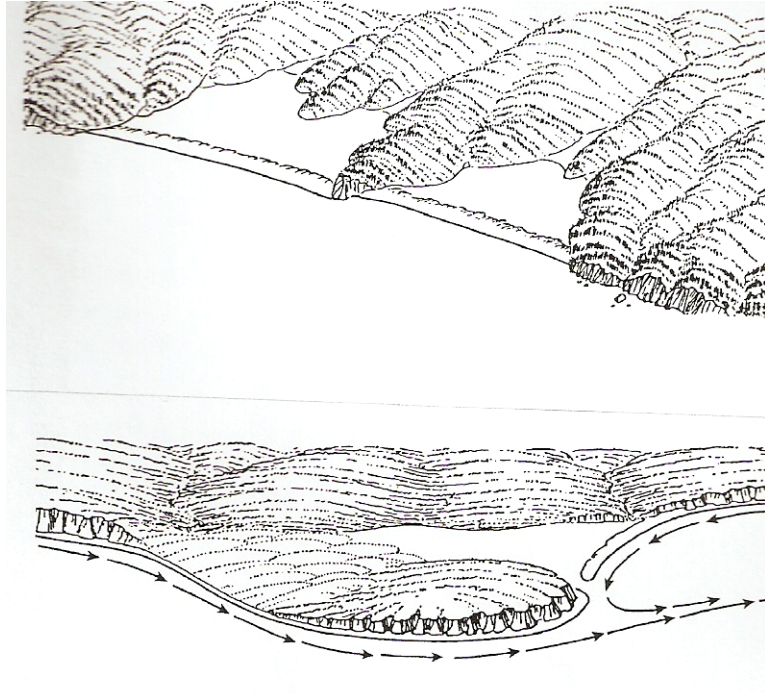
A: Αποκαλυμμένη πεδιάδα μετά από υποχώρηση του ηπειρωτικού πάγου.

B: Λίμνες σχηματισμένες σε αποκαλυμμένες πεδιάδες και μοραινικές αποθέσεις.

Γ: Μια κέττλε λίμνη σχηματισμένη από λιώσιμο τεμαχίου πάγου [1]



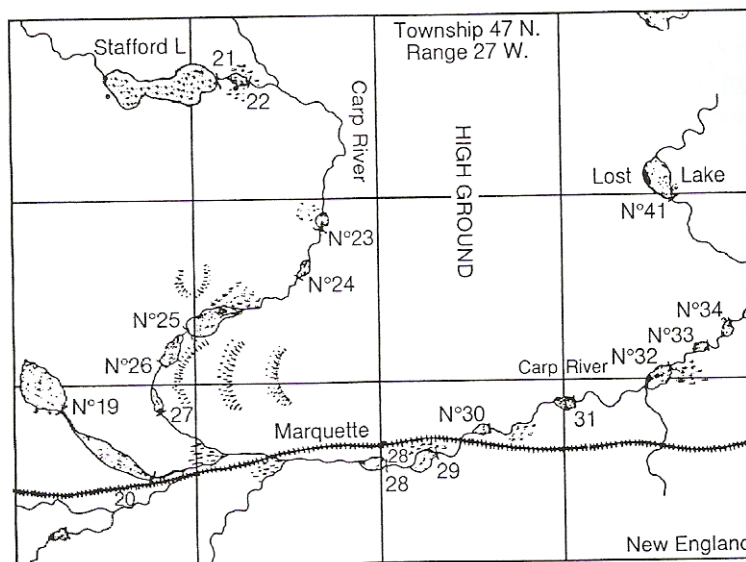
Εικόνα 8: Λίμνες από παλιομάνες κατά μήκος του ποταμού Μισσισιππή [1]



Εικόνα 9: Επάνω, παράκτιες λίμνες σχηματισμένες από τη δράση των κυμάτων. Κάτω, κόλπος σχηματισμένος από παράκτια αμμοθίνα [1]



Εικόνα 10: Η λίμνη Ungava ή Chubb μετεωρικού κρατήρα, μια λεκάνη που μοιάζει με σεληνιακό κρατήρα καλυμμένη από πάγο, έρχεται σε έντονη αντίθεση με τις ακανόνιστες λίμνες ενός πρόσφατα παγωμένου τοπίου που την περιβάλλει [1]



Εικόνα 11 : Μικρές λίμνες σχηματισμένες από φράγματα καστόρων στον ποταμό Carp [1]



Εικόνα 12 : Το περίγραμμα της τεχνητής λίμνης του Ταυρωπού ή του Μέγδοβα στην περιοχή της Καρδίτσας. [1]

ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΙΜΝΩΝ

- **Δύστροφες λίμνες:** Το κύριο γνώρισμά τους είναι η υψηλή συγκέντρωση χουμικών οξέων στο νερό.
- **Αλατούχες λίμνες ερήμων:** Ιζηματογενής πυθμένας. Συνήθως μικρή ποικιλότητα ειδών.
- **Αλκαλικές λίμνες ερήμων:** Πυριγενής πυθμένας. Υψηλή συγκέντρωση ανθρακικών αλάτων.
- **Βαθιές αρχαίες λίμνες με ενδημική πανίδα:** Κύριος εκπρόσωπος η λίμνη Βαϊκάλη που έχει πλουσιότατη ενδημική πανίδα ιδίως αρθροπόδων.
- **Όξινες λίμνες:** Οι λίμνες αυτές εντοπίζονται κυρίως στη Σκανδιναβική χερσόνησο και τον Καναδά. [2]

3.3 ΛΙΜΝΑΙΑ ΖΩΝΩΣΗ

Οι λίμνες παρουσιάζουν μεταξύ τους **ποικιλότητα**, δηλαδή μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους σε πάμπολλα γνωρίσματα όπως μέγεθος, βάθος, αλατότητα νερού, θολότητα νερού, ηλικία, δομή, υφή του πυθμένα κ.τ.λ. Παρ' όλ' αυτά, στις περισσότερες λίμνες είθισται να διακρίνονται οι επόμενες ζώνες:

Αρχικά, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι, σε μια λίμνη διακρίνουμε δυο βασικές περιοχές: το βυθό της λιμναίας λεκάνης και τα ελεύθερα ανοιχτά νερά δηλ. την πελαγική ζώνη. Πιο αναλυτικά:

ΠΥΘΜΕΝΙΚΕΣ

Ο βυθός χωρίζεται σε έναν αριθμό μάλλον ευδιάκριτων μεταβατικών ζωνών από την ακτή μέχρι το βαθύτερο σημείο (πυθμενικές ζώνες). Ξεκινώντας, λοιπόν, από την ακτή και προχωρώντας προς το βυθό έχουμε τις εξής ζώνες:

Α) Επιπαραλιακή ζώνη: Βρίσκεται εντελώς πάνω από τη στάθμη του νερού και δεν επηρεάζεται από τον ψεκασμό των κυμάτων.

Β) Υπερπαραλιακή ζώνη: Βρίσκεται και αυτή εντελώς πάνω από τη στάθμη του νερού, αλλά υπόκειται στον ψεκασμό των κυμάτων.

Γ) Ευπαραλιακή ζώνη: Περικλείει την περιοχή της ακτογραμμής και βρίσκεται ανάμεσα στην ανώτερη και κατώτερη στάθμη του νερού, επηρεαζόμενη συχνά από τη θραύση των κυμάτων.

Δ) Υποπαραλιακή ζώνη (Sublittoral zone): Περιλαμβάνει 3 επιμέρους ζώνες, οι οποίες διακρίνονται ανάλογα με την κατανομή της μακροφυτικής βλάστησης: **α)** ανώτερη υποπαραλιακή ζώνη ή ζώνη της αναδυόμενης ριζωμένης βλάστησης **β)** μέση υποπαραλιακή ζώνη ή ζώνη της επιπλεόμενης ριζωμένης βλάστησης και **γ)** κατώτερη υποπαραλιακή ζώνη ή ζώνη των βυθισμένων ριζωμένων ή συμφυών μακροφύτων. Εδώ το νερό έχει συνήθως επαρκές οξυγόνο και φωτίζεται ικανοποιητικά. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας δεν είναι πολύ μεγάλες. Είναι στενότερη ζώνη από την παραλιακή και το βένθος της (οργανισμοί που σχετίζονται με το βυθό της λίμνης αναφέρονται συνολικά ως βένθος) περιέχει λιγότερο πλούτο ειδών σε σύγκριση με το βένθος της παραλιακής ζώνης.

Ε) Παραλιακή ζώνη (Littoral zone): Η ευπαραλιακή και η υποπαραλιακή ζώνη αποτελούν μαζί την παραλιακή ζώνη, η οποία χαρακτηρίζεται από το μικρό βάθος της, είναι δηλαδή σχετικά αβαθής ζώνη. Εκτείνεται οριζόντια ακολουθώντας λίγο-πολύ τη διαμόρφωση του εδάφους και κατοικείται από ένα μεγάλο αριθμό φυτικών και ζωικών οργανισμών. Το περιορισμένο βάθος της συμπίπτει μερικές φορές με το κρίσιμο βάθος (βάθος στο οποίο ισοσταθμίζονται φωτοσύνθεση και αναπνοή). Είναι η ζώνη όπου υπάρχει αμοιβαία διείσδυση των δυο συστημάτων: χερσαίου και υδάτινου. Η θερμοκρασία του νερού μπορεί να παρουσιάζει χρονικά μεγάλες διακυμάνσεις. Το φως διεισδύει εύκολα ως τον πυθμένα όταν το νερό δεν είναι πολύ θολό. Παρατηρείται έντονη δράση κυμάτων και το οξυγόνο του νερού ανανεώνεται συνεχώς.

ΣΤ) Βαθυπαραλιακή ζώνη (Profundal zone): Κάτω από την παραλιακή ζώνη υπάρχει μια άλλη μεταβατική που καλείται βαθυπαραλιακή ζώνη και κατοικείται από διασκορπισμένα φωτοσυνθετικά φύκη και βακτήρια. Στις στρωματοποιημένες λίμνες αυτή η ζώνη γειτνιάζει συχνά με το μεταλίμνιο. Το ανώτερο όριο της βαθυπαραλιακής ζώνης, το οποίο βρίσκεται στο χαμηλότερο άκρο της μακροφυτικής βλάστησης της κατώτερης υποπαραλιακής ζώνης, είναι συνήθως ευδιάκριτο. Το κατώτερο όριο της βαθυπαραλιακής ζώνης αποτελείται από μια βαθμίδα βενθικών φυκών, ιδιαίτερα κυανοπράσινων φυκών και φωτοσυνθετικών βακτηρίων και διακρίνεται λιγότερο καθαρά. Σ' αυτή τη ζώνη η θερμοκρασία του νερού μεταβάλλεται λίγο. Περιέχει λίγο ή και καθόλου οξυγόνο, ενώ, αντίθετα, περιέχει πολύ διοξείδιο του άνθρακα. Επίσης, συχνά μπορεί να είναι η παρουσία άλλων αερίων όπως π.χ. μεθανίου. Ο πυθμένας αυτής της ζώνης δέχεται ελάχιστο φως ή και καθόλου. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι, η βαθυπαραλιακή ζώνη, με τα γνωρίσματα αυτά, δεν μπορεί να υπάρξει σε αβαθείς λίμνες. Υπάρχει σε εκείνες που έχουν τόσο βάθος, ώστε το νερό τους να παρουσιάζει στρωματοποίηση της θερμοκρασίας.

Z) Βαθύαλη ζώνη: Το υπόλοιπο βαθύτερο τμήμα το οποίο αποτελείται από εκτεθειμένο λεπτό ίζημα και στερείται βλάστησης, ονομάζεται βαθύαλη ζώνη.

H) Αβυσσική ζώνη: Τέλος, σε μερικές μεγάλες λίμνες διακρίνουμε και μια ακόμα ζώνη, την αβυσσική, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση της Βα'ϊκάλης κάτω από 500 μέτρα. [1]

ΠΕΛΑΓΙΚΗ ΖΩΝΗ

Πελαγική ζώνη (Pelagic zone): Η παραλιακή και η βαθυπαραλιακή ζώνη βρίσκονται υπό την ισχύρη επίδραση των ακτών, του πυθμένα ή και των δυο μαζί. Αντίθετα, η πελαγική ζώνη, που λέγεται και λιμνητική (Limnetic zone) ή και ζώνη των ανοιχτών νερών, βρίσκεται μακριά από την άμεση επίδραση ακτών και πυθμένα. Ως κατώτερο βάθος της ζώνης αυτής, ορίζεται το βάθος εκείνο στο οποίο, η ένταση του φωτός που διεισδύει, γίνεται ίση με εκείνη του σημείου αντισταθμίσεως δηλαδή, η ένταση στην οποία ο ρυθμός φωτοσυνθέσεως είναι ίσος προς τον ρυθμό αναπνοής των οργανισμών που φωτοσυνθέτουν. Η πελαγική ζώνη περιέχει πλαγκτό [μικροί ζωικοί (ζωοπλαγκτό) και φυτικοί οργανισμοί (φυτοπλαγκτό)], νηκτό (ψάρια, καρκινοειδή και αμφίβια) και καμιά φορά νευστό (εξειδικευμένοι οργανισμοί που ζουν στη μεσεπιφάνεια νερού- ατμόσφαιρας). Συνήθως, είναι επαρκώς εμπλουτισμένη με οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Όπως και στην περίπτωση της βαθυπαραλιακής ζώνης, η πελαγική ζώνη δεν μπορεί να υπάρξει σε αβαθείς λίμνες. [2]

3.4 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΛΙΜΝΩΝ - ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Μορφολογία ονομάζεται ο κλάδος εκείνος της λιμνολογίας που ασχολείται με τη μέτρηση των μορφομετρικών παραμέτρων- χαρακτηριστικών μιας λεκάνης απορροής λιμναίας ή ποτάμιας. Η μέτρηση αυτών των παραμέτρων είναι σημαντική, διότι επηρεάζουν τα διάφορα λιμνολογικά φαινόμενα. Οι πιο συχνά μετρήσιμες μορφομετρικές παράμετροι είναι οι εξής:

A) Ολικό μέγιστο μήκος: Η απόσταση μεταξύ των δυο πιο απομακρυσμένων σημείων της ακτής. Η μορφή και η θέση αυτής της γραμμής πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αντιπροσωπεύει όσο το δυνατόν πιο σωστά το πραγματικό μήκος της πελαγικής ζώνης.

B) Πραγματικό μέγιστο μήκος: Η απόσταση μεταξύ των δυο πιο απομακρυσμένων σημείων της ακτής, χωρίς κανένα είδος εδαφικής παρεμβολής. Συχνά, μπορεί να ταυτίζεται με το ολικό μήκος.

Γ) Ολικό μέγιστο πλάτος (b): Η απόσταση μεταξύ των δυο πιο απομακρυσμένων σημείων των μεγαλύτερων πλευρών της ακτής, δίχως την παρεμβολή ξηράς εκτός από νησιά και κάθετα προς τον άξονα του μέγιστου μήκους.

Δ) Πραγματικό μέγιστο πλάτος: Η απόσταση μεταξύ των δυο πιο απομακρυσμένων σημείων των μεγαλύτερων πλευρών της ακτής, δίχως κανενός είδους εδαφικής παρεμβολής και σε ορθή γωνία με τον άξονα του μέγιστου μήκους.

E) Μέσο μήκος (l): Είναι ο λόγος της έκτασης προς το μέγιστο πλάτος.

Στ) Μέσο πλάτος (b): Είναι ο λόγος της έκτασης προς το μέγιστο μήκος.

Z) Έκταση (A): Είναι το εμβαδόν της επιφάνειας και κάθε περιγράμματος βάθους (μεταξύ δυο ισοβαθών).

H) Όγκος της λεκάνης (V): Ο συνολικός όγκος των εκτάσεων κάθε στρώματος σε διαδοχικά βάθη, από την επιφάνεια ως το σημείο του μέγιστου βάθους.

Θ) Μέγιστο βάθος(zm): Το μεγαλύτερο βάθος της λίμνης.

I) Μέσο βάθος (z): Είναι ο λόγος του όγκου της λεκάνης προς την έκταση επιφάνειας.

K) Ακτογραμμή (L): Η γραμμή που ορίζεται από τη συνάντηση του νερού με την ξηρά. Δεν είναι σταθερή, - ιδίως στις εφήμερες λίμνες -, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με τις βροχοπτώσεις και εκκενώσεις.

Λ) Ανάπτυξη ακτογραμμής (DL): Ο λόγος του μήκους της ακτογραμμής (l) προς την περιφέρεια ενός κύκλου ίσης έκτασης με αυτήν της λίμνης. Οι πολύ κυκλικές λίμνες και μερικές κέτπλε λίμνες προσεγγίζουν την ελάχιστη τιμή ανάπτυξης.

M) Κατατομή (profile): Η απεικόνιση της λιμναίας λεκάνης κατά μήκος μιας επιλεγμένης γραμμής. Η κατατομή δηλαδή, όπου γίνεται, απεικονίζει κατά τον καλύτερο τρόπο την κλίση της λεκάνης.

Η μορφολογία μιας λίμνης περιγράφεται καλύτερα από έναν λεπτομερή βαθυμετρικό χάρτη, ο οποίος απαιτείται για τον υπολογισμό των κυριότερων μορφομετρικών παραμέτρων. Η προετοιμασία ενός τέτοιου χάρτη απαιτεί τοπογράφιση της ακτογραμμής με συγκεκριμένες μεθόδους συχνά σε συνδυασμό με αεροφωτογράφιση. Από το χάρτη της ακτογραμμής πρέπει να κατασκευαστεί ένας λεπτομερής βαθυμετρικός χάρτης του περιγράμματος του βάρους, χρησιμοποιώντας μια σειρά από ακριβείς βυθομετρήσεις κατά μήκος διακεκομμένων διατομών.

Ένας ικανός αριθμός χαρακτηριστικών περιγραμμάτων των λιμναίων λεκανών μπορεί να αναγνωριστεί, αν και υπάρχουν πλήρεις διαβαθμίσεις μεταξύ των διάφορων τύπων:

1. Κυκλικές, τέτοιες όπως οι περισσότερες κρατηριακές και καλδές λίμνες, οι πιο τέλειες δολίνες, οι μικρότερες λεκάνες αποφύσισης, τουλάχιστον σε μερικές περιοχές, και ένας ή δυο μετεωριτικοί κρατήρες κυρίως η λίμνη Chubb.

2. Υποκυκλικές, μια λιγότερο τέλεια προσέγγιση στην κυκλική μορφή φαίνεται σε πολλές αμφιθεατρικές λίμνες, στις κέττλε και σε άλλες μικρές λίμνες με σχετικά ασύνδετο υλικό που εύκολα αναπροσαρμόζεται από εξελίξεις της ακτής. Σε μερικές περιπτώσεις αναπροσαρμογής, το γεγονός επικράτησης ανέμων ορισμένων διευθύνσεων μπορεί να οδηγήσει σε απόθεση περισσότερου υλικού στη μια πλευρά της λίμνης απ' ότι στην άλλη, δημιουργώντας μια λεκάνη σε σχήμα νεφρού.

3. Ελλειπτικές, όπως ορισμένες λίμνες της Αρκτικής και των κόλπων της Καρολίνας. Η ανάπτυξη της ακτογραμμής είναι λίγο μεγαλύτερη απ' ότι στις κυκλικές λίμνες.

4. Υποορθογώνιες επιμήκεις, όπως οι περισσότερες λίμνες σε τάφρους και σε παγωμένες πολύ βαθιές κοιλάδες, άσχετα αν υπάρχει ή όχι ένα μικρό μοραινικό φράγμα.

5. Δενδροειδείς, οι οποίες αντιπροσωπεύουν υπερεκχειλισμένες κοιλάδες που δεν είναι πολύ βαθιές, όταν το χαμηλότερο άκρο τους μπλοκάρεται με φράξιμο ή κλίση. Η λίμνη Waikaremoana στη Νέα Ζηλανδία που συγκρατιέται από ένα φράγμα κατολίσθησης είναι εντυπωσιακά δενδροειδής. Η λίμνη Kioga δίνει ένα θεαματικό δείγμα που οφείλεται σε κλίση. Η λίμνη Malar, μια περίπλοκη λεκάνη ανάμεσα στη Στοκχόλμη και στην Ουψάλα, που έχει μετασηματιστεί, σε ιστορικούς χρόνους, από ένα βραχίονα της Βαλτικής σε μια λίμνη με ανυψωμένη την ακτή, είναι ένα άλλο αξιοσημείωτο παράδειγμα. Η επίδραση του πάγου, που εμφανίζεται κυρίως σε μερικές υποαλπικές ιταλικές λίμνες, μπορεί να δημιουργήσει ένα όμοιο μοντέλο με υψηλές τιμές της ακτογραμμής. Στον ελληνικό χώρο παράδειγμα δενδροειδούς λίμνης είναι η τεχνητή λίμνη του Ταυρωπού.

6. Ημισεληνοειδείς, όπως οι λίμνες από παλιομένες και μερικές καλδές, όπου ένας δευτερογενής κώνος σχηματίζεται ιδιόμορφα, καταλαμβάνοντας ένα μεγάλο τμήμα της λεκάνης που συνδέεται στη μια πλευρά.

7. Τριγωνικές, όπως οι πλημμυρισμένες κοιλάδες πίσω από φράγματα, π.χ. στην περιοχή Landes στη Δ. Γαλλία και στις περισσότερες πλευρικές λίμνες σε ώριμες κοιλάδες.

8. Ακανόνιστες, όπως συμβαίνει σε ακραίες περιπτώσεις, κυρίως σε περιοχές όπου συνέβη συνένωση των λεκανών ή σε περιοχές παγετωνικής διάβρωσης θρυμματισμένων πετρωμάτων. Η λίμνη Lahontan είναι μια καταπληκτική περίπτωση περίπλοκης ακανόνιστης τεκτονικής λεκάνης, η οποία οφείλεται σε ρηγματώση που τώρα καταλαμβάνεται από μικρότερες λίμνες σε χωριστές ρηματογενείς τάφρους. Οι πολύ ακανόνιστες λίμνες στο Wisconsin και σε άλλες κεντροδυτικές πολιτείες καταλαμβάνουν συχνά σύνθετες κέττλε λεκάνες. Το ακανόνιστο σχήμα πολλών μεγάλων λιμνών στο ΒΔ. Καναδά οφείλεται πιθανώς στη δραστηριότητα παγετωνικής διάβρωσης σε ένα περίπλοκο σύστημα παλαιών πετρωμάτων. Αυτό συμβαίνει σίγουρα στο ανατολικό μέρος της λίμνης Great Slave. Οι μικρές λίμνες παγετωνικής διάβρωσης στο Outer Hebrides και στη δυτική ηπειρωτική Σκωτία σίγουρα οφείλουν το περίγραμμά τους στη διαφορετική αντίσταση των θρυμματισμένων και συνδεδεμένων πετρωμάτων. Στις ακραίες περιπτώσεις που είναι γνωστές στη Φινλανδία, τέτοιες αιτίες έχουν αναμφίβολα παρεμβληθεί κατά ένα μέρος, αλλά εδώ υπάρχει μια παραπέρα πηγή ανωμαλίας στη διαφορετική προπαγωμένη ανύψωση, που τείνει να δημιουργήσει δενδροειδή μοντέλα, ενώ παράλληλα τα άκρα κατολισθήσεων προστίθενται στη γραμμικότητα των λεκανών.

3.5 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ

Μπορεί η γένεση - προέλευση και η μορφομετρία των λιμνών να είναι μεγάλου ενδι-αφέροντος, εντούτοις η γεωμορφολογία τους είναι βασικός παράγοντας μελέτης τους, διότι σχετίζεται με τα φυσικά, χημικά και βιολογικά φαινόμενα που συμβαίνουν σε αυτές και παίζει πρωταρχικό ρόλο:

A) Στον έλεγχο του μεταβολισμού της λίμνης μέσα στις κλιματικές διαταραχές της πε-ριοχής

B) Στον έλεγχο της φύσης της αποστράγγισης και

Γ) Στην εισαγωγή των θρεπτικών αλάτων σε αυτήν.

Τα θερμικά πρότυπα καθορίζουν την κατανομή των διαλυμένων αερίων, των θρε-πτικών αλάτων και των οργανισμών, έτσι ώστε ο ολικός μεταβολισμός των συστημάτων του γλυκού νερού επηρεάζεται σε διάφορο βαθμό από τη γεωμορφολογία της λεκάνης. Αυτά εί-ναι έντονα επηρεασμένα από τη μορφομετρία της λεκάνης και τον όγκο της εισροής.

Το σχήμα της λιμναίας λεκάνης συχνά καθορίζει την παραγωγικότητά της. Λεκάνες με απότομες ακτές σχήματος U ή V, σχηματισμένες κυρίως από τεκτονικές δυνάμεις, είναι συνήθως βαθιές και σχετικά μη παραγωγικές. Σε τέτοιες λίμνες ένας αναλογικά μικρότερος όγκος νερού είναι σε συνάφεια με τα ιζήματα. Γενικά, ρηχά βυθίσματα με μεγαλύτερο ποσο-στό νερού σε επαφή με τα ιζήματα, βρίσκονται ενδιάμεσα στις μη παραγωγικές και πολύ πα-ραγωγικές λίμνες. Οι ρηχές δηλ. λίμνες που έχουν μεγαλύτερη ιζηματογενή περιοχή ανά μο-νάδα υδάτινου όγκου, είναι γενικά πιο παραγωγικές από τις βαθιές λίμνες και το μεγαλύτερο ποσοστό της ολικής παραγωγικότητας οφείλεται στις προσαρμοσμένες παραλιακές κοινότη-τες.

Η μορφομετρία και τα γεωλογικά υποστρώματα των λιμναίων λεκανών είναι με-γίστης σημασίας στο να προσδιορίζουν τις αλληλεπιδράσεις του ιζήματος και του νερού, την αποτελεσματική παραγωγικότητα και τη σημασία της παραλιακής παραγωγικότητας με αυτήν ολόκληρης της λίμνης. [1]

3.6 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Για την πληρέστερη κατανόηση των διαφόρων φυσικών, χημικών και βιολογικών φαι-νομένων μιας λίμνης χρειάζεται να αναλύσουμε λίγο μερικές από τις θερμικές ιδιότητες του νερού:

Ειδική θερμότητα: Το νερό, σε σύγκριση με άλλες ουσίες, έχει πολύ μεγάλη ειδική θερμότητα, δηλαδή, χρειάζονται πολύ μεγάλα ποσά θερμότητας για να υψωθεί ή να ταπει-νωθεί η θερμοκρασία του. Η ειδική θερμότητά του είναι 1°C (ποσό θερμότητας για να υψωθεί η θερμοκρασία από 15 σε 16°C). Ελάχιστες άλλες ουσίες έχουν ειδική θερμότητα 1 ή πάνω από ένα.

Λανθάνουσα θερμότητα τήξεως(ή πήξεως): Επίσης είναι πολύ μεγάλη. Χρειάζονται 80 cal για να λιώσει 1 gr πάγου.

Λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως: Και αυτή είναι πολύ μεγάλη και συγκεκριμένα η μεγαλύτερη σε σύγκριση με τις άλλες ουσίες ίση με 539 cal .

Μέγιστη πυκνότητα του νερού: Το νερό παρουσιάζει μέγιστη πυκνότητα στους 4°C . Πάνω και κάτω από αυτή τη θερμοκρασία η πυκνότητα είναι μικρότερη, γι' αυτό και ο πάγος επιπλέει. Αυτή η θερμική ιδιότητα του νερού είναι υπεύθυνη για το ότι οι λίμνες τυπικά δεν παγώνουν ως τον πυθμένα. Επίσης, η ζωή σε ολόκληρη τη βιόσφαιρα και όχι μόνο στις υδα-τοσυλλογές θα ήταν πολύ πιο διαφορετική από αυτήν που γνωρίζουμε σήμερα, αν οι θερμι-κές ιδιότητες του νερού ήταν διαφορετικές από αυτές που αναφέραμε.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η θερμοκρασία του νερού μεταβάλλεται εποχι-κά πολύ δυσκολότερα και βραδύτερα σε σύγκριση με τη θερμοκρασία του αέρα. Είναι γνω-στή, άλλωστε, η ρυθμιστική επίδραση των μαζών νερού στο κλίμα. Οπωσδήποτε, σε περιο-χές όπως οι εύκρατες, στις οποίες υπάρχουν μεγάλες εποχικές διακυμάνσεις της θερμοκρα-σίας του αέρα, οι λίμνες υφίστανται και αυτές κυμάνσεις θερμοκρασίας του νερού τους. Οι κυμάνσεις αυτές μπορούν να δημιουργήσουν, σε διάφορες εποχές, δυο πολύ ενδιαφέροντα φαινόμενα: **α) την κυκλοφορία (ανάμιξη) του νερού και β) τη στρωματοποίηση της θερ-μοκρασίας του.** [2]

3.6.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ – ΑΝΑΜΙΞΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η κυκλοφορία οφείλεται στις εποχικές μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα που προκαλούν μεταβολές του επιφανειακού στρώματος του νερού. Μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού σημαίνει μεταβολή πυκνότητας, άρα αρχίζει διαφοροποίηση του βάρους των διαφόρων στρωμάτων του νερού. Έτσι, δημιουργούνται οι εξής κατηγορίες λιμνών:

Α) Διμεικτικές λίμνες: Υπάρχει ένας μικρός αριθμός λιμνών που καλύπτονται συνεχώς από τόσο παχύ στρώμα πάγου, ώστε η θερμοκρασία της μεγάλης μάζας του νερού τους να μην μπορεί να επηρεαστεί από τις μικρές, έστω, εποχικές μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα. Οι σπάνιες αυτές λίμνες έχουν νερό με θερμοκρασία σταθερή όλο το έτος, άρα σ' αυτές το νερό δεν κυκλοφορεί πάνω- κάτω, δεν αναμιγνύεται.

Β) Πολυμεικτικές λίμνες: Η διαμετρικά αντίθετη περίπτωση παρατηρείται σε τροπικές λίμνες των οποίων το νερό κυκλοφορεί συνεχώς καθ' όλο το έτος.

Γ) Διμεικτικές λίμνες: Οι περισσότερες, όμως, λίμνες ανήκουν σε ενδιάμεσες περιπτώσεις με κυριότερη απ' αυτές τις διμεικτικές λίμνες, που ανήκουν συνήθως στις εύκρατες περιοχές. Η κυκλοφορία του νερού σε αυτές τις λίμνες επηρεάζεται από τις εποχικές μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα, όπως έχουμε πει ήδη και γίνεται ως εξής:

Χειμώνας: Η λίμνη είναι καλυμμένη με πάγο. Δεν παρατηρείται ανάμιξη του νερού, άρα η θερμοκρασία του νερού είναι σταθερή.

Άνοιξη: Ο πάγος λιώνει και το επιφανειακό στρώμα του νερού εκτίθεται ελεύθερα στη θερμότητα του αέρα. Όσο προχωράει η άνοιξη, τόσο το επιφανειακό στρώμα γίνεται κάπως θερμότερο, άρα και κάπως ελαφρότερο από το κατώτερο στρώμα. Τώρα, αν δεν υπήρχε άλλη αιτία, το ελαφρότερο αυτό στρώμα θα έμενε συνεχώς στην επιφάνεια. Η άλλη αιτία, όμως, που υπάρχει είναι ο άνεμος και επειδή η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ανώτερου και κατώτερου στρώματος είναι ακόμα μικρή, τα δυο στρώματα δεν παρουσιάζουν σοβαρή αντίσταση στην ανάμιξή τους. Έτσι, ακόμα και μέτριος άνεμος μπορεί εύκολα με την αναταραχή του νερού που προκαλεί να αναμίξει τα δυο στρώματα. Με τον τρόπο αυτό, εξακολουθεί καθ' όλη την άνοιξη η ανάμιξη, ώστε τελικά όλο το νερό της λίμνης, έως τον πυθμένα, θα θερμανθεί και θα αποκτήσει λίγο- πολύ ομοιόμορφη θερμοκρασία.

Καλοκαίρι: Επειδή η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία αρχίζει να γίνεται τόσο ισχυρή, ώστε το επιφανειακό στρώμα αρχίζει να θερμαίνεται πολύ έντονα- (και όχι ελαφρά όπως την άνοιξη)-, έρχεται κάποια στιγμή που η έντονη αυτή θέρμανση του επιφανειακού στρώματος το κάνει τόσο θερμότερο από το κατώτερο, ώστε ο άνεμος να μην μπορεί να προκαλέσει επαρκή μηχανική ανάμιξη. Όταν συμβεί αυτό τότε το επιφανειακό στρώμα, ως ένα ορισμένο βάθος, παραμένει για ένα διάστημα σταθερά θερμότερο από το κατώτερο. Έτσι, στη λίμνη με την έλευση του θέρους, πραγματοποιείται **στρωματοποίηση της θερμοκρασίας του νερού**.

Φθινόπωρο: Το φθινόπωρο η θερμοκρασία του αέρα πέφτει. Το επιφανειακό στρώμα του νερού ψυχραίνεται και, ως βαρύτερο, πέφτει προς τα κάτω, ενώ έρχεται προς τα πάνω το θερμότερο. Η ανάμιξη υποβοηθείται από τον άνεμο και συνεχίζεται, ώσπου όλο το νερό να αποκτήσει ομοιόμορφη θερμοκρασία. Όταν, όμως, έρθουν οι παγωνιές του χειμώνα, φτάνει κάποια στιγμή που η θερμοκρασία του επιφανειακού νερού πέφτει κάτω από τους 4°C. Άρα, το νερό αυτό γίνεται όλο και ελαφρότερο, οπότε παύει κάποια στιγμή να κατέρχεται και μένει στην επιφάνεια. Έτσι, τον χειμώνα η λίμνη έχει ένα ψυχρό στρώμα (ή και πάγο) στην επιφάνεια που ακολουθείται από θερμότερο στρώμα πιο βαθιά.

3.6.2 ΣΤΡΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Η στρωματοποίηση της θερμοκρασίας παρουσιάζει τυπικά μια εικόνα όπου παρατηρείται αρχικά ένα ανώτερο θερμότερο στρώμα, **το επιλίμνιο**, με θερμοκρασία λίγο- πολύ ομοιόμορφη. Κατόπιν, ένα ενδιάμεσο στρώμα **το μεταλίμνιο ή θερμοκλινές** του οποίου η θερμοκρασία δεν είναι ομοιόμορφη, αλλά πέφτει απότομα όσο αυξάνει το βάθος. Τέλος, μετά το μεταλίμνιο, διακρίνουμε ένα κατώτερο στρώμα ως τον πυθμένα, **το υπολίμνιο**, του οποίου

ου η θερμοκρασία είναι ομοιόμορφη και μπορεί να διαφέρει αρκετά σε σύγκριση με εκείνη του επιλίμνιου. Πιο αναλυτικά:

Το επιλίμνιο έχει σχεδόν ομοιόμορφη θερμοκρασία καθ' όλο το θέρους, αλλά όχι την ίδια. Η θερμοκρασία του κυμαίνεται ως αποτέλεσμα της κυμάνσεως της θερμοκρασίας του αέρα. Το μεταλίμνιο οριοθετείται (κάπως αυθαίρετα) με βάση τον κανόνα του Birge. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτόν, ανώτερο όριο του μεταλίμνιου είναι εκείνο στο οποίο η πτώση της θερμοκρασίας με το βάθος αρχίζει να υπερβαίνει τον 1°C ανά 1 μέτρο βάθους, ενώ το κατώτερο όριο είναι εκείνο στο οποίο η πτώση αρχίζει ή γίνεται μικρότερη από 1°C ανά 1 μέτρο βάθους. Το βάθος ενάρξεως και πέρατος του μεταλίμνιου δεν παραμένει απαραίτητα σταθερό καθ' όλο το θέρους. Όταν σχηματισθεί το μεταλίμνιο, τότε το υπολίμνιο βρίσκεται απομονωμένο από κάθε κυκλοφορία και ουσιαστικά είναι ακίνητο, πράγμα που έχει σοβαρές επιπτώσεις για τη βιοκοινότητα που ζει σ' αυτό. Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε ότι το φαινόμενο της στρωματοποίησης επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων, π.χ. ανάγλυφο του πυθμένα, γεωγραφική θέση, μετεωρολογικοί παράγοντες, εποχή, φύση των εισροών και εκροών του νερού κ.τ.λ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1. ΑΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΛΙΜΝΩΝ

Οι αβιοτικοί παράγοντες των λιμνών χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: στους **φυσικούς** και στους **χημικούς**. Αναλύονται και μελετώνται λεπτομερώς και οι δυο κατηγορίες εφόσον μια από τις ποικίλες επιδράσεις τους είναι αυτή που έχουν πάνω στους οργανισμούς που ζουν στα φυσικά νερά, οι οποίοι είναι πολυάριθμοι και πολυποίκλιοι σε μέγεθος, σε συμπεριφορά, σε αναπνευστικές και θρεπτικές απαιτήσεις. Οι τελευταίοι εξαρτώνται μεταξύ τους και μπορεί να είναι φυτικοί και ζωικοί όπως: βακτήρια, μύκητες, φύκη, φανερόγαμα, πρῶτιστα, ασπόνδυλα και σπονδυλωτά.

4.1.1. ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

ΦΩΣ: Η ζωή στα φυσικά νερά εξαρτάται από τα μικροσκοπικά φύκη (τους πρωτογενείς παραγωγούς). Έτσι εξηγείται γιατί αυτά τα φύκη βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια και στην είσοδο του φωτός της ημέρας. Κατά γενικό κανόνα, μπορεί να πει κανείς ότι το εκατοστό της έντασης του ηλιακού φωτός το μεσημέρι είναι επαρκές για μια αποτελεσματική φωτοσύνθεση, αλλά το 90 % του όγκου των νερών της υδρόσφαιρας βρίσκεται στο σκοτάδι. Ο ένας από τους λόγους γι' αυτό είναι ότι λίγο από το φως που φτάνει στην επιφάνεια, κατορθώνει να τη διαπεράσει. Το πρώτο εμπόδιο είναι η ίδια η επιφάνεια.

Η ηλιακή ενέργεια που δέχεται η γη είναι συνάρτηση του ύψους στο οποίο βρίσκεται ο ήλιος και της γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στη γη. Συνεπώς, επηρεάζεται σημαντικά από το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή. Οι περιοχές του Ισημερινού δέχονται

την ηλιακή ακτινοβολία κάθετα, με αποτέλεσμα τη σχετικά σταθερή παραγωγή ενέργειας. Το ίδιο όμως δε συμβαίνει και με τις εύκρατες και πολικές περιοχές, όπου ο ήλιος αλλάζει θέση (και συνεπώς γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων) ανάλογα με την περιοχή και την εποχή. Η διάρκεια της ημέρας είναι ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει σοβαρά την ηλιακή ροή που φτάνει στην επιφάνεια της λίμνης, επειδή το χρονικό διάστημα της ημέρας επηρεάζει τη θέση του ήλιου και την απόσταση της διαδρομής που θα πρέπει να ακολουθήσει μέσα από την ατμόσφαιρα που την απορροφά. Στα απώτερα σημεία των πόλων, για παράδειγμα, η άμεση ηλιακή ενέργεια μειώνεται στο μηδέν για περισσότερο από το ένα τρίτο του χρόνου και τα πολικά νερά δέχονται θερμική ακτινοβολία μόνο από έμμεσες πηγές.

Οι δυνατότητες της ατμόσφαιρας για απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας σχετίζονται με το οξυγόνο, το όζον, το διοξείδιο του άνθρακα και τους υδρατμούς. Εξάλλου, η ατμοσφαιρική διαφάνεια αλλάζει σε ορισμένες περιοχές ως συνέπεια των βιομηχανικών και των αστικών αποβλήτων. Η διάχυση και η απορρόφηση αυξάνονται όταν ο αέρας είναι υγρός. Τόσο το υψόμετρο της λίμνης όσο και το ύψος του ήλιου καθορίζουν την ατμόσφαιρα, μέσα από την οποία πρέπει να διέλθει η ακτινοβολία. Με λίγα λόγια, το ποσό και η φασματική σύνθεση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια των νερών διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή, το διάστημα της ημέρας, το υψόμετρο και τις μετεωρολογικές συνθήκες.

Η έμμεση ηλιακή ακτινοβολία από τον ουρανό είναι κυρίως το αποτέλεσμα της διάχυσης του φωτός, καθώς περνάει μέσα από την ατμόσφαιρα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζουν και τη δάχυση, αλλά ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζουν το ύψος του ήλιου και η απόσταση της ατμόσφαιρας μέσα από την οποία πρέπει να περάσει το φως. Το ποσοστό της έμμεσης ακτινοβολίας αυξάνει σημαντικά με την απόκλιση των ακτίνων από την κάθετη διάδοση (π.χ. 20-40 % σε ανύψωση του ήλιου από την οριζόντια θέση στις 10 μοίρες, σε σχέση με 8-20 % σε ανύψωση του ήλιου στις 40 μοίρες). Σε άσχημο καιρό, καθώς η επιφάνεια της λίμνης είναι ταραγμένη, ως 60 % του ηλιακού φωτός σταματά ή ανακλάται μέσα στα πρώτα μέτρα. Δεν είναι μόνο η πραγματική ανάκλαση από την επιφάνεια που είναι σημαντική σε αυτήν την περίπτωση, αλλά εξίσου και οι πολυάριθμες φυσαλίδες που προξενούνται από τη θραύση των κυμάτων. Η ανάκλαση εξαρτάται από το ύψος του ήλιου στο ζενίθ δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ανάκλαση. Η έμμεση ακτινοβολία από τον ουρανό ανακλάται από την επιφάνεια του νερού, αλλά επηρεάζεται λιγότερο από το ύψος του ήλιου. Όταν ο ουρανός είναι σκοτεινός, το ποσό του έμμεσου φωτός που ανακλάται μειώνεται.

4.1.1.ι.ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΝΕΡΟ

Η διάχυση του φωτός από το νερό έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια μεγάλων ποσοτήτων φωτεινής ενέργειας από τη λίμνη. Από τη συνολική φωτεινή ενέργεια που εισέρχεται στο νερό, μέρος απορροφάται από το νερό και τα αιωρούμενα στερεά και σημαντικό μέρος διαχέεται. Το φως που διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις μέσα σε έναν όγκο νερού διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με την ποσότητα του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και των οπτικών ιδιοτήτων του. Για παράδειγμα, ηφαιστειακά πυριτικά υλικά διαχέουν το φως πολύ λιγότερο από τα αιωρούμενα σωματίδια ύλης χαμηλής διαπερατότητας.

Η διάχυση του φωτός αλλάζει σημαντικά ανάλογα με το βάθος, την εποχή και τη θέση της λίμνης και εξαρτάται από την κατανομή του σωματιδιακού υλικού στο νερό. Όταν το σωματιδιακό υλικό συγκεντρώνεται σε ζώνη μεγάλης αλλαγής πυκνότητας (μεταλλίμνιο) μιας θερμικά στρωματοποιημένης λίμνης, είτε ως αποτέλεσμα μειωμένων ποσοστών βύθισης (καθώς τα σωματίδια συναντούν αυξημένες πυκνότητες νερού) είτε ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης μεγάλων πληθυσμών πλαγκτού σε ορισμένα στρώματα, η διάχυση του φωτός μπορεί να αυξηθεί. Η διάχυση μπορεί να αυξηθεί σημαντικά σε περιοχές της λίμνης όπου ο άνεμος προκαλεί κυματισμό, ο οποίος αναγκάζει τα παραλιακά και παράκτια αποθέματα του σωματιδιακού υλικού να αιωρούνται. Όταν τα νερά διμεικτικού ή αμεικτικού τύπου λιμνών (**βλέπε σελ. - 29 -**) βρίσκονται σε πλήρη κυκλοφορία, σημαντικό μέρος των πρόσφατων ιζημάτων του πυθμένα της λίμνης αναγκάζονται να επανααιωρηθούν και έτσι η διάχυση επηρεάζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα (εβδομάδες). Κατά παρόμοιο τρόπο, η μεταβλητή ροή του αιωρούμενου ανόργανου και οργανικού υλικού, από την εισροή ρεύματος σε λίμνες, μπορεί σύ-

νοτομα να αυξήσει τη διάχυση του φωτός ανομοιόμορφα μέσα στη λεκάνη της λίμνης. Αυτές οι αλλαγές μπορεί να είναι βραχυχρόνιες ή μακροχρόνιες, ανάλογα με τη σύνθεση και την πυκνότητα του υλικού τόσο του εισερχόμενου νερού, όσο και του αποδέκτη (της λίμνης).

Σημαντική ποσότητα φωτός μπορεί να ανακλαστεί και να διασκορπιστεί από το ίζημα στην παραλιακή ζώνη και σε αβαθείς περιοχές της λίμνης, καθώς και από τον πυθμένα μέτριου βάθους διαφανών λιμνών. Το ποσό του φωτός που επιστρέφει στο νερό εξαρτάται από τη σύνθεση του ιζήματος: αμμώδες ίζημα ή ίζημα πλούσιο σε ανθρακικό ασβέστιο ανακλά πολύ περισσότερο φως απ' ό,τι το σκουρόχρωμο ίζημα πλούσιο σε οργανική ύλη. Σε καθαρά νερά η διάχυση συμβαίνει κυρίως στην κυανή περιοχή του ορατού φάσματος. Καθώς η ποσότητα και το μέγεθος αιωρούμενων στερεών αυξάνει, η ακτινοβολία του μεγαλύτερου μήκους κύματος διαχέεται και παρατηρείται μεγαλύτερη απορρόφηση του φωτός σε μεγαλύτερες συχνότητες. Λίμνες με σκληρά νερά που έχουν μεγάλα ποσά αιωρούμενων σωματιδίων ανθρακικού ασβεστίου επαναδιαχέουν κυρίως το φως στο κυανοπράσινο. Λίμνες με πλούσιο αιωρούμενο οργανικό υλικό εμφανίζονται περισσότερο πράσινες ή κίτρινες.

Το φως από τις πηγές διάχυσης και ανάκλασης είναι προφανούς σημασίας για τους οργανισμούς που θα το χρησιμοποιήσουν άμεσα στη φωτοσύνθεση ή έμμεσα σε μηχανισμούς συμπεριφοράς. Σε συστήματα λιμνών όπου το φως εισέρχεται στο περιβάλλον έμμεσα από πάνω, διάχυτο φως μπορεί να αποτελέσει σημαντική βοηθητική πηγή ενέργειας. Το ποσό του φωτός που διαχέεται μπορεί εύκολα να γίνει το 1/4 εκείνου του φωτός που απορροφάται από το νερό. Υπάρχει πιθανότητα οι τιμές να είναι ακόμη υψηλότερες, αφού τα περισσότερα δεδομένα για τη διάχυση βασίζονται σε έμμεσες μετρήσεις από όργανα. Ένα μέρος του φωτός που διαχέεται επιστρέφει στην επιφάνεια της λίμνης και το μεγαλύτερο μέρος χάνεται στην ατμόσφαιρα.

4.1.1.ii. ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟ ΝΕΡΟ

Τα παραπάνω ισχύουν για το ορατό φάσμα, αλλά και τα αόρατα για τον ανθρώπινο οφθαλμό μήκη κύματος δεν εισχωρούν καθόλου περισσότερο. Ένα μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της λίμνης είναι το υπέρυθρο τμήμα του ηλιακού φάσματος και επηρεάζει σημαντικά το υδάτινο οικοσύστημα.

Το νερό της λίμνης συμπεριφέρεται σαν μαύρο σώμα στην ακτινοβολία της χαμηλής συχνότητας και μεγάλου μήκους κύματος. Εξαιτίας της ανάκλασης στην επιφάνεια, το 97 % της θερμικής ενέργειας εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα δε λειτουργεί σαν μαύρο σώμα, αλλά η θερμική ακτινοβολία από αυτήν επηρεάζεται από την πίεση των υδρατμών του νερού και το βαθμό της νεφοκάλυψης.

Οι υπέρυθρες ακτίνες θερμαίνουν την ίδια την επιφάνεια και δεν εισέρχονται βαθιά. Οι υπεριώδεις ακτίνες εισέρχονται το πολύ ως τρία μέτρα, πράγμα που περιστασιακά αξίζει περισσότερο, μιας και αυτές είναι βλαβερές για πολυάριθμα αβγά, προνύμφες, ώριμους πλαγκτικούς οργανισμούς, το ίδιο και για πολλά είδη φυκών και ζώων που ζουν στον πυθμένα. Οι υπεριώδεις ακτίνες είναι εξίσου θανασιμες για τα βακτήρια, αλλά απορροφώνται τόσο γρήγορα, ώστε δε βρίσκουμε κανένα ίχνος των αποτελεσμάτων τους, καλών ή κακών, σε βάθος μεγαλύτερο από τρία μετρα. Εντούτοις, είναι δυνατόν κοντά στην επιφάνεια το υπεριώδες φως να παίζει σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό πολυάριθμων βιταμινών από τα μικροφύκη.

Το ποσοστό διάδοσης του φωτός μέσα από διαυγή άχρωμο πάγο δε διαφέρει σημαντικά από τη διάδοση του φωτός στο νερό. Η εξασθένηση του φωτός αυξάνει σημαντικά όμως, αν ο πάγος είναι χρωματισμένος με οργανικό υλικό ή αν περιέχει φυσαλίδες αέρα ή σχηματίζει κατά την ψύξη ακανόνιστους κρυστάλλους. Αν πάνω στον πάγο προστεθεί χιόνι, η μείωση του φωτός είναι μεγάλη. Μερικές φορές έχει παρατηρηθεί μείωση του φωτός μέχρι και σε μηδενικό επίπεδο, σε βάθος μόλις ενός μέτρου κάτω από τον πάγο ο οποίος καλύπτεται από χιόνι. Όταν ο πάγος και το χιόνι παραμείνουν για πολύ χρόνο, η αναμενόμενη σοβαρή μείωση ή έλλειψη του φωτός από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς που διαβιούν στα νερά, θα επηρεάσουν σοβαρά ολόκληρο το μεταβολισμό της λίμνης. Σε πολύ παραγωγικές λίμνες η κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου, με διαδικασίες καταβολισμού, μπορεί να ξεπεράσει την παραγωγή αυτού από τη φωτοσύνθεση, οπότε η μείωση να

είναι μεγάλη ή ακόμη να μην υπάρχει καθόλου οξυγόνο (ανοξία). Η μείωση του οξυγόνου ή η ανοξία που προέρχεται από υπερβολικό χιόνι ή από κάλυψη πάγου, συνήθως παρατηρείται σε αβαθείς, παραγωγικές λίμνες και υδατοσυλλογές σε εύκρατα κλίματα και οδηγεί, συχνά, στο θάνατο πολλών οργανισμών.

4.1.1.iii. ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι μέγιστη πηγή ενέργειας και η κινητήρια δύναμη παραγωγικότητας υδάτινων οικοσυστημάτων, είτε ενσωματωμένη στην ενέργεια που προκύπτει απευθείας από τη χλωρίδα, από τις βιοχημικές αλλαγές που συμβαίνουν μέσα στη λίμνη, είτε από τα γήινα συστατικά μέσα στις λεκάνες απορροής τα οποία εισάγονται ως οργανικό υλικό στη λίμνη. **Ο φωτισμός για τον οποίο η αναλογία CO/O₂ είναι ίση με τη μονάδα, για ένα κανονικό κύκλο 24ώρων ωρών και άρα η μηδαμινή παραγωγή, ονομάζεται φωτισμός αντιστάθμισης και αντιστοιχεί στη στήλη του νερού ή πάνω στον πυθμένα.** Το βάθος αντιστάθμισης μπορεί να είναι πολύ μικρό (μερικά μέτρα) μέσα στα πολύ θολά νερά και φτάνει, αντίθετα, τιμές της τάξης των 100-150 μέτρων, όταν τα νερά έχουν μια υψηλή διαφάνεια (γαλάζια νερά γενικά). Αυτό πολλές φορές βρίσκεται κατά μέσο όρο ανάμεσα στα 40 και 60 μέτρα. Το μεγαλύτερο μέρος των πολυειδικών φυτικών πληθυσμών είναι πιο απαιτητικά, δηλαδή πιο φωτόφιλα από άλλα τα οποία, σε αντίθεση, αντέχουν ή ακόμη απαιτούν μια ποσότητα φωτός πιο μέτρια και ονομάζονται σκιοφιλα. Ανάλογα δηλαδή με τις απαιτήσεις τους είναι και η κατακόρυφη διανομή τους.

Εκτός από τις προσαρμογές των φωτοσυνθετικών οργανισμών σε υδάτινο φωτισμένο περιβάλλον, συγκεκριμένη είναι και η χρήση του φωτός από τα υδρόβια ζώα. Πολυάριθμα είδη των ανώτερων στρωμάτων πραγματοποιούν κανονικές κατακόρυφες μετακινήσεις, ανεβαίνοντας προς την επιφάνεια τη νύχτα και ξανακατεβαίνοντας κατά τη διάρκεια της ημέρας και έχει θεμελιωθεί ότι αυτές οι κινήσεις γίνονται εξαιτίας του φωτός. Από τα ασπόνδυλα, για παράδειγμα, η γαρίδα *Mysis relicta* απαντά μόνο σε μεγάλα βάθη καθαρών λιμνών, δηλαδή, σε ένα οπτικά γαλάζιο περιβάλλον. Η *Daphnia* μετακινείται κατά τη διάρκεια της ημέρας από το βάθος στην επιφάνεια του νερού και προσαρμόζεται στο μεταβαλλόμενο φωτεινό περιβάλλον με τους οπτικούς της δέκτες. Το έντομο *Libellula* sp. που περνά το μεγαλύτερο μέρος του κύκλου ζωής του ως ανώριμη υδρόβια νύμφη, έχει οπτικούς δέκτες με μέγιστο μόνο στο πράσινο και ίσως στην κυανή περιοχή του φάσματος. Με τη μεταμόρφωσή του στο στάδιο του ενηλίκου εμφανίζεται μια αύξηση στον αριθμό των δεκτών. Παρόμοιες αλλαγές βρέθηκαν και στα ψάρια. Συνηθισμένη είναι και η προσαρμοστικότητα της συμπεριφοράς στη χρήση φωτός. Για παράδειγμα, η *Daphnia* χρησιμοποιεί το φως ως ένδειξη προκειμένου να προσανατολίζεται την ώρα που κολυμπάει. Ο κατά μήκος άξονας του σώματος κατευθύνεται με ένα άνυσμα μέγιστης φωτεινής ενέργειας, ενώ επηρεάζει την κατευθυνόμενη μετακίνηση αυτών των καρκινοειδών κατά τη διάρκεια της κατακόρυφης μετακίνησης. Έτσι, η κατανομή των πληθυσμών της *Daphnia* μέσα στη λίμνη εξαρτάται κατά πολύ από το φως.

Αυτή η έννοια του φωτισμού (και κατά συνέπεια του βάθους) αντιστάθμισης επιτρέπει να υποδιαιρέσουμε μια λίμνη σε δυο μεγάλα συστήματα: το **φυτικό σύστημα**, στο οποίο μπορεί να διεξαχθεί η φωτοσύνθεση των πράσινων φυτών και το **αφυτικό σύστημα**, απ' όπου αποκλείεται κάθε φυτική φωτοαυτότροφη ζωή. Φαίνεται, έτσι, ότι αν δε λάβουμε υπόψη τη σύνθεση της ζωντανής ύλης που μπορεί να προκύψει από τη δραστηριότητα των χημιαυτότροφων οργανισμών, δηλαδή αυτών που παίρνουν την ενέργεια από το μεταβολισμό ορισμένων ανόργανων ουσιών, η φωτοσύνθεση είναι στην πραγματικότητα ολοκληρωτικά ο κύκλος της ύλης στα υδάτινα συστήματα, όπως άλλωστε και στην ξηρά.

4.1.2. ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ

Το νερό είναι ένα υγρό διαφανές, αλλά αυτή η διαφάνειά του εξαρτάται από το μήκος κύματος του φωτός που το διαπερνά. Η υπέρυθη ακτινοβολία, τόσο χρήσιμη από φυσική άποψη (κύμα που μεταφέρει τη θερμότητα) όπως και από βιολογική (φωτοσύνθεση), δεν ειςχωρεί παρά λίγο. Το νερό είναι ένα υγρό σχεδόν αδιαπέραστο από την υπέρυθη ακτινοβολία και απορροφά έντονα το πορτοκαλί και το ερυθρό χρώμα. Μέσα στα φυσικά νερά η

διαφάνεια είναι ένα μετρήσιμο κριτήριο, υπολογίζοντας σε αυτό το σύνολο των ακτινοβολιών που συνθέτουν το φως της ημέρας.

Ένας Ιταλός επιστήμονας, ο Secchi, έκανε μια κατά προσέγγιση αξιολόγηση της διαπερατότητας του φωτός στο νερό, παρατηρώντας το σημείο στο οποίο ένας λευκός δίσκος, όταν βυθίζεται στο νερό, δεν είναι πια ορατός. Η διαφάνεια, λοιπόν, του δίσκου του Secchi είναι το μέσο βάθος του σημείου όπου ένας βυθιζόμενος βαρύς λευκός δίσκος, με διάμετρο 20 cm, εξαφανίζεται όταν παρατηρείται από τη σκιασμένη πλευρά ενός σκάφους και του σημείου όπου επανεμφανίζεται όταν ανυψωθεί. Αν και η μελέτη της διαπερατότητας του φωτός, με κατάλληλα φωτοευαίσθητα όργανα που αφήνονται να βυθιστούν στο νερό, έχει συμβάλει πάρα πολύ στη γνώση μας για τη λιμνολογική οπτική, ο πολύ απλός τρόπος προσδιορισμού της διαφάνειας, με περιορισμένη έννοια, με το δίσκο του Secchi, διατηρεί ακόμη την αξία του και χρησιμοποιείται ευρέως, ακριβώς εξαιτίας της απλότητάς του. Οπωσδήποτε, ο τρόπος αυτός δεν είναι ανεξάρτητος από υποκειμενικούς παράγοντες. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι κάνοντας μια παρατήρηση ο ερευνητής, στην πραγματικότητα συγκρίνει τη φωτεινότητα του δίσκου με τη φωτεινότητα του νερού γύρω από αυτόν.

Το φως που ανακλάται από τον πυθμένα στα ρηχά νερά, μπορεί να προκαλέσει σημαντικό σφάλμα. Η διαφάνεια, λοιπόν, του δίσκου του Secchi είναι κατ' ανάγκη το αποτέλεσμα της ανάκλασης του φωτός από την επιφάνειά του και επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά της απορρόφησης τόσο του νερού, όσο και του διαλυμένου και σωματιδιακού υλικού. Υπάρχει μια παραβολική σχέση μεταξύ του διαλυμένου οργανικού υλικού και της διαφάνειας του δίσκου του Secchi. Όμως, οι θεωρητικές αναλύσεις και ένας μεγάλος αριθμός εμπειρικών παρατηρήσεων έχουν δείξει, ότι η μείωση στη διάδοση του φωτός σε σχέση με τη μέτρηση της διαφάνειας του δίσκου του Secchi σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την αυξημένη διάχυση από τα αιωρούμενα στερεά. Αυτό ισχύει κυρίως σε πολύ παραγωγικές λίμνες και κατά γενικό τρόπο χρησιμοποιήθηκε για να υπολογιστεί η σχετική πυκνότητα των πληθυσμών του φυτοπλαγκτού. Αν και σε σημαντικό βαθμό το βάθος διαφάνειας είναι ανεξάρτητο από την ένταση του φωτός στην επιφάνεια, τα αποτελέσματα είναι ασταθή κατά την αυγή και το λυκόφως και γι' αυτό θα πρέπει ο δίσκος του Secchi να χρησιμοποιείται κατά προτίμηση το μεσημέρι.

Από την άποψη αυτών των συμπερασμάτων δεν μπορούμε να περιμένουμε να βρούμε τίποτε περισσότερο, παρά μια χοντρική σχέση μεταξύ της διέλευσης του φωτός και της διαφάνειας του δίσκου του Secchi για μια σειρά από λίμνες. Όμως, όταν συγκρίνουμε μια σχετικά ομοιογενή ομάδα λιμνών, υπάρχει μια υψηλή συσχέτιση μεταξύ της διαφάνειας του δίσκου του Secchi και της διαπερατότητας του φωτός.

Από διαφορετικές έρευνες έχει βρεθεί ότι, ο δίσκος του Secchi εξαφανίζεται περίπου στο επίπεδο της διαπερατότητας των 5, 12 και 15 % της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι διαφορετικές τιμές πιθανόν να οφείλονται στην ευαισθησία των διαφορετικών φωτοκυττάρων που χρησιμοποίησαν οι ερευνητές. Το εύρος της διαφάνειας του δίσκου του Secchi που έχει καταγραφεί, κυμαίνεται από μερικά εκατοστά του μέτρου σε πολύ θολές λίμνες ως τα 41,6 μέτρα. Τιμές μεγαλύτερες από 30 μέτρα είναι οπωσδήποτε πολύ σπάνιες. Αρκετές ιαπωνικές λίμνες ανήκουν στο εύρος των 20–30 μέτρων. Τα ανοιχτά νερά της λίμνης Tanganyika έχουν μια διαφάνεια 22 μέτρων. Οι μεγάλες υποαλπικές λίμνες της Ευρώπης, για τις οποίες έχει συγκεντρωθεί ένας μεγάλος αριθμός στοιχείων, συνήθως έχουν διαφάνεια μεταξύ 10 και 20 μέτρων, η λίμνη Maggiore και η λίμνη της Γενεύης περιστασιακά φτάνουν τα 21 μέτρα το χειμώνα, αλλά όλες μπορούν να δώσουν τιμές κατά τι λιγότερο από 10 μέτρα το καλοκαίρι, όταν οι λιωμένοι πάγοι και το πλαγκτό αυξάνουν τη διάχυση. Στη λίμνη Βόλβη οι μικρότερες τιμές της διαφάνειας παρατηρήθηκαν το καλοκαίρι, με χαμηλότερη τιμή 0,7 μέτρα, ενώ οι μεγαλύτερες το χειμώνα, με υψηλότερη τιμή 4 μέτρα.

Η διαφάνεια σχετίζεται αντίστροφα με το χρώμα του νερού και την περιεκτικότητα σε πλαγκτό. Οι διαφορές στο πλαγκτό είναι υπεύθυνες για τις περισσότερες εποχικές διακυμάνσεις της διαφάνειας του δίσκου του Secchi. Σε μια λίμνη αυτό είναι αναμενόμενο, πρώτον γιατί τέτοιες διακυμάνσεις είναι πιθανόν να είναι μεγαλύτερες από διακυμάνσεις στο χρώμα και δεύτερον γιατί είναι περισσότερο αποτελεσματικές, εξαιτίας του ρόλου που παίζει η διάχυση στον προσδιορισμό της διαφάνειας του δίσκου του Secchi.

Έγχρωμοι δίσκοι του Secchi έχουν χρησιμοποιηθεί σε εκτιμήσεις φασματικής διάχυσης του φωτός σε σχετικά μικρά βάθη. Σε γενικές γραμμές, η σύγκριση των διαφανειών μιας σειράς έγχρωμων και λευκών δίσκων δίνει μια κατά προσέγγιση αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του φάσματος των νερών της λίμνης. [1]

4.1.3. ΧΡΩΜΑ

Το χρώμα των νερών μιας λίμνης είναι αποτέλεσμα του φωτός που η λίμνη διαχέει προς τα πάνω, αφού αυτό περάσει σε διάφορα βάθη και υποστεί κατά τη διαδρομή του επιλεκτική απορρόφηση. Αφού η διάχυση του φωτός στο νερό είναι συνάρτηση της τέταρτης δύναμης της συχνότητας, το φως που φαίνεται, και ως εκ τούτου το χρώμα, είναι μεγαλύτερο για τα μικρότερα παρά για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος και το γαλάζιο επικρατεί. Η διάχυση του φωτός από τα αιωρούμενα στερεά, όμως, αυξάνει λιγότερο επιλεκτικά με αυξημένο μέγεθος σωματιδίων. Το κολλοειδές CaCO_3 , που υπάρχει συνήθως σε λίμνες με σκληρά νερά, διαχέει το φως στο πράσινο και στο κυανούν και δίνει σε αυτά τα νερά πολύ χαρακτηριστικό γαλαζοπράσινο χρώμα. Τα περισσότερα από τα χρώματα των νερών των λιμνών προέρχονται από διαλυμένη οργανική ύλη και τη γρήγορη επιλεκτική απορρόφηση του μικρότερου μήκους κύματος του ορατού φάσματος. Το αποτέλεσμα είναι η επικράτηση του εκπεμπόμενου φωτός διάχυσης στην πράσινη περιοχή του φάσματος και σε αύξηση των συγκεντρώσεων της οργανικής ύλης, ιδιαίτερα χουμικής, μια αύξηση στο κίτρινο και στο ερυθρό.

Όταν η πυκνότητα των σωματιδίων της ύλης που αιωρείται στο νερό γίνεται μεγαλύτερη, ένα χρώμα σειστού* μπορεί να μεταδοθεί στο νερό παρά τις σχετικά μη επιλεκτικές ιδιότητες διάχυσης των σωματιδίων. Η αιώρηση μεγάλων ποσοτήτων ανόργανων υλικών, όπως πηλός και ηφαιστειακή στάχτη, δίνουν κίτρινο με καφέ-ερυθρό χρωματισμό. Το χρώμα του σειστού, όμως, συνήθως σχετίζεται με μεγάλες συγκεντρώσεις αιρούμενων φυκών ή, σπανιότερα, με τα χρωστικά βακτήρια ή μικροοστρακοειδή. Όπου εμφανίζονται γαλαζοπράσινα φύκη ή διάτομα σε μεγάλες εκτάσεις, συχνά συγκεντρώνονται στα επιφανειακά νερά, δίνουν γαλαζοπράσινο και κιτρινωπό χρώμα, αντίστοιχα. Το έντονο ερυθρό χρώμα παρατηρείται σε λίμνες όπου οι συνθήκες είναι προσωρινά ιδανικές για μαζική ανάπτυξη πληθυσμών φυκών, όπως *Glenodinium*. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων φυκών, όπως στον ανοιχτό ωκεανό, οι ζώνες χλωροφύλλης των χρωστικών των φυκών επηρεάζουν σημαντικότερα το χρώμα του νερού.

Μπορούμε να πούμε ότι η διείσδυση που ευνοείται στα νερά της πελαγικής ζώνης, αντιστοιχεί στα μήκη κύματος των κυανών ακτινοβολιών και στα νερά της παραλιακής ζώνης στα μήκη κύματος των πράσινων ακτινοβολιών. Αυτή η διαφορά της διείσδυσης προέρχεται από την πιο μεγάλη αφθονία στα παραλιακά νερά των "κιτρινοπράσινων ουσιών", που είναι τα σύνθετα προ'ίοντα της οξειδωσης των φυτικών υλών που παράγονται εκεί, καθώς και αυτών της ηπειρωτικής προέλευσης που φτάνουν στη λίμνη με τους ποταμούς και τα ρεύματα. Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται βαθμιαία βαθύτερα, υφίσταται μια απορρόφηση που ελαττώνει την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρει κατά τον ίδιο χρόνο με τη διάρκεια της ημέρας. Αυτή η απορρόφηση είναι έργο του ίδιου του νερού, των ανόργανων ουσιών που βρίσκονται διαλυμένες σε αυτό, καθώς και των σωματιδίων όλων των ειδών, ζωντανών ή νεκρών που βρίσκονται σε αιώρηση. Οι διαλυμένες ουσίες και τα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να είναι εκλεκτικά στην απορρόφηση διαφορετικών χρωμάτων.

***Σειστό** είναι ένας συλλογικός όρος για όλα τα σωματίδια του υλικού που υπάρχει στο ελεύθερο νερό. Το σειστό περιλαμβάνει το βιοσειστό (πλαγκτό και νηκτό) και αβιοσειστό ή τριπτό (νεκρό σωματιδιακό υλικό).

4.1.3.ι. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το χρώμα μιας λίμνης αναφέρεται στο χρώμα του "φωτός του νερού", όπως αυτό φαίνεται από την επιφάνεια της λίμνης. Το χρώμα κυμαίνεται από το γαλάζιο του καθαρού νερού, το πρασινογάλαζο, το γαλαζοπράσινο ως το καθαρό πράσινο και από το κιτρινοπράσινο και πρασινοκίτρινο και κίτρινο ως το κίτρινο καφέ ή μερικές φορές και ως το καθαρό καφέ. **Κάθε χρώμα έχει δυο βασικά χαρακτηριστικά: την ένταση του χρώματος (λάμψη) και την ένταση του φωτός (φωτεινότητα).** Αυτή η δυαδικότητα του χρώματος οδηγεί σε μια κατ' εξοχήν υποκειμενική δυνατότητα διάκρισης των χρωμάτων. Έχουν προταθεί μερικές εμπειρικές κλίμακες για την καταγραφή τέτοιων χρωμάτων. Μονάδες πλατίνας (Pt)² είναι η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη κλίμακα στην Αμερική. Πολύ καθαρά νερά της λίμνης θα δώσουν

0 Pt και έντονα χρωματισμένα νερά έλους γύρω στις 300 Pt. Στην Ευρώπη χρησιμοποιείται κυρίως η χρωματική κλίμακα Forel-Ule η οποία βασίζεται σε συγκρίσεις με τα αλκαλικά διαλύματα: CuSO_4 , K_2CrO_4 και CoSO_4 (Πίνακας 1). Παρά την αξιοσημείωτη υποκειμενικότητα που υπάρχει στην παρατήρηση, φαίνεται ότι τα αποτελέσματα είναι πολύ πιο χρήσιμα απ' ό,τι πιστεύουν μερικοί. Μπορεί να περιοριστεί η υποκειμενικότητα στην αξιολόγηση των χρωμάτων, αν γίνει επεξεργασία των οπτικών αναλύσεων και συγκρίσεων με σταθερές χρωματικές συντεταγμένες.

Πίνακας 1: Αναλογία των αλκαλικών διαλυμάτων (CuSO_4 , K_2CrO_4 , CoSO_4) για τη σύνθεση των χρωμάτων της κλίμακας Forel-Ule [1]

Διάλυμα*	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
1	100	98	95	91	86	80	73	65	56	46		
2	0	2	5	9	14	20	27	35	44	54		
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Χρώμα	Γαλάζιο		Πρασινογάλαζο		Γαλαζοπράσινο			Πράσινο				
Διάλυμα*	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII
1	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
2	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
3	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Χρώμα	Πρασινοκίτρινο					Κίτρινο			Καφέ			

Συχνά, οι χρωματικές μονάδες αυξάνουν με το βάθος σε έντονα στρωματοποιημένες λίμνες. Αυτό πιθανά σχετίζεται με τις αυξημένες συγκεντρώσεις της διαλυμένης οργανικής ύλης και των ενώσεων σιδήρου κοντά στα ιζήματα. Οι λίμνες του γαλάζιου χρώματος είναι προφανώς πάρα πολύ σπάνιες, αν και οι λίμνες με μέγιστη διαφάνεια αναμφίβολα ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Η λίμνη Tanganyika έχει χρώμα γαλάζιο στα ανοιχτά και πρασινογάλαζο στους βραχώδεις όρμους. Οι πιο πολλές μικρές αλπικές λίμνες της ορεινής Ευρώπης είναι γαλαζοπράσινες, ενώ οι μεγάλες υποαλπικές κυμαίνονται από γαλάζιες ως υποπράσινες (π.χ. η λίμνη της Γενεύης) και μέχρι γαλαζοπράσινες (π.χ. η λίμνη της Ζυρίχης). Γενικά, οι πολύ παραγωγικές λίμνες των καλλιεργημένων πεδιάδων είναι ευκρινώς υποκίτρινες. Είναι λογικά βέβαιο, ότι το γαλάζιο χρώμα του καθαρού νερού, οφείλεται σε μοριακή διάχυση η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη για τα βραχέα απ' ό,τι για τα μακρά μήκη κύματος. Η διάχυση από μεγαλύτερα σωματίδια είναι λιγότερο επιλεκτική. Είναι δυνατόν σε μερικές περιπτώσεις, πολύ λεπτά διαχωρισμένα αιωρούμενα υλικά να μπορούν να παράγουν ένα πράσινο χρώμα, όπως αυτό που παρατηρείται στα πολύ σκληρά νερά τα οποία μπορεί να περιέχουν κολλοειδές ανθρακικό ασβέστιο.

Γενικά, είναι λογικό να υποθέσουμε, ακολουθώντας τις ιδέες που αρχικά διατύπωσαν οι Wittstein και Forel, ότι ο κύριος προσδιοριστικός παράγοντας του χρώματος είναι το διαλυμένο οργανικό υλικό. Ο Spring έδειξε ότι ένα πολύ μικρό ποσό χουμικού υλικού, μπορεί να δώσει πράσινο χρώμα σε καθαρό νερό μέσα σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα, ενώ χωρίς την προσθήκη θα είχε εμφανιστεί γαλάζιο από το διερχόμενο φως. Το χρώμα που παρατηρείται συνήθως είναι βέβαια το χρώμα του φωτός που διαχέεται προς τα πάνω, αλλά το φως αυτό έχει περάσει μέσα από το νερό και έχει χάσει ένα μέρος από εκείνα τα μήκη κύματος που απορροφώνται πιο εύκολα. Έτσι, το γεγονός ότι πολλές λίμνες έχουν ένα καθαρό πράσινο χρώμα, οφείλεται στο υλικό βιολογικής προέλευσης που περιέχουν και όχι στην περιεχόμενη χλωροφύλλη. Το χρώμα που παράγει το καθαρό οργανικό υλικό, θα ήταν στην πραγματικότητα καφέ ή κίτρινο. Όταν μια λίμνη είναι πολύ παραγωγική, είναι στην πραγματικότητα κίτρινη. [1]

4.1.4. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους κυριότερους αβιοτικούς παράγοντες και επιδρά σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής. Καθορίζει τη μεταβολική διαδικασία σε σημαντικό βαθμό.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι μεταβολές της θερμοκρασίας δρουν σαν ένας "σηματοδότης", δηλαδή ως ένα φυσικό ερέθισμα που καθορίζει την έναρξη μερικών διαδικασιών, όπως: αναπαραγωγή, ανάπτυξη, αύξηση, μετακίνηση, μετανάστευση κτλ. των οργανισμών.

Εκτός από τα θηλαστικά και τα πτηνά, όλα τα υπόλοιπα ζώα είναι ψυχρόαιμα (ποικιλόθερμα), δηλαδή δε ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του σώματός τους. Αυτό σημαίνει ότι η θερμοκρασία τους είναι περίπου εκείνη του περιβάλλοντος, είτε βρίσκονται στον αέρα, είτε στο νερό. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος δεν είναι σταθερή νύχτα και μέρα, χειμώνα και καλοκαίρι. Έτσι, η θερμοκρασία του σώματος των ζώων αυξομειώνεται. Η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι μικρότερη στο νερό παρά στην ξηρά και το ποσό της μεταβολής μειώνεται, όσο αυξάνεται το μέγεθος της υδάτινης έκτασης, αφού μεγάλοι όγκοι νερού χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να θερμανθούν ή να ψυχθούν.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας τα ζώα γίνονται περισσότερο ενεργητικά, αναπτύσσονται ταχύτερα και πολλαπλασιάζονται με ταχύτερο ρυθμό. Πολλά από αυτά πολλαπλασιάζονται τόσο γρήγορα, ώστε μερικές εβδομάδες ζεστού καιρού αυξάνουν αισθητά τον αριθμό τους. Επίσης, ένας μεγάλος αριθμός ζώων περνούν τους χειμερινούς μήνες σε μια κατάσταση νάρκης μέσα στην ιλύ του πυθμένα, αντιδρώντας έτσι στο ψύχος. Η θερμοκρασία καθορίζει, μέσα σε φυσιολογική διακύμανση, την ταχύτητα και την ένταση των βιοχημικών αντιδράσεων. Στα ζώα, η αύξηση της έντασης της αναπνοής είναι ιδιαίτερα σημαντική- για παράδειγμα, στους πλατυέλιμινθες *Crenobia alpina* και *Dugesia gonocephala* η κατανάλωση οξυγόνου πρώτα αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και μετά πέφτει πάλι. Η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου της *Crenobia* γίνεται στους 15°C και της *Dugesia* στους 20°C. Από το γεγονός αυτό, μπορούν να βγουν σημαντικά συμπεράσματα για την εμφάνιση, την κατανομή και τον ανταγωνισμό των δυο ειδών. Επίσης, στις υψηλές θερμοκρασίες τα περισσότερα υδρόβια ζώα κινούνται πιο γρήγορα. Η καμπύλη της ταχύτητας με την οποία οι πλατυέλιμινθες κινούνται, συμπίπτει με εκείνη της κατανάλωσης οξυγόνου και έτσι μπορούμε να δεχτούμε μια άμεση σχέση μεταξύ των δυο καμπυλών. Η εμφάνιση των φυκών και των ανώτερων υδρόβιων φυτών σχετίζεται συχνά με ένα καθορισμένο εύρος θερμοκρασίας. Γενικά, αυξανόμενης της θερμοκρασίας, αυξάνεται η παραγωγή της ύλης και του μεταβολισμού και κατά συνέπεια ο ρυθμός αύξησης των οργανισμών. Σε όλα τα παραδείγματα που αναφέρθηκαν και στα οποία θα μπορούσαν να προστεθούν περισσότερα, εμφανίζεται πάντοτε μια μέγιστη επίδραση που μειώνεται ξανά με μια παραπέρα αύξηση της θερμοκρασίας.

Το εύρος των θερμοκρασιών που είναι ανεκτό από τα ψάρια κυμαίνεται από -2 °C (*Boreogadus saida* του Β. Πόλου) ως 52 °C (*Cyprinodon macularis* μερικών θερμών πηγών της Καλιφόρνιας). Εκτός από την προσαρμογή του ψαριού σε μια ιδιαίτερη θερμοκρασία (υψηλή ή χαμηλή), το εύρος της διακύμανσης της θερμοκρασίας στην οποία ψάρια του ίδιου είδους μπορούν να ζουν, είναι πολύ σημαντικό και ποικίλλει από είδος σε είδος. Τα ψάρια, πάντως, διαφέρουν στην ανθεκτικότητά τους στις υψηλές θερμοκρασίες ανάλογα με: το είδος, το στάδιο ανάπτυξης, τη θερμοκρασία εγκλιματισμού, το διαλυμένο οξυγόνο, τη ρύπανση, την έκταση που θερμαίνεται το περιβάλλον και την εποχή. Παρακάτω, γίνεται διάκριση ανάμεσα στις συνθήκες θερμοκρασίας τις ανεκτές στις διάφορες εποχές του έτους και υπολογίζονται όχι μόνο οι μέγιστες ανεκτές θερμοκρασίες, αλλά και οι μέγιστες ανεκτές αυξήσεις της θερμοκρασίας. Η αναφορά γίνεται σε ψάρια των γλυκών νερών της Ευρώπης.

- Χειμώνας: μια αύξηση στη θερμοκρασία του νερού κατά 2 °C από τους 0 °C την περίοδο της αναπαραγωγής θα επιδράσει σημαντικά στην ωοτοκία των ψαριών των γενών *Coregonus* και *Lota*. Αύξηση της θερμοκρασίας κατά 5-6 °C το φθινόπωρο και το χειμώνα μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς τα έμβρυα και τα μικρά ιχθύδια της οικογένειας Salmonidae και να προκαλέσει επίσης πρόωρη ωοτοκία στα ψάρια της οικογένειας Cyprinidae.

- Άνοιξη: μια αύξηση 5-6 °C είναι καταστρεπτική για τα έμβρυα της τούρνας.

Η πλειονότητα των ψαριών της οικογένειας Cyprinidae ανέχονται μια αύξηση της θερμοκρασίας 8-10 °C κατά το εμβρυϊκό στάδιο.

- Καλοκαίρι: τα νεαρά και τα ώριμα ψάρια μπορούν συνήθως να ανεχτούν ένα μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών από τα έμβρυα. Φαίνεται πιθανό ότι αν η θερμοκρασία του νερού φτάσει κοντά στο ενοχλητικό επίπεδο, τα είδη θα συνεχίζουν να διατρέφονται. Για πολλά ψάρια της οικογένειας Cyprinidae η επιτρεπόμενη (ανεκτή) αύξηση της θερμοκρασίας είναι περίπου 6 °C πάνω από τις φυσιολογικές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες, με ένα ανώτερο όριο 30 °C κατά τη διάρκεια της θερμότερης εποχής του έτους. Πάντως, από τους 28 °C και πάνω παρεμποδίζεται η αύξηση διάφορων ειδών της οικογένειας Cyprinidae. Για τα είδη

του γένους *Salmo* θα πρέπει να δεχτούμε τους 20-21 °C ως τη μεγαλύτερη ανεκτή θερμοκρασία κατά τη θερμότερη εποχή του έτους. Τα είδη της οικογένειας Coregonidae μπορούν να ανεχτούν μια αύξηση της θερμοκρασίας 5-6 °C, αλλά το μέγιστο για τους καλοκαιρινούς μήνες δεν πρέπει να ξεπερνά τους 22-23 °C.

Αν και τα κριτήρια αυτά δε βεβαιώνουν απαραίτητα τη διατήρηση της αλιείας που υπάρχει, είναι λογικό να αναμένουμε ότι μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 5 °C, ως ένα μέγιστο όχι μεγαλύτερο από 23 °C, θα κατέστρεφε τους πληθυσμούς της οικογένειας Salmonidae εκτός από μερικά είδη του γένους *Coregonus* και θέρμανση κατά 8 °C, ως ένα μέγιστο όχι μεγαλύτερο από 30 °C, θα ευνοούσε την επικράτηση ορισμένων ειδών της οικογένειας Cyprinidae.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, μπορούμε να πούμε ότι η αντοχή των ψαριών των γλυκών νερών της Ευρώπης στις υψηλές θερμοκρασίες εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων του είδους, του σταδίου ανάπτυξης, της εποχής, της θερμοκρασίας εγκλιματισμού και της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου. Σε αυτήν την αναφορά τα πειραματικά κριτήρια θερμοκρασίας που προτείνονται, ισχύουν για νερά που δεν είναι ρυπασμένα από χημικά. Είναι ουσιαστικό να αναγνωρίσουμε ότι: α) οποιαδήποτε αλλαγή στη φυσιολογική θερμοκρασία επιφέρει μεταβολές στη συμπεριφορά των ψαριών και στη σύνθεση των κοινωνιών β) διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας απαιτούνται στις διάφορες εποχές του έτους για τις ανάγκες των διάφορων σταδίων ζωής των ψαριών γ) ανεκτές αυξήσεις της θερμοκρασίας πάνω από τις φυσιολογικές τιμές και τα ανώτερα ανεκτά επίπεδα δεν μπορούν να καθοριστούν για τις κοινωνίες των ψαριών ως σύνολα, αλλά μπορούν να υπολογιστούν πειραματικά για ομάδες ψαριών που έχουν παρόμοιες θερμικές απαιτήσεις σε διάφορες δεδομένες χρονικές στιγμές του έτους.

4.1.5. ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ

Εκτός από τα διαλυμένα υλικά, το νερό ενός ποταμού μεταφέρει και μια ποσότητα υλικών σε αιώρηση. Αυτά τα υλικά συνίστανται από σωματίδια καθόλου ή δύσκολα διαλυτά, ορυκτά ή φυσικά, λίγο-πολύ κολλοειδή όπως των οργανικών υλικών. Η διατήρησή τους σε αιώρηση είναι αποτέλεσμα: α) των φαινομένων της αναταραχής, όπως συμβαίνει στο τρεχούμενο νερό β) του μεγέθους και της μορφής των κόκκων από τα οποία συνθέτεται το ίζημα και γ) των μεταβολών της παροχής και της κλίσης του ρεύματος του νερού. Οι κόκκοι των οποίων το μέγεθος και η πυκνότητα προσαρμόζονται καλύτερα στις τοπικές συνθήκες της αναταραχής, κυλούν, μετακινούνται με αναπήδηση και έρχονται να συσσωρευτούν εκεί όπου η ταχύτητα των νερών, εξασφαλίζοντας τη μεταφορά, ελαττώνεται ξαφνικά. Η μεταφορά στη λίμνη ή στη θάλασσα των νερών των ποταμών που είναι φορτωμένα με υλικά σε αιώρηση είναι συχνά θεαματική. Σχηματίζεται, δηλαδή, ένα μέτωπο των ταραγμένων θολών νερών με τα διαφανή νερά της λίμνης ή της θάλασσας, με αποτέλεσμα ο διαχωρισμός των δυο μαζών του νερού να είναι τοπικά πολύ εμφανής.

Όπως αναφέρθηκε, η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι έργο του ίδιου του νερού, των ανόργανων διαλυμένων υλικών, καθώς και των αιωρούμενων σωματιδίων όλων των ειδών ζωντανών ή νεκρών. Ορισμένα από αυτά τα σωματίδια είναι νεκροί μικροοργανισμοί ή διάφορα οργανικά θρύμματα, άλλα θα μπορούσαν να σχηματίζονται εκ νέου μέσα στο νερό από διαλυμένα υλικά. Το νερό, πράγματι, περιέχει πολλές διαλυμένες οργανικές ουσίες διάφορων μοριακών βαρών. Η αφομοίωση αυτών από τα ζώα, σχεδόν αποδεδειγμένη σήμερα, φαίνεται εντούτοις να έχει μια πολύ γενική αξία. Τα πειράματα, ακόμη αμφισβητούμενα, οδήγησαν ορισμένους ερευνητές στο να υποθέσουν ότι τα σωματιδιακά πρωτεϊνικά συγκροτήματα, μπορούν να συγκροτούνται μέσα στο νερό. Αν αφαιρέσουμε τα σωματίδια με διήθηση σε μεμβράνη, αυτά ανασυγκροτούνται.

Όπωςδήποτε πρωταρχικής προέλευσης και ακόμη ασταθή τα σωματίδια, έτσι άλλωστε όπως όλα τα θρύμματα των οργανισμών όλων των μεγεθών, χρησιμεύουν ως υπόστρωμα στα επίφυτα βακτήρια που είναι ικανά να εξάγουν από το νερό τις οργανικές διαλυμένες ουσίες. Αυξάνουν λίγο-λίγο τις διαστάσεις τους και δημιουργούν σωματιδιακά συγκροτήματα, συνδυάζοντας την οργανική νεκρή ύλη με τη ζωντανή που αντιπροσωπεύεται από τα βακτήρια. Αυτά τα σωματιδιακά συγκροτήματα μπορούν προφανώς να σχηματίζονται σε όλα τα βάθη, αφού σε όλα τα βάθη υπάρχουν οργανικά θρύμματα, οργανικές διαλυμένες

ουσίες και βακτήρια. Η τύχη αυτών των συγκροτημάτων είναι ακόμη πολύ μυστηριώδης. Δίχως αμφιβολία, σε ορισμένες περιπτώσεις, η αύξηση της μάζας τους τα οδηγεί στο να κατέβουν σιγά-σιγά προς το βυθό. Φαίνεται, επίσης, ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, οι εκεί βακτηριακές δραστηριότητες αναπτύσσουν αεριώδεις φυσαλίδες που τα κάνουν να ξανανέβουν. Υποθέτουμε ότι μπορούν να έρθουν να διαλυθούν στην ανώτερη επιφάνεια του νερού, ελευθερώνοντας εκεί διάφορα οργανικά μόρια, από τα οποία ορισμένα θα έχουν μια βιοδιεγερτική δυνατότητα, για παράδειγμα στη μεταμόρφωση ορισμένων προνυμφών ή πάνω στην αύξηση ορισμένων φυτών.

Η ύπαρξη, εντελώς σίγουρη, αν και η προέλευσή τους είναι ακόμη συζητήσιμη, των σωματιδιακών συγκροτημάτων έχει μια κεφαλιώδη σπουδαιότητα, επειδή αντιπροσωπεύουν μια δυναμική πηγή τροφής για τα μικροφάγα ζώα και κυρίως για τους διύλιστές της ίδιας ιδιότητας με τους μονοκύτταρους οργανισμούς της πρώτης βαθμίδας. Δεν είναι γνωστό άλλωστε, αν τα ζώα αφομοιώνουν πραγματικά το σύνολο αυτών των σωματιδιακών συγκροτημάτων ή επωφελούνται μόνο τα επίφυτα βακτήρια. Δε μένει, λοιπόν, παρά να δεχτούμε ότι τα σωματιδιακά συγκροτήματα που αντιπροσωπεύουν μια αληθινή παραγωγή "παραπρωτογενή", επιτρέπουν στα ζώα της δεύτερης βαθμίδας να συμπληρώνουν τη θρεπτική φυτική μερίδα ή ακόμη να συντηρούνται, όταν τα φυτά βρίσκονται προσωρινά σε έλλειψη.

Η σκέψη ότι η οργανική διαλυτή φάση (όπου τα βακτήρια παρεμβαίνουν ή όχι) περνά σε μια σωματιδιακή φάση, είναι μια καινούργια κεφαλιώδης άποψη για την αντίληψη του γενικού κύκλου της ύλης στα υδάτινα οικοσυστήματα. Στην πραγματικότητα, τα βιογενή ανόργανα, η οργανική ζωντανή ύλη, η οργανική νεκρή ύλη, οι οργανικές και ανόργανες διαλυμένες ουσίες, είναι διαδοχικές φάσεις, πολύ στενά συμπλεκόμενες μεταξύ τους, του γενικού κύκλου της ύλης, συνδυαζόμενες με βαθιές αλλαγές των μορφών της ενέργειας. [1]

4.2. ΧΗΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

4.2.1. ΟΞΥΓΟΝΟ

Αναγκαίο ενδιάμεσο ανάμεσα στον ανόργανο και τον οργανικό κόσμο, προϊόν 'υπολείμματος' της φωτοσύνθεσης, απαραίτητο στην ενεργητική οξειδωση της ανθρακοξυαιμογλοβίνης. Μέσα στον αέρα το οξυγόνο είναι σε αέρια κατάσταση και αποτελεί το 21 % κατ' όγκον (για την ακρίβεια 20,946 %). Αν και το οξυγόνο είναι αέριο, συνηθίζεται να προσδιορίζεται το βάρος του παρά ο όγκος του και να εκφράζεται σε mg/l και όχι σε cm³.

Στην πορεία της διάλυσης του ατμοσφαιρικού αέρα στο νερό, οι αναλογίες των συστατικών του ποικίλλουν. Το οξυγόνο, σχετικά πιο διαλυτό, διαλύεται περισσότερο και έτσι στους 0 °C παρουσιάζει, κατά μέσο όρο, ποσοστό περισσότερο από 34,9 % σε όγκο των διαλυμένων αερίων, αν και στους 30 °C το ποσοστό είναι 33,6 % σε φυσιολογική πίεση. **Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα και την πίεση. Αν μόνο η θερμοκρασία μεταβάλλεται με το βάθος, η περιεκτικότητα σε οξυγόνο θα ποικίλλει κανονικά από την επιφάνεια ως το βυθό.** Στα φυσικά νερά, οι φυτικοί οργανισμοί ελευθερώνουν οξυγόνο ως "υπόλειμμα" της φωτοσύνθεσης, ενώ τα ζώα και οι χημιοσυνθετικοί και ανοργανοποιητικοί μικροοργανισμοί καταναλώνουν αυτό. Θα υπάρχει λοιπόν, τουλάχιστον στα "στάσιμα" νερά, μια κατακόρυφη διανομή του οξυγόνου, του οποίου η μεταβολή μέσα στο χρόνο θα είναι συνδεδεμένη με πολυάριθμους φυσικούς και βιολογικούς παράγοντες.

Θεωρούμενη ως μια απορρόφηση του απαραίτητου οξυγόνου στον οργανισμό, η αναπνοή είναι ένα βιολογικό φαινόμενο στενά συνδεδεμένο με το μεταβολισμό των ζώων και των φυτών. Σε πολλές περιπτώσεις και κυρίως στους ετερότροφους μικροοργανισμούς η αναπνοή θα αποδοθεί εξίσου καλά με μια αφυδρογόνωση. Στην πραγματικότητα, αυτή η ζωτική λειτουργία είναι στενά συνδυασμένη με αποβολή διοξειδίου του άνθρακα και αντιπροσωπεύει μια ιδιαίτερη μορφή καταβολισμού. Όλοι οι αερόβιοι οργανισμοί αναπνέουν, άσχετα αν είναι φυτά ή ζώα, και το αποτέλεσμα της αναπνοής τους σε μια μάζα νερού δίνεται από την απορρόφηση του οξυγόνου. Όσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός των οργανισμών, τόσο η απορρόφηση αυξάνεται.

Οι πηγές ανεφοδιασμού σε οξυγόνο είναι κυρίως η ατμόσφαιρα (φυσική πηγή) και κατά το μεγαλύτερο ποσοστό η αφυδρογόνωση του νερού που σχετίζεται με τη φωτοσύνθεση (βιολογική πηγή). Σε ένα φωτιζόμενο περιβάλλον η απορρόφηση του οξυγόνου, με τη διαδικασία της αναπνοής, θα είναι σε μεγάλο μέρος αντισταθμισμένη με την απελευθέρωσή του από τη φωτόλυση του νερού, χάρη στα φυτά (φύκη) που αυτό περιέχει. Συγχρόνως στο βυθό, όπως και τη νύχτα στην επιφάνεια, δεν υπάρχει παρά απορρόφηση οξυγόνου απορρόφηση συνδεδεμένη με την αναπνοή και με αντιδράσεις της βακτηριακής χημιοσύνθεσης (υποβιβασμός και μάλιστα ανοργανοποίηση της νεκρής οργανικής ύλης).

Με αυτές τις παρατηρήσεις ξετυλίγεται ο κύκλος του οξυγόνου στα φυσικά νερά. Ας θεωρήσουμε μια λίμνη σε περίοδο κυκλοφορίας: α) δίχως την παρουσία οργανισμών η περιεκτικότητα των νερών σε οξυγόνο τείνει να πλησιάσει αυτήν του καθαρού νερού της ίδιας θερμοκρασίας και που είναι κορεσμένο σε διαλυμένο οξυγόνο (σε πίεση σχετική με το υψόμετρο). Θα υπάρχει, λοιπόν, στενή σχέση ανάμεσα στη θερμοκρασία και στο οξυγόνο. β) Αν φυτικοί, ζωικοί και βακτηριακοί οργανισμοί εισαχθούν στη λίμνη, θα δημιουργήσουν με το μεταβολισμό τους μια διαβάθμιση του διαλυμένου οξυγόνου που θα είναι αποτέλεσμα του φωτισμού. Θα υπάρχει, λοιπόν, υπερκορεσμός του περιβάλλοντος σε οξυγόνο την ημέρα και κοντά στην επιφάνεια, αν η ποσότητα της οργανικής ύλης που ενεργεί και φωτοσυνθέτει είναι επαρκής. Αντίθετα, οι αναπνευστικές διαδικασίες θα απορροφούν ένα μέρος του οξυγόνου τη νύχτα. Στο βυθό, μόνο τα φαινόμενα της αναπνοής και της βακτηριακής αποσύνθεσης ενεργούν μέσα στο σχετικό ή διαρκές σκοτάδι και θα υπάρχει πάντοτε απορρόφηση. Το φυσικό φαινόμενο της κυκλοφορίας συνδεδεμένο με μια γενικευμένη αναταραχή των νερών, τείνει να ομογενοποιήσει τη διανομή του οξυγόνου που θα ονομαστεί **ορθοβαθμική**.

Σε περίοδο θερμικής στρωμάτωσης η αναταραχή των νερών δεν είναι παρά μερική και η κατώτερη ζώνη, υπολιμνική, στην οποία μόνο οι διαδικασίες της αναπνοής και της αποσύνθεσης εμφανίζονται και που ονομάζεται **τροφολυτική**, είναι απομονωμένη μέρα και νύχτα από την επιλιμνική, όπου συγκροτείται και συνθέεται η οργανική ύλη και επονομάζεται γι' αυτό **τροφογενής**. Αν η βιομάζα δεν είναι πολύ σημαντική, δε θα υπάρχει στην επιφάνεια ούτε περίσσεια παραγωγής οξυγόνου ούτε σημαντικές αποσυνθέσεις στο βυθό και η διανομή του οξυγόνου θα είναι ακόμη ορθοβαθμική. Αντίθετα, αν η βιομάζα, χάρη στις ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες του περιβάλλοντος, αναπτύσσεται πολύ, θα προκαλέσει μια θεαματική αύξηση του ποσοστού του διαλυμένου οξυγόνου στην τροφογενή ζώνη την ημέρα και ταυτόχρονα ελάττωση και μάλιστα εξαφάνιση αυτού στην τροφολυτική ζώνη, εφόσον η διανομή της θερμοκρασίας τείνει να εμποδίσει την κατανομή του. Η διανομή λοιπόν του οξυγόνου θα είναι **κλινοβαθμική**. Είναι κυρίως η περίπτωση που εμφανίζονται τα "άνθη του νερού" ή ο αναρχικός πολλαπλασιασμός ενός μόνο είδους φύκους, που αντικαθιστά γρήγορα όλα τα άλλα είδη και εξαφανίζεται ξαφνικά, προκαλώντας μια έντονη αύξηση της οργανικής ύλης που μπορεί να αποσυντεθεί στο βυθό.

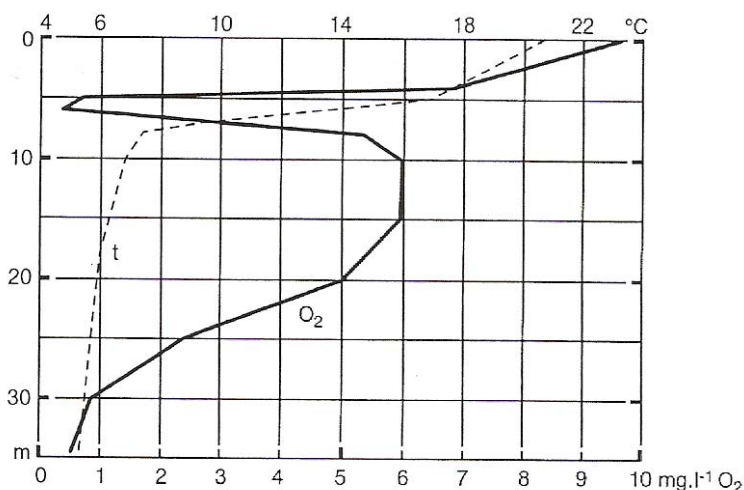
Υπάρχει, λοιπόν συχνά, μια στενή σχέση ανάμεσα στη διανομή του διαλυμένου οξυγόνου σε διαφορετικές περιόδους του έτους, την παραγωγή* και την παραγωγικότητα** της οργανικής ύλης ζωντανής και νεκρής μέσα στη μάζα του νερού που εξετάζουμε. Αυτό είναι η αιτία για την οποία η διανομή του διαλυμένου οξυγόνου μελετήθηκε τόσο πολύ στις λίμνες. Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου στο βυθό πληροφορεί για την ικανότητα αυτοκαθαρισμού μιας μάζας νερού και συνδέεται με την ποσότητα των ανοργανοποιητικών μικροβιακών οργανισμών που υπάρχει εκεί. Η διανομή του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα είναι άρα αποτέλεσμα της αναπνοής των οργανισμών, συνδεδεμένο με αυτό της οργανικής σύνθεσης από τα χλωροφυλλούχα φυτά. Μια συμπληρωματική ένδειξη μπορεί να δοθεί, μελετώντας ορισμένες λίμνες που παρουσιάζουν μια περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο ιδιαίτερα σημαντική στο επίπεδο του μεταλίμνιου. Είναι οι λίμνες με νερά πολύ διαφανή και με επιλίμνιο λίγο παχύ, όπως η λίμνη Beasley (Wisconsin) της οποίας η περιεκτικότητα σε οξυγόνο ποικίλλει και η οποία από 9 mg/l περίπου στα 0-3 μέτρα φτάνει τα 22 mg/l στα 5 μέτρα, ενώ πέφτει στο 1 mg/l στα 7 μέτρα βάθος. Η διανομή του οξυγόνου μέσα σε αυτές τις λίμνες είναι **ετεροβαθμική θετική**. Επίσης, υπάρχουν λίμνες με διανομή οξυγόνου **ετεροβαθμική αρνητική**, τέτοιες όπως η Grosser Ploner See και η Sakrower See στη Γερμανία (**Εικόνα 13**).

Έχει βρεθεί πως η ύπαρξη ενός μέγιστου ή ενός ελάχιστου της περιεκτικότητας σε οξυγόνο στο επίπεδο του μεταλίμνιου, εξαρτάται πρωταρχικά από το βάθος του σημείου αντιστάθμισης ή το βάθος στο οποίο αφομοίωση και αναπνοή αντισταθμίζονται. Όταν το

σημείο αντιστάθμισης βρίσκεται στο επιλίμνιο, υπάρχει πολύ συχνά ύπαρξη ενός ελάχιστου στο επίπεδο του θερμόκλινου.

* Το βάρος του νέου οργανικού υλικού που σχηματίζεται σε μια χρονική περίοδο.

** Ο μέσος ρυθμός σχηματισμού του οργανικού υλικού για μια ορισμένη χρονική περίοδο.



Εικόνα 13: Ετεροβαθμική αρνητική διανομή του οξυγόνου στη λίμνη Sakrowersee (Γερμανία) στις 25 Αυγούστου 1929 [1]

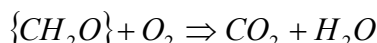
Όταν βρίσκεται στο επίπεδο του θερμόκλινου, ένα μέγιστο οξυγόνωσης θα τοποθετηθεί στο επίπεδο του μεταλίμνιου. Υπάρχει, λοιπόν, μια στενή σχέση ανάμεσα σε διαφάνεια, θερμική στρωμάτωση, ποσοστό αφομοίωσης και της αναπνοής και τιμής οξυγόνωσης μέσα στα επιφανειακά στρώματα μιας λίμνης. Αντίθετα, δεν υπάρχει πάντοτε απόλυτη αναλογία μεταξύ της περιεκτικότητας σε οξυγόνο και της διανομής των οργανισμών.

Στη λίμνη Βόλβη οι μεγαλύτερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου καταγράφηκαν κατά τη χειμερινή περίοδο, με υψηλότερη τιμή 13 ppm, εξαιτίας της συνεχούς ανάδευσης του νερού από τη δράση των ανέμων και της χαμηλής θερμοκρασίας του νερού. Οι μεγαλύτερες διαφορές στο διαλυμένο οξυγόνο επιφάνειας-βυθού παρατηρήθηκαν από το Μάιο ως τον Αύγουστο.

Πολύ οξυγόνο περιέχουν τα κρύα νερά και αυτά που ανακινούνται περνώντας από καταρράκτες. Τα θερμά στάσιμα νερά περιέχουν λιγότερο οξυγόνο. Διαφορετικά ζώα έχουν διαφορετικές ανάγκες σε οξυγόνο που συχνά βοηθούν να εξηγηθεί γιατί κάθε ιδιαίτερο είδος βρίσκεται μόνο σε ένα ορισμένο τύπο νερού. Ζώα πολύ μικρού μεγέθους δε χρειάζονται ειδικά όργανα για να παίρνουν το οξυγόνο' το αέριο βρίσκει το δρόμο του (με τη διάχυση) μέσα από την επιφάνεια του σώματός τους, από το νερό που τα περιβάλλει. Μεγαλύτερα ζώα, όπως μερικά έντομα και καρκινοειδή, των οποίων η επιφάνεια είναι ακατάλληλη (ή ανεπαρκής) για την αναπνοή, δε θα μπορούσαν να έχουν μια επαρκή παροχή με αυτόν τον τρόπο. Γι' αυτόν το λόγο έχουν ειδικά βράγχια ή μπορούν να κολυμπούν ως την επιφάνεια, για να αναπνέουν το οξυγόνο του αέρα. Επίσης, τα ζώα που φυσιολογικά ζουν σε κακώς οξυγονωμένο νερό, όπως στην ιλύ του πυθμένα μιας μικρής λίμνης, μπορεί να έχουν μια ειδική κόκκινη ουσία στο αίμα τους (αιμογλοβίνη), που ενώνεται με το οξυγόνο του νερού. Στο φως του ήλιου τα υδρόβια φυτά αποβάλλουν σημαντικές ποσότητες οξυγόνου και αυτό βοηθά στην αύξηση της ποσότητας που υπάρχει στις λίμνες κατά τη διάρκεια της ημέρας. [1]

4.2.2. ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (BOD)

Η οξειδωση των οργανικών ενώσεων του άνθρακα:



Απαιτεί την παρουσία διαλυμένου οξυγόνου και θερμοκρασίες πάνω από 0 °C.

Η οξειδωση της αμμωνίας: $NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow 2H^+ + NO_3^- + H_2O$, απαιτεί θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 4 °C. Αυτή η απαίτηση σε οξυγόνο ονομάζεται βιοχημική ή βιολογική (Biochemical Oxygen Demand) και αναφέρεται ως BOD. Αν υπάρχει μεγάλη ποσότητα οργανικού υλικού που μπορεί να οξειδωθεί σε ένα ποτάμι ή σε μια λίμνη, η οποία προέρχεται για παράδειγμα από τα απόβλητα μιας κτηνοτροφικής μονάδας, τα βακτήρια που φέρουν σε πέρας την οξειδωση μπορεί να χρησιμοποιήσουν όλο το διαθέσιμο διαλυμένο οξυγόνο, προκαλώντας μια έντονη έλλειψη οξυγόνου για τα ψάρια, τα οποία και πεθαίνουν από ασφυξία. Άλλες βιοχημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στα νερά (με τη συμμετοχή μικροοργανισμών) είναι:

1. Αναγωγή νιτρικών από μικροοργανισμούς ($\rightarrow N_2$ και λίγο N_2O), σε απουσία διαλυμένου οξυγόνου
2. Υδρόλυση ρύπων από μικροοργανισμούς, όπως οι εστέρες των φυτοφαρμάκων, τα αμιδία και οι οργανοφωσφορικοί εστέρες
3. Αφαίρεση αλογόνων ορισμένων χλωριωμένων ενώσεων
4. Υδροξυλίωση αρωματικών ενώσεων
5. Καθίζηση μετάλλων (η οποία καθορίζεται από προϊόντα που επηρεάζουν τη διαλυτότητα)
6. Δημιουργία σύμπλοκων μετάλλων (χηλικές ενώσεις όπως το NTA (Nitrilotriacetate) που όταν βρεθεί σε ρυπασμένα νερά μπορεί να ενωθεί με μέταλλα τα οποία είναι προσροφημένα στα ιζήματα).

Το BOD μετριέται στα νερά με τον προσδιορισμό της ποσότητας του οξυγόνου που καταναλώνεται από τους υδρόβιους μικροοργανισμούς σε μια περίοδο 2 ημερών (BOD_2) ή 5 ημερών (BOD_5). Λαμβάνεται ένα δείγμα νερού στο οποίο μετριέται η περιεκτικότητα του οξυγόνου και στη συνέχεια τοποθετείται σε φιάλες για 48 ώρες ή 5 ημέρες, οι οποίες φυλάγονται στο σκοτάδι και σε θερμοκρασία 20°C. Μετά από αυτό το διάστημα η τελική τιμή της περιεκτικότητας σε οξυγόνο ξαναμετριέται και συγκρίνεται με την αρχική. Η διαφορά δίνει την κατανάλωση του οξυγόνου σε αυτό το διάστημα. **Η τιμή είναι ανάλογη της ποσότητας των υποκείμενων σε σήψη ουσιών μέσα στο νερό και έτσι μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα σχετικά με την οργανική επιβάρυνση**, ειδικά αν η διαδικασία συνδυαστεί με την εκτίμηση της κατανάλωσης του υπερμαγγανικού-καλίου.

Σύμφωνα με τον Gasith, η κακή ποιότητα των νερών των παράκτιων ρευμάτων αντικατοπτρίζεται, για παράδειγμα, στο υψηλό οργανικό φορτίο (BOD), στις ακραίες τιμές χαμηλού και υψηλού κορεσμού του οξυγόνου, στη μεγάλη θολότητα και στα σχετικά υψηλά επίπεδα απορρυπαντικών που μεταφέρονται με τις εκροές. Αν δεχτούμε τα επίπεδα του BOD σαν μια μέτρηση της οργανικής ρύπανσης, η κατάσταση των παράκτιων ρευμάτων μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

- μη ρυπασμένα, $BOD < 5 \text{ mg/l}$
- ελαφρά ρυπασμένα, $BOD = 5-10 \text{ mg/l}$
- ρυπασμένα, $BOD = 10-20 \text{ mg/l}$
- πολύ ρυπασμένα, $BOD > 20 \text{ mg/l}$.

Αυτή η ταξινόμηση είναι αυθαίρετη, αλλά αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα των εύτροφων φυσικών νερών σε έλλειμμα οξυγόνου, το οποίο σχετίζεται με τη χαμηλή ποιότητα

των νερών που παρατηρείται σε ρεύματα του Ισραήλ, των οποίων το επίπεδο του BOD ξεπερνά τα 20 mg/l.

Ο Fish δίνει τις παρακάτω τυπικές τιμές BOD για τα ποτάμια της Μεγάλης Βρετανίας:

- τιμές μικρότερες από 3 mg/l για την κατηγορία 1A (νερά ελάχιστα ρυπασμένα),
- τιμές μικρότερες από 5 mg/l για την κατηγορία IB,
- τιμή 9 mg/l για την κατηγορία 2 (νερά περισσότερο ρυπασμένα και κατάλληλα για πόση μόνο μετά από επεξεργασία) και
- τιμή 17 mg/l για την κατηγορία 3 (νερά κακής ποιότητας, με παρουσία μόνο μερικών ειδών ψαριών).

4.2.3. ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ

Το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) είναι συνήθως σχετικά άφθονο στα γλυκά νερά και αν και είναι σχετικά χημικά ανενεργό, είναι πολύ σημαντικό για τα διάτομα. Τα διάτομα απομειώνουν μεγάλες ποσότητες πυριτίου για τη σύνθεση του περιβλήματός τους. Το πυρίτιο είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την παραγωγή των φυκών σε πολλές λίμνες και η χρησιμοποίησή του από τα διάτομα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το ρυθμό ροής του στις λίμνες και στα ποτάμια. Η διαθεσιμότητα του διοξειδίου του πυριτίου μπορεί να επιδράσει αποτελεσματικά στην παραγωγικότητα και τον τρόπο διαδοχής των φυκών στις λίμνες.

Το πυρίτιο βρίσκεται στα γλυκά νερά σε δυο βασικές μορφές διοξειδίου του πυριτίου:

- Πρώτον, **διαλυμένα πυριτικά οξέα** που δημιουργούν σταθερές ενώσεις H_4SiO_4 σε πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις από αυτές που συναντάμε στα γλυκά νερά (60 με 80 mg SiO_2 /l στους 0 °C ως 100 με 140 mg SiO_2 /l στους 25 °C στις συνήθεις τιμές pH). Πυρίτιο σε ανενεργό μορφή δεν υπάρχει συνήθως. Το πολυμερισμένο πυρίτιο είναι ασταθές και αποπολυμερίζεται γρήγορα (σε διάστημα μερικών ωρών). Η διάλυση του πυριτίου από τα διάφορα πετρώματα επηρεάζεται, ωστόσο, από την επιφανειακή απορρόφηση του πυριτικού οξέως, το οποίο μειώνει τη διαλυτότητα του υποκείμενου στρώματος πυριτίου και με αυτόν τον τρόπο οδηγεί σε μια κατάσταση στην οποία σχεδόν όλα τα φυσικά νερά είναι σε μεγάλο βαθμό υποκορεσμένα σε πυρίτιο.

- Δεύτερον, **σωματιδιακό διοξείδιο του πυριτίου** το οποίο απαντά σε δυο μορφές: **α)** σε αυτήν που βρίσκεται σε βιοτικά υλικά και μάλιστα σε διάτομα και σε μερικούς άλλους οργανισμούς, οι οποίοι χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του πυριτίου και **β)** σε αυτήν που βρίσκεται προσροφημένη σε ανόργανα σωματίδια ή σε οργανικά σύμπλοκα. Τα σύμπλοκα του πυριτίου με τα υδροξείδια του σιδήρου και του αλουμινίου μειώνουν τη διαλυτότητα των πυριτικών στα ιζήματα, ιδιαίτερα στα ενδιάμεσα νερά σε τιμές pH πάνω από 7. Η διαλυτότητα του διοξειδίου του πυριτίου αυξάνεται με την παρουσία χουμικών ενώσεων και μέσα από το σχηματισμό σύμπλοκων πυριτίου με το σίδηρο, το αλουμίνιο και το χούμο.

Η περιεκτικότητα του διοξειδίου του πυριτίου στα αποστραγγιστικά φυσικά νερά είναι πολύ λιγότερο ευμετάβλητη από την περιεκτικότητα των περισσότερων άλλων ανόργανων συστατικών. Ο παγκόσμιος μέσος όρος είναι περίπου 13 mg SiO_2 /l, με μικρή διαφοροποίηση ανάμεσα στις ηπείρους. Ο μέσος όρος των υπόγειων νερών είναι λίγο ανώτερος από αυτόν της επιφανειακής αποστράγγισης. Υψηλότερες συγκεντρώσεις διοξειδίου του πυριτίου υπάρχουν σε υπόγεια νερά που βρίσκονται σε επαφή με ηφαιστειογενή πετρώματα. Ενδιάμεσες ποσότητες βρίσκονται σε νερά που είναι σε επαφή με πλουτωνικά πετρώματα και ιζήματα τα οποία περιέχουν άστριους (ορισμένα ορυκτά) και τεμάχια ηφαιστειακών πετρωμάτων. Μικρές ποσότητες απαντούν σε θαλάσσιες αμμόπετρες. Οι μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του πυριτίου βρίσκονται σε νερά που περνούν μέσα από ανθρακικά πετρώματα. Το διοξείδιο του πυριτίου σχηματίζει συσσωρεύσεις και γίνεται σχετικά ανενεργό σε τιμές pH μικρότερες από 3, αλλά η χημική του ενέργεια αυξάνεται κάπως σε pH από 4 ως 9. Η προσρόφηση είναι ο μόνος σημαντικός μηχανισμός ανόργανης ιζηματοποίησης. Η συσσωμάτωση κολλοειδούς διοξειδίου του πυριτίου δεν έχει ακόμη αποδειχθεί.

Το ανθρακικό οξύ που προέρχεται από διαλυμένο CO₂ αντιδρά με πυριτικά και σχηματίζει διοξειδίο του πυριτίου. Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου διοξειδίου του πυριτίου στα νερά του εδάφους αυξάνονται ελαφρώς με την άνοδο της θερμοκρασίας και μειώνονται με αυξανόμενες τιμές του pH του εδάφους, καθώς η προσρόφηση αυξάνεται από pH 4 σε pH 9. Πάνω από pH 10, η προσρόφηση ελαττώνεται απότομα. Η μεταλλοποίηση των πυριτικών ενώσεων θεωρείται ότι είναι τελείως ή κατά μεγάλο μέρος μη ενζυματική υδρόλυση. Παρ' όλ' αυτά, είναι γνωστό ότι διάφορα πυριτικά βακτήρια παίζουν κάποιο ρόλο στη διάβρωση πετρωμάτων και ορυκτών ξηρών τροπικών περιοχών, σε απουσία οργανικών υποστρωμάτων και βενθικά διάτομα είναι γνωστό ότι προσβάλλουν πυριτικά υλικά ιζημάτων.

Η περιεκτικότητα σε διοξειδίο του πυριτίου των νερών των ποταμών τείνει να είναι εκπληκτικά σταθερή και μεταβάλλεται ελάχιστα από αλλαγές σε ρυθμούς εκροών. Αυτή η συμπεριφορά βρίσκεται σε πλήρη αντίθεση με αυτήν άλλων κύριων συστατικών των νερών των ποταμών, τα οποία συνήθως παρουσιάζουν αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ της συγκέντρωσής τους και του ρυθμού εκροής τους. Παρ' όλο που η ύπαρξη ταχέων ετήσιων μεταβολών της περιεκτικότητας σε πυριτικά των νερών των ποταμών είναι γνωστή και μπορεί να συσχετιστεί με το ρυθμό πολλαπλασιασμού και αύξησης των διατόμων, δεν επαρκεί μαζί με τους υπόλοιπους βιολογικούς παράγοντες για να εξηγήσει τη σχετική σταθερότητα των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του πυριτίου. Απ' ότι φαίνεται, πρέπει να υπάρχει σε δράση και κάποιος αβιοτικός εξισορροπητικός μηχανισμός, ο οποίος στηρίζεται σε αντιδράσεις προσρόφησης μεταξύ των δυο μορφών διοξειδίου του πυριτίου, της διαλυμένης και της σταθερής φάσης (π.χ. σε σχέση με ένυδρα οξειδία). Η προσρόφηση και η απορρόφηση μπορούν να εξισορροπήσουν μεταβολές στις συγκεντρώσεις των πυριτικών για πολλές ημέρες. Τα αποτελέσματα του διαλυμένου διοξειδίου του πυριτίου και των υποβαθμισμένων πυριτικών λαμβάνουν μεγαλύτερη σπουδαιότητα στους ωκεανούς, στους οποίους συμβαίνουν αντιδράσεις στις οποίες το διοξειδίο του πυριτίου και τα κατιόντα των αλκαλικών μετάλλων είναι σταθερά. Ιόντα υδρογόνου απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια αυτών των αντιδράσεων και επενεργούν στο pH και στις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του πυριτίου. [1]

4.2.4. ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Μέσα στα φυσικά νερά, το διοξειδίο του άνθρακα που βρίσκεται συχνότερα με παρουσία αλάτων αλκαλικών και αλκαλινο-γεωδών, συνδυάζεται με αυτά για να σχηματίσει ανθρακικά και δισσάνθρακικά άλατα. Υπάρχει μια χημική ισορροπία ανάμεσα στις τρεις μορφές του ανθρακικού οξέος που στην περίπτωση των αλάτων του ασβεστίου μπορεί να αποδοθεί ως:



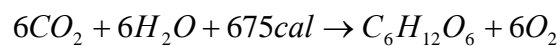
Όταν το ανθρακικό οξύ βρίσκεται διαλυμένο σε καθαρό νερό, προκαλεί πτώση του pH. Οι δυο οξύτητες αυτού του οξέος εξουδετερώνονται σε pH 8,3 και 4,5. Σε ελεύθερη κατάσταση, θα βρει μια βάση για να σχηματίσει ένα άλας θα είναι, λοιπόν, "επιθετικό" για τα άλατα των βάσεων, τέτοια όπως του ασβεστίου και του μαγνησίου. Αυτή η "επιθετικότητα" δεν αφορά στο σύνολο του ανθρακικού οξέος, μια και υπολογίσιμο μέρος αυτού είναι σε ισορροπία με τα άλατα, όπως δείχνει η παραπάνω εξίσωση και δεν μπορεί να αντιδράσει με το ουδέτερο άλας για να δώσει όξινο άλας.

Με παρουσία βάσεων, όπως του ασβεστίου, το ανθρακικό οξύ θα σχηματίσει αρχικά ένα όξινο ανθρακικό ή δισσάνθρακικό άλας. Χάρη στην πρώτη από τις δυο οξύτητες του θα είναι ημισυνδυασμένο, ενώ με τη μορφή ανθρακικού άλατος, αδιάλυτο κατά τον περισσότερο χρόνο, θα είναι συνδυασμένο. Έτσι, στα φυσικά νερά το διοξειδίο του άνθρακα παρουσιάζεται κάτω από τέσσερις διαφορετικές μορφές:

- A)** ανθρακικό οξύ συνδυασμένο, με μορφή ουδέτερου άλατος
- B)** ανθρακικό οξύ ημισυνδυασμένο, με μορφή όξινου άλατος
- Γ)** ανθρακικό οξύ "επιθετικό", με μορφή ελεύθερου και αντιδραστικού οξέος
- Δ)** ανθρακικό οξύ ισοσταθμισμένο ελεύθερο και όχι αντιδραστικό, απαραίτητο για να διατηρεί σε διάλυση το ημισυνδυασμένο ανθρακικό οξύ.

Ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία του μεταβολισμού, στα βαθιά στρώματα της λίμνης και κυρίως κοντά στον πυθμένα, είναι η αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα. Μέσα στην τροφογενή ζώνη η αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα δεν είναι μετρήσιμη παρά μόνο η απουσία της φωτοσύνθεσης. Όπως έχει βρεθεί, αυτή η αποβολή είναι κυρίως ευκρινής στην αρχή της συσκότισης (με τον ερχομό της νύχτας). Μέσα σε ένα ισορροπημένο ενυδρείο που περιέχει τρία λίτρα φυσικού νερού και διάφορους ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς, αυτή η αποβολή είναι της τάξης των 40 με 80 μικρομόλ ανά λίτρο και ανά ώρα. Στη φύση, το απελευθερωμένο διοξείδιο του άνθρακα επαναχρησιμοποιείται συχνά είτε για τις ανάγκες της φωτοσύνθεσης των υδρόβιων φυτών, είτε για να επαναθέσει σε διάλυση τα παρειρισκόμενα ανθρακικά άλατα με τη μορφή δισσάνθρακικών αλάτων.

Η γνώση της ποσότητας του αφομοιούμενου διοξειδίου του άνθρακα με φωτοσυνθετικό τρόπο επιτρέπει να υπολογίσουμε την ποσότητα της λαμβανόμενης ενέργειας από το περιβάλλον που έχει χρησιμοποιηθεί από τους οργανισμούς. Στην πραγματικότητα η εξίσωση της φωτοσύνθεσης μπορεί να γραφεί σε πρώτη προσέγγιση:



Κάθε μόριο αφομοιούμενου CO₂ αντιπροσωπεύει 675 εναποθηκευμένες θερμίδες. Στη λίμνη Erie και εξαιτίας των ιδιαίτερων υδροδυναμικών συνθηκών, το ποσοστό φωτοσύνθεσης φτάνει τα 500 μιλιμόλ διοξειδίου του άνθρακα ανά τετραγωνικό μέτρο και ανά ημέρα. Το πλαγκτό αυτής της λίμνης είναι στην πραγματικότητα ικανό να απορροφά ως 6 με 8 μικρομόλ διοξειδίου του άνθρακα ανά μικρολίτρο (πλαγκτού) και ανά ώρα σε φυσικές συνθήκες. Αυτή η απορρόφηση είναι, περίεργα, σε αντίστροφη αναλογία με την πυκνότητα του φυσικού φυτοπλαγκτού που υπάρχει. Εξάλλου, η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται στη ροή της αυτόχθονης θρέψης των οργανισμών που υπάρχουν, είναι ένα μέτρο των μετατροπών ενέργειας, των οποίων έδρα είναι η μάζα του νερού.

Η κατακόρυφη διανομή του διοξειδίου του άνθρακα συγγενεύει αρκετά με αυτήν του ελλείμματος σε οξυγόνο. Εντούτοις, υπάρχει πιο συχνά ανεξαρτησία αυτών των δυο τιμών μέσα στο επιλίμνιο. Το οξυγόνο ισορροπεί πιο γρήγορα με υπερκείμενο αέρα απ' ό,τι το διοξείδιο του άνθρακα που τότε είναι σε καθαρό υποκορεσμό εξαιτίας της δραστηριότητας των φωτοσυνθετικών οργανισμών. Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στο υπολίμνιο οφείλεται:

A) στην αύξηση του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα που προέρχεται κυρίως από τη δραστηριότητα των οργανισμών

B) στο σχηματισμένο δισσάνθρακικό άλας αμμωνίου στο αποξυγονωμένο περιβάλλον με άμεση ενέργεια του διοξειδίου του άνθρακα πάνω στο αμμωνιακό, άρα μεταβολικής προέλευσης και

Γ) στην αύξηση μη εξαμιζόμενων διαλυτών δισσάνθρακικών αλάτων, των οποίων ένα σημαντικό μέρος είναι εξίσου μεταβολικής προέλευσης (τουλάχιστον 50 %).

Η ύπαρξη μιας σημαντικής αναταραχής στο επίπεδο της εσωεπιφάνειας υπολίμνιου-μεταλίμνιου μας υποχρεώνει να θεωρήσουμε ότι υπάρχει μια ορισμένη μεταβίβαση του διοξειδίου του άνθρακα των βαθιών στρωμάτων προς εκείνα της επιφάνειας και στην περίοδο της στρωμάτωσης κυρίως στα άκρα μιας λίμνης. Επίσης, τα φυτά είναι πολύ ικανά να αφομοιώνουν όχι μόνο το ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα, αλλά άμεσα και ορισμένα ανθρακικά και δισσάνθρακικά άλατα.

Το pH μιας μάζας νερού είναι συνδεδεμένο με την παρειρισκόμενη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα. Τουλάχιστον στην πλειονότητα των περιπτώσεων, η συνεχής ανταλλαγή του διοξειδίου του άνθρακα ανάμεσα σε οργανισμούς και περιβάλλον θα προκαλέσει μια μεταβολή του pH μέσα στο χρόνο.

Οι διακυμάνσεις του διοξειδίου του άνθρακα, συνδεδεμένες με μεταβολικά φαινόμενα, προκαλούν μια συνεχή τροποποίηση της ισορροπίας ανάμεσα στο διοξείδιο του άνθρακα και στα άλατά του, κυρίως του ανθρακικού ασβεστίου που θα μπορεί να κατακρημνίζεται, αν ελαττώνεται η ποσότητα του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα. Η ταχύτητα της κατακρήμνι-

σης είναι, εντούτοις, σχετικά αργή και υπάρχει συχνά υπερκορεσμός του νερού σε δισσάνθρακικό ασβέστιο και κυρίως κάθε φορά που η ολική αλκαλικότητα είναι ανώτερη από ένα χιλιοστοδύναμο. [1]

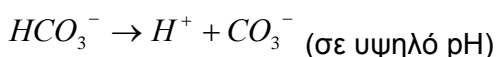
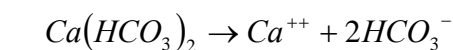
4.2.5. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΙΟΝΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Όπως έχει αναφερθεί, υπάρχει μια στενή σχέση ανάμεσα στη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH), στην περιεκτικότητα του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα, στα αλκαλικά αποθέματα ή στο σύνολο των ανθρακικών και δισσάνθρακικών αλάτων που μπορούν να ελευθερώσουν αφομοιώσιμο διοξείδιο του άνθρακα και στη φωτοσύνθεση (άρα και στην παραγωγικότητα).

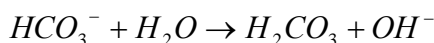
Σε νερά σχετικά πλούσια σε ασβέστιο, η χρησιμοποίηση από τα φυτά του διαθέσιμου διοξειδίου του άνθρακα προκαλεί τη διακοπή της μεταβιβάσιμης ισορροπίας που υπάρχει ανάμεσα στα διάφορα παρειασκόμμενα ιόντα και καταβύθιση του ανθρακικού ασβεστίου με διάσπαση των δισσάνθρακικών αλάτων. Στην πραγματικότητα, η αντίδραση της ισορροπίας μπορεί να γραφεί:



Αποχώρηση του διοξειδίου του άνθρακα θα μετατοπίσει την αντίδραση κατά την κατεύθυνση αριστερά-δεξιά. Το όξινο ανθρακικό άλας είναι σχεδόν ολοκληρωτικά διασπασμένο:



αν και η υδρόλυση της δεύτερης οξύτητας του ανθρακικού οξέος θα δώσει:



Στα ασβεστούχα νερά το pH θα προσδιορίζεται από τη σχέση ανάμεσα σε ιόντα H^+ που προέρχονται από τη διάσπαση του ανθρακικού οξέος και σε ιόντα OH^- που προέρχονται από την υδρόλυση των όξινων ανθρακικών αλάτων. Έτσι, η αλκαλικότητα ή η οξύτητα του υδάτινου περιβάλλοντος θα είναι κάτω από την εξάρτηση δυο ουσιωδών παραγόντων: τη σχετική ποσότητα των αλάτων αδύναμου οξέος (στην ουσία του διοξειδίου του άνθρακα) και τη φωτοσύνθεση που απορροφά το διοξείδιο του άνθρακα, ελευθερώνει με υδρόλυση ιόντα OH^- και προκαλεί πολύ συχνά καταβύθιση του ανθρακικού ασβεστίου.

Τελικά, όλα τα χλωροφυλλούχα φυτά δεν είναι ικανά να χρησιμοποιήσουν το ιόν HCO_3^- ως πηγή άνθρακα. Ένας ορισμένος αριθμός (ιδιαίτερα τα βρύα) πρέπει να περιοριστεί σε ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα. Σε αυτά τα φυτά η φωτοσύνθεση σταματά, αφού έχει απορροφηθεί το άμεσα αφομοιώσιμο διοξείδιο του άνθρακα και δεν μπορούν να αναπτυχθούν παρά σε περιβάλλον σχετικά όξινο ή σε σταθερή ισορροπία με την ατμόσφαιρα (πηγές, παραγμένες παραλιακές περιοχές λιμνών, σε μερικές περιπτώσεις στο βυθό αυτών, τρεχούμενα νερά). Είναι η περίπτωση του βρύου *Fontinalis antipyretica* και των ερυθρών φυκών του γένους *Batrachospermum*.

4.2.5.i. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου (τιμή pH) επηρεάζει το μεταβολισμό τόσο των ζώων, όσο και των φυτών. Λεπτομερώς είναι πάντως δύσκολο να καθορίσουμε τις ειδικές επιδράσεις αυτού του παράγοντα. Στην καθιέρωση κριτηρίων ποιότητας του γλυκού νερού η

οξύτητα ή η αλκαλικότητά του είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Υπάρχει μια κανονική διακύμανση των τιμών του pH για νερά με καλή αλιεία. Έτσι, έχει γίνει μια κριτική ανασκόπηση των δημοσιευμένων και αδημοσίεωτων πληροφοριών για τις άμεσες και έμμεσες επιδράσεις των ακραίων τιμών του pH στα ψάρια, με έμφαση στα ευρωπαϊκά είδη. Από αυτήν την ανασκόπηση γίνεται φανερό ότι τα στοιχεία που υπάρχουν δεν είναι αρκετά λεπτομερή, ώστε να δώσουν καθορισμένα κριτήρια του pH για κάθε σημαντικό είδος ψαριού και για διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες, αλλά πιστεύεται ότι αρκετά είναι γνωστά για να βγουν τα ακόλουθα γενικά συμπεράσματα:

a) Δεν υπάρχει καθορισμένη διακύμανση του pH, μέσα στην οποία η αλιεία δεν βλάπτεται και έξω από την οποία καταστρέφεται, αλλά, μάλλον, υπάρχει μια σταδιακή επιδείνωση, καθώς οι τιμές του pH απομακρύνονται πέρα από την κανονική διακύμανση.

b) Η διακύμανση του pH που δεν είναι άμεσα θανατηφόρα για τα ψάρια είναι 5 ως 9. Πάντως, η τοξικότητα διάφορων κοινών ρυπαντών επηρεάζεται έντονα από τις μεταβολές του pH μέσα σε αυτό το εύρος και αυξημένη οξύτητα ή αλκαλικότητα μπορεί να κάνει αυτά τα δηλητήρια πιο τοξικά. Επίσης, μια εκκένωση οξέων μπορεί να ελευθερώσει αρκετό διοξείδιο του άνθρακα από δισσάνθρακικά άλατα μέσα στο νερό και ή να είναι άμεσα τοξική ή να έχει ως συνέπεια το εύρος 5-6 του pH να είναι θανατηφόρο.

c) Κάτω από την τιμή 5 του pH πρέπει να αναμένεται θνησιμότητα των ψαριών, αν και μερικά είδη μπορούν να προσαρμόζονται σε χαμηλές τιμές ως 3,7. Πάντως, η παραγωγικότητα του υδάτινου οικοσυστήματος μειώνεται αισθητά κάτω από την τιμή pH 5, έτσι ώστε η εσοδεία από την αλιεία να μειώνεται επίσης. Μερικά όξινα νερά μπορεί να περιέχουν ιζηματοποιημένο υδροξείδιο του τρισθενούς σιδήρου, το οποίο μπορεί επίσης να δράσει ως ένας θανατηφόρος παράγοντας.

d) Εργαστηριακά δεδομένα δείχνουν ότι τιμές του pH μεταξύ 9 και 10 μπορεί να είναι βλαβερές για λίγα είδη ψαριών και πάνω από 10 θανατηφόρες για τα υπόλοιπα.

Σχετικά λίγα είναι γνωστά για τις επιδράσεις των αλκαλικών αποβλήτων στην αλιεία και αυτό μπορεί να αντανakλά στην ελάχιστη σημασία που έχει το πρόβλημα. Πάντως, εκεί όπου δημιουργούνται υψηλές τιμές pH, εξαιτίας της έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των υδρόβιων φυτών, οι υψηλές θερμοκρασίες, ο υπερκορεσμός των διαλυμένων αερίων που εμφανίζονται και άλλοι παράγοντες μπορεί επίσης να συμβάλλουν λίγο-πολύ στη θνησιμότητα των ψαριών, κάνοντας δύσκολο το συσχετισμό της θνησιμότητας με εργαστηριακά δεδομένα μόνο για τιμές του pH.

Τα δεδομένα είναι ανεπαρκή για να δημιουργηθούν ακόμη και γενικά κριτήρια για άλλες απόψεις του προβλήματος αυτού, όπως η αποφυγή από τα ψάρια των ζωνών ακραίων τιμών pH ή η αύξηση των ψαριών ή η αντίστασή τους στις ασθένειες.

Στη λίμνη Βόλβη, όπου η αλιεία ήταν αρκετά ικανοποιητική, η τιμή του pH βρέθηκε αλκαλική περιοχή και μεταξύ 7,40 και 8,75. Μικρότερες τιμές βρέθηκαν κατά το Μάρτιο και τον Απρίλιο (7,4 - 7,9), αυξανόμενες προοδευτικά ως τον Αύγουστο (8,75).

4.2.6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Τα φυσικά νερά παίζουν ρόλο διαλύτη ενός σημαντικού αριθμού αλάτων, τα οποία σε διάλυση είναι περισσότερο ή λιγότερο διασπασμένα σε ιόντα. Αυτά τα ιόντα μετακινούνται άλλα προς το ένα ηλεκτρόδιο και άλλα προς το άλλο, όταν υποβληθεί το εξεταζόμενο νερό σε ηλεκτρικό πεδίο. Τα ανιόντα (αρνητικά ιόντα) κατευθύνονται προς την άνοδο και τα κατιόντα (θετικά ιόντα) προς την κάθοδο.

Όλα τα ιόντα δεν έχουν την ίδια κινητικότητα και μετρώντας την ικανότητα διέλευσης του ρεύματος (αγωγιμότητα), προσδιορίζουμε την κινητικότητα του συνόλου των παρευρισκόμενων ιόντων. Η αγωγιμότητα μιας μάζας νερού εξαρτάται όχι μόνο από την περιεκτικότητά της σε ιονισμένα άλατα, αλλά και από το μέγεθος και την απόσταση των ηλεκτροδίων.

Ειδική αγωγιμότητα του νερού είναι η ποσότητα του ηλεκτρισμού που μεταφέρεται από το ένα ηλεκτρόδιο στο άλλο σε ένα δευτερόλεπτο, μέσα από μια τομή 1 cm² και κάτω από μια διαφορά δυναμικού 1 volt/cm. Επειδή η αγωγιμότητα είναι το αντίστροφο της αντίστασης, η ειδική αγωγιμότητα είναι το αντίστροφο της ειδικής αντίστασης. Η μονάδα της αγωγιμότητας είναι το mho (αντίστροφο του ohm).

Τα άλατα σε διάλυση έχουν μια αγωγιμότητα που ποικίλλει ανάλογα με τη συγκέντρωση, περνώντας από ένα μέγιστο σε μια ορισμένη τιμή αυτής. Αν εισάγουμε την έννοια της ισοδύναμης αγωγιμότητας ή το πηλίκο της αγωγιμότητας δια του αριθμού των ισοδύναμων των διαλυμένων σε ένα χιλιοστόλιτρο (1 ισοδύναμο = 1 mol g / σθένος), παίρνουμε μια γραμμική σχέση της αγωγιμότητας ανάλογα με τη συγκέντρωση. Για ισχυρούς ηλεκτρολύτες, η ισοδύναμη αγωγιμότητα αυξάνει κανονικά με τη διάλυση, αν και για ασθενείς ηλεκτρολύτες ατελώς διασπασμένους ποικίλλει εξαιτίας του αποτελέσματος της διάλυσης πάνω στην τιμή της διάσπασης.

Η αγωγιμότητα στα νερά της λίμνης Βόλβης βρέθηκε μεταξύ 730 και $1220 \cdot 10^{-6}$ mhos \cdot cm $^{-1}$. Μολονότι όμως παρουσιάζει μεγάλη ετήσια διακύμανση, δε φαίνεται ότι σε κάποια συγκεκριμένη εποχή του έτους είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη εξαιτίας της ακανόνιστης κατανομής των τιμών.

Η ιοντική σύνθεση του νερού παίζει αποφασιστικό ρόλο στην παρουσία ή την απουσία των φυτών και των ζώων στο νερό. Τα ζώα του γλυκού νερού ζουν μέσα σε ένα υποτονικό διάλυμα το νερό δηλαδή είναι πάντοτε φτωχότερο σε ιόντα από ότι είναι τα σωματικά τους υγρά και το πρόβλημα γι' αυτά είναι η σταθερή διατήρηση της συγκέντρωσης ορισμένων ιόντων στο αίμα τους. [1]

4.2.7. ANIONTA

Το φυσικό νερό περιέχει ηλεκτρολύτες που ορισμένοι είναι ανιόντα ή ιόντα φορτισμένα αρνητικά. Είναι το αποτέλεσμα της διάσπασης των αλάτων, από τα οποία τα κυριότερα είναι γεωλογικής προέλευσης (από διάλυση πετρωμάτων) και από τα οποία μερικά συμμετέχουν δραστήρια, άμεσα ή έμμεσα, στη ζωή των υδρόβιων οργανισμών, στην ανάπτυξή τους, στο μεταβολισμό τους.

4.2.7.i. ΑΛΑΤΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ, ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑΣ

Έχει αναφερθεί παραπάνω ότι το διοξείδιο του άνθρακα υδρολύεται κατά ένα μέρος κατά τη διάλυσή του στο νερό και ότι αυτό το ασθενές διοξείδιο αντιδρά με τις παρευρισκόμενες βάσεις, για να δώσει τα ανθρακικά και τα δισανθρακικά άλατα. Οι πιο συχνές βάσεις είναι το ασβέστιο και το μαγνήσιο. Ιδίως σε μερικές περιπτώσεις, που ωστόσο ενδιαφέρουν πολύ, το νάτριο και το κάλιο αντιδρούν με αυτό για να δώσουν τα ανθρακικά και τα δισανθρακικά άλατα.

Τα ανθρακικά αλκαλινο-γεώδη άλατα είναι λίγο διαλυτά, ενώ τα ανθρακικά και τα δισανθρακικά αλκαλικά διαλυτά. Στη φύση, το ανθρακικό άλας του ασβεστίου παρουσιάζεται κάτω από τη συνηθισμένη μορφή του ανθρακικού ασβεστίου. Ο αραγονίτης, που ανταποκρίνεται στον ίδιο χημικό τύπο, αλλά κρυσταλλοποιείται στο ορθορομβικό σύστημα, είναι πολύ ασταθής στις συνηθισμένες θερμοκρασίες και παρ' όλο που σχηματίζεται από μεγάλο αριθμό οργανισμών, δε συναντιέται παρά σε σπάνιες περιπτώσεις, τέτοιες όπως σε ορισμένα αποθέματα βακτηριακής προέλευσης ή θερμών νερών ή σε αποθέματα που περιέχουν όστρακα μαλακίων του γλυκού νερού, συχνά αποτελούμενα από αυτό το ορυκτό.

Μαζί με αυτές τις δυο συνηθισμένες μορφές του ανθρακικού ασβεστίου θα πρέπει να αναφέρουμε πολλά άλλα ορυκτά, τα οποία παίζουν ένα ρόλο σε μερικές ιδιαίτερες περιπτώσεις. Τέτοια είναι ορισμένα ένυδρα ανθρακικά άλατα, όπως το τριϋδατικό και πενταϋδατικό ανθρακικό ασβέστιο. Ακόμη υπάρχει το άμορφο ανθρακικό ασβέστιο, αποτέλεσμα της βακτηριακής δραστηριότητας, πολύ διαδεδομένο στα λιμναία και θαλάσσια αποθέματα και μια κολλοειδής μορφή, της οποίας η σημασία πρέπει να υπογραμμιστεί.

Παράλληλα με αυτό το ανθρακικό άλας, τα φυσικά νερά βρίσκονται σε σχέση και με τα άλλα άλατα του ανθρακικού οξέος, από τα οποία τα κυριότερα είναι: το ανθρακικό άλας του μαγνησίου, ο δολομίτης ή διπλό ανθρακικό άλας του ασβεστίου και του μαγνησίου, το ανθρακικό άλας του βαρίου, του στροντίου κ.ά. Επίσης, άλλα ανθρακικά άλατα και κυρίως αλκαλικά ανθρακικά, όπως το $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ και το $\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{NaHCO}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$.

Αν το ανθρακικό άλας του ασβεστίου είναι πολύ λίγο διαλυτό στο καθαρό νερό (λίγο περισσότερο από 13 mg/l σε 15°C), το ανθρακικό άλας του μαγνησίου είναι περισσότερο, αλλά η σχετική σπανιότητά του του δίνει ένα ρόλο πολύ πιο μέτριο στις ανθρακικές ανταλλαγές ανάμεσα στην ατμόσφαιρα, στην υδρόσφαιρα και στους ζωντανούς οργανισμούς.

Τα δισσάνθρακικά άλατα είναι όλα πολύ πιο διαλυτά μέσα στο νερό και κυρίως το δισσάνθρακικό άλας του ασβεστίου. Αυτά χρησιμεύουν ως "μεσάζοντες" μεταξύ του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα και των λιγότερο διαλυτών ανθρακικών αλάτων.

Όταν το ανθρακικό οξύ βρίσκεται μέσα σε πολύ καθαρό νερό, προκαλεί μια αισθητή ελάττωση του pH. Αυτό το pH αποκαθίσταται βαθμηδόν από το σχηματισμό των ανθρακικών και δισσάνθρακικών αλάτων.

Στο "πολύ γλυκό" νερό δεν μπορούν να σχηματιστούν πολλά δισσάνθρακικά άλατα, επειδή τα άλατα του ασβεστίου βρίσκονται σε μικρή ποσότητα. Αντίθετα, στο σκληρό νερό τα δισσάνθρακικά άλατα παρουσιάζονται σε αρκετά μεγάλη ποσότητα. Το φυσικό "κανονικό" νερό περιέχει συνήθως 200 mg/l ολικό ανθρακικό οξύ, από τα οποία μόνο 10 % περίπου κάτω από τη μορφή του ελεύθερου ανθρακικού οξέος, ενώ το υπόλοιπο βρίσκεται κάτω από τη μορφή των δισσάνθρακικών αλάτων. Αυτές οι τιμές είναι στην πραγματικότητα πολύ μεταβλητές και εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους.

4.2.7.ii. ΑΛΟΓΟΝΑ, ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ

Από τα κυριότερα ανιόντα που υπάρχουν στα φυσικά νερά, τα αλογόνα είναι τα πιο σημαντικά. Βρίσκονται κυρίως στη θάλασσα, στα υφάλμυρα και στα ρυπασμένα νερά. Το χλώριο είναι το πιο άφθονο, όμως, τα ηπειρωτικά νερά περιέχουν γενικά λίγο. Είναι οι ισχυροί ηλεκτρολύτες που δεν παίζουν συνήθως ιδιαίτερο ρόλο.

Τα χλωριούχα προέρχονται συχνά από τα νερά της βροχής και είναι θαλάσσιες προέλευσης. Οι ψεκάδες των κυμάτων μπορούν να μεταφέρουν κοντά στις ακτές μια ποσότητα χλωριούχων με τη μορφή του NaCl. Οι άμεσες ανταλλαγές, νέες ή παλιές, με τη θάλασσα είναι επίσης αιτία εμπλουτισμού σε χλωριούχα των λίγο-πολύ υφάλμυρων παράκτιων λιμνών. Σε άλλες περιπτώσεις, προέρχεται από το ξέπλυμα των αλατούχων εδαφών θαλάσσιας προέλευσης ή είναι άλατα του εδάφους που ανέρχονται από τα τριχοειδή. Παράδειγμα, οι λίμνες Λάντζα και Μαυρούδα, οι οποίες βρίσκονταν βόρεια της λίμνης Βόλβης και αποξηράνθηκαν το 1955 με σκοπό την επέκταση των αγροτικών καλλιεργειών δίκως να ληφθεί υπόψη ότι τα εδάφη που θα αποκαλύπτονταν θα ήταν αλατούχα και συνεπώς ακατάλληλα για καλλιέργεια. Άλλες φορές επίσης, η μεταφορά των χλωριούχων οφείλεται στη διάλυση των ίδιων των πετρωμάτων και κυρίως των διαλυτών ορυκτών. Τέλος, δεν πρέπει να υποτιμάται ο εμπλουτισμός των φυσικών νερών σε χλωριούχα από τις συνεισφορές των ζώων και των ανθρώπων, των οποίων τα προϊόντα έκκρισης περιέχουν κατά μέσο όρο περισσότερα από 5 g/l ιόντα χλωρίου.

Στα ηπειρωτικά νερά δεν είναι τα χλωριούχα που χαρακτηρίζουν γενικά την αλατότητα, αλλά πολύ περισσότερο τα ανθρακικά ή τα θειικά άλατα. Εντούτοις, στην περίπτωση των υφάλμυρων νερών, τα αλογόνα μπορούν να παίξουν ένα σημαντικό ρόλο. Υπενθυμίζεται ότι η αλατότητα των νερών είναι λίγο-πολύ συνδεδεμένη με την περιεκτικότητά τους σε ηλεκτρολύτες.

4.2.7.iii. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Το χλώριο με τη μορφή υποχλωρικού οξέος και χλωραμινών είναι τοξικό στην υδρόβια ζωή. Τα κοινά είδη ψαριών, τα ασπόνδυλα και τα φυτά είναι γενικά πιο ανθεκτικά στο χλώριο από τα ψάρια της οικογένειας Salmonidae, αν και η παραγωγή της νεαρής *Daphnia* μειώνεται σε μια συγκέντρωση 3,5 mg/l (0,4 - 1,4 mg HOCl/l).

Από τα περιορισμένα δεδομένα που υπάρχουν, φαίνεται ότι συγκεντρώσεις χλωρίου μεγαλύτερες από 8 mg HOCl/l θα μπορούσαν να είναι βλαβερές ή θανατηφόρες μέσα σε 4 ημέρες και για τα ψάρια της οικογένειας Salmonidae και για τα κοινά ψάρια, ενώ 4 mg HOCl/l έχουν γίνει ανεκτές από ευαίσθητα είδη ψαριών για 5 ημέρες, αν και με κάποια απόκλιση από τη φυσιολογική δραστηριότητα.

Η τοξικότητα του χλωρίου στα ψάρια αυξάνεται με μια μείωση στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου και μεταβάλλεται λίγο με αύξηση της αλατότητας ως 50 % στο θαλασσινό νερό, αλλά υπάρχουν λίγα ή καθόλου δεδομένα για την επίδραση της θερμοκρασίας, του pH και της σκληρότητας του νερού.

Η συμπεριφορά αποφυγής της ιριδίζουσας πέστροφας, κάτω από πειραματικές συνθήκες, ήταν ασήμαντη σε μια συγκέντρωση χλωρίου 1 μg/l (2-8 μg HOCl/l) και έντονη στο εύρος 1-8 μg/l, μέσα στο οποίο μπορούν να παρατηρηθούν δυσμενείς μεταβολές στο αίμα.

Πειραματικά, προτείνεται ότι θα μπορούσαμε να δεχτούμε ένα ανώτερο όριο 4 μg HOCl/l, επειδή αυτό θα κατέληγε σε μικρή ή καμιά θνησιμότητα των ψαριών, ίσως θα είχε μικρή μόνο επίδραση στη συμπεριφορά τους και στη φυσιολογία του αίματος και δε θα ήταν αρκετά υψηλό, ώστε να είναι καταστρεπτικό για την πλειονότητα των οργανισμών που αποτελούν τροφή για τα ψάρια. Το ποσό του ολικού χλωρίου που αντιστοιχεί σε αυτήν τη συγκέντρωση, ποικίλλει σύμφωνα με τη θερμοκρασία και την τιμή του pH του νερού. Επειδή το χλώριο μπορεί να αντιδράσει με τα θειοκυανισύχα και να παράγει θανατηφόρες συγκεντρώσεις υδροκυανίου ή και χλωροκυανισύχα και επειδή χαμηλές συγκεντρώσεις του χλωρίου (ως 1 μg/l) με την παρουσία φαινολών είναι πιθανό ότι δημιουργούν φθορές στη σάρκα των ψαριών, ένα ανώτερο όριο μικρότερο από 4 μg/l ίσως θα ήταν απαραίτητο, όταν υπάρχουν τα άλλα δηλητήρια. [1]

4.2.7.iv. ΘΕΙΟ

Μετά από τα δισσάνθρακικά και τα πυριτικά άλατα, τα θειικά είναι το κύριο συστατικό των ηπειρωτικών νερών. Η περιεκτικότητα αυτών των νερών σε θειικά ιόντα είναι εντούτοις πολυποίκιλη.

Το ιόν SO_4^{2-} είναι συνδεδεμένο με τα κατιόντα των αλκαλίων και τις αλκαλικές γαίες. Το νερό της βροχής περιέχει μια αξιόλογη ποσότητα, αλλά η πιο σημαντική πηγή ιόντων θειικών ελαίων είναι αναμφισβήτητα το θειικό άλας του ένυδρου ασβεστίου (γύψος), συχνό ορυκτό και αρκετά διαλυτό στο νερό. Στις ηφαιστειογενείς περιοχές, τα νερά μπορεί να είναι εμπλουτισμένα σε θείο από τις αναθυμιάσεις του υπεδάφους, ενώ είναι η εξάτμιση που συγκεντρώνει τα θειικά άλατα μέσα στις λιμναίες λεκάνες των ημίξηρων περιοχών. Τέλος, πρέπει μερικές φορές να αναζητάμε την προέλευση των θειικών αλάτων μέσα στα προ'όντα της ανθρώπινης δραστηριότητας και στις μεταλλευτικές περιοχές (ορυχεία άνθρακα). Το νερό μπορεί έτσι να είναι εμπλουτισμένο από αυτό το ανιόν και σε αυτήν την περίπτωση είναι μια χαρακτηριστική ένδειξη της βιομηχανικής ρύπανσης.

Οι συνθήκες των περιοχών δεν είναι οι μόνες που επηρεάζουν την περιεκτικότητα των νερών σε θειικά και θειούχα άλατα. Οι κλιματικές συνθήκες μπορούν εξίσου να παίξουν ένα σημαντικό ρόλο. Έτσι, τα νερά του χιονιού μπορούν να διαλύσουν σημαντικά τις εισφορές του υπεδάφους, ενώ η εξάτμιση, όπως το ίδιο καλά και η πήξη, παίζουν έναν αντίστροφο ρόλο. Ακόμη, οι ζωντανοί οργανισμοί μπορούν εξίσου να τροποποιήσουν τη χημική σύσταση των στάσιμων νερών από μεταβολικούς μετασχηματισμούς και τα θειικά άλατα να μετατραπούν σε θειούχα.

Οι αυτότροφοι οργανισμοί και πολυάριθμοι ετερότροφοι αφαιρούν το θείο που έχουν ανάγκη από τα θειικά άλατα. Για να συγκροτήσουν έναν αρκετό αριθμό θειούχων αμινοξέων σε ομάδα HS^- , χρειάζονται πραγματικά αυτό το "θρεπτικό" στοιχείο. Αλλού, ορισμένα βακτήρια καταστρέφουν τις οργανικές συνθέσεις του θείου και ανανεώνουν έτσι είτε το στοιχειώδες θείο, είτε τα προ'όντα της οξειδωσής του, θειούχα και θειικά άλατα, είτε τέλος τα προ'όντα της αναγωγής τους, υδρόθειο και θειούχα.

Οι έρευνες του κύκλου του θείου στα λιμναία νερά είναι σχετικά πρόσφατες. Παρ' όλο που τα θειικά άλατα είναι γενικά από τα αρκετά διαλυτά άλατα μέσα στο νερό, το θειικό άλας του ασβεστίου (γύψος) είναι ταυτόχρονα το πιο διαδεδομένο στη φύση. Το υδρόθειο, επίσης, είναι πολύ διαλυτό στο νερό και διαλύεται από 3,3 ως 7,0 g περίπου ανά λίτρο σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης (ο συντελεστής απορρόφησης του υδροθείου είναι για παράδειγμα 4,37 σε 0°C, 4,107 σε 4°C, 3,39 σε 10°C και 2,58 σε 20 °C).

Το θειικό άλας του νατρίου είναι χαρακτηριστικό των νερών των ημίξηρων περιοχών και σε μερικές ιδιαίτερες περιπτώσεις μπορεί να παρατηρηθεί σε πολύ υψηλές συγκεντρώ-

σεις, σχηματίζοντας μαζί με άλλα άλατα γνήσια ορυκτά επικαλύμματα στην όχθη ορισμένων λιμνών.

Η χημεία του θείου στα φυσικά νερά είναι στενά συνδεδεμένη με αυτήν των ανάλογων κατιόντων και κυρίως με το ασβέστιο και το σίδηρο (ο θειούχος σίδηρος είναι συνηθισμένο συστατικό των λιμναίων ιζημάτων). Επίσης, είναι στενά συνδεδεμένη με την ανάπτυξη των σιδηροβακτηρίων και θειοβακτηρίων. Η αναγωγή των θειικών αλάτων δεν αρχίζει παρά σε ένα ορισμένο οξειδοαναγωγικό δυναμικό. Υπάρχει, λοιπόν, εμφάνιση του υδροθείου και των βακτηρίων που τροποποιούν σε βάθος την ισορροπία του οξειγόνου στα νερά και την κατανομή της οργανικής ύλης και των ανόργανων ενώσεων που βρίσκονται σε αυτά.

Τα θειικά άλατα είναι σπάνια ανιόντα που επιδρούν άμεσα στους υδρόβιους οργανισμούς. Αντίθετα, τα προΐόντα της αναγωγής τους και κατά πρώτον το υδρόθειο παίζουν ένα σημαντικό άμεσο και έμμεσο ρόλο, όταν συσσωρεύονται στα βαθιά νερά των εσωτερικών λιμνών και θαλασσών. Στη Μαύρη Θάλασσα κατά μέσο όρο το 99,5 % του υδροθείου που υπάρχει στο βυθό, προέρχεται από την αναγωγή των θειικών αλάτων, ενώ μόνο 0,5 % είναι το αποτέλεσμα της ανοργανοποιητικής αποσύνθεσης των θειούχων οργανικών συστατικών των οργανισμών.

4.2.7.v. ΑΖΩΤΟ

Ο αέρας διαλυόμενος στο νερό εφοδιάζει αυτό με άζωτο, το οποίο χάρη σε βιολογικούς καταλύτες (οργανισμούς στερεωτικούς του αζώτου, νιτροποιά βακτήρια) επανέρχεται στη σύνθεση οξειδωμένων μορίων NO , NO_2 , NO_3 , που αναγώμενα θα σχηματίσουν αμμωνία ή ένα αμμωνιακό άλας. Το μεταβολικό άζωτο φτάνει στα φυσικά νερά κυρίως με διάλυση και ξέπλυμα των εδαφών και ανακυκλώνεται διαρκώς με αποσύνθεση (ανοργανοποίηση) των οργανισμών που όλοι το περιέχουν. Εντούτοις, το νερό της βροχής περιέχει μερικές φορές μια υπολογίσιμη ποσότητα αζώτου.

Το άζωτο είναι ένα από τα ουσιώδη συστατικά της οργανικής ύλης και εισέρχεται στη σύνθεση των κυτταρικών πρωτεΐνων. Είναι απαραίτητο στην αύξηση των φωτοσυνθετικών οργανισμών που το αντλούν από το περιβάλλον συχνότερα με τη μορφή των νιτρικών αλάτων. Ορισμένοι οργανισμοί είναι εξίσου ικανοί να σταθεροποιούν άμεσα το μοριακό άζωτο και ανάμεσα σε αυτούς τα κυανόφυτα (*Anabaena*) φαίνεται να είναι τα πιο τυπικά μαζί με τα βακτήρια της ομάδας αζωτοβακτήρια. Άλλοι οργανισμοί, κυρίως βακτήρια, είναι ικανοί να απονιτροποιήσουν το περιβάλλον, έτσι ώστε να υπάρχει μια ορισμένη ισορροπία ανάμεσα στις διάφορες μορφές αζώτου που υπάρχουν ταυτόχρονα σε μια λίμνη. Δε γνωρίζουμε ακόμη, παρά αρκετά λίγο, τις αντιδράσεις ανταλλαγών ανάμεσα σε αυτές τις διαφορετικές μορφές, αντιδράσεις ταυτόχρονα χημικές ($NO_2^- + 1/2O_2 \rightarrow NO_3^-$) και βιοχημικές ($NO_3^- \rightarrow NH_2 \rightarrow NH_3$).

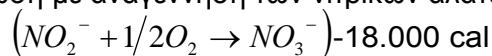
Οι μέθοδοι προσέγγισης δεν έχουν ακόμη ερμηνευτεί με αρκετές λεπτομέρειες (κυρίως αυτό που οι συγγραφείς ονομάζουν οργανικό άζωτο) και απέχουμε από το να μπορούμε να σχηματίσουμε, χωρίς αμφιβολία, την ισορροπία του αζώτου στη λίμνη. Έχει δειχτεί ότι οι οργανισμοί παίζουν ιδίως το διπλό ρόλο των απονιτροπικών και των δεσμευτών του αζώτου με οργανική μορφή μέσα στα ιζήματα. Αυτό το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα καθαρό μέσα στις πλούσιες λίμνες με σημαντική παραγωγική βιομάζα.

Αν προσπαθήσουμε να αποκαλύψουμε σε ένα φυσικό νερό τα διάφορα σύνθετα αζωτούχα που περιέχει, θα συναντήσουμε, εκτός από το μοριακό διαλυμένο άζωτο, τις παρακάτω μορφές αζώτου:

- Τα **νιτρικά άλατα** που μερικές φορές χρησιμοποιούνται άμεσα από τους οργανισμούς και που παίζουν άρα το ρόλο του περιοριστικού παράγοντα για τους αυτότροφους οργανισμούς. Τα νιτρικά άλατα έχουν μια διανομή που φυσικά εξαρτάται από την προέλευσή τους, αλλά επίσης και από τη διανομή του οξειγόνου κάτω από την εξάρτηση της διανομής των αυτότροφων και των ετερότροφων οργανισμών. Θα υπάρχει, λοιπόν, μια στρωμάτωση των νιτρικών αλάτων σε περίοδο θερμικής στρωμάτωσης, αν η διανομή του οξειγόνου υπακούει σε ένα νόμο. Όταν οι συνθήκες είναι δυσμενείς στη σταθερότητα του νιτρικού αζώτου (οξειδοαναγωγικό δυναμικό πολύ χαμηλό, απουσία οξειγόνου), τα νιτρικά άλατα τείνουν να

εξαφανιστούν και αντικαθίστανται από δυο μορφές πολύ λιγότερο σταθερές, τα νιτρώδη και την αμμωνία (και τα άλατά τους).

- Τα **νιτρώδη** εμφανίζονται στο περιβάλλον όταν το οξειδοαναγωγικό δυναμικό φτάνει την τιμή $E_7 = 0,45$ ως $0,40$ Volt. Είναι ασταθή, εξαιτίας του γεγονότος ότι το περιβάλλον σπάνια παραμένει σε κανονικές συνθήκες σταθερότητας γι' αυτά τα ιόντα. Υπακούουν, λοιπόν, είτε σε μια τάση για οξειδωση με αναγέννηση των νιτρικών αλάτων:



είτε σε μια τάση γι' αναγωγή που τα μετατρέπει σε στοιχειώδες άζωτο και σπανιότερα σε αμμωνία (το E_7 της αντίδρασης $NO_2^- + NH_4^+$ είναι από $0,40$ ως $0,35$).

- Η **αμμωνία** είναι το παράγωγο της τελικής αναγωγής των αζωτούχων οργανικών ουσιών. Μερικές φορές, όταν το περιβάλλον είναι ισχυρά αναγωγικό, και κυρίως στην επιφάνεια του ιζήματος, αποκαλύπτονται σημαντικές ποσότητες. Επίσης, με τη μορφή αμμωνιακών αλάτων είναι ένα παράγωγο υποβάθμισης που εκκρίνεται από τους οργανισμούς. Σε οξειδωμένο περιβάλλον η αμμωνία μετατρέπεται βαθμηδόν σε νιτρώδη. Στα φυσικά νερά, η ανεύρεση αμμωνίας σε μεγάλες ποσότητες είναι ένα κριτήριο ρύπανσης.

Εκτός από αυτές τις τρεις μορφές αζώτου, το νερό μιας λίμνης μπορεί να περιέχει οργανικά αζωτούχα μόρια λίγο-πολύ υποβαθμισμένα και κυρίως αμινοξέων σε συγκεντρώσεις της τάξης των 4 mg/m^3 για την κυστεΐνη, των 13 mg/m^3 για την τυροσίνη, τη θρυπτοφάνη, την ιστιδίνη. Η συγκέντρωση των φυσικών νερών σε αυτά τα παράγωγα της υποβάθμισης, όπως σε υδροξυλαμίνη, ουρίνη κτλ., εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα της οργανικής ύλης που υπάρχει και από τη φύση των ανοργανοποιητών των επιφορτισμένων να μετατρέπουν και να αποδίδουν επαναχρησιμοποιήσιμα τα οργανικά παράγωγα του μεταβολισμού.

4.2.7.vi. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Η επίδραση της αμμωνίας είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λάβουμε υπόψη. Τα οικιακά λύματα, τα απόβλητα ορισμένων βιομηχανιών και της γεωργίας είναι συνήθεις πηγές αμμωνίας στο νερό. Οι βλαβερές επιδράσεις της αμμωνίας στα ψάρια συνδέονται με τις τιμές του pH και τη θερμοκρασία του νερού, εξαιτίας του γεγονότος ότι μόνο το μη ιονισμένο μέρος της είναι δηλητηριώδες. Το μη ιονισμένο μέρος αυξάνεται με την αύξηση της τιμής του pH και με την αύξηση της θερμοκρασίας. Τα ψάρια, ανάλογα με το είδος, διαφέρουν λίγο στην αντοχή τους στην αμμωνία. Πάντως, η διαφορά στην αντοχή είναι πιο σημαντική για μικρές περιόδους έκθεσης και δεν είναι αρκετά μεγάλη για να δώσει διαφορετικά κριτήρια για τα διάφορα είδη. Η χαμηλότερη θανατηφόρα συγκέντρωση που βρέθηκε για τα ψάρια της οικογένειας Salmonidae είναι $0,2 \text{ mg/l}$ (μη ιονισμένη), αλλά δεν υπάρχουν άλλες δυσμενείς επιδράσεις που προκαλούνται από εκτεταμένη έκθεση σε συγκεντρώσεις χαμηλότερες από $0,025 \text{ mg/l}$. Συγκεντρώσεις ολικής αμμωνίας που περιέχουν αυτό το ποσό της μη ιονισμένης, κυμαίνονται από $19,6 \text{ mg/l}$ (pH 7,0 σε 5°C) ως $0,12 \text{ mg/l}$ (pH 8,5 σε 30°C). Το κριτήριο των $0,025 \text{ mg/l}$ (μη ιονισμένη) δε θα έπρεπε να εφαρμόζεται σε θερμοκρασίες κάτω από 5°C ή σε τιμές pH πάνω από 8,0, όπου και άλλοι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη. [1]

4.2.7.vii. ΦΩΣΦΟΡΟΣ

Είναι ταυτόχρονα το πιο αναγκαίο στην υδρόβια ζωή, γενικά το λιγότερο άφθονο και αυτό που παρουσιάζεται με την πιο απλή μορφή, αυτήν του ορθοφωσφορικού άλατος. Ένα μέρος των φωσφορικών αλάτων που υπάρχουν δεν είναι άμεσα αφομοιώσιμο. Τα ζωντανά κύτταρα (φυτικά και ζωικά) έχουν, εξάλλου, τη δυνατότητα να απορροφούν, να συσσωρεύουν και να αποβάλλουν το φωσφόρο στο περιβάλλον στο οποίο ζουν. Ο διαλυτός φωσφόρος, του οποίου η συγκέντρωση ποικίλλει από ίχνη (λιγότερο από 1 mg/m^3) μέχρι υψηλές τιμές (203 g/m^3) σε άγονη ζώνη, είναι ταυτόχρονα και σε ισχυρές συγκεντρώσεις απαγορευτικός παράγοντας της ανάπτυξης ορισμένων φυκών. Μια από τις δυσκολίες προσέγγισης του

φωσφόρου που υπάρχει μέσα σε μια μάζα νερού, είναι ότι μόνο ένα μέρος αυτού βρίσκεται σε κατάσταση ιόντων (άρα διαλυμένο). Ξέρουμε ότι στην πραγματικότητα ορισμένα σύνθετα φωσφορούχα βρίσκονται σε κolloειδή κατάσταση (οργανικός διαλυμένος φώσφορος) και άλλα είναι οργανικά σύνθετα που υπάρχουν σε ιδιαίτερη κατάσταση μέσα στα νερά (σειστονικός φώσφορος). Επιπλέον, η σχέση P οργανικός διαλυτός / P ολικός θα είναι σταθερή στις λίμνες από 25 ως 32 %. Οι επισημαινόμενες διαφορές από τους ερευνητές οφείλονται, αρχικά, στις χρησιμοποιούμενες διαφορετικές τεχνικές.

Οι πηγές φωσφόρου έχουν μειωθεί. Μόνο ορισμένα πετρώματα τον περιέχουν (απατίτης), αλλά η πιο σημαντική πηγή φαίνεται να είναι το ξέπλυμα των εδαφών και, τα τελευταία χρόνια, οι βιομηχανίες απορρυπαντικών (πολυφωσφορικά άλατα).

Η χρησιμοποίηση σημαδεμένου φωσφόρου (32p) έδειξε ότι το ίζημα παίζει ένα ρόλο ανταλλαγή του φωσφόρου και μπορεί να χρησιμεύει σαν αποθήκη των αφομοιωσίων φωσφορικών αλάτων. Αυτό σημαίνει ότι η απουσία διαλυτού φωσφόρου στο νερό δεν έχει σημασία, παρά μόνο στο μέτρο όπου ο φωσφόρος δε βρίσκεται κάτω από μια μορφή κυρίως δεσμευμένη στον πυθμένα. Βλέπουμε από αυτήν την απλή διαπίστωση, πόσο περίπλοκη μπορεί να είναι η προσέγγιση ενός υδάτινου περιβάλλοντος, όταν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του δεν μπορούν να παρακολουθούνται μέσα στο χρόνο και το χώρο. Σε τέτοιες συνθήκες, μόνο η εκτίμηση του ολικού φωσφόρου που υπάρχει μπορεί να έχει κάποια σημασία.

4.2.8. KATIONTA

Τα κατιόντα, αντίστοιχα με τα ανιόντα, δεν είναι λιγότερο σημαντικά. Ανάμεσα σε αυτά τα αλκαλινο-γεώδη μέταλλα είναι τα πιο κοινά και το ασβέστιο παίζει πρωταρχικό ρόλο στη δυναμική των θρεπτικών ουσιών. Μια ιδιαίτερη θέση κατέχουν, επίσης, τα μέταλλα της σειράς του σιδήρου τα οποία εξαιτίας της παρουσίας τους, μερικές φορές σε ασήμαντη ποσότητα (ιχνοστοιχεία) ή εξαιτίας της φύσης των βάσεων τους, επιδρούν άμεσα στην ανάπτυξη των οργανισμών.

4.2.8.i. ΑΛΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΑΛΚΑΛΙΚΕΣ ΓΑΙΕΣ

Ξέρουμε ότι τα φυσικά λιμναία νερά περιέχουν νάτριο και κάλιο με τη μορφή χλωριούχων, θειικών και ανθρακικών αλάτων. Η σχέση ανάμεσα σε αυτά τα δυο κατιόντα είναι σημαντική από βιολογική άποψη. Στην πραγματικότητα, το κάλιο είναι απαραίτητο στους ζωντανούς οργανισμούς, αλλά το ίδιο θεωρείται συχνά ως δηλητήριο σε πολύ ισχυρές συγκεντρώσεις.

Δυστυχώς, δεν είμαστε καλά πληροφορημένοι για τον πραγματικό ρόλο που παίζουν αυτά τα δυο κατιόντα στα φυσικά ηπειρωτικά νερά, όπου υπάρχουν πιο συχνά σε αναλογία μερικών χιλιοστόγραμμων ανά λίτρο. Αυτό συμβαίνει, ίσως επειδή δεν εμφανίζονται σε μεγάλες ποσότητες παρά μόνο στις άγονες ζώνες, συνθέτοντας επίσης, μερικές φορές, τα λιμναία αποθέματα. Δεν ισχύει το ίδιο για τις αλκαλικές γαίες και ιδιαίτερα για το ασβέστιο και το μαγνήσιο που παίζουν πρωταρχικό ρόλο στα φυσικά νερά, όπως έχει ήδη διαπιστωθεί με τη μελέτη των ισορροπημένων ανθρακικών-δισσάνθρακικών αλάτων. Τα άλατα του ασβεστίου είναι πολυάριθμα στη φύση και η διαλυτότητά τους ποικίλλει. Τα χλωριούχα είναι πολύ διαλυτά, τα θειικά είναι λιγότερο, τα ανθρακικά ακόμη λιγότερο, ενώ τα φωσφορικά ποικίλουν πολύ ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

4.2.8.ii. ΑΣΒΕΣΤΙΟ

Το ασβέστιο που φτάνει σε μια λίμνη προέρχεται από τη διάλυση των ασβεστούχων πετρωμάτων της λεκάνης τροφοδοσίας. Έχει αναφερθεί παραπάνω ο ρόλος του pH και του διοξειδίου του άνθρακα σε αυτή τη διάλυση. Το μαγνήσιο έχει μια ανάλογη προέλευση. Υπάρχουν νερά από τα οποία απουσιάζει σχεδόν τελείως το ασβέστιο και άλλα όπου αυτό σχηματίζει ίζημα (υπερκορεσμός).

Αν και παράγοντας παραγωγικότητας, το ασβέστιο δε θεωρείται τελείως απαραίτητο ακόμη και τα μαλάκια, που αντλούν από το περιβάλλον την ύλη του ασβεστολιθικού οστράκου τους, μπορούν να αναπτυχθούν κανονικά στα πολύ φτωχά σε ασβέστιο νερά. Ορισμένα ακόμη (μαργαριτοφόρα) προτιμούν τα "γλυκά" νερά. Ισχύει το ίδιο για ορισμένα καρκινοειδή ασβεστόφοβα, όπως τα *Holopedium gibberum* και *Acantholeberis curvirostris*.

Το ασβέστιο εμπλέκεται ποικιλότροπα στην ανάπτυξη και τη δυναμική των πληθυσμών της πανίδας και χλωρίδας των γλυκών νερών. Το ασβέστιο είναι ένα απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο του μεταβολισμού των ανώτερων φυτών. Η ανάγκη για ασβέστιο απ' όλα τα φύκη δεν έχει αποδειχθεί, αλλά πιθανότατα απαιτείται από τα χλωροφύκη και είναι ένα απαραίτητο ανόργανο στοιχείο των φυκών. Όπου είναι απαραίτητο, το ασβέστιο χρειάζεται σε μικροποσότητες, ως ιχνοστοιχείο. Η αντικατάσταση του ασβεστίου από το συγγενικό στοιχείο στρόντιο είναι σε μεγάλο βαθμό αποδεκτή από μερικά φύκη (π.χ. *Chlorella*, *Scenedesmus*), τα οποία απαιτούν ασβέστιο και είναι αδιάφορα προς το στρόντιο. Σε άλλα φύκη, η απορρόφηση και χρησιμοποίηση του ασβεστίου εμποδίζεται από την παρουσία στρόντιου.

Η περιεκτικότητα σε ασβέστιο των λιμνών με μαλακά νερά παραμένει πολύ κάτω από τα επίπεδα κορεσμού και παρουσιάζει πολύ μικρές εποχικές διακυμάνσεις με το βάθος. Συνήθως, το ποσό του ασβεστίου που χρησιμοποιείται από τους οργανισμούς είναι τόσο μικρό, σε σύγκριση με αυτό που υπάρχει ελεύθερο στο οικοσύστημα, που ο προσδιορισμός του με συνηθισμένες μεθόδους είναι πολύ δύσκολος. Οι αποσυνθετικές διεργασίες μπορούν να οδηγήσουν σε κάποια αύξηση του ποσού του ασβεστίου στο υπολίμνιο των παραγωγικών λιμνών με μαλακό νερό κατά τη διάρκεια της στρωμάτωσης.

Η περιεκτικότητα σε ασβέστιο των λιμνών με σκληρό νερό παρουσιάζει ωστόσο σημαντικές εποχικές διακυμάνσεις. Μεταξύ σχετικά ομοιογενών περιεκτικότητων κατά την ανοιξιάτικη και τη φθινοπωρινή περίοδο κυκλοφορίας μπορούμε να δούμε μια καταφανή στρωμάτωση, η οποία επαναλαμβάνεται σε ετήσια βάση με ελαφρές μόνο διαφοροποιήσεις. Τα επίπεδα του ασβεστίου αλλά και του δισσάνθρακικού άλατος μειώνονται σημαντικά, ως αποτέλεσμα της καθίζησης του CaCO_3 κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, από το Μάιο μέχρι το Σεπτέμβριο. Παρόμοιες μειώσεις παρατηρούνται και κατά τη διάρκεια της χειμερινής στρωμάτωσης. Στα τέλη του χειμώνα, η μείωση ακριβώς κάτω από το στρώμα του πάγου έχει να κάνει με φαινόμενα αραιώσης, εξαιτίας των νερών της βροχής που διαπερνούν τον πάγο, καθώς και με την αύξηση της φωτοσύνθεσης ακριβώς πριν από το λιώσιμο του πάγου. Οι μειώσεις της συγκέντρωσης του ασβεστίου και του ανόργανου άνθρακα στο επιλίμνιο και στο μεταλίμνιο είναι το άμεσο αποτέλεσμα της ταχείας αύξησης της φωτοσύνθεσης από το φυτοπλαγκτό και την παραλιακή χλωρίδα, δείχνοντας με τον καλύτερο τρόπο τον πολύ σημαντικό ρόλο της φωτοσύνθεσης στην απασβεστοποίηση του επιλίμνιου.

Το μαγνήσιο, από τη μεριά του, πολύ πιο διαλυτό από το ασβέστιο είναι ένα στοιχείο συνοδό, του οποίου η επίδραση διαφέρει αισθητά ακριβώς εξαιτίας αυτής της διαφοράς διαλυτότητας. Κατά τη διάρκεια εξάτμισης ανθρακούχου

νερού που περιέχει αυτά τα δυο κατιόντα, το ασβέστιο αποτίθεται πρώτα όσο το νερό εμπλουτίζεται σε μαγνήσιο, γεγονός που επιφέρει μερικές φορές τροποποιήσεις στην πανίδα και τη χλωρίδα. Το άλας του μαγνησίου, που αποτίθεται με εξάτμιση υπεραλμυρού φυσικού νερού, μοιάζει να είναι υδρομαγνησίτης ($\text{CO}_3\text{Mg} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

4.2.8.iii. ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

Δε γνωρίζουμε ακόμη και πολύ καλά το ρόλο που παίζουν τα πολυάριθμα κατιόντα που υπάρχουν σε ίχνη στα φυσικά νερά. Ορισμένα, περισσότερο άφθονα, έχουν προσελκύσει την προσοχή μας από πολύ νωρίς (π.χ. ο σίδηρος), άλλα έχουν μια υποψιαζόμενη σημασία (το κοβάλτιο, το βανάδιο, το μολυβδένιο) και άλλα εμφανίζονται τοξικά σε ορισμένες συγκεντρώσεις (ο χαλκός, ο ψευδάργυρος).

Στη φύση ο σίδηρος, απαραίτητος στην οργανική φυτική ζωή τουλάχιστον σε ίχνη, παρουσιάζεται σε ανόργανη (σιδηρούχα και σιδηρικά άλατα) και σε οργανική κατάσταση (κολλοειδή κτλ.).

Στα ουδέτερα ή στα ελαφρά όξινα νερά και με παρουσία διαλυμένου οξυγόνου (περισσότερο από 0,5 mg/l) τα άλατα του δισθενούς σιδήρου μετατρέπονται σε άλατα του τριθενούς σιδήρου, τα οποία υδρολυόμενα κατακρημνίζονται σε κατάσταση αδιάλυτου υδρο-

ξειδίου του σιδήρου. Σε νερά που περιέχουν αρκετό ανθρακικό οξύ, ο σίδηρος μπορεί να καθίσταται διαλυτός στην κατάσταση του ανθρακικού σιδήρου, αλλά θα κατακρημνιστεί στην κατάσταση του υδροξειδίου του σιδήρου, αν μπορεί εκεί να οξειδωθεί από δισθενή ανθρακικό σίδηρο σε τρισθενή ανθρακικό σίδηρο ικανό να υδρολυθεί. Κάτω από pH 7,5 η καθίζηση του σιδήρου με τη μορφή υδροξειδίου του σιδήρου είναι αυτόματη. Ο σίδηρος δε θα βρίσκεται, λοιπόν, σε διάλυση με τη μορφή ανόργανων αλάτων, παρά μόνο σε νερά ουδέτερα ή όξινα και στερημένα οξυγόνου δηλαδή μέσα στο υπολίμνιο μιας εύτροφης ή δύστροφης λίμνης σε περίοδο στρωμάτωσης. Κατά τη διάρκεια κυκλοφορίας, ο σίδηρος κατακρημνίζεται άμεσα και ενσωματώνεται στο ίζημα.

4.2.8.v. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΛΑΤΩΝ

Μέσα στα νερά, όπως και στην ξηρά, όλη η ζωή εξαρτάται από τη φυτική ύλη που δεσμεύει την ηλιακή ενέργεια. Η φυτική ύλη, με τη σειρά της, εξαρτάται από την προμήθεια των αλάτων, που λέγονται θρεπτικά, ιδίως από τα φωσφορικά και τα νιτρικά. Η έλλειψη ενός μόνο από αυτά τα σύνθετα ή λιγότερο άφθονο απ' ότι είναι στο κανονικό αρκεί για να σταματήσει η φυτική παραγωγή. Η αύξηση των φυκών, όπως και κάθε άλλου φυτού, απαιτεί επιπλέον επαρκές φως. Πρέπει, λοιπόν, να βρίσκονται μέσα στη φυτική ζώνη που περιορίζεται στα επιφανειακά νερά. Αυτό σημαίνει ότι το νερό της επιφάνειας τείνει να φτωχύνει γρήγορα. Η συνέχιση της παραγωγής εξαρτάται από μια κανονική προμήθεια τροφής που ανέρχεται από βαθύτερα στρώματα, άρα από μια κατακόρυφη κυκλοφορία των μαζών του νερού.

Στα ψάρια του γλυκού νερού η συγκέντρωση των αλάτων στο αίμα και στα οργανικά υγρά είναι πολύ πιο μεγάλη απ' ότι μέσα στο περιβάλλον νερό. Τα βράγχια αφήνουν να διαπεράσει εκεί μια μεγάλη αναλογία γλυκού νερού, που πρέπει να αποβληθεί με διατήρηση της απαραίτητης συγκέντρωσης αλάτων. Τα νεφρά των ψαριών του γλυκού νερού έχουν, λοιπόν, για έργο να διατηρούν το εσωτερικό ποσοστό της αλατότητας, αποβάλλοντας μεγάλες ποσότητες ούρων με το πιο δυνατό ασήμαντο περιεχόμενο σε άλατα. Στη θάλασσα η κατάσταση είναι αντίστροφη' η αλατότητα του αίματος και των οργανικών υγρών είναι 30 με 50 % μικρότερη από αυτήν του θαλασσινού νερού, έτσι ώστε η τροφή που φτάνει στο έντερο να μεταφέρει ένα πλεόνασμα αλάτων. Τα περισσότερα από τα ψάρια αντιμετωπίζουν αυτό το πρόβλημα, εκκρίνοντας πολύ λίγα ούρα με πολύ ισχυρή συγκέντρωση αλάτων. Αυτό σημαίνει ότι τα νεφρά υποχρεώνονται να εργάζονται αντίθετα προς την κανονική ωσμωτική πίεση και αυτό απαιτεί αναπόφευκτα μια δαπάνη ενέργειας μέσα σε μια διαδικασία που ονομάζεται "ενεργητική μεταφορά".

Στα πρωτόγονα ψάρια, τέτοια όπως τα σκυλόψαρα και οι ρίνες, το αίμα έχει ίδια περιεκτικότητα σε άλατα με το νερό της θάλασσας. Το ίδιο συμβαίνει και σε πολλά κατώτερα ασπόνδυλα (σπόγγοι, μέδουσες, ανεμώνες της θάλασσας, κοράλλια και εχινόδερμα), στα οποία η γαστρική κοιλότητα και το πρωτόγονο κυκλοφορικό σύστημα βρίσκονται σε άμεση σχέση με το νερό της θάλασσας.

Κύρια πηγή των ανόργανων θρεπτικών αλάτων είναι η ανοργανοποίηση των οργανικών υλών όλων των ειδών, διαλυμένων ή μεριδιακών, που αντιπροσωπεύονται από τα υπολείμματα του μεταβολισμού των ζωντανών οργανισμών, εκκρίματα όλων των ειδών, σφαιρίδια από περιττώματα, πτώματα, κελύφη κτλ. Η υποβάθμιση φαίνεται να μπορεί να γίνει με μέσα εντελώς φυσικοχημικά, αλλά αυτή η εξέλιξη δεν αποκτά μια ορισμένη σπουδαιότητα, παρά μόνο στην ενδοτροπική ζώνη όπου επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες.

Στην πραγματικότητα, η υποβάθμιση της οργανικής νεκρής ύλης (της οποίας το απόθεμα λίγο πολύ σημαντικό, ακολουθώντας την πυκνότητα και την παραγωγή των φυτικών και ζωικών πληθυσμών, ανανεώνεται χωρίς σταματημό) είναι κυρίως έργο των ετερότροφων κατώτερων οργανισμών, μυκήτων και κυρίως βακτηρίων. Αυτοί οι οργανισμοί καταστρέφουν βαθμηδόν όλα τα οργανικά μόρια ως την τελική κατάσταση των ανόργανων σχετικά απλών: διοξείδιο του άνθρακα, φωσφορικά, αμμωνιακά, νιτρικά, νιτρώδη άλατα. Η ανοργανοποίηση με οξείδωση προμηθεύει την ενέργεια που χρησιμοποιείται από αυτούς τους μικροοργανισμούς για τη σύνθεση της δικής τους ύλης. Δεχόμαστε, γενικά, ότι το 60 με 70 % της ενέργειας που αντιπροσωπεύεται από την οργανική νεκρή ύλη, χρησιμοποιείται από αυτούς τους οργανισμούς για να αντιμετωπίσουν τις δαπάνες που συνδέονται με το

μεταβολισμό' τα 30 με 40 % που απομένουν, αντιστοιχούν στην αποθηκευμένη ενέργεια που αντιπροσωπεύεται από τη ζωντανή βακτηριακή ύλη.

Ο ρόλος, λοιπόν, που παίζουν οι ετερότροφοι μικροοργανισμοί στην αναγέννηση των ανόργανων θρεπτικών αλάτων είναι κεφαλαιώδης. Η ανοργανοποιητική δραστηριότητα ξετυλίγεται μέσα στα ίδια τα νερά και κυρίως σε ένα επίπεδο κείμενο λίγο πιο κάτω από το βάθος αντιστάθμισης, όπου παρατηρούμε πρακτικά πάντα ένα σαφές μέγιστο της αφθονίας των πληθυσμών αυτών, γενικά συνδυαζόμενο με ένα ελάχιστο της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου. Η μικροβιακή συγκέντρωση έχει προφανώς σχέση με το γεγονός ότι τα διάφορα οργανικά θρύμματα, που προέρχονται από πλούσιους ζωντανούς πληθυσμούς στο φωτισμένο στρώμα, κατά την πτώση τους προς το βυθό αναχαιτίζονται από την ελάττωση της θερμοκρασίας που αυξάνει το συντελεστή του ιξώδους του νερού και άρα της δύναμης επαφής που ενεργεί στα σωματίδια. Η αύξηση του αριθμού των σωματιδίων είναι άλλωστε ένα καθοριστικό στοιχείο της αύξησης του αριθμού των μικροοργανισμών, εφόσον αυτοί είναι σε μεγάλη πλειονότητα επίφυτοι. Αυτή η ανοργανοποίηση δεν αφορά στην πραγματικότητα παρά ένα μέρος της οργανικής ύλης. Τα πιο σταθερά σωματίδια συνεχίζουν την πτώση τους προς το βυθό. Σε βάθη σχετικά μικρά η περιεκτικότητα σε οργανικές ύλες που μπορούν να μεταβολιστούν εύκολα πάνω στο βυθό, είναι συχνά σημαντική, ιδίως όταν ο βυθός είναι καλυμμένος με λεπτό υπόστρωμα. Έτσι, οι μικροβιακοί πληθυσμοί είναι πολύ μεγάλοι (συνήθως πολλά εκατομμύρια ανά γραμμάριο υγρής ιλύος) και πολύ δραστήριοι, με αποτέλεσμα και η ανοργανοποίηση να είναι έντονη. [1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ NATURA 2000 ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

5.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα καταλαμβάνει το νότιο άκρο της Βαλκανικής χερσονήσου και αποτελεί τμήμα της ευρωπαϊκής ανατολικής Μεσογείου. Η έκτασή της είναι 132.000 km², οι ακτές της έχουν μήκος περίπου 16.000 km και παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών και πετρωμάτων. Γενικώς, το κλίμα της Ελλάδας μπορεί να θεωρηθεί ως μεσογειακού τύπου, με ήπιο χειμώνα και ξηρό καλοκαίρι. Η περίοδος των βροχοπτώσεων εντοπίζεται κυρίως το φθινόπωρο και την άνοιξη. Η διαφορετική σύσταση του υποστρώματος, ο ορεινός χαρακτήρας της χώρας, που έχει ως αποτέλεσμα το έντονο εδαφικό ανάγλυφο, η παρουσία των περίπου 42 κορυφών με ύψος πάνω από 2.000 m, το μεγάλο μήκος των ακτών και οι πολυάριθμες χερσόνησοι και νησιά, συμβάλλουν στη μεγάλη ποικιλία του φυσικού τοπίου. Επιπλέον, η διάκριση και απομόνωση ορισμένων βιοτόπων οδήγησαν στη δημιουργία σχετικά μεγάλου αριθμού ενδημικών και σπάνιων ειδών φυτών και ζώων.

Η Ελλάδα διακρίνεται από μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων που φθάνουν από τον ημίξηρο-ημιερημικό της ΝΑ Κρήτης, μέχρι του υγρόψυχρου-ηπειρωτικού της Ροδόπης, με ενδιάμεσους, μια σειρά τύπους μεσογειακού κλίματος. Στη χλωρίδα της μετέχουν μεσογειακά, μεσοευρωπαϊκά και ιρανοκασπιακά (ποντιακά) στοιχεία. Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο είναι επίσης πολυσχιδές. Το 70% της χώρας είναι ορεινό. Το γεωλογικό και πετρολογικό υπόθεμα είναι πολύμορφο και παρουσιάζει μεγάλη ποικιλότητα.

Η ποικιλία των διαμορφούμενων βιοκλιμάτων, σε συνδυασμό με τους παραπάνω παράγοντες, αντικατοπτρίζεται στην ποικιλία και στο μωσαϊκό της βλάστησης, καθώς και στο μεγάλο αριθμό ειδών φυτών και ζώων. Στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί πάνω από 6.000 είδη φυτών. Στην Ευρώπη, μόνο η Ιβηρική χερσόνησος έχει να παρουσιάσει μεγαλύτερο αριθμό ειδών. Η ποικιλία της βλάστησης, της χλωρίδας και της πανίδας αντικατοπτρίζεται επίσης στη μεγάλη ποικιλία των εμφανιζόμενων οικοσυστημάτων, από τους ημιερημικούς του φοινικόδασους του ΒΑΪ στην Κρήτη, μέχρι των ψυχρόβιων δασών της σημύδας, της δασικής πεύκης και της ερυθρελάτης. Η ποικιλότητα αυτή των οικοσυστημάτων εμφανίζεται ακόμη και σε μια μικρή σχετικά επιφάνεια. Σε απόσταση 150 km από την Καβάλα ως την κεντρική Ροδόπη, διασχίζει κανείς όλα τα οικοσυστήματα της Μεσογειακής, Μεσοευρωπαϊκής και Βόρειας (σκανδιναβικής) ζώνης βλάστησης.

Μεγάλο ρόλο στη βιοποικιλότητα και κυρίως στην εμφάνιση σημαντικού αριθμού ειδών φυτών και ζώων της Μεσογειακής λεκάνης, στην οποία ανήκει και η Ελλάδα, έπαιξαν και οι μεταβολές του κλίματος του πλανήτη και ιδίως η περίοδος των παγετώνων και η μετά από αυτήν. Η διάταξη των ορέων της Βαλκανικής Χερσονήσου (Δειναρικές Άλπεις), αλλά και των ορέων της Ελλάδας από Βορρά προς Νότο επέτρεψε τη μετανάστευση πολλών ειδών νοτιότερα, με αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό της χλωρίδας και της πανίδας της περιοχής και την εμφάνιση πολλών υβριδίων, ιδιαίτερα στα δασικά δέντρα (ελάτη, οξυά κλπ). Οι διάυλοι αυτοί επικοινωνίας διατηρούνται μέχρι και σήμερα, με αποτέλεσμα την ύπαρξη σημαντικού αριθμού, καθαρά μεσοευρωπαϊκών ειδών, στην Ελλάδα. Μεγάλη είναι επίσης η ποικιλία των αζωνικών υγροτοπικών οικοσυστημάτων (παράκτιων, λιμνοθαλασσών, λιμνών, ελών, ποταμών, δελταϊκών σχηματισμών, τεχνητών λιμνών, αλυκών κ.λπ.). Τα οικοσυστήματα αυτά επηρεάζονται κυρίως από τα υδρολογικά γνωρίσματά τους και λιγότερο από το κλίμα, γι' αυτό και κατατάσσονται στα λεγόμενα αζωνικά.

Χαρακτηριστικό τόσο των χερσαίων, όσο και των υγροτοπικών-αζωνικών οικοσυστημάτων είναι ότι παρά τις έντονες ανθρώπινες επιδράσεις - οι υγρότοποι έχουν καταστραφεί κατά τα 3/4, το ποσοστό δάσωσης ανέρχεται μόλις σε 25% και είναι από τα χαμηλότερα της Ευρωπαϊκής Μεσογείου - διατηρούν σε μεγάλο βαθμό τη φυσικότητα τους, δηλαδή στοιχεία της αρχέγονης σύνθεσής τους. Σε καμιά άλλη μεσογειακή χώρα και πολύ περισσότερο σε καμιά άλλη ευρωπαϊκή χώρα δεν έχει διατηρηθεί μια τόσο μεγάλη βιοποικιλότητα η οποία να βρίσκεται τόσο κοντά στις φυσικές συνθήκες. Ακόμη και τα υποβαθμισμένα δάση και οι υποβαθμισμένοι θαμνότοποι και τα φρύγανα, διατηρούν, τουλάχιστον ποιοτικά, τη φυσική τους σύνθεση. Δυστυχώς, ο πλούτος αυτός της εθνικής και πολιτιστικής κληρονομιάς δεν έχει ερευνηθεί, αποτιμηθεί και απογραφεί μέχρι σήμερα επαρκώς. Υπάρχουν ασφαλώς πολλές μελέτες, οι οποίες όμως είναι λίγο πολύ σκόρπιες και χωρίς συνοχή. Απαιτείται μια καταγραφή των όσων έχουν γίνει μέχρι σήμερα και ένας προγραμματισμός των ενεργειών για το μέλλον, ώστε να αποκτηθούν όλες εκείνες οι απαραίτητες πληροφορίες οι οποίες θα αποτελέσουν τη βάση για την ορθολογική διαχείριση και προστασία των σπάνιων και μοναδικών βιοτόπων της Ελλάδας.

Όλα αυτά και κυρίως ο ορατός κίνδυνος εξαφάνισης πολλών ειδών και αλλοίωσης της σύνθεσης και υποβάθμισης πολλών οικοτόπων, με αποτέλεσμα τη μείωση της βιοποικιλότητας σε παγκόσμιο επίπεδο, οδήγησαν στη διακήρυξη της διάσκεψης του Ρίο το 1992 και στην έκδοση της Οδηγίας 92/43 από μέρους της επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σκοπός της έκδοσης της Οδηγίας αυτής είναι τόσο η διατήρηση της βιοποικιλότητας στις χώρες μέλη, μέσω της προστασίας ορισμένων φυσικών τύπων οικοτόπων (habitats) κοινοτικού ενδιαφέροντος, όσο και ορισμένων ειδών φυτών και ζώων, επίσης κοινοτικού ενδιαφέροντος. Οι τύποι φυσικών οικοτόπων και τα είδη φυτών και ζώων αναφέρονται στα Παραρτήματα I, II, IV και V της Οδηγίας. **Βασικό όργανο για την επίτευξη αυτού του σκοπού αποτελεί η δημιουργία ενός δικτύου προστατευμένων περιοχών (sites) γνωστού ως Natura 2000.** [3]

5.2. ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΟΔΗΓΙΑ 92/43/ΕΟΚ ΚΑΙ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ NATURA 2000

Η Οδηγία 92/43/ΕΟΚ «για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας» θεσμοθετήθηκε από το Συμβούλιο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, με σκοπό να συμβάλει στην προστασία της βιολογικής ποικιλότητας, μέσω της διατήρησης των φυσικών οικοτόπων, καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας στο ευρωπαϊκό έδαφος των κρατών μελών που εφαρμόζεται η συνθήκη. Τα μέτρα, τα οποία λαμβάνονται σύμφωνα με την παρούσα οδηγία, αποσκοπούν στη διασφάλιση της διατήρησης ή της αποκατάστασης σε ικανοποιητική κατάσταση διατήρησης, των φυσικών οικοτόπων και των άγριων ειδών χλωρίδας και πανίδας κοινοτικού ενδιαφέροντος. Κατά τη λήψη μέτρων, σύμφωνα με την Οδηγία 92/43/ΕΟΚ, λαμβάνονται υπόψη οι οικονομικές, κοινωνικές και πολιτιστικές απαιτήσεις, καθώς και οι περιφερειακές και τοπικές ιδιομορφίες. Οι τύποι οικοτόπων και τα είδη κοινοτικού ενδιαφέροντος που προστατεύονται από την Οδηγία 92/43/ΕΟΚ αναφέρονται στα Παραρτήματα I, II, IV και V.

5.2.1. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ NATURA 2000

Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών: Τις «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (στα αγγλικά: **Special Protection Areas - SPA**) για την Ορνιθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ, και τους «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (στα αγγλικά: **Sites of Community Importance - SCI**) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Για τον προσδιορισμό των ΤΚΣ λαμβάνονται υπόψη οι τύποι οικοτόπων και τα είδη των Παραρτημάτων I και II της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ καθώς και τα κριτήρια του Παραρτήματος III αυτής. Οι ΖΕΠ, μετά τον χαρακτηρισμό τους από τα Κράτη Μέλη, εντάσσονται αυτόματα στο Δίκτυο Natura 2000 και η διαχείρισή τους ακολουθεί τις διατάξεις του άρθρου 6 παρ. 2, 3, 4 της Οδηγίας 92/43/ΕΚ και τις διατάξεις του άρθρου 4 της Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ. Αντίθετα, για την ένταξη των ΤΚΣ πραγματοποιείται επιστημονική αξιολόγηση και διαπραγμάτευση μεταξύ των Κρατών Μελών και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των κατά οικολογική ενότητα Βιογεωγραφικών Σεμιναρίων. Οι ΤΚΣ υπόκεινται στις διατάξεις του άρθρου 6 παρ. 2, 3, 4 της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ. Ο κατάλογος των Τόπων Κοινοτικής Σημασίας όσον αφορά την Μεσογειακή ζώνη, στην οποία ανήκει εξ ολοκλήρου η Ελλάδα, οριστικοποιήθηκε και δημοσιεύθηκε στην επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, τεύχος με αριθμό L259 vol.49 21/9/06 (διαθέσιμος στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/JOhtml.do?uri=OJ:L:2006:259:SOM:EN:HTML>).

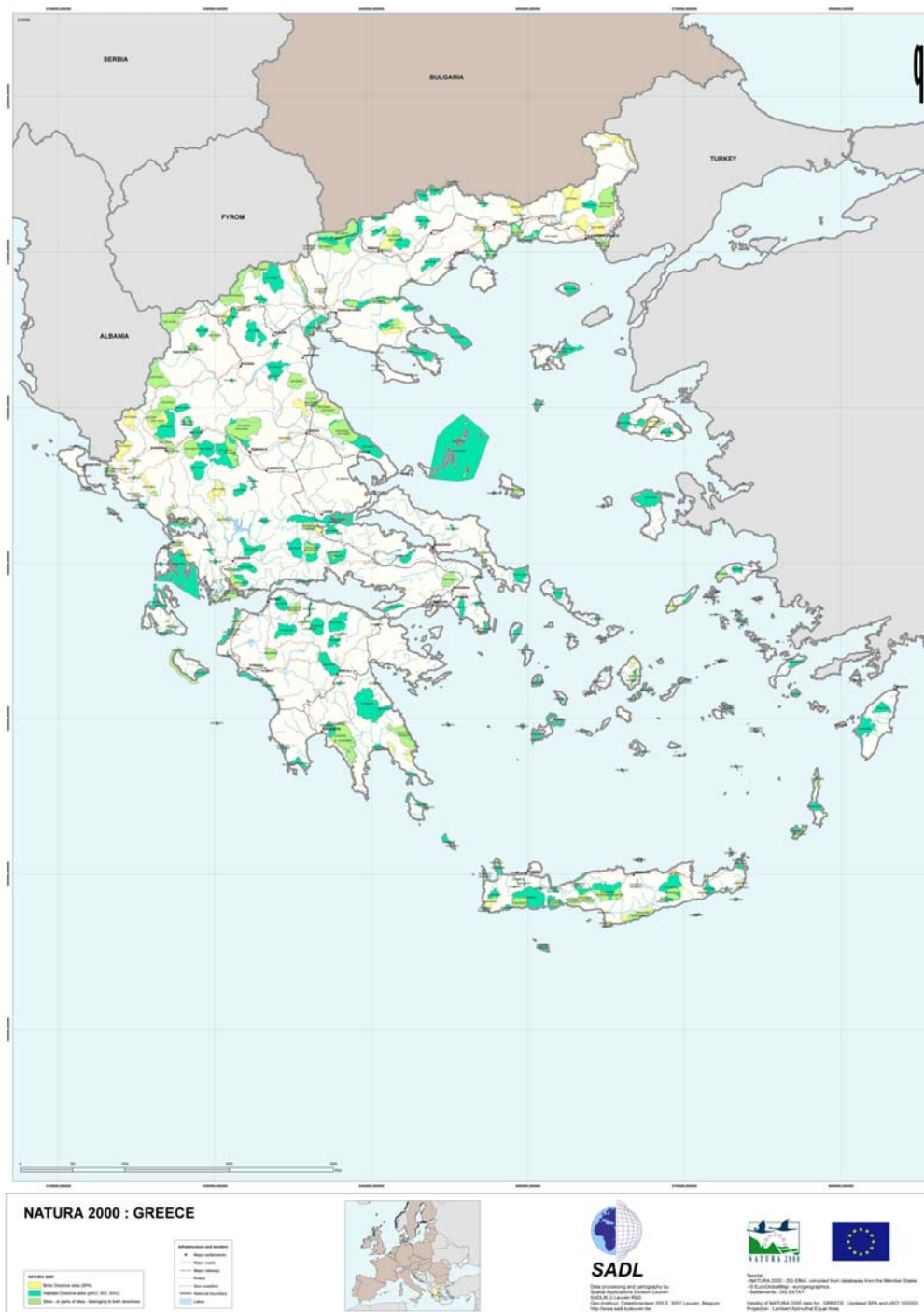
Μετά την οριστικοποίηση του καταλόγου των ΤΚΣ, τα Κράτη Μέλη υποχρεούνται να κηρύξουν τις περιοχές αυτές ως «Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ)» (στα αγγλικά: **Special Areas of Conservation - SAC**) το αργότερο μέσα σε μια εξαετία και να καθορίσουν τις προτεραιότητες για την διατήρηση σε ικανοποιητική κατάσταση των τύπων οικοτόπων και ειδών κοινοτικού ενδιαφέροντος εντός αυτών. Οι ΕΖΔ υπόκεινται στις διατάξεις του άρθρου 6 παρ. 1, 2, 3, 4 της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ.

5.2.2. Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η καταγραφή των τόπων που πληρούν τα κριτήρια της παρουσίας τύπων οικοτόπων και οικοτόπων ειδών της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ στη χώρα μας (296 περιοχές - «Επιστημονικός Κατάλογος»), έγινε από ομάδα περίπου 100 επιστημόνων που συστήθηκε ειδικά για το σκοπό αυτό στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος LIFE (1994-1996) με τίτλο «Καταγραφή, Αναγνώριση, Εκτίμηση και Χαρτογράφηση των Τύπων Οικοτόπων και των Ειδών Χλωρίδας και Πανίδας της Ελλάδας (Οδηγία 92/43/ΕΟΚ)». Στον «Επιστημονικό Κατάλογο» εντάχθηκε το σύνολο σχεδόν των μέχρι τότε προστατευόμενων περιοχών σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Τον επιστημονικό καταλογο μπορεί κανείς να επισκεφτεί από την ιστοσελίδα του του Δικτύου Ερευνητών Διαχείρισης Περιβάλλοντος (βλ. σελίδα υποδοχής του ΥΠΕΧΩΔΕ). Η τελική επιλογή των τόπων που προτάθηκαν από τη χώρα στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή έγινε από κοινή ομάδα εργασίας ΥΠΕΧΩΔΕ - Υπουργείου Γεωργίας κατόπιν γνωμοδοτήσεων όλων των συναρμόδιων Υπουργείων.

Η Ελλάδα έχει χαρακτηρίσει σήμερα 163 Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) και 239 Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ). Οι δύο κατάλογοι περιοχών παρουσιάζουν μεταξύ τους επικαλύψεις όσον αφορά τις εκτάσεις τους. Μάλιστα, 31 τόποι έχουν οριστεί ταυτόχρονα ως ΖΕΠ και έχουν προταθεί και ως ΤΚΣ. Όλοι οι τόποι του Δικτύου Natura 2000, που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων, συνοδεύονται από δελτίο δεδομένων με γενικότερα περιγραφικά στοιχεία και ειδικότερες πληροφορίες για τους τύπους οικοτόπων και τα είδη που ενδιαπούν στον κάθε τόπο και από χάρτη κλίμακας 1:100.000. Όλοι οι ανωτέρω χάρτες έχουν αποσταλεί στις Διευθύνσεις Περιβάλλοντος και Χωροταξίας των Περιφερειών της χώρας, στα Τμήματα Περιβάλλοντος των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων, στις αρμόδιες Υπηρεσίες των Κεντρικών Υπουργείων, στη βιβλιοθήκη του ΥΠΕΧΩΔΕ και διανέμονται σε όλους τους ενδιαφερόμενους πολίτες. Λόγω του όγκου της πληροφορίας δεν επισυνάπτονται επί του παρόντος στο Διαδίκτυο οι χάρτες 1:100.000 των περιοχών του καταλόγου, αλλά παρατίθενται ενδεικτικοί συνοπτικοί χάρτες της θέσης των περιοχών στο εθνικό έδαφος σε κλίμακα 1:2.200.000.

Οι δραστηριότητες στις περιοχές του Δικτύου Natura 2000 ρυθμίζονται μέχρι σήμερα από την Εθνική Νομοθεσία. Η Οδηγία 79/409/ΕΚ εναρμονίστηκε στο ελληνικό Δίκαιο με τις Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις 414985/29-11-85 (ΦΕΚ 757/Β/18-12-85), 366599/16-12-96 (ΦΕΚ 1188/Β/31-12-96), 294283/23-12-97 (ΦΕΚ 68/Β/4-2-98). Η Οδηγία 92/43/ΕΚ εναρμονίστηκε στο ελληνικό Δίκαιο με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 33318/3028/11-12-98 (ΦΕΚ 1289/Β/28-12-98). [4]



Σχήμα 1: Χάρτης της Ελλάδας με τις περιοχές που εντάσσονται στο δίκτυο Natura 2000.

5.3. ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

5.3.1. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

1. Για την κήρυξη των περιοχών ως προστατευόμενων σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία (ν. 1650/86), προαπαιτείται η εκπόνηση Ειδικών Περιβαλλοντικών Μελετών (ΕΠΜ). Οι μελέτες αυτές απογράφουν τις φυσικές, κοινωνικές, οικονομικές και άλλες παραμέτρους της υπό μελέτη περιοχής και προτείνουν Σχέδια Νομοθετημάτων (ΠΔ ή ΚΥΑ) κήρυξής τους ως προστατευόμενες -με την αναγκαία ζωνοποίηση- καθώς και τους γενικούς όρους και περιορισμούς όσον αφορά τις παραγωγικές και άλλες δραστηριότητες, με γνώμονα τις οικολογικές απαιτήσεις των τύπων οικοτόπων και των ειδών με σημαντική παρουσία στην περιοχή μελέτης. Τα τμήματα των προστατευόμενων περιοχών με ιδιαίτερη φυσική αξία αποτελούν συνήθως κεντρικό τμήμα μιας περιοχής, στην οποία τα αναγκαία μέτρα προστασίας κλιμακώνονται κατά ζώνες.

Μετά την έγκριση των ΕΠΜ από την πολιτική ηγεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ, αρμοδιότητα που έχει δοθεί στον Γενικό Δ/ντη Περιβάλλοντος, τα εν λόγω Σχέδια Νομοθετημάτων δημοσιοποιούνται από τις αρμόδιες Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις και στη συνέχεια, τα οικεία Ν.Σ. αφού συγκεντρώσουν τις απόψεις φορέων - πολιτών διαβιβάζουν τις σχετικές Αποφάσεις τους στην αρμόδια Υπηρεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ, η οποία αφού τις λάβει υπόψη της επανασυντάσσει τα εν λόγω Σχέδια Νομοθετημάτων που προωθούνται για υπογραφή από τα συναρμόδια Υπουργεία.

2. Μέχρι σήμερα εκπονήθηκαν ή βρίσκονται στο στάδιο εκπόνησης, περίπου 84 ΕΠΜ.

3. Τις προστατευόμενες περιοχές μπορούν να διαχειρίζονται Φορείς Διαχείρισης ή υφιστάμενες δημόσιες υπηρεσίες, ειδικές υπηρεσίες και ΝΠΔΔ ή φορείς που ορίζονται για το σκοπό αυτό με συμβάσεις διαχείρισης (ν. 2742/99). Οι προστατευόμενες περιοχές διέπονται από κανονισμούς διοίκησης και λειτουργίας στους οποίους καθορίζονται τα αναγκαία μέτρα οργάνωσης και λειτουργίας των προστατευόμενων αντικειμένων και εξειδικεύονται οι γενικοί όροι και περιορισμοί άσκησης δραστηριοτήτων και εκτέλεσης έργων που καθορίζονται με το νομοθέτημα κήρυξης των περιοχών.

Επίσης, καταρτίζονται πενταετή σχέδια διαχείρισης των προστατευόμενων περιοχών. Με τα σχέδια αυτά προσδιορίζονται, στο πλαίσιο των γενικότερων όρων και προϋποθέσεων, που τίθενται στα νομοθετήματα κήρυξης, οι κατευθύνσεις και οι προτεραιότητες για την εφαρμογή των έργων, δράσεων και μέτρων που απαιτούνται για την αποτελεσματική προστασία και διαχείριση των κατά περίπτωση προστατευόμενων αντικειμένων. Τα Σχέδια Διαχείρισης συνοδεύονται από προγράμματα δράσης.

4. Με τον Ν. 3044/02 ιδρύθηκαν 25 Περιοχές Προστασίας με Φορέα Διαχείρισης (ΦΔ), που προστέθηκαν στις δύο περιοχές που είχαν ήδη κηρυχθεί ως προστατευόμενες, με βάση τους Ν. 1650/1986 και 2742/1999: το Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Ζακύνθου και το Εθνικό Πάρκο Σχινιά-Μαραθώνα. Ο Ν. 3044/2002 περιλαμβάνει και χάρτες με τα εξωτερικά όρια κάθε μίας από τις 25 ΠΠ.

5. Επιπρόσθετα στην κήρυξη των περιοχών ως προστατευόμενων σε εθνικό επίπεδο, προωθείται η διαχείρισή τους και μέσω των Ειδικών Χωροταξικών Σχεδίων, των Δασικών Διαχειριστικών Σχεδίων και των σχετικών αγροπεριβαλλοντικών μέτρων. Την εφαρμογή των ανωτέρω σχεδίων παρακολουθούν ειδικές υπηρεσίες όπως για παράδειγμα οι Διευθύνσεις Δασών και τα Δασαρχεία.

6. Σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία, στις περιοχές του Δικτύου Natura 2000 η περιβαλλοντική αδειοδότηση πραγματοποιείται σε διοικητικό επίπεδο κατά ένα βαθμό υψηλότερο σε σχέση με το επίπεδο περιβαλλοντικής αδειοδότησης των αντίστοιχων έργων εκτός των περιοχών του Δικτύου, ώστε να διασφαλίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό η αντικειμενικότητα, η μέριμνα για το φυσικό περιβάλλον και η εξέταση των συνδυαζόμενων επιπτώσεων (Ν. 3010/02, ΚΥΑ 11014/703/Φ104/03). [5]

5.3.2. ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΕ ΦΟΡΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τον Ν. 3044/2002 (ΦΕΚ 197/27-8-2002) ιδρύθηκαν 25 Περιοχές Προστασίας με Φορέα Διαχείρισης (ΦΔ), που προστέθηκαν στις δύο περιοχές που είχαν ήδη κηρυχθεί ως προστατευόμενες, με βάση τους Ν. 1650/1986 και 2742/1999: το Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Ζακύνθου και το Εθνικό Πάρκο Σχινιά-Μαραθώνα. Ο Ν. 3044/2002 περιλαμβάνει και χάρτες με τα εξωτερικά όρια κάθε μίας από τις 25 ΠΠ. Το σύνολο των 27 αυτών ΠΠ περιλαμβάνονται στον παρατιθέμενο Πίνακα.

Με Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις (ΚΥΑ) συγκροτήθηκαν τα Διοικητικά Συμβούλια των αντίστοιχων ΦΔ, τα οποία στελεχώθηκαν στη συνέχεια με Υπουργικές Αποφάσεις. Λεπτομερής αναφορά στις εν λόγω ΚΥΑ και Υπουργικές Αποφάσεις (ΥΑ) περιέχεται στον ίδιο Πίνακα.

Προκειμένου να συμπληρωθεί το νομικό καθεστώς των περιοχών προστασίας, απαιτούνται επίσης για κάθε μία περιοχή: 4 Κανονισμοί Λειτουργίας των ΦΔ (ειδικότερα: Λειτουργίας του ΔΣ, Λειτουργίας των Υπηρεσιών και Προσωπικού, Εκτέλεσης Έργων, και Οικονομικής Διαχείρισης), και ένας Κανονισμός Λειτουργίας και Διαχείρισης της περιοχής προστασίας. Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει την πρόοδο έκδοσης του ως άνω προβλεπόμενου Νομικού Πλαισίου για τις περιοχές με ΦΔ. [6]

Πίνακας 2: Προστατευόμενες περιοχές σε Εθνικό Επίπεδο (Απρ. 2008) [7]

1. Εθνικά Παρκα (Ν. 1650/86)

1.	ΣΧΙΝΙΑΣ - ΜΑΡΑΘΩΝΑΣ
2.	ΛΙΜΝΕΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑ – ΒΟΛΒΗ, ΜΑΚΕΔΟΝΙΚΑ ΤΕΜΠΗ
3.	ΟΡΕΙΝΟΙ ΟΓΚΟΙ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΙΝΔΟΥ
4.	ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΕΣ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ – ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ, ΚΑΤΩ ΡΟΥΣ ΚΑΙ ΕΚΒΟΛΕΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΑΧΕΛΩΟΥ ΚΑΙ ΕΥΗΝΟΥ ΚΑΙ ΝΗΣΟΙ ΕΧΙΝΑΔΕΣ
5.	ΔΑΣΟΣ ΔΑΔΙΑΣ – ΛΕΥΚΙΜΜΗΣ – ΣΟΥΦΛΙΟΥ
6.	ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ
7.	ΔΕΛΤΑ ΕΒΡΟΥ
8.	ΑΜΒΡΑΚΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

2. Εθνικά Θαλάσσια Πάρκα (Ν. 1650/86)

1.	ΑΛΟΝΝΗΣΟΣ – ΒΟΡΕΙΕΣ ΣΠΟΡΑΔΕΣ
2.	ΚΟΛΠΟΣ ΛΑΓΑΝΑ – ΝΗΣΟΙ ΣΤΡΟΦΑΔΕΣ

3. Περιοχές Προστασίας της Φύσης (Ν. 1650/86)

1.	ΨΑΛΙΔΙ ΝΗΣΟΥ ΚΩ
----	-----------------

4. Περιοχές Οικοανάπτυξης (Ν. 1650/86)

1.	ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
----	---------------------------

5. Περιοχές με μέτρα προστασίας (Ν. 1650/86)

1.	ΑΚΤΕΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΗΛΟΥ
----	---------------------

6. Εθνικοί Δρυμοί (Ν.Δ. 996/71)

1.	ΟΛΥΜΠΟΣ
----	---------

3.	ΠΑΡΝΑΣΣΟΣ
4.	ΠΑΡΝΗΘΑ
5.	ΑΙΝΟΣ
6.	ΣΑΜΑΡΙΑ
7.	ΟΙΤΗ
8.	ΠΙΝΔΟΣ
9.	ΒΙΚΟΣ-ΑΩΟΣ
10.	ΠΡΕΣΠΕΣ
11.	ΣΟΥΝΙΟ

7. Αισθητικά Δάση (Ν.Δ. 996/71)

1.	ΦΟΙΝΙΚΟΔΑΣΟΣ ΒΑΪ ΛΑΣΙΘΙΟΥ
2.	ΔΑΣΟΣ ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
3.	ΚΟΙΛΑΔΑ ΤΕΜΠΩΝ ΛΑΡΙΣΑΣ
4.	ΔΑΣΟΣ ΚΑΡΑΪΣΚΑΚΗ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ
5.	ΠΕΥΚΙΑΣ ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ
6.	ΔΑΣΟΣ ΧΕΙΜΑΡΡΩΝ ΣΕΛΕΜΝΟΥ & ΧΑΡΑΔΡΟΥ ΑΧΑΪ- ΑΣ
7.	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟ ΔΑΣΟΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
8.	ΔΑΣΟΣ ΦΑΡΣΑΛΩΝ ΛΑΡΙΣΑΣ
9.	ΔΑΣΟΣ ΣΤΕΝΗΣ ΕΥΒΟΙΑΣ
10.	ΔΑΣΙΚΟ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ ΟΣΣΑΣ ΛΑΡΙΣΑΣ
11.	ΔΡΥΟΔΑΣΟΣ ΜΟΓΓΟΣΤΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ
12.	ΠΑΡΑΛΙΑΚΟ ΔΑΣΟΣ ΝΙΚΟΠΟΛΕΩΣ-ΜΥΤΙΚΑ ΠΡΕΒΕ- ΖΑΣ
13.	ΔΑΣΗ ΝΗΣΟΥ ΣΚΙΑΘΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ
14.	ΣΤΕΝΑ ΝΕΣΤΟΥ ΚΑΒΑΛΑΣ-ΞΑΝΘΗΣ
15.	ΔΑΣΟΣ ΕΘΝΙΚΗΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑΣ ΚΑΛΑΒΡΥΤΩΝ Α- ΧΑΙΑΣ
16.	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟ ΔΑΣΟΣ ΤΙΘΟΡΕΑΣ ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
17.	ΔΑΣΗ ΑΜΥΓΔΑΛΕΩΝΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ
18.	ΔΑΣΟΣ ΛΟΦΩΝ ΚΑΣΤΡΟΥ ΑΗΛΙΑ ΤΡΙΚΑΛΩΝ
19.	ΔΡΥΟΔΑΣΟΣ ΚΟΥΡΙ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

8. Διατηρητέα Μνημεία της Φύσης (Ν.Δ. 996/71): (Στον πίνακα δεν αναφέρονται τα Διατηρητέα Μνημεία της Φύσης που αφορούν μεμονωμένα στοιχεία (π.χ. πλάτανος, βρύση, κ.λπ). Ο συνολικός αριθμός των Μνημείων είναι 51) [7]

1.	Το Δάσος δενδρόκεδρων στην Κινουρία Αρκαδίας
2.	Συστάδα Δρυός και Φράξου στις Μουριές, Κιλκίς
3.	Το Παρθένο δάσος της Κεντρικής Ροδόπης
4.	Το Δάσος της Οξυάς στην Τσίχλα Χαινού Ξάνθης
5.	Το Δάσος οξυάς στο Πευκωτό Πέλλας
6.	Το νησί Πιπέρι στις Β. Σποράδες
7.	Το Απολιθωμένο δάσος της Λέσβου
8.	Το Κρητικό Κεφαλάνθηρο στις Καμάρες Ηρακλείου
9.	Το δάσος του Λεσινίου Αιτωλοακαρνανίας
10.	Ο Σφαγνώνας στο δάσος Λαϊλιά Σερρών
11.	Υπόλειμμα Υδροχαρούς δάσους στην Ιστιαία Ευβοίας
12.	Το Δάσος αείφυλλων πλατύφυλλων στο νησί Σαπιέντζα Μεσ- σηνίας
13.	Το μικτό δάσος Προμάχων-Λυκοστόμου Αριδαίας

14.	Φυσικό δάσος κυπαρισσιού στον Έμπωνα Ρόδου
15.	Το μικτό δάσος του Γράμμου

Πίνακας 3: Προστατευόμενες περιοχές σε Διεθνές και Περιφερειακό Επίπεδο [7]

1. Υγρότοποι Διεθνούς Σημασίας (Ramsar)

	Περιοχή
1.	Δέλτα Έβρου
2.	Ισμαρίδα - Βιστωνίδα – Πόρτο Λάγος
3.	Δέλτα Νέστου
4.	Λίμνη Κερκίνη
5.	Λίμνες Κορώνεια - Βόλβη
6.	Δέλτα Αξιού και Αλιάκμονα
7.	Λίμνη Μικρή Πρέσπα
8.	Υγρότοποι Μεσολογίου - Αιτωλικού
9.	Αμβρακικός Κόλπος
10.	Λιμνοθάλασσα Κοτύχι – Δάσος Στροφυλιάς

2. Περιοχές Σύμβασης Βαρκελώνης

	Αισθητικό Δάσος Νικοπόλεως – Μύτικα
	Αισθητικό Δάσος Πευκιά – Ξυλοκάστρου
	Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Βορείων Σποράδων
	Εθνικός Δρυμός Σαμαριάς
	Απολιθωμένο Δάσος Σίγρι στη Λέσβο
	Αισθητικό Δάσος Σκιάθου
	Εθνικός Δρυμός Σουνίου
	Αισθητικό Δάσος Βάι
	Υγρότοποι Αμβρακικού

3. Βιογενετικά Αποθέματα

1.	Παρθένο Δάσος Κεντρικής Ροδόπης
2.	Εθνικός Δρυμός Ολύμπου (Πυρήνας)
3.	Εθνικός Δρυμός Αίνου (Πυρήνας)
4.	Εθνικός Δρυμός Σαμαριάς (Πυρήνας)
5.	Εθνικός Δρυμός Οίτης (Πυρήνας)
6.	Εθνικός Δρυμός Πίνδου (Πυρήνας)
7.	Εθνικός Δρυμός Πρεσπών (Δάσος Κέδρων)
8.	Αισθητικό Δάσος Κουρί – Αλμυρού
9.	Φυσικό Μνημείο Δάσους Οξυάς Χαϊντού Κούλα
10.	Φυσικό Μνημείο Δάσους Λεσινίου
11.	Φυσικό Μνημείο Δάσους Αείφυλλων Πλατάνων Νήσου Σαπιέ- τζας
12.	Φυσικό Μνημείο Μικτού Δάσους Αλμωπίας Αριδαίας

13.	Φυσικό Μνημείο Δάσους Κυπαρισσιού Έμπωνα Ρόδου
14.	Κόλπος Λαγανά
15.	Φυσικό Μνημείο Μικτού Δάσους Γράμμου
16.	Παρθένο Δάσος Παρανεασιού

4. Αποθέματα Βιόσφαιρας

1.	Εθνικός Δρυμός Ολύμπου
2.	Φαράγγι Σαμαριάς

5. Μνημεία Παγκόσμιας Κληρονομιάς

1.	Όρος Άθως
----	-----------

2.	Φαράγγι Σαμαριάς
----	------------------

5.4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ NATURA 2000 ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (Φεβρ.07)

(Η ανάλυση που αφορά στην έκταση που καταλαμβάνουν οι περιοχές του Natura 2000 σε σχέση με τη χώρα έχει γίνει με στοιχεία του Ιανουαρίου 2008. Οι υπόλοιπες αναλύσεις αφορούν σε στοιχεία του Φεβρουαρίου 2007)

1. Το δίκτυο Natura 2000 στην Ελλάδα σήμερα απαρτίζεται από 239 ΤΚΣ και 163 ΖΕΠ. Οι περιοχές αυτές παρουσιάζουν χωρική αλληλεπικάλυψη. Μάλιστα, 31 ΤΚΣ είναι απολύτως ταυτόσημοι με ΖΕΠ όσον αφορά την έκταση και την χωροθέτησή τους. Ειδικές Ζώνες Διατήρησης δεν έχουν κηρυχθεί ακόμη στην Ελλάδα.

2. Οι περιοχές αυτές, αν δεν μετρηθούν διπλά οι αλληλεπικαλύψεις, καταλαμβάνουν έκταση περίπου 3.390.147 ha. Από αυτά τα εκτάρια, 2.774.895 ha είναι χέρσος και 615.251 ha θαλάσσια έκταση. Το χερσαίο τμήμα της έκτασης του Natura 2000 καταλαμβάνει το 21% της ελληνικής χέρσου, ενώ το θαλάσσιο το 5,5% των χωρικών υδάτων.

3. Ο κατάλογος των Τόπων Κοινοτικής Σημασίας στην Ελλάδα θεωρείται πλήρης κατά >95%. Παραμένουν μικρές εκκρεμότητες που απορρέουν κυρίως από τα συμπεράσματα του τελευταίου βιογεωγραφικού Σεμιναρίου για τη Μεσογειακή Ζώνη, καθώς και εκκρεμότητες που αφορούν το θαλάσσιο χώρο και αποτελούν εκκρεμότητα όχι μόνον για την Ελλάδα, αλλά για ολόκληρη την Ευρώπη. Όσον αφορά τον κατάλογο των ΖΕΠ, έχουν επισημανθεί από την Ε.Ε μεγαλύτερου βαθμού εκκρεμότητες που αφορούν την κήρυξη ως ΖΕΠ περιοχών που έχουν χαρακτηριστεί ως Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά της Ελλάδας. Το θέμα βρίσκεται στο ΔΕΚ.

4. Η πλειοψηφία των περιοχών είναι και οι ίδιες μεγάλης έκτασης. Η κατανομή του αριθμού των περιοχών σε σχέση με την έκτασή τους δείχνει πως 2,5% του αριθμού των περιοχών έχουν έκταση από 1-100 ha, 16,4% από 100-1.000 ha, 47,7% από 1.000 - 10.000 ha, 32,9% από 10.000 - 100.000 ha και 0,2% έχει έκταση >100.000 ha. Η διάμεση τιμή της έκτασης των περιοχών βρίσκεται περίπου στα 5.000 ha.

5. Η συνολική έκταση του Ελληνικού τμήματος του Δικτύου Natura 2000 σε σχέση με την αποτύπωση του CORINE landcover, δείχνει ότι:

0,5%	Αστικοποιημένες περιοχές
9%	Αγροτικές περιοχές - λιβάδια
5%	Αγροτικές περιοχές με εκτάσεις φυσικής βλάστησης
23%	Δάση

11%	Βοσκότοποι
24%	Θάμνοι
1%	Παραλίες - Βράχοι
5%	Βάλτοι - αραιή βλάστηση
3%	Εσ. ύδατα - αλυκές - λιμνοθάλασσες
19%	Θάλασσα - ωκεανός

Η κάλυψη αυτή είναι περίπου ίδια για το δίκτυο των ΤΚΣ και των ΖΕΠ. Ωστόσο, στις ΖΕΠ είναι μικρότερο το ποσοστό της θαλάσσιας έκτασης και καταλαμβάνουν μεγαλύτερη έκταση οι θάμνοι, οι βάλτοι - αραιή βλάστηση και τα εσωτερικά ύδατα.

6. Σε μεγάλο μέρος της έκτασης του Natura 2000 έχει πραγματοποιηθεί αναλυτική χαρτογράφηση των τύπων οικοτόπων στο πλαίσιο του προγράμματος «Αναγνώριση και περιγραφή των τύπων οικοτόπων σε περιοχές ενδιαφέροντος για την διατήρηση της φύσης», το οποίο εκπονήθηκε με χρηματοδότηση από το Β' και Γ' ΚΠΣ (1999-2001). Στο πλαίσιο του έργου αυτού, παρήχθησαν αναλυτικοί χάρτες βλάστησης τύπων οικοτόπων κλίμακας 1:50.000, οι οποίοι παρουσιάζονται και σε κλίμακα 1:20.000.

7. Αυτή τη στιγμή έχουν καταγραφεί για την Ελλάδα:

Οικότοποι - Είδη	Προτεραιότητας
88 τύποι οικοτόπων	18
5 αμφίβια	0
10 ερπετά	2
22 ιχθείς	3
13 ασπόνδυλα	3
22 θηλαστικά	3
40 φυτά	25
125 πτηνά Παρ. Ι Οδηγίας πτηνών	
217 αποδημητικά πτηνά	

Μικρές αλλαγές στα νούμερα αυτά είναι αναμενόμενες όσο προχωρεί η γνώση για τις περιοχές, όσο εξελίσσεται η επιστήμη και όσο ολοκληρώνεται η εξέταση των εκκρεμοτήτων της χώρας.

8. Η ομάδα με το μεγαλύτερο αριθμό εκπροσώπων στην Ελλάδα σε σχέση με τον αριθμό ειδών των παραρτημάτων των δύο Οδηγιών είναι τα πτηνά του Παρ. Ι της Οδηγίας 79/409. 64% του αριθμού των προστατευόμενων πτηνών σε ευρωπαϊκό επίπεδο απαντάται και στη χώρα μας. Υψηλή είναι και η παρουσία των θηλαστικών με 43% των κοινοτικών ειδών να εμφανίζονται στην Ελλάδα, των ερπετών με 41% και των τύπων οικοτόπων με 40%. Χαμηλότερο ποσοστό αριθμού ειδών σε σχέση με τα κοινοτικώς προστατευόμενα είδη έχει η ομάδα των φυτών (9%). Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι στα φυτά της Ελλάδας πολύ μεγάλο ποσοστό τους (62%) χαρακτηρίζεται ως προτεραιότητας.

9. Ο μεγάλος αριθμός ειδών και τύπων οικοτόπων κοινοτικού ενδιαφέροντος που απαντώνται στην Ελλάδα έχει και ευρεία εξάπλωση στον ελλαδικό χώρο. Είναι χαρακτηριστικό ότι η διάμεση τιμή του αριθμού των τύπων οικοτόπων ανά ΤΚΣ είναι 8, ενώ ο μέγιστος αριθμός των τύπων οικοτόπων που έχει καταγραφεί σε ΤΚΣ είναι 28. Τύποι οικοτόπων της Οδηγίας 92/43/ΕΚ έχουν καταγραφεί σε όλους τους ΤΚΣ. Διαδεδομένες είναι και οι ομάδες των αμφιβίων - ερπετών και των θηλαστικών. Αμφίβια - ερπετά απαντώνται σε 188 ΤΚΣ και η διάμεση τιμή του αριθμού ειδών ανά ΤΚΣ είναι 3. Θηλαστικά απαντώνται σε 179 ΤΚΣ και η διάμεση τιμή του αριθμού τους ανά ΤΚΣ είναι 2. Η διάμεση τιμή του αριθμού των ειδών πτηνών (Παρ. Ι και αποδημητικών) ανά ΖΕΠ είναι 51 ενώ ο μέγιστος αριθμός 246. Προκύπτει λοιπόν, ότι λόγω της μεγάλης έκτασης των περιοχών και της ιδιαίτερης βιοποικιλότητας του ελληνικού χώρου, οι περιοχές είναι μικτές και περιλαμβάνουν ποικιλία τύπων οικοτόπων και οικοτόπων ειδών.

Οικότοποι - είδη	Αρ. Περιοχών	Ελάχιστος αρ.	Μέγιστος αρ.	Διάμεση τιμή
Τύποι οικοτόπων	236	1	28	8
Αμφίβια - ερπετά	188	1	10	3
Ιχθείς	63	1	7	1
Ασπόνδυλα	60	1	5	1
Θηλαστικά	179	1	7	2
Φυτά	62	1	6	1
Πτηνά	151	6	246	51

10. Για την κήρυξη των περιοχών ως προστατευόμενων σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία (ν. 1650/86), προαπαιτείται η εκπόνηση Ειδικών Περιβαλλοντικών Μελετών (ΕΠΜ). Η Ελλάδα έχει ενιαία αντιμετώπιση των ΤΚΣ και των ΖΕΠ όσον αφορά αυτή τη διαδικασία. Μέχρι σήμερα έχουν εκπονηθεί ή βρίσκονται σε διάφορα στάδια (εκπόνησης, έγκρισης, προώθησης των σχετικών νομοθετημάτων κήρυξης) περίπου 84 ΕΠΜ. Από αυτές, 12 έχουν καταλήξει στην κήρυξη ισάριθμων περιοχών που καλύπτουν περίπου το 17% της έκτασης των περιοχών Natura 2000 στην Ελλάδα. Σε προχωρημένο στάδιο (διαδικασίες δημοσιοποίησης, επεξεργασία από Δ/ση Νομοθετικού Έργου, τελικές υπογραφές) βρίσκονται περίπου 16 ΕΠΜ που καλύπτουν περίπου 15% της έκτασης των περιοχών Natura 2000. Σε στάδιο επεξεργασίας ή εκπόνησης βρίσκονται περίπου 56 ΕΠΜ που καλύπτουν περίπου 25% της έκτασης των περιοχών Natura 2000. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι πολλές από τις περιοχές που δεν έχουν ακόμη κηρυχθεί με τις διαδικασίες του 1650/86 απολαμβάνουν κάποιο καθεστώς προστασίας σε εθνικό ή διεθνές επίπεδο (π.χ. Εθνικοί Δρυμοί ή υγρότοποι Διεθνούς Σημασίας - Ραμσάρ ή Καταφύγια Άγριας Ζωής).

11. Όσον αφορά τους 27 Φορείς Διαχείρισης, καλύπτουν περίπου 1,7 εκ. ha. Οι εκτάσεις δικαιοδοσίας των ΦΔ δεν είναι μόνον οι περιοχές Natura 2000 αλλά και ζώνες περιφερειακά αυτών ή και ενδιάμεσες εκτάσεις. Οι ΦΔ καλύπτουν πλήρως ή μερικώς περίπου 30% της έκτασης των περιοχών του Δικτύου. Σημαντικό είναι και το ότι από τις εκτάσεις του Natura 2000 που διαχειρίζονται οι ΦΔ, μεγάλο ποσοστό έχουν ήδη κηρυχθεί ως προστατευόμενες, ή η διαδικασία κήρυξής τους βαίνει προς ολοκλήρωση. [8]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1. ΟΙ ΛΙΜΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ - ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΛΙΜΝΕΣ

Οι ελληνικές λίμνες συνδέονται με την γεωλογική ιστορία της περιοχής. Η Βαλκανική χερσόνησος αποτελείται από βουνά που είναι προϊόντα παλαιότερων πτυχώσεων και από νεότερα βουνά που σχηματίστηκαν κατά την τελευταία μεγάλη ορογένεση. Ανάμεσα δημιουργήθηκαν βυθίσματα που σύντομα γέμισαν με νερό, γιατί η αλλαγή της μορφολογίας του εδάφους έκλεισε τις παλαιές διόδους από τις οποίες μπορούσαν να αποχετευτούν στην θάλασσα. Αυτό, όμως, δεν μπορούσε να κρατήσει για πάντα και σε κάποια σημεία άνοιξαν δίοδοι αποχέτευσης και μόνο σε κάποια βαθύτερα σημεία παρέμεινε νερό. Για παράδειγμα, η λίμνη Κάρλα, η οποία ήταν απομεινάρια μιας πολύ μεγαλύτερης που κάλυπτε όλη τη Θεσσαλική πεδιάδα. Λίμνες, όμως, σχηματίστηκαν και με άλλους τρόπους, π.χ. όταν ένα ποτάμι περνάει από μία κλειστή λεκάνη με αδιαπέραστο από το νερό πυθμένα ή από παγετώνες, που άλλοτε κάλυπταν τις κοιλάδες των βουνών.

Η εξέλιξη μιας λίμνης δεν είναι πάντα κάτι σταθερό. Οι ίδιοι ποταμοί που τις τροφοδοτούν γίνονται συχνά αιτία εξαφάνισής τους, επειδή τις γεμίζουν με φερτές ύλες. Από οικολογική άποψη η κατάσταση των ελληνικών λιμνών, απέχει πολύ από το να θεωρείται ιδανική. Η παράσυρση και απόθεση λιπασμάτων από την γεωργία, προκαλεί την υπερανάπτυξη φυτικών οργανισμών και κυρίως των καλαμιώνων. Το φαινόμενο αυτό λέγεται υπερτροφισμός και είναι η "κατάρρα" των λιμνών. Όταν τα φυτά πεθαίνουν, η σήψη τους χρειάζεται πολύ οξυγόνο το οποίο καταναλώνεται από αυτό των νερών της λίμνης. Φυσική συνέπεια να λείπει από τους ζωικούς οργανισμούς, πράγμα που οδηγεί στο θάνατό τους. Το φαινόμενο αυτό εκδηλώνεται ευκολότερα, όταν υπάρχει στις όχθες της λίμνης μεγάλος οικισμός χωρίς κατάλληλο σύστημα αποχέτευσης. Τα αστικά λύματα μαζί με τις φερτές ύλες και τα λύματα βιομηχανιών ή βιοτεχνιών προκαλούν και αυτά ευτροφισμό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μεγαλύτερη μείωση των ψαριών, την αύξηση των καλαμιώνων και την κάλυψη της επιφάνειας της λίμνης με παχύ στρώμα από επιφανειακά φύκια. Πάνω σε αυτό υπάρχει το κατάλληλο υπόστρωμα για την αύξηση των κουνουπιών.

6.2. ΟΙ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΛΙΜΝΕΣ

ΑΜΒΡΑΚΙΑ

Αμβρακία ή Ρίβιο ή Λιμναία στην αρχαιότητα. Λίμνη της δυτικής Στερεάς Ελλάδας, στο δυτικό άκρο του νομού Αιτωλοακαρνανίας. Βρίσκεται περίπου 5 χλμ. από την Αμφιλοχία, στο βύθισμα Αμβρακικού - Αιτωλικού, μεταξύ των Ακαρνανικών ορέων. Το σχήμα της κατά βάση είναι επίμηκες, όμως προς τα Βόρεια έχει μία στενή λωρίδα, που πλησιάζει την Αμφιλοχία. Η επιφάνειά της είναι περίπου 14 τετ. χλμ., με μήκος του κυρίως σώματός της περίπου 7 χλμ., ενώ με την προέκταση φθάνει τα 12 χλμ. μήκος. Το πλάτος της φθάνει τα 3,5 χλμ., στο βόρειο άκρο του κυρίως σώματός της. Κοντά στις όχθες της έχουν από χρόνια κτισθεί αρκετοί οικισμοί.

ΒΕΓΟΡΙΤΙΣ

Βεγορίτις ή λίμνη του Οστρόβου ή της Άρνισσας. Μία λίμνη της Δυτικής Μακεδονίας, στα όρια των νομών Φλωρίνης - Κοζάνης - Πέλλης. Έχει σχηματισθεί στην λεκάνη, μεταξύ των βουνών Τρίκλαρι - Βαρνούντα - Βέρνο. Έχει σχήμα στενόμακρο, με 72,5 τετ. χλμ. επιφάνεια. Είναι η τρίτη σε μέγεθος λίμνη της χώρας, με μήκος περίπου 15 χλμ., πλάτος στο μέσον της 5 χλμ. και βάθος 60-80 μέτρα. Τα πλεονάζοντα νερά της διοχετεύονται στον Εδεσσαίο ποταμό, με μία σήραγγα που αρχίζει από την Βορειοανατολική όχθη της. Παλαιότερα σε εποχές βροχής όταν η στάθμη της ανέβαινε, τα νερά κατέκλυζαν την περιοχή γι' αυτό η ΔΕΗ το 1954, κατασκεύασε σήραγγα 6035 μέτρων, με την οποία μεταφέρει τα νερά της όταν χρειάζεται στην τεχνητή λίμνη του Νησιού, για να τροφοδοτήσουν τα υδροηλεκτρικά έργα Άγρα - Εδέσσης. Στις όχθες της έχουν κτιστεί οι οικισμοί Αγ. Παντελεήμονας, Βέγορα, Φαράγγι, Περαία, Άρνισσα και άλλοι, ενώ στην Νότια όχθη της υπάρχουν λείψανα αρχαίου οικισμού.

ΒΙΣΤΟΝΙΣ

Βιστονίς και Βιστωνίς.

Μία λίμνη της Θράκης, ανάμεσα στους νομούς Ξάνθης και Ροδόπης. Τροφοδοτείται από τα ποτάμια της Ξάνθης και του Κομψάτου, που εκβάλλουν σε αυτήν, αλλά και από τα νερά των πεδιάδων που την περιβάλλουν. Έχει χαμηλές όχθες με επίμηκες όχθες. Η επιφάνειά της είναι 46 τετ. χλμ., έχει μήκος 10 χλμ. και πλάτος 7 χλμ., στο Νότιο τμήμα της. Οι ανατολικές της όχθες είναι αρκετά βαλτώδεις. Η Βιστονίδα μετατράπηκε σε λίμνη από τις φερτές ύλες των ποταμών, με το πέρασμα των χρόνων. Αυτές οι φερτές ύλες από τα θαλάσσια ρεύματα μετακινούνταν διαρκώς και έφτιαξαν την λωρίδα ξηράς που την απομόνωσε από την θάλασσα, όχι βέβαια εντελώς. Έτσι από μία άποψη δεν θα έπρεπε να θεωρείται λίμνη, αλλά λιμνοθάλασσα, αφού επικοινωνεί με την θάλασσα. Είναι αναγνωρισμένος υδροβιότοπος και τα νερά της είναι υφάλμυρα.

ΒΟΛΒΗ

Βόλβη ή Μπεσίκα.

Είναι λίμνη της Κεντρικής Μακεδονίας και βρίσκεται στο ανατολικό άκρο της Θεσσαλονίκης. Μαζί με την γειτονική της Κορώνεια, βρίσκεται στην ταφροειδή λεκάνη, ανάμεσα στα βουνά Κερδύλιο, Χορτιάτη, Χολομώντα, Στρατονικό και τα Βουνά της Βόλβης. Οι όχθες της είναι χαμηλές και έχει επίμηκες σχήμα, με μήκος 21 χλμ. και πλάτος 6 χλμ. η επιφάνειά της φθάνει τα 76 τετ. χλμ., ενώ το μεγαλύτερο βάθος της φθάνει στα 22 με 23 μέτρα. Η επιφάνειά της βρίσκεται 38 μέτρα ψηλότερα από την θάλασσα. Είναι η 2η σε μέγεθος λίμνη της Ελλάδας Η συνολική της περίμετρος είναι 45 χλμ. επιφανειακά επικοινωνεί με τη Κορώνεια που βρίσκεται δυτικότερα 11 χλμ. και διοχετεύει σ' αυτήν τα πλεονάζοντα νερά της, για να διοχετευθούν στη συνέχεια στον Ορφανό κόλπο, από τον Ρήχιο ποταμό. Η Βόλβη μαζί με την Κορώνεια αποτελούν πλούσιο ενιαίο υγρότοπο, με πλουσιότατη ιχθυοπανίδα και μεγάλο αριθμό πουλιών.

ΒΟΥΛΚΑΡΙΑ

Βουλκαρία ή Μυρτούντιον

Λίμνη της δυτικής Στερεάς στο ΒΔ άκρο του νομού Αιτωλοακαρνανίας, περίπου 5 χλμ. νότια τα Βόνιτσας. Βρίσκεται στο βύθισμα που σχηματίζεται στο μέσον της χερσονήσου της Στέρνας, που είναι δεξιός βραχίονας της εισόδου στον Αμβρακικό κόλπο. Μία διώρυγα 1400 μέτρων, που οι κάτοικοι ονομάζουν "ο αύλακας της Κλεοπάτρας" διοχετεύει τα πλεονάζοντα νερά της στο Ιόνιο πέλαγος και την συνδέει με αυτό. Έχει σχήμα ακανόνιστο, όχθες βαλτώδεις και ασαφείς, επιφάνεια περίπου 9 τετ. χλμ., μήκος περίπου 4 χλμ. και μέγιστο πλάτος περίπου 3 χλμ. Ο πλησιέστερος στις όχθες της οικισμός είναι ο Άγιος Νικόλαος, στην άλλη ακτή του λαιμού που την χωρίζει από την θάλασσα. Βρίσκεται στον δίαυλο μετανάστευ-

σης πουλιών. Δυο φορές τον χρόνο δέχεται χιλιάδες πάπιες, φαλαρίδες και βουταλίδια που έρχονται εδώ να ξεχειμωνιάσουν. Σημαντικός βιότοπος έχει ενταχθεί μαζί με τις μικρότερες Κομήτη και Σαλτίνη στο πρόγραμμα CORINE έχουν προταθεί και οροθετηθεί ως Natura 2000 και προστατεύονται από την συνθήκη RAMSAR.

ΔΟΪΡΑΝΗ

Λίμνη της Βόρειας Ελλάδας και της πρώην Γιουγκοσλαβικής Δημοκρατίας της Μακεδονίας. Κατά μήκος της περνούν τα σύνορα των δύο χωρών και την χωρίζουν ώστε το δυτικό τμήμα της ανήκει στην ΠΓΜΜ και το ανατολικό στην Ελλάδα. Βρίσκεται στο βόρειο άκρο του νομού Κιλκίς και μοιάζει να στρογγυλοκάθεται ακριβώς πάνω στην μεθόριο που χωρίζει την Ελλάδα από την πρώην ΠΓΔΜ. Η συνολική της επιφάνεια είναι 44 τετ. χλμ., από τα οποία τα 15 τ. χλμ. ανήκουν στην Ελλάδα και τα υπόλοιπα στην ΠΓΔΜ. Η συνολική της περιφέρεια είναι 24 χλμ. μήκος, το μέγιστο μήκος της είναι 9 περίπου χλμ. και το μέγιστο πλάτος της είναι 7 χλμ. Το βάθος της δεν ξεπερνά τα 8 μέτρα και έχει χαμηλές και αμμώδεις όχθες. Τα πλεονάζοντα νερά της καταλήγουν στον Αξιό ποταμό. Μία σχεδόν κυκλική λεκάνη νερού στην μέση του κάμπου, είναι δημιούργημα αρχέγονων γεωφυσικών διεργασιών και πιθανόν κατάλοιπο της παλιάς λίμνης Παιονίας, που έφθανε τα 130.000 στρέμματα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα της λίμνης είναι η δραματική μείωση των υδάτων, που οφείλεται στην εντατική άντληση και στην παρατεταμένη ανομβρία των τελευταίων χρόνων, πράγμα που φάνηκε καθαρά στα τέλη της 10ετίας του '90, όταν τα νερά της απομακρύνθηκαν κατά 500 μέτρα. Ταυτόχρονα έχει πέσει η στάθμη των νερών του υδροφόρου ορίζοντα και η λίμνη κάθε χρόνο συρρικνώνεται όλο και περισσότερο, αφυδατώνεται, γερνάει.

Παρ' όλα αυτά, η Δοϊράνη παραμένει πηγή ζωής για τους ανθρώπους της. Δίνει νερό για τα χωράφια τους και αρκετά ψάρια, όπως γριβάδια, πέγκες, πλατίτσες και караβίδες. Οι πυκνοί καλάμιώνες που κάποτε αφθονούσαν στις όχθες της, σήμερα έχουν ξεραθεί, αλλά ακόμη προσφέρουν κατοικία σε μεγάλο αριθμό πουλιών. Έτσι πάνω από 60 είδη πτερωτής πανίδας συναντώνται να διαχειμάζουν στις όχθες της.

ΔΥΣΤΟΣ

Η μοναδική λίμνη της Εύβοιας στο Νότιο τμήμα της. Στο Νότια όχθη της βρίσκεται ο αρχαίος οικισμός του Δύστου ενώ στην Βόρεια είναι ο τωρινός οικισμός. Έχει μικρό βάθος, πολλές καλάμιές και ακανόνιστο σχήμα. Σε περιόδους παρατεταμένης ανομβρίας το μέγεθός μειώνεται σημαντικά και σχεδόν αποξηραίνεται. Το μήκος της φθάνει περίπου τα 3 χλμ. και το πλάτος της τα 2 χλμ. Είναι το χαμηλότερο σημείο μίας κλειστής λεκάνης της περιοχής, χωρίς επιφανειακή απορροή, με την αποστράγγιση της οποίας είχαν ασχοληθεί ακόμη και οι Ερετριείς κατά την αρχαιότητα όταν κατέλαβαν την περιοχή.

ΖΑΖΑΡΗ

Άλλη μια άγνωστη λίμνη της Ελλάδας. Ίσως μία από τις ομορφότερες αλλά και άγνωστες λίμνες της. Βρίσκεται σε υψόμετρο 602 μέτρων στον αετό της Φλώρινας, κοντά στο Νυμφαίο. Τροφοδοτείται από τα νερά του Σκλήθρου ποταμού και από υπόγειες πηγές. Με την σειρά της, τα πλεονάζοντα νερά της τα αποχετεύει στην κατά πολύ μεγαλύτερη και ρηχότερη Χειμαδίτιδα λίμνη.

Η περιοχή των δύο αυτών λιμνών Ζάζαρη - Χειμαδίτιδα, κατακλύζεται από πυκνούς καλάμιώνες και έτσι εκτός από αισθητική αξία, προσφέρει ιδανικό καταφύγιο για την αναπαραγωγή και την διαχείμαση ειδών. Το σύμπλεγμα των δύο λιμνών ανήκει στο Δίκτυο Natura 2000. αποτελεί υδροβιότοπο μεγάλης βιολογικής αξίας, όπου διαβιούν πολλά είδη οργανισμών. Κάποια από αυτά είναι απειλούμενα όπως η αγριόγατα, η βίδρα, ο αργυροπελεκάνος, η λαιμόστακτη χελώνα, πεταλούδες και κολληόπτερα. Συνολικά οι λίμνες προσφέρουν καταφύγιο σε 141 είδη πουλιών, 12 είδη θηλαστικών, 7 είδη αμφιβίων, 8 είδη ψαριών, ενώ υπάρχουν επίσης πολλά είδη ασπονδύλων. Πλούσια και η χλωρίδα της περιοχής με 150 είδη φυ-

τών. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες όμως με την υπεράντληση των νερών, την χρήση λιπασμάτων, το παράνομο κυνήγι, την αλιεία, την υλοτομία, την υπερβόσκηση και την ρύπανση του περιβάλλοντος δρουν αρνητικά στο μέλλον των λιμνών.

ZAPABINA

Βρίσκεται στον νομό Ιωαννίνων, στην επαρχία Πωγωνίου, κοντά στον οικισμό Δελβινάκι. Είναι μικρή η λίμνη της Ζαραβίνας, στολίζει όμως διακριτικά το τοπίο και δίνει την δική της γαλάζια πινελιά στο πράσινο του τοπίου. Με καλαμιώνες και μικρή παραλία, ιδιαίτερα γοητευτική κάτω από το κατάφυτο χωριό Κρουονέρι, έχει ένα μοναδικό χαρακτηριστικό για τα ελληνικά δεδομένα: είναι ιδιωτική. Έχει μάλιστα δώσει το όνομά της, σε παρακείμενο χωριό.

ΚΑΡΛΑ

Κάρλα και στην αρχαιότητα Βοιβηίς και Βοίβια.

Λίμνη της Νοτιοανατολικής Θεσσαλίας η οποία αποξηράνθηκε το 1954. Βρισκόταν ανάμεσα στους νομούς Λαρίσης και Μαγνησίας και ήταν υπόλειμμα των μεγάλων λιμνών που κάλυπταν το τεκτονικό ρήγμα του Θεσσαλικού κάμπου. Αποχέτευε τα νερά από τις πηγές της Όσσας, της πεδιάδας της Αγιάς, το Μαυροβούνι, το Πήλιο και την περιοχή του Βελεστίου. Είχε επιφάνεια 42 τετ. χλμ., μήκος 15 χλμ. και μέγιστο πλάτος 6 χλμ. το μεγαλύτερο βάθος της ήταν 6 μέτρα. Για να αποξηρανθεί, άνοιξαν σήραγγα μήκους 10,2 χλμ. και πλάτους 2,40 μέτρων με την οποία διοχέτευσαν τα νερά της στον Παγασητικό κόλπο. Η γη που κάλυπτε, μετά την αποξήρανση αποδόθηκε στην καλλιέργεια.

Σήμερα, έχουν αρχίσει έργα ανάπλασης της λίμνης Κάρλας, διότι κατάλαβαν ότι το κακό που προκάλεσαν με την αποξήρανσή της, στην γύρω περιοχή, είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από τα οφέλη που απέκομισαν οι περίοικοι. Σε ένα μεγάλο τμήμα της έκτασής της, βρίσκεται σήμερα ένας από τους μεγαλύτερους ταμιευτήρες νερού της Θεσσαλίας. Μία διώρυγα μήκους 42 χλμ. θα την τροφοδοτεί με τα νερά του Πηνειού και με αναχώματα στις δυτικές και ανατολικές όχθες της, θα την μετατρέψουν σε τεράστια υδαταποθήκη, από την οποία τα νερά με αντλιοστάσια θα αρδεύουν έκταση 300.000 στρεμμάτων της Παρακαρλίου περιοχής.

ΛΙΜΝΗ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ Η ΟΡΕΣΤΙΑΣ

Λίμνη της Δυτικής Μακεδονίας, στο κέντρο του νομού Καστοριάς. Βρίσκεται σχεδόν στην μέση της λεκάνης που σχηματίζουν τα βουνά Βόιο, Τρικλάριο, Βέρνο και Βίτσι προς τα βόρεια και οι απολήξεις του Ασκίου προς τα ανατολικά. Τροφοδοτείται από τα νερά του ρέματος της Βυσισιάς, του Ξηροπόταμου και των επιφανειακών νερών της λεκάνης. Τα πλεονάζοντα νερά της διοχετεύονται στον ποταμό Αλιάκμονα, ο οποίος περνά σε απόσταση μόλις 2 χλμ. από την δυτική όχθη της. Έχει επίμηκες σχήμα και στην δυτική όχθη της εισχωρεί μία χερσόνησος τριών χιλιομέτρων, πάνω στην οποία είναι κτισμένη η πόλη της Καστοριάς. Έχει επιφάνεια 29 τετ. χλμ., είναι η όγδοη σε μέγεθος λίμνη της Ελλάδας, έχει μέγιστο μήκος 7 χλμ. και μέγιστο πλάτος 5 περίπου χλμ. Στην νοτιοδυτική όχθη της λίμνης έχει βρεθεί ένας οικισμός προϊστορικής εποχής. Μία ευχάριστη έκπληξη περιμένει τους επισκέπτες του Δισπηλιού. Έχει γίνει πλήρης αναπαράσταση των συνθηκών διαβίωσης που υπήρχαν κατά την νεολιθική περίοδο που έζησαν οι Δισπηλιώτες. Πλάι στη λίμνη κατασκευάστηκαν οχτώ προϊστορικές καλύβες, εξοπλισμένες με την οικοσκευή της εποχής, ενώ έχει επιχειρηθεί ακόμη και η αποκατάσταση της χλωρίδας που υπήρχε στην περιοχή.

ΚΩΠΑΪΔΑ

Η Κωπαΐδα, είναι σήμερα μία αποξηραμένη λίμνη του νομού Βοιωτίας. Κάλυπτε την βαθύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου μεταξύ των βουνών Πτώο, Σφίγγιο, Χλωμό και Ελικώνα και τις απολήξεις του Παρνασσού. Την τροφοδοτούσε με νερό κυρίως ο Κηφισός, αλλά και υδάτινα ρεύματα από τα βουνά που την περιβάλλουν. Είχε μήκος 24 χλμ και πλάτος 13 χλμ.

Δεν είχε επιφανειακή εκροή προς την θάλασσα, αλλά τα νερά της διέφευγαν από καταβόθρες του πυθμένα της. Το βάθος της ήταν μικρό και η έκτασή της κυμαινόταν ανάλογα με τις βροχοπτώσεις. Από το 1834 άρχισε η προσπάθεια αποξήρανσης της λίμνης, με διάφορα σχέδια, η οποία τελικώς ολοκληρώθηκε το 1931. μετά την αποξήρανση αποδόθηκαν στην καλλιέργεια περίπου 250.000 στρέμματα εύφορης γης, που αξιοποιήθηκε ακόμη καλύτερα με ένα άρτιο σύστημα άρδευσης.

ΚΟΡΩΝΕΙΑ

Κορώνεια ή λίμνη του Αγίου Βασιλείου ή του Λαγκαδά.

Λίμνη της Κεντρικής Μακεδονίας, στο κέντρο σχεδόν του νομού Θεσσαλονίκης, 5 χλμ. νοτιο-ανατολικά του Λαγκαδά. Έχει σχήμα επίμηκες, χαμηλές όχθες, μέγιστο μήκος 11 χλμ. και μέγιστο πλάτος 6 χλμ. Η επιφάνειά της φθάνει τα 48 τετ. χλμ. και είναι η τέταρτη σε μέγεθος λίμνη της χώρας. μαζί με την γειτονική της Βόλβη, με την οποία επικοινωνούν επιφανειακά, αποστραγγίζουν την περιοχή, η δε Κορώνεια αποχετεύει και τα πλεονάζοντα νερά της στη Βόλβη. Ερωδιοί, σταχτοτσικνιάδες ακόμη και φλαμίγκος, ήταν τα πουλιά που φώλιαζαν στην περιοχή. Σήμερα όμως διασχίζοντας κάποιος την λίμνη βλέπει βούρκο και λάσπη. Τα βιομηχανικά λύματα και η υπεράντληση νερού προκάλεσαν το θάνατο της λίμνης. Η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης, αν και έλαβε ένα πακέτο βοήθειας από την Ε.Ε. για την διάσωση της Κορώνειας, δεν έχει λάβει ακόμη κανένα μέτρο.

ΛΥΣΙΜΑΧΕΙΑ

Λυσιμάχεια ή Λυσιμάχια ή Λίμνη του Αγγελόκαστρου και άλλη αρχαία ονομασία, Ύδρα .

Βρίσκεται νότια του νομού Αιτωλοακαρνανίας, της Στερεάς Ελλάδας και απέχει 5 χλμ. από την πόλη του Αγρινίου. Σχηματίζεται μεταξύ των βουνών Παναι-τωλικού και Αράκυνθου, από τα οποία τροφοδοτείται και τα νερά της. Απέχει από την Τριχωνίδα 2 χλμ., αφού τις χωρίζει μόνο μία λωρίδα ξηράς. Τα πλεονάζοντα νερά της διοχετεύονται με την διώρυγα του Δίμηκου στον Αχελώο, δυτικά του Αγγελόκαστρου. Με διώρυγα συνδέεται και με την Τριχωνίδα, της οποίας δέχεται τα πλεονάζοντα νερά. Έχει σχήμα επίμηκες με χαμηλές όχθες. Το μέγιστο μήκος της είναι 6 χλμ. και το πλάτος της περίπου 3 χλμ., ενώ η επιφάνειά της φθάνει τα 13 τετ. χλμ.

ΕΥΝΙΑΔΑ

Αποξηραμένη λίμνη στο βόρειο τμήμα του νομού Φθιώτιδας. Είχε επιφάνεια 34 τετ. χλμ., βάθος 5 μέτρα και βρισκόταν στα όρια Στερεάς - Θεσσαλίας. Η γη που προήλθε από την αποξήρανση αποδόθηκε στην καλλιέργεια.

ΟΖΕΡΟΣ

Οζερός ή Οζηρός ή Γαλίτσα.

Ο Οζερός είναι και αυτή μία λίμνη της Αιτωλοακαρνανίας με μικρότερο μέγεθος, που φθάνει τα 10 τετ. χλμ. Βρίσκεται 4 χλμ. νοτιότερα της λίμνης Αμβρακίας, έχει μήκος 5 περίπου χλμ. και πλάτος 2,5 χλμ. Σχηματίστηκε από τα νερά που εγκλωβίζουν στην περιοχή οι προσχώσεις του Αχελώου ποταμού, στον οποίο διοχετεύονται και τα πλεονάζοντα νερά της. Τη σχήμα της είναι επίμηκες. Οι ανατολικές της ακτές, κοντά στην ροή του Αχελώου είναι χαμηλές, αλλά οι δυτικές που βρίσκονται κοντά στους πρόποδες του βουνού Λιγκοβίτσι, είναι απότομες.

ΠΑΜΒΩΤΙΣ

Παμβώτις ή Λίμνη των Ιωαννίνων.

Η λίμνη των Ιωαννίνων όπως είναι ευρέως γνωστή, βρίσκεται στην Ήπειρο, στο Νοτιοανατολικό τμήμα του νομού Ιωαννίνων. Είναι σχηματισμένη στο βάθος της κλειστής λεκάνης που σχηματίζουν τα βουνά Μπισικέλι και Τόμαρος. Τροφοδοτείται με τα νερά αυτής της λεκάνης, με υπόγειες καταβόθρες. Έχει στενόμακρο σχήμα, με χαμηλές όχθες. Η επιφάνειά της είναι 19 τετ. χλμ. είναι η δέκατη σε μέγεθος λίμνη της χώρας. Το μήκος της είναι 8 χλμ. και το πλάτος της είναι περίπου 4 χλμ., ενώ το μεγαλύτερο βάθος της είναι 13 μέτρα. Η προϊστορία της λίμνης ξεκινάει πριν από περίπου 3.500 χρόνια. Τα νερά της είναι προϊόν φυσικών πηγών και από τους γύρω χείμαρρους. Σχηματίζεται στο οροπέδιο των Ιωαννίνων, σε υψόμετρο 480 μέτρων. Στο Βορειοανατολικό της άκρο, απέναντι από την πόλη των Ιωαννίνων βρίσκεται ένα νησί. Έχει έκταση 350 στρεμμάτων και είναι πυκνοδοσασμένο. Ο οικισμός του νησιού έχει ιστορία από τον 17ο αιώνα, τότε που όπως λέγεται οι πρόσφυγες της Μάνης βρήκαν εκεί καταφύγιο και έφτιαξαν τα σπίτια τους.

ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ

Η Παραλίμνη είναι μία λίμνη της Ανατολικής Στερεάς, βορειοανατολικά του νομού Βοιωτίας. Βρίσκεται στο βύθισμα, που σχηματίζεται από τα βουνά Πτώο, Κτυπά και της λίμνης Υλίκης με την οποία την συνδέει διώρυγα μήκους 2,5 χλμ. Με αυτήν την διώρυγα διοχετεύονταν τα πλεονάζοντα νερά της Υλίκης. Λέμε διοχετεύονταν διότι σήμερα, αυτό δεν γίνεται και η λίμνη έχει αποξηρανθεί κυρίως μετά την ξηρασία του 1993 και έχει αποδοθεί στην καλλιέργεια. Πριν την αποξήρανσή της, η επιφάνειά της έφθανε τα 15 τετ. χλμ., είχε μήκος 8 χλμ. και πλάτος 2 χλμ. Ο βυθός της ήταν γεμάτος καταβόθρες και ρωγμές, ενώ πλησίον των όχθων της είχαν βρεθεί λείψανα αρχαίων οικισμών και ταφικοί περίβολοι.

Με πιο ξεκάθαρη υγρατοτοπική παρουσία, η Παραλίμνη έχει διαφορετικό τοπίο από αυτό της γειτονικής της Υλίκης. Σημαντικές εκτάσεις παρόχθιων καλαμιώνων, καλύπτουν τις όχθες της και δημιουργούν ένα ασφαλές καταφύγιο για το φώλιασμα των πουλιών. Η αρχαία Τρεφία όπως λεγόταν η Παραλίμνη, ήταν γνωστή στον πτερωτό πληθυσμό. Μέχρι το 1993, ήταν πολύ πλούσια σε ιχθυοπανίδα και αμφίβια, αλλά και σε ερπετά και θηλαστικά που ζούσαν γύρω από αυτήν. Όμως επειδή υδροδοτούσε την πόλη της Χαλκίδας, της έγινε αφάιμαξη νερού και σε συνδυασμό με την ανομβρία της εποχής αποξηράνθηκε.

Σήμερα, μετά τις βροχές και την επανασύνδεσή της με την Υλίκη έχει αρχίσει να γεμίζει, με αποτέλεσμα πολλά πουλιά να φωλιάσουν στους καλαμιώνες της. Η Παραλίμνη θεωρείται ένας από τους ελάχιστους μεσογειακούς υγράτοπους που έχουν απομείνει στην νότια Ελλάδα και καθώς βρίσκεται πάνω στο μεταναστευτικό διάδρομο της ανατολικής ηπειρωτικής χώρας, η αναγέννησή της αποκτά ιδιαίτερη σημασία. Παρ' όλα αυτά και παρά την ένταξη της στο "Δίκτυο Φύση 2000", το παράνομο κυνήγι, η ανεξέλεγκτη υπερβόσκηση των παρόχθιων περιοχών, τα φυτοφάρμακα των καλλιεργειών και τα στερεά αστικά απόβλητα, απειλούν ολοφάνερα την επιβίωσή της.

ΛΙΜΝΗ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΝ

Λίμνη των Πετρών ή λίμνη του Αμυνταίου.

Είναι μία λίμνη της Δυτικής Μακεδονίας, στο ανατολικό άκρο του νομού Φλωρίνης, 3 χλμ. δυτικά της λίμνης Βεγορίτιδος. Βρίσκεται στην λεκάνη που σχηματίζεται από τα βουνά Τρικλάρι, Βαρνούντα, Βέρο και Βόρα. Το σχήμα της είναι σχεδόν στρογγυλό, με 14 τετ. χλμ. επιφάνεια. Το μήκος της είναι 5 χλμ. και το πλάτος της είναι 4 χλμ. Στις όχθες της έχουν κτισθεί οι οικισμοί των Πετρών και του Αμύνταιου.

ΠΡΕΣΠΕΣ

Πρέσπες και στην αρχαιότητα Βρυγηίδες.

*"κι ήρθε κι από την Πρέσπα
τον τόπο τον νησόχτιστο και σα ζωγραφισμένο,*

*στην λίμνη την αξέχαστη με τα δασά λιβάδια,
με τα μεγάλα τα βουνά τα λογγωμένα γύρω"*

Κοινή ονομασία δύο λιμνών, που διακρίνονται μεταξύ τους με τους χαρακτηρισμούς Μεγάλη και Μικρή. Χωρίζονται μεταξύ τους με ένα στενό λαιμό ξηράς, και ανήκουν σε τρεις χώρες, βρισκόμενες στα σύνορα αυτών των χωρών. Έτσι, Ελλάδα, Αλβανία και ΠΓΔΜ, κατέχουν από ένα τμήμα τους. Γύρω από την λεκάνη των Πρεσπών, βρίσκονται τα βουνά Τρίκλαρο και Βαρνούς στην Ελλάδα, Περιστερά Πλάνινα στην ΠΓΔΜ και Πισκίνα Βόντα στην Αλβανία. Όταν τα νερά της Μικρής πλεονάζουν κυρίως την άνοιξη, χύνονται στην Μεγάλη και από εκεί με υπόγειες καταβόθρες, διοχετεύονται στην Αχρίδα μερικά χλμ. βόρεια. Με χίλια πρόσωπα και διαθέσεις που αλλάζουν κάθε στιγμή, οι πανέμορφες Πρέσπες μοιράζονται την καθημερινότητα της μεθορίου μαζί με τις ανθρώπινες κοινότητες, σύντροφοι στην μοναξιά τους εδώ και χιλιάδες χρόνια τώρα.

Η χλωρίδα και πανίδα της περιοχής είναι πολύ πλούσια. Καλαμιώνες στις όχθες, πυκνά δρυοδάση και υγρά λιβάδια, κρύβουν μεγάλο αριθμό ειδών του φυτικού και του ζωικού Βασιλείου. Έχουν καταγραφεί πάνω από 1500 είδη φυτών με δύο ενδημικά, 12 τύποι δασών, 17 είδη ψαριών από τα οποία τα 8 είναι ενδημικά, 22 είδη ερπετών και 260 είδη πουλιών. Πολλά από αυτά είναι σπάνια και κάποια όπως ο Αργυροπελεκάνος απειλούνται με εξαφάνιση που εδώ διατηρεί την μεγαλύτερη στον κόσμο αποικία αναπαραγωγής του. αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι από όλη την Ευρώπη, μόνο στην περιοχή των Πρεσπών οι πληθυσμοί του αργυροπελεκάνου και του ροδοπελεκάνου μοιράζονται το ίδιο ενδιαίτημα. Στην πλευρά των χαμηλών της όχθων, εκεί που έχουν αποτραβηχτεί τα νερά, έχει δημιουργηθεί ένας λιβαδότοπος πρόσκαιρος βοσκότοπος για τα ζώα. Εδώ ζουν μικρόσωμες αγελάδες νάνοι μόλις ενός μέτρου ύψος, που περιφέρονται για να βρουν την τροφή τους. Αυτές ζουν μόνο στους Ψαράδες και στον Άγιο Αχίλλειο και είναι προστατευόμενο είδος. ένα ακόμη ιδιαίτερο είδος της περιοχής είναι οι νεροβούβαλοι. Με την χρήση των νερών της για άρδευση έχει αναπτυχθεί και η γεωργική καλλιέργεια γύρω από τις όχθες της με κύριο προϊόν το φασόλι.

Οι Πρέσπες από το 1974, έχουν ανακηρυχθεί εθνικός δρυμός, υγρότοπος Ραμσάρ από το 1973, αλλά και υδροβιότοπος με πανευρωπαϊκό ενδιαφέρον σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 79/409. μέσα στο όριο της προστατευμένης περιοχής αναπτύσσονται 13 οικισμοί με 1500 περίπου κατοίκους συνολικά. Ανάμεσα σε αυτά ξεχωρίζουν οι Ψαράδες και ο Άγιος Γερμανός και έχουν χαρακτηριστεί παραδοσιακοί και διατηρητέοι οικισμοί.

ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ

Η συνολική της επιφάνεια είναι 270 τετ. χλμ. και είναι η μεγαλύτερη των Βαλκανίων. Το σχήμα της είναι επίμηκες, με μέγιστο μήκος τα 25 χλμ. και μέγιστο πλάτος τα 15 χλμ. Το μέγιστο βάθος της είναι 55 μέτρα και την μοιραζόμαστε με την Αλβανία και την ΠΓΔΜ, όπου ανήκει και το μεγαλύτερο μέρος της. Στην Ελλάδα ανήκουν μόλις 38 τετ. χλμ. Το μεγαλύτερο μήκος του ελληνικού τμήματος είναι 6 χλμ. και το πλάτος της 11 χλμ.

ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ

Είναι συνέχεια της Μεγάλης και χωρίζεται από αυτήν με ένα κομμάτι ξηράς μήκους 3 χλμ. και πλάτους μόλις 200 μέτρων. Έχει συνολική επιφάνεια 48 τετ. χλμ., από τα οποία τα 43 ανήκουν στην Ελλάδα και μόλις 5 στην Αλβανία. Μέσα στην Μικρή Πρέσπα βρίσκονται οι νησίδες του Αγίου Αχίλλειου που κατοικείται και η Βιτρινίτσι που είναι ακατοίκητη.

Οι θρύλοι και η αλήθεια για τις Πρέσπες.

Οι δύο λίμνες, είναι δύο από τις παλαιότερες στην Ευρώπη, με ηλικία πολλών χιλιάδων ετών. Οι θρύλοι αναφέρουν ότι παλαιότερα στην κοιλάδα της Πρέσπας υπήρχε ένα ποτάμι και κατά μήκος του ήταν κτισμένα χωριά. Η έξοδος του ποταμού κάποτε όμως φράχτηκε, τα νερά άρχισαν να συγκεντρώνονται, τα χωριά πλημμύρισαν, μία λίμνη δημιουργήθηκε και τα χωριά σκεπάστηκαν εντελώς. Πολλοί ισχυρίζονται και σήμερα ότι όταν κατεβαίνουν τα νε-

ρά της λίμνης, βλέπουν τα απομεινάρια των σπιτιών. Η επιστημονική αλήθεια δεν απέχει και πολύ από τον θρύλο. Πριν από εκατομμύρια χρόνια μετά από σεισμούς, ένα ποτάμι, καταποντισμούς και γεωλογικές ανακατατάξεις δημιουργήθηκαν οι κοιλότητες των λιμνών. Τότε δημιουργήθηκε μία λίμνη, που σήμερα μετά τις γεωλογικές ανακατατάξεις, είναι χωρισμένη στα δύο.

ΠΙΚΡΟΛΙΜΝΗ

Μικρή λίμνη του νομού Κιλκίς, στο νότιο άκρο του. βρίσκεται στα όρια με τον νομό Θεσσαλονίκης, δυτικά του Γαλλικού ποταμού.

ΣΤΥΜΦΑΛΙΑ

Λίμνη της βορειοανατολικής Πελοποννήσου. Κατά την αρχαιότητα βρισκόταν στην περιοχή της Αρκαδίας και σήμερα νοτιοδυτικά στον νομό Κορινθίας στα όρια με τον νομό Αργολίδας. Σχηματίζεται στη λεκάνη, που δημιουργείται ανάμεσα στα βουνά της Ζήρειας, του Ολίγυρτου και του Φαρμακά. Τροφοδοτείται από τα νερά των ορεινών αυτών όγκων και από τον μικρό ποταμό Στύμφαλο. Έχει μικρή επιφάνεια, μόλις τέσσερα τετραγωνικά χλμ., που μεταβάλλεται όμως ανάλογα με την εποχή και την ποσότητα των νερών που δέχεται. Είναι σημαντική για την περιοχή, γιατί μεγάλο μέρος των νερών της χρησιμοποιείται για άρδευση.

ΤΑΚΚΑ

Λίμνη της κεντρικής Πελοποννήσου, στον νομό Αρκαδίας, περίπου 7 χλμ. νότια της Τρίπολης. Τα νερά της αυξομειώνονται με τις βροχές και διαφεύγουν από καταβόθρες.

ΤΡΙΧΩΝΙΔΑ

Τριχωνίς ή Απόκουρο

Άγνωστη σχετικά λίμνη της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, η οποία βρίσκεται στο Νότιο τμήμα του νομού Αιτωλοακαρνανίας, 6 χλμ. Νοτιοανατολικά του Αγρινίου. Βρίσκεται στο βύθισμα ανάμεσα στα βουνά Παναιτωλικό και Αράκυνθο και δέχεται τα νερά από τα υδάτινα ρεύματα αυτών των βουνών, όπως και η γειτονική της Λυσιμαχία, από την οποία την χωρίζει μία λωρίδα γης πλάτους 2 χλμ. Τα πλεονάζοντα νερά της Τριχωνίδας διοχετεύονται με διώρυγα στην Λυσιμαχία και από κει με διώρυγα στον Αχελώο ποταμό. Η ποσότητα του νερού που εισρέει στη Λυσιμαχία ρυθμίζεται από τις πόρτες δίπλα στα Γεφύρια του Αλάμπη. Μεγάλες ποσότητες νερού της Τριχωνίδας καταλήγουν στα χωράφια του Λεσινίου, της Κατοχής, Νεοχωρίου και Μεσολογγίου. Έχει σχήμα επίμηκες και τοξοειδές και χαμηλές όχθες. Η επιφάνειά της έχει έκταση 96 τετ. χλμ., είναι η πρώτη σε μέγεθος λίμνη της χώρας με μέση στάθμη 18 μέτρα. Έχει μήκος 20 χλμ., μέγιστο πλάτος περίπου 6 χλμ., στο μέσο της και μέγιστο βάθος 40 μέτρα. Το μεγαλύτερο βάθος της φτάνει τα 57 μέτρα περίπου. Η περίμετρός της είναι 51 χλμ.. Ανατολικά, η μορφολογική κλίση των βουνών είναι μεγάλη και οι ακτές απότομες, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα της η μορφολογία του εδάφους έχει ομαλή απόληξη με αποτέλεσμα σε πολλά σημεία, και σε συνδυασμό με το μεγάλο μέγεθος της λίμνης, η ακτή να θυμίζει θαλασσινά ακρογιάλια. Γύρω της υπάρχουν 6 δήμοι με συνολικό πληθυσμό πάνω από 30000 κατοίκους.

Η χλωρίδα της αποτελείται από καλάμια, βούρλα, λάπατα, φαθιά, παπύρια, ιτιές, νούφαρα, ορχιδέες, πλατάνια, λεύκες, σκλήθρα. Το φυτοπλαγκτόν της λίμνης περιλαμβάνει 90 είδη, μερικά από τα οποία είναι μοναδικά στον κόσμο. Υπάρχουν επίσης φύκια διαφόρων ειδών (7 κατηγορίες). Ο ζωικός της πληθυσμός αποτελείται από πολλών ειδών ψάρια, όπως δρομίτσα, τσουρούκλα, αθερίνα, κυπρίνι (γριβάδι), λουρογοβιός, χέλι, γουρνάρα, τριχωνοβελονίτσα, σαλιάρα, κουνουπόψαρο, γλανίδι, νανογοβιός. Ο νανογοβιός είναι ενδημικό της Τριχωνίδας και ζει μόνο στα νερά της και πουθενά αλλού στον κόσμο και το μήκος του είναι μόλις 2 εκατοστά. Τα νερά της λίμνης ζουν ακόμη σπόγγοι, οστρακώδη και μαλάκια. Στα νερά των ρεμάτων, κυρίως στις εκβολές τους, ζουν αρκετά ψάρια όπως η μπούλκα, η μπριάνα, η

λιάρα, η νιάσκα ή τσίμα. Εκτιμάται ότι οι αλιευόμενες ποσότητες ψαριών υπερβαίνουν τους 350 τόνους ετησίως.

Η ορνιθοπανίδα της λίμνης είναι πολύ ενδιαφέρουσα. Έχουν παρατηρηθεί πάνω από 140 είδη πουλιών. Από αυτά τα 30 είδη - τουλάχιστον - ανήκουν στα απειλούμενα και αυστηρά προστατευόμενα απ' την Κοινοτική νομοθεσία, όπως είναι το μπεκατσίνι, η νεροκοτσέλα, η νερόκοτα, οι αγριόπαπιες, το βοταλίδι, η κατσούλα, η αλκυόνη, ο φαλακροκόρακας, ο ερωδιός, οι φαλαρίδες και πολλά άλλα. Γύρω από αυτήν ζουν επίσης βίδρες, αμφίβια, ερπετά και άλλα, από τα οποία το μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η βίδα. Επίσης, πλήθος εντόμων (πλεκόπτερα κολεόπτερα).

Η Τριχωνίδα που σήμερα ανήκει στις περιοχές Natura 2000, μπορεί να είναι αυτή τη στιγμή η καθαρότερη λίμνη της Ελλάδας όμως αυτό δε σημαίνει πως είναι και εντελώς καθαρή. Ο όγκος του νερού ανέρχεται περίπου σε 142 εκατομμύρια m³. Οι εισρέουσες ποσότητες νερού προέρχονται από πηγές, κυρίως υπόγειες και από 15 μεγάλους και αρκετούς μικρότερους χειμάρρους, οι οποίοι ξεκινούν από το Παναιτωλικό και τον Αράκυνθο και καταλήγουν στη λίμνη. Ποσότητα νερού προέρχεται και από αποστράγγιση της περιοχής Παναιτωλίου - Καινούργιου, που χρησιμοποιούν για άρδευση νερό από τον Αχελώο.

ΤΣΙΒΛΟΥ

Είναι μικρή λίμνη της Βόρειας Πελοποννήσου. Βρίσκεται στο βορειοανατολικό άκρο του νομού Αχαΐας, στις βόρειες πλαγιές του Χελμού, πλάι στα πεύκα και τις βελανιδιές που την περιβάλλουν στοργικά. Δημιουργήθηκε το 1913, όταν από μία καθίζηση των χωμάτων καταστράφηκαν οι οικισμοί Τσιβλός, από τον οποίο πήρε και το όνομά της, και Συλίβαινα. Τότε διακόπηκε η ροή του μικρού ποταμού Κράθι, ο οποίος και την τροφοδοτεί με νερό.

ΥΛΙΚΗ

Λίμνη της Βοιωτίας στο βορειοανατολικό άκρο του, 6 χλμ., από την πόλη της Θήβας. Βρίσκεται στην λεκάνη που σχηματίζουν τα βουνά Πτώ, Σφίγγιος και Κτυπάς ή Μεσσάπιος. Τροφοδότες ποταμοί της είναι κυρίως ο Βοιωτικός Κηφισός και ο Μέλας, αλλά την ενισχύουν και άλλα μικρότερα υδάτινα ρεύματα από τα βουνά που την περικλείουν. Έχει πολύ ακανόνιστο σχήμα, με πολυσχιδείς και βραχώδεις όχθες. Η επιφάνειά της αγγίζει τα 23 τετ. χλμ., είναι η 9η λίμνη της χώρας σε μέγεθος και έχει μέγιστο βάθος 50 μέτρα. Οι όχθες της στερούνται έχουν ελάχιστη βλάστηση, και μόνο λίγη μεσογειακή μακία προσδιορίζει το περίγραμμα της λίμνης. Έχει διαπιστωθεί ότι στον βυθό της ζει το ενδημικό είδος καλαμίθρα, το οποίο το βρίσκουμε μόνο εδώ σε όλα τα Βαλκάνια. Στα νερά της κολυμπούν επίσης κυπρίνοι που έχουν εμπλουτισθεί από γόνο. Κατά τους χειμερινούς μήνες φιλοξενεί και αρκετό αριθμό πουλιών που έρχονται να ξεχειμωνιάσουν.

Μία διώρυγα 2,5 χλμ. μήκος την συνέδεε με την Παραλίμνη και διοχέτευε σε αυτήν τα πλεονάζοντα νερά της. Από το 1957 τα νερά της Υλικής με πολλά τεχνικά έργα που έγιναν, διοχετεύει τα νερά της προς ύδρευση της πόλης των Αθηνών. Πεντακόσια εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερό είναι η χωρητικότητά της, αλλά δέχεται μόλις 250 με 300. από αυτά μόλις τα μισά φθάνουν στο δίκτυο ύδρευσης, γιατί τα υπόλοιπα χάνονται λόγω των πολλών ρωγμών που έχει ο πυθμένας της Υλικής. Η λίμνη Υλική είναι μία oligό-τροφη λίμνη, με πολύ μικρή περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα. Στην περιοχή αυτή βρίσκεται και ένα γενετικά μεταλλαγμένο νερόφιδο, ένα ενδημικό κολεόπτερο και ένα ορθόπτερο, αλλά και βίδρες. Η περιοχή Υλικής - Βοιωτικού Κηφισού - Παραλίμνης έχει ενταχθεί στο πρόγραμμα "Δίκτυο Φύση 2000" στην κατηγορία Α, σύμφωνα με την οδηγία 92/93 της Ε.Ε. για την διατήρηση των φυσικών οικοτόπων. Αυτό βέβαια οφείλεται κυρίως στην Παραλίμνη η οποία παρουσιάζει μία τελείως διαφορετική εικόνα από αυτήν της Υλικής.

ΧΕΙΜΑΔΙΤΙΣ

Λίμνη της δυτικής Μακεδονίας στο νοτιοανατολικό άκρο του νομού Φλωρίνης. Βρίσκεται σε μια λιμνοβαλτώδη περιοχή - της οποίας απλώνεται σαν συνέχεια - ανάμεσα στην λεκάνη της Φλώρινας και της Κοζάνης. Έχει επίμηκες σχήμα με 11 τετραγωνικά χλμ. επιφάνεια.

νεια. Το μήκος της είναι περίπου 6 χλμ. και το πλάτος της περίπου 3 χλμ. στις όχθες της βρίσκονται οι οικισμοί Χειμαδιό από όπου πήρε και το όνομά της και Ανάργυροι. Κοντά της βρίσκεται η λίμνη Ζάζαρη από την οποία δέχεται τα πλεονάζοντα νερά της. Μαζί με αυτήν αποτελούν σημαντικό υδροβιότοπο και προσφέρουν καταφύγιο σε μεγάλο αριθμό του ζωικού βασιλείου.

.Η ΛΙΜΝΗ ΔΑΣΙΟΥ

Τα νερά που συγκεντρώνονται τον χειμώνα στη δυτική πλευρά του οροπεδίου στη Ζήρεια, σχηματίζουν τη λίμνη Δασίου. Μία μικρή αλλά όμορφη λίμνη που στα νερά της καθρεφτίζει τις κορυφές της Ζήρειας. Περιτριγυρίζεται από πυκνά δάση μαυρόπευκων, ενώ στο κέντρο της δεσπόζει ένα μικρό νησάκι, κατάφυτο από έλατα. Τον χειμώνα η λίμνη είναι κάτι σαν δείκτης για την υγεία ενός οικοσυστήματος, σε έναν "υποψιασμένο" επιστήμονα. Το χειμώνα, είναι τόσο παγωμένη που διασχίζεται άφοβα. Στις όχθες της ζει ο πράσινος δεντροβάτραχος, ο οποίος ανεβαίνει στα κλαριά των θάμνων και παραμονεύει την λεία του.

ΛΙΜΝΗ ΖΗΡΟΥ

Μία λίμνη της Ηπείρου, στον νομό Ιωαννίνων, λίγο πιο βόρεια από την Φιλιππιάδα, δίπλα στον δρόμο προς Γιάννενα, βρίσκεται η λίμνη του Ζηρού. Με παραλίμνιο δάσος από Νερόφραξο και βλάστηση που δεν αφήνει κανένα κενό. Παράδεισος που ευτυχώς δεν "αξιοποίησαν" ακόμη οι "ιδεολόγοι" της φύσης.

Η ΛΙΜΝΗ ΚΟΜΗΤΗ

Βρίσκεται ΒΔ της Βόνιτσας στα 2 χλμ., στα αριστερά πηγαίνοντας για την Λευκάδα. Είναι η μικρότερη λίμνη της Αιτωλοακαρνανίας. Από μακριά δεν φαίνεται τίποτα και αν την πλησιάσεις έχεις την αίσθηση ότι γεννήθηκε από την πρόσκρουση κάποιου αντικειμένου. Στο κέντρο της είναι πνιγμένη στα καλάμια, ενώ οι φαλαρίδες και οι νερόκοτες κολυμπούν ανέμελα.

ΛΙΜΝΗ ΤΗΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ

Στις βορειοανατολικές πλαγιές της Πάρνηθας, στην περιοχή Κορυφή ή κατά το αρχαιότερον Φελλεύς, υπάρχει μία μικρή αλλά πολύ όμορφη λίμνη, γνωστή στους ντόπιους, η λίμνη στο Μπελέτσι. Μπορεί να την πλησιάσει κανείς από Βαρυμπόμπη, Τατόι, Κατσιμίδι ή από την εθνική οδό δυτικά των Αφιδνών.

Η ΛΙΜΝΗ ΣΑΛΤΙΝΗ

Βρίσκεται στον νομό Αιτωλοακαρνανίας, στην χερσόνησο του Άκτιου, αριστερά από τον δρόμο Βόνιτσα - Άκτιο - Πρέβεζα. Είναι μικρή βρίσκεται όμως στον δρόμο μετανάστευσης των πουλιών και δυο φορές το χρόνο κατακλύζεται από ζωή.

ΛΙΜΝΗ ΚΟΥΜΟΥΝΔΟΥΡΟΥ

Σήμερα είναι γνωστή με το όνομα λίμνη Κουμουνδούρου, παλαιότερα όμως ήταν γνωστή σαν λίμνη των καθαρμών. Ήταν ιερή λίμνη αφιερωμένη στην θεά Δήμητρα και την κόρη της Περσεφόνη. Βρίσκεται στον δρόμο από Αθήνα προς Ελευσίνα στο ΒΑ άκρο του κόλπου της Ελευσίνας, κοντά στο κτήμα του πολιτικού Αλέξανδρου Κουμουνδούρου, από όπου πήρε και το σημερινό όνομά της.

ΟΡΕΙΝΕΣ ΛΙΜΝΕΣ

Οι δρακόλιμνες. Ορεινές υποαλπικές λίμνες στην Βόρεια Πίνδο. Βρίσκονται σε απρόσιτες βουνοκορφές ανέγγιχτες από ανθρώπινο χέρι, πηγές ξεκούρασης και ομορφιάς για τους λάτρεις της φύσης, ανεκτίμητα αντικείμενα μελέτης για τους επιστήμονες. Το όνομά τους θυμίζει παραμύθι και η ύπαρξή τους ένα πολύτιμο διαμάντι της φύσης. Πριν από 10-15 χιλιάδες χρόνια, την εποχή των τελευταίων παγετώνων, εμφανίστηκαν πολλές φυσικές λίμνες. Κατά κανόνα περιοχές που έχουν πολλές λίμνες ήταν περιοχές που είχαν καλυφθεί από πάγους. Οι περισσότερες στην Ευρώπη βρίσκονται στην Σουηδία, Φιλανδία, Νορβηγία και κάποιες στην Ρωσία. Η Ελλάδα έχει περίπου 60 τέτοιες λίμνες, από τις οποίες μόνο 30 είναι μεγαλύτερες από 1 τετραγωνικό χιλιόμετρο. Ανάμεσα σε αυτές ξεχωρίζουν οι ορεινές αλπικές λίμνες. Βέβαια για τον τρόπο δημιουργίας τους υπάρχουν πολλές θεωρίες. Άλλοι λένε ότι είναι κρατήρες ηφαιστειών, άλλοι καρστικά βυθίσματα, το πιθανότερο όμως είναι ότι αποτελούν κατάλοιπα των παγετώνων. Οι λίμνες αυτές διατηρούν σχεδόν όλο το χρόνο σταθερή στάθμη και αυτό αποδίδεται στην ύπαρξη είτε αρτεσιανών φαινομένων, είτε υπόγειων πηγαδιών είτε στο λιώσιμο του χιονιού που σε σημεία γίνεται ακόμη και τον Ιούλιο. Οι ορεινές λίμνες είναι μικρές σε μέγεθος, με λιγότερο πολύπλοκες τροφικές αλυσίδες από αυτές των πεδινών λιμνών. Οι υψηλές θερμοκρασίες, τα λιγοστά θρεπτικά συστατικά, η έντονη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι, η έλλειψή της τον χειμώνα για αρκετούς μήνες, καθιστούν τις αλπικές λίμνες μοναδικά οικοσυστήματα. Όλα αυτά αποτελούν πολύτιμο υλικό για την κατανόηση και την μέτρηση των οικολογικών διεργασιών. Καθώς μάλιστα παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία στις αλλαγές του περιβάλλοντος, μπορούν να χρησιμεύσουν.

ΛΙΜΝΕΣ ΤΗΣ ΒΑΛΙΑ ΚΑΛΝΤΑ

Στον Εθνικό δρυμό της Βάλια Κάλντα βρίσκονται 3 μικρές λίμνες: η λίμνη Λάκκος και οι δύο λίμνες της Φλέγγας. Οι λίμνες της Φλέγγας βρίσκονται στην υποαλπική ζώνη του βουνού Μαυροβουνίου, ενώ η λίμνη Λάκκος στην περιοχή του Αυγού. Οι λίμνες της Φλέγγας βρίσκονται στο νομό Γρεβενών σε υψόμετρο 1960 και 1940 μέτρα. Είναι ρηχές και με μικρή βιοποικιλότητα, αποτελούν όμως το σύμβολο της περιοχής και θεωρούνται σαν απόλυτος προορισμός για τους ορειβάτες του Εθνικού Δρυμού της Πίνδου. Στα νερά αυτών των λιμνών βρίσκουν καταφύγιο οι αλπικοί τρίτωνες. Η περιοχή των λιμνών καλύπτεται με χιόνια από τον Οκτώβριο ως τον Μάιο. Με το λιώσιμο των χιονιών, σπάνια είδη λουλουδιών φυτρώνουν για να τους κρατήσουν συντροφιά. Ο μύθος λέει ότι ο γιος του Μακεδόνα, Πίνδος, αφ' ότου τον έδιωξαν τα αδέρφια του ήρθε εδώ με το ελάφι του και τον δράκοντα Λύγκο από του οποίου τα δάκρυα, μετά τον θάνατο του Πίνδου δημιουργήθηκαν οι δύο λίμνες.

Η ΛΙΜΝΗ ΛΑΚΚΟΣ

Βρίσκεται σε υψόμετρο 1650 μέτρα. Είναι άλλη μια μικρή και άγνωστη υποαλπική λίμνη. Το μεγαλύτερο κομμάτι της είναι καλυμμένο με χόρτα που κρύβουν καλά τα μυστικά της. Στους γύρω λόφους δεκάδες αστραποκαμένοι κορμοί ρόμππολων σχηματίζουν απίθανες μορφές.

ΛΙΜΝΗ ΓΚΑΜΗΛΑ

Στον ορεινό όγκο της Τύμφης και σε υψόμετρο μεταξύ 1500 και 2050 μέτρων υπάρχουν έντεκα μικρές ορεινές λίμνες, των οποίων η διάμετρος δεν ξεπερνά τα 100 με 200 μέτρα. Η μεγαλύτερη από αυτές είναι η Δρακόλιμνη της Τύμφης, η οποία καλύπτει επιφάνεια 8 περίπου στρεμμάτων. Το σχήμα της είναι ελλειψοειδές και σαν Γκαμήλα. Βρίσκεται σε υψόμετρο 1800 μέτρων, έχει βάθος 20 περίπου μέτρων και είναι η αγαπημένη λίμνη των ορειβατών με αφετηρία κυρίως το Μικρό Πάπιγκο, στα Ζαγοροχώρια. Οι κορυφές της Γκαμήλας, η άγρια πέτρα και το αλπικό τοπίο προσδίδουν ιδιαίτερη ομορφιά σ' αυτή την νεράιδα των βουνών. Εδώ ζει και ο μικρός τρίτωνας, ένα αμφίβιο που κάποιοι πιστεύουν ότι μας

"έρχεται" από την εποχή των παγετώνων. Άλλα αμφίβια για τα οποία η λίμνη είναι σημείο ζωής είναι η μπομπίνα και ο πρασινόφρυνος.

ΛΙΜΝΗ ΓΑΛΑΝΗ

Βρίσκεται στο νομό Γρεβενών κοντά στο χωριό Σμίξη. Έχει μικρό μέγεθος και τον χειμώνα είναι συχνά καλυμμένη από χιόνι. Είναι κρυμμένη ανάμεσα σε πεύκα και έλατα, σε κατάφυτους λόφους. Με τους σεισμούς του 1995 στην περιοχή των Γρεβενών, υπέστη ρήγμα και τα νερά της απείλησαν το χωριό.

ΔΡΑΚΟΛΙΜΝΗ ΤΟΥ ΣΜΟΛΙΚΑ

Δεύτερη σε μέγεθος μετά την Γκαμήλα, αλλά ισάξιας ομορφιάς, είναι η δρακόλιμνη του Σμόλικα ή Λύγκα όπως αλλιώς λέγεται. Στα βλάχικα λέγεται Ντιβιρλίγκα. Βρίσκεται σε υψόμετρο 2200 μέτρων κάτω από τον κώνο που σχηματίζει η κορυφή του Σμόλικα. Έχει έκταση 3 με 4 στρέμματα, με περίμετρο περίπου 375 ανθρώπινα βήματα, αλλά έχει μεγάλο βάθος. Έχει σχήμα καρδιάς και ο πυθμένας της κοκκινίζει, ενώ στα νερά της κολυμπούν τρίτωνες. Πανέμορφη με βιόλες, ορχιδέες, αγριομενεξέδες, σαξιφραγκιές και κρίνους στις παραλίμνιες περιοχές, νομίζει κανείς ότι βρίσκεται σε αλπικό τοπίο. Το μονοπάτι για την δρακόλιμνη του Σμόλικα ξεκινάει από το χωριό Αγία Παρασκευή, στην εθνική οδό Κόνιτσας - Κοζάνης.

ΛΙΜΝΗ ΓΚΙΣΤΟΒΑ

Είναι η ψηλότερη αλπική λίμνη της χώρας μας. Βρίσκεται στο όρος Γράμμος και αντανακλά στα βαθυγάλανα νερά της την συνοριακή γραμμή Ελλάδας Αλβανίας. Είναι κρυμμένη στα 2.312 μέτρα, μόλις 200 μέτρα από την κορυφή του Γράμμου. Αλπικά λιβάδια την περιτρι-γυρίζουν την άνοιξη και το καλοκαίρι όπου βόσκουν κοπάδια ελλήνων και αλβανών βοσκών.

ΛΙΜΝΗ ΤΗΣ ΓΡΙΑΣ

Η μικρολίμνη της Γριάς είναι και αυτή ορεινή λίμνη στον Σμόλικα, ανάμεσα στις κορυφές Φούρκα και Σαμαρίνα.

ΣΤΕΦΑΝΙΑΔΑ

Μία ορεινή λίμνη χαμένη στον ορεινό όγκο των Αγράφων, κοντά στο χωριό Άγραφα, είναι η λίμνη Στεφaniaδα. Δημιουργήθηκε από κατακρήμνιση του εδάφους και την δημιουργία λεκάνης που σιγά - σιγά γέμισε νερό. Είναι πνιγμένη στο πράσινο με απότομες σχετικά ακτές και στάθμη που επηρεάζεται από τις εποχιακές βροχές.

ΛΙΜΝΗ ΑΡΕΝΩΝ

Μέσα σε ένα αμιγές δάσος οξιάς, στην τοποθεσία Μουτσάλια, σχηματίζεται η λίμνη των Αρενών. Βρίσκεται σε υψόμετρο 1.700 περίπου μέτρων και από-τελεί ένα από τα ελκυστικότερα σημεία του όρους Γράμμου. Η έκτασή της είναι 15 στρέμματα και έχει βάθος μόλις ένα μέτρο. Τροφοδοτείται από νερά υπόγειων πηγών και των χειμάρρων, που σχηματίζονται από το λιώσιμο των χιονιών. Ο βυθός της είναι καλυμμένος με πυκνή ποώδη βλάστηση, που πολλές φορές φθάνει και στην επιφάνεια και δίνει πράσινο χρώμα στα νερά της. Αποτελεί πολύτιμο καταφύγιο για την αναπαραγωγή αμφιβίων και η παρουσία του τρίτωννα, αποτελεί σημαντικό βιοδείκτη της καλής της λειτουργίας.

ΜΙΑ ΛΙΜΝΗ ΣΤΟΝ ΨΗΛΟΡΕΪΤΗ

Στους νότιους πρόποδες του Ψηλορείτη στην Κρήτη, βρίσκεται το χωριό Ζαρού, κατάφυτο λόγω των πολλών πηγαίων νερών της περιοχής. Πολύ κοντά στο χωριό, βρίσκεται η πηγή του Βατόμου, όπου σχηματίζεται μία πανέμορφη λιμνούλα, στην θέση των αρχαίων πηγών, κοντά στο φαράγγι του Αγίου Νικολάου.

6.3. ΟΙ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΛΙΜΝΕΣ

ΛΙΜΝΗ ΤΟΥ ΔΟΞΑ

Είναι τεχνητή και βρίσκεται στην ορεινή Κορινθία, δίπλα στο ιστορικό μοναστήρι του Αγίου Γεωργίου του Φενεού. Δημιουργήθηκε πριν από έξη περίπου χρόνια, για να συγκεντρώνει τα νερά των τριγύρω χειμάρρων. Είναι κρυμμένη ανάμεσα στα πεύκα και στα έλατα, στην κοιλάδα του Φενεού, ανάμεσα στους ορεινούς όγκους του Χελμού, της Ντουρντουβάνας, της Ζήρειας, του Γερόντιου και της Σαϊτάς. Κατασκευάστηκε καθαρά για αρδευτικούς λόγους, αλλά η ομορφιά της είναι μεγάλη. Τροφοδοτείται με νερά από τον ομώνυμο χειμάρρο Δόξα. Παρά το γεγονός ότι είναι τεχνητή, έχει ταυτιστεί με το περιβάλλον και τα καταπράσινα δέντρα, έλατα και πεύκα, τα οποία φθάνουν μέχρι το νερό.

ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

Η λίμνη δημιουργήθηκε το 1932 στη θέση της προϋπάρχουσας ρηχής, φυσικής λίμνης Κερκινίτιδας με την κατασκευή φράγματος στο χωριό Λιθότοπος από την αμερικανική εταιρεία Monkw & Ulen. Τότε, λοιπόν δαμάστηκε ο Στρυμόνας, εξάλειψαν την ελονοσία και έδωσαν ζωή σε μία περιοχή που κατοικούσαν κυρίως πρόσφυγες από την Ασία. Ένας μαγευτικός νερένιος κήπος όπου σπάνια πουλιά, νεροβούβαλοι, ψάρια βρίσκουν καταφύγιο σε ένα μοναδικό περιβάλλον, γεμάτο ζωή. Ένας τεχνητός υγρότοπος, όπου η ανθρώπινη παρέμβαση λειτούργησε υπέρ της φύσης.

Η λίμνη είναι ταμιευτήρας νερού, πλούσια σε ψάρια, η γύρω περιοχή πολύ εύφορη για καλλιέργειες και βοσκότοπους και από την άλλη αποτελεί σημαντικό υγρότοπο με σπάνια είδη χλωρίδας και πανίδας. Δεκάδες πουλιά, κορμοράνοι, ερωδιοί, βουτηχτάρια, αγριόκυκνοι, πελαργοί πελεκάνοι, αργυροπελεκάνοι, λαγγόνες, νανόχηνες, φοινικόπτερα, χουλιανομύτες, τσικνιάδες, πάπιες, καλαμοκανάδες, μαυροπελαργοί, ποταμογλάρονα, χήνες, φαλαρίδες κ.ά. αλλά και αρπακτικά, χτίζουν τις φωλιές τους στην πρασινάδα της λίμνης. Μιλάμε για πάνω από 300 είδη πουλιών. Από αυτά 140 αναπαράγονται στην περιοχή, 171 έχουν παρατηρηθεί κατά την μετανάστευση και 134 παραμένουν τον χειμώνα. Το κατακαλόκαιρο που ποτίζεται ο κάμπος η στάθμη της λίμνης κατεβαίνει, με αποτέλεσμα να υψώνεται το παραποτάμιο δάσος, ενώ τα εναπομείναντα κοπάδια βουβαλιών τσαλαβουτούν μέσα στα λασπόνερα.

Η ισορροπία μεταξύ της προστασίας - διατήρησης του υγρότοπου και της ορθολογικής διαχείρισης του πλούτου ήταν και είναι το μεγάλο ζητούμενο. Όμως έχει δρομολογηθεί μία καλή προσπάθεια από όλους, τους τέσσερις δήμους, την περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας και την Αναπτυξιακή εταιρεία Σερρών, που σαν αποτέλεσμα είχε να την αγκαλιάσουν και οι ντόπιοι. Ένα άλλο θετικό σημείο είναι η ανάδειξη της περιοχής λόγω της φυσικής της ομορφιάς και η προώθηση εναλλακτικού τουρισμού σ' έναν υγρότοπο εθνικής σημασίας.

ΛΙΜΝΗ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ

Η λίμνη στο Καστράκι δημιουργήθηκε και αυτή από ένα δεύτερο φράγμα στον Αχελώο ποταμό. Το φράγμα έχει ύψος 95 μέτρα, μήκος 530 μέτρα και πλάτος στη βάση 380 μέτρα. Η επιφάνεια της λίμνης έχει έκταση 28.000 στρέμματα και περιεκτικότητα 1.000.000 κυβικών μέτρων νερού. Έχει δημιουργηθεί υδροηλεκτρικός σταθμός που εξοικονομεί σημαντική ενέργεια από πετρέλαιο και την μόλυνση από αυτό του περιβάλλοντος.

ΛΙΜΝΗ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ

Στην τοποθεσία Τσαγκαράλωνα σε ένα χάσμα του βουνού αποκαλύπτεται το πανόραμα της λίμνης των Κρεμαστών. Δημιουργήθηκε όταν το 1963 τέλειωσαν τα έργα και ανυψώθηκε το φράγμα, που εγκλώβισε τον Αχελώο και τους παραποτάμους του, Αγραφιώτη, Τρικεριώτη και Μέγδοβα. Χωριά και εκκλησίες χάθηκαν κάτω από το βάρος των νερών. Γεφύρια και τοποθεσίες εξαιρετικού κάλους καλύφθηκαν από τα λιμνάζοντα νερά. Η λεκάνη της τεχνητής λίμνης των Κρεμαστών έχει χωρητικότητα 4.700.000 κυβικών μέτρων. Το φράγμα έχει ύψος 160 μέτρα, μήκος 457 μέτρα και πλάτος στη βάση 160 μέτρα. Αποτελεί το μεγαλύτερο γεώφραγμα στην Ευρώπη και η λίμνη έχει έκταση 80.000 στρεμμάτων.

ΛΙΜΝΗ ΤΟΥ ΛΑΔΩΝΑ

Η τεχνητή λίμνη του Λάδωνα, έχει σχηματισθεί μετά από φράγμα στον Λάδωνα ποταμό στην αγκαλιά της ορεινής Αρκαδίας, στα όρια σχεδόν με τον νομό Αχαΐας. Οι πηγές του βρίσκονται στις δυτικές πλαγιές του όρους Σαϊτάς και τροφοδοτούνται από τα νερά της λεκάνης του Φενεού, που φθάνουν εκεί με καταβόθρες.

ΛΙΜΝΗ ΤΟΥ ΜΟΡΝΟΥ

Η λίμνη του Μόρνου δημιουργήθηκε από την ανύψωση χωμάτινου φράγματος ύψους 189 μέτρων. Τα έργα ξεκίνησαν το 1969 και τελείωσαν το 1981. τα νερά του ποταμού έπνιξαν την παλιά κοιή του και μέρος της κοιλάδας Βελάς, δημιουργώντας έτσι έναν τεχνητό ταμειυτήρα συνολικής χωρητικότητας 780 εκ. κυβικών μέτρων, με κυριότερο σκοπό την ύδρευση της Αθήνας. Όπως έχει συμβεί σε παρόμοιες περιπτώσεις η νεογέννητη λίμνη δεν πλημμύρισε μία "νεκρή" κοιλάδα. Εκεί υπήρχε ένας τόπος, όπου η ανθρώπινη παρουσία υπήρχε από χιλιετίες. Μέρος της αρχαίας Καλλίπολης, το χωριό Κάλλιο, το περίτεχνο γεφύρι του Στενού - πιθανόν έργο των Φράγγων - πνίγηκαν για πάντα στα στάσιμα νερά.

Στην λίμνη του Μόρνου οδηγούνται και τα νερά από τον Εύηνο ποταμό με φράγμα που έχει κατασκευαστεί σε αυτόν και την δημιουργία λίμνης χωρητικότητας 140 εκ. κυβ. μ. νερού. Από τον Εύηνο μεταφέρονται στην λίμνη του Μόρνου με σήραγγα μήκους 29,4 χλμ. Από την λίμνη του Μόρνου το νερό μεταφέρεται στην λίμνη του Μαραθώνα με κανάλι ελεύθερης ροής. Μήκους 192 χλμ. αυτό είναι ένα από τα μεγαλύτερα έργα ύδρευσης της Ευρώπης και διαρρέει τέσσερις νομούς.

ΛΙΜΝΗ ΜΑΡΑΘΩΝΑ

Η μεγάλη ξηρασία που έπληξε την Αττική το 1887 - 1889, ανάγκασε τους αρμόδιους να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της ύδρευσης των Αθηνών. Αυτό επιδεινώθηκε όταν το 1922, με την Μικρασιατική Καταστροφή αυξήθηκε απότομα ο πληθυσμός. Έτσι αποφασίστηκε η κατασκευή της τεχνητής λίμνης του Μαραθώνα. Το φράγμα του Μαραθώνα ολοκληρώθηκε το 1929 μαζί με τις μονάδες επεξεργασίας νερού Γαλασίου και τη Σήραγγα Μπογιατίου. Το φράγμα έχει ύψος 54 μέτρα, μήκος 285 μέτρα και είναι επενδεδυμένο με Πεντελικό μάρμαρο. Για την κατασκευή του εργάστηκαν 900 άτομα. Η λίμνη έχει χωρητικότητα 41 εκατομμύρια κ. μ. νερού και έκταση όταν είναι γεμάτη 2,4 τετρ. χλμ. Συγκεντρώνει τα νερά από την λεκάνη απορροής του Χαράδρου και της Σταμάτας. Όμως επειδή τα αποθέματά της δεν έφθαναν, μεταφέρουν νερό με αγωγό 64 χλμ., από την λίμνη της Υλίκης Βοιωτίας και από την τεχνητή λίμνη του Μόρνου, η οποία εμπλουτίζεται με τα νερά του Μόρνου και του ποταμού Εύηνου.

ΛΙΜΝΗ ΠΛΑΣΤΗΡΑ

Η περιοχή της λίμνης Πλαστήρα και το φράγμα βρίσκονται 25 χιλ. δυτικά της Καρδίτσας σε υψόμετρο 800 μέτρων. Η λίμνη δημιουργήθηκε από τα νερά του ποταμού Μέγδοβα

(ή Ταυρωπού στην Αρχαιότητα), παραπόταμου του ποταμού Αχελώου. Την ιδέα για την υλοποίηση της λίμνης την συνέλαβε το 1925 ο Ν. Πλαστήρας, όπως φανερώνει το όνομά της. Η κατασκευή του φράγματος ολοκληρώθηκε το 1959 στη θέση Κακαβάκια, στην έξοδο από το οροπέδιο της Νεβρόπολης, του ποταμού Μέγδοβα ή Ταυρωπού, δημιουργώντας μία από τις μεγαλύτερες τεχνητές λίμνες της χώρας μας. Το φράγμα Ταυρωπού έξι χλμ. από το χωριό Μούχα, έχει ύψος 83 μέτρα και μήκος 200 μέτρα. Η λίμνη έχει μήκος 14 χιλ., μέγιστο βάθος 60 μέτρα, μέγιστο πλάτος 4 χιλ., με επιφάνεια 25 τετρ. χιλ., και χωρητικότητα 400 εκατομ. κυβικά μέτρα. Η θερμοκρασία της ποικίλει στη διάρκεια του έτους με ελάχιστη τιμή το χειμώνα 5-7 βαθμούς και το καλοκαίρι μέγιστη 25-26 βαθμούς Κελσίου.

Το ενδιαφέρον της περιοχής εντοπίζεται στη σύνθεση των στοιχείων από τον ορεινό πολιτισμό και από αυτόν του κάμπου. Οι διαδρομές σε περιοχές της λίμνης μπορούν να εντυπωσιάσουν οποιονδήποτε, ενώ η καλύτερη περίοδος επίσκεψης, είναι από τα μέσα της άνοιξης έως τις αρχές καλοκαιριού, λόγω των πολλών αγριολούλουδων που μπορεί κανείς να συναντήσει. Στα δάση της περιοχής ζουν αγριογούρουνα, ζαρκάδια, λύκοι και αλεπούδες. Το όνομα Νεβρόπολη προέρχεται από το αρχαίο ουσιαστικό νεβρός, που σήμαινε το μικρό ελάφι και φανερώνει ότι κάποτε ζούσαν στην περιοχή ελάφια. Στη λίμνη ζούνε 10 είδη ψαριών. Υπάρχουν πέστροφες, καραβίδες, χέλια, λαβράκια, γριβάδια, κ.ά. Η αλιεία είναι περιορισμένη. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η λίμνη, είναι οι προσχώσεις που δημιουργούνται από τα φερτά υλικά του ποταμού. Στους παραλίμνιους οικισμούς μπορεί κανείς να βρει κατάλυμα για ύπνο καθώς και πολλές ταβέρνες για φαγητό. Η λίμνη προσφέρει τις ομορφιές της στους φυσιολάτρες, τους οπαδούς της υγιεινής ζωής, τους ερευνητές της υγιεινής ζωής.

Χαμηλά στη θέση Μπελεκομύτη, στις όχθες της λίμνης βρίσκεται το Κατασκηνωτικό Κέντρο Εναλλακτικών Δραστηριοτήτων, όπου οι επισκέπτες μπορούν να περιηγηθούν τη λίμνη με κανό, να κάνουν ποδήλατο στις όχθες της ή να ασχοληθούν με άλλες δραστηριότητες, όπως ποδηλασία και ανάβαση στις κοντινές πλαγιές, πεζοπορία, μικρές εκδρομές, κολύμπι στις δύο οργανωμένες πλαζ στην Πεζούλα και στο Λαμπερό, αλλά και βόλτα με εκπαιδευμένα άλογα λίγο πριν από το χωριό Κρυονέρι.

ΛΙΜΝΗ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ

Τεχνητή λίμνη του μεγαλύτερου σε μήκος ελληνικού ποταμού, του Αλιάκμονα, στον νομό Κοζάνης. Σχηματίστηκε μετά την κατασκευή φράγματος για την εκμετάλλευση των νερών του ποταμού. Μία γέφυρα η λεγόμενη Υψηλή γέφυρα, μήκους 1.372 μέτρων, ενώνει την βόρεια με την νότια ακτή της λίμνης. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός Πολυφύτου, είναι 4.500 Watt, συνολικής ισχύος. Στα νερά της τεχνητής λίμνης καθρεφτίζεται η κωμόπολη των Σερβίων, ενώ ψηλότερα οι κορυφές των Πιερίων και του Βερμίου.

ΛΙΜΝΗ ΤΟΥ ΣΤΡΑΤΟΥ

Είναι η τρίτη κατά σειρά τεχνητή λίμνη από τα νερά του Αχελώου.

ΦΕΝΕΟΥ ΛΕΚΑΝΗ

Λεκάνη της ΒΑ Πελοποννήσου στον νομό Κορινθίας, που άλλοτε ήταν λίμνη. Η λεκάνη δέχεται τα νερά των βουνών που την περιβάλλουν και τα νερά του ποταμού Όλβιου. Δεν έχει επιφανειακή απορροή. Όσα νερά συγκεντρώνονται διαφεύγουν με καταβόθρες. Για την λεκάνη του Φενεού αναφέρεται ότι το 1829 ήταν λίμνη έκτασης 32 τετ. χλμ. και βάθους 40 με 50 μέτρα. Αλλά το 1835 άνοιξαν καταβόθρες και τα νερά διέφυγαν. [9]

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 4: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των λιμνών της Ελλάδας [10]

Όνομασία	Γεωγραφικό διαμέρισμα	Επιφάνεια (τ.χμ.)	Μέγιστο μήκος (χλμ.)	Μέγιστο πλάτος (χλμ.)
Τριχωνίδα	Στερεά	95,84	21,49	6,7
Βόλβη	Μακεδονία	70,353	21,5	6,725
Βεγορίτιδα	Μακεδονία	54,31	14,8	6,9
Βιστονίδα	Θράκη	45,03	12,45	7
Κορώνεια	Μακεδονία	42,823	10,75	5,05
Μικρή Πρέσπα ^[2]	Μακεδονία	42,541	15,3	6,5
Μεγάλη Πρέσπα ^[3]	Μακεδονία	39,4	11,6	6,1
Κερκίνη	Μακεδονία	37,688	14,49	5,65
Καστοριάς	Μακεδονία	28,655	7,5	5,425
Παμβώτιδα	Ήπειρος	19,47	7,95	5,425
Υλίκη	Στερεά	19,118	10,825	5,6
Δοϊράνης	Μακεδονία	15,35	8,1	2,75
Αμβρακία	Στερεά	14,477	13,15	3,74
Λυσιμαχία	Στερεά	13,085	6,238	3
Λίμνη Πετρών	Μακεδονία	12,294	5,25	4,238
Παραλίμνη	Στερεά	10,93	8,11	2
Λίμνη Οζερός	Στερεά	9,45	5,2	2,683
Λίμνη Βουλκαρία	Στερεά	9,207	4	3,54
Λίμνη Δύστος	Εύβοια	5,165	4,28	2,06
Λίμνη Πικρολίμνη	Μακεδονία	3,772	2,425	2,35
Λίμνη Στυμφαλία	Πελοπόννησος	3,545	3,475	1,263
Λίμνη Μητρικού	Θράκη	2,524	2,45	1,75
Λίμνη Σαλτίνη	Στερεά	1,986	2,35	1,55
Λίμνη Ζάζαρη	Φλώρινα	1,845	2,075	1,425
Λίμνη Καϊάφα	Πελοπόννησος	1,68	2,9	0,875
Λίμνη Χειμαδίτιδα	Μακεδονία	1,677	5,15	0,7
Μαραθώνα	Στερεά	1,027	3,79	0,75
Λίμνη Μόρφη	Ήπειρος	0,97	2,5	0,7
Λίμνη Λάμια	Πελοπόννησος	0,562	1,188	0,65

Λίμνη Κουρνά	Κρήτη	0,501	1,01	0,875
Λίμνη Πωγωνίτσα	Στερεά	0,437	0,938	0,7
Λίμνη Ζηρός	Ήπειρος	0,372	1,35	0,475
Λίμνη Προντάνη	Ήπειρος	0,333	1,4	0,4
Λίμνη Τσεραβίνας	Ήπειρος	0,275	0,633	0,6
Λίμνη Κόκκαλα	Στερεά	0,237	1,025	0,538
Λίμνη Μικρή Σαλτίνη	Στερεά	0,188	0,825	0,3

Λίμνη Κουμουνδούρου	Στερεά	0,148	0,650	0,380
Λίμνη Αεροφωλιές	Μακεδονία	0,144	0,700	0,250
Λίμνη Σαΐτα	Ήπειρος	0,134	0,550	0,300
Λίμνη Αβιλαριάς	Στερεά	0,125	0,500	0,350
Λίμνη Μουστός	Πελοπόννησος	0,102	0,630	0,250

Τεχνητές Λίμνες

Λίμνη Κρεμαστών ^[1]	Στερεά	68,531	44,920	13,190
Λίμνη Πολυφύτου ^[1]	Μακεδονία	56,793	29,480	4,150
Λίμνη Καστρακίου ^[1]	Στερεά	26,804	29,380	3,250
Λίμνη Ταυρωπού ^[1]	Θεσσαλία	22,180	13,760	4,330
Λίμνη Πηνειού ^[1]	Πελοπόννησος	19,895	8,490	6,810
Λίμνη Πουρναρίου ^[1]	Ήπειρος	18,233	17,730	7,360
Λίμνη Μόρνου ^[1]	Στερεά	15,050		
Λίμνη Αώου ^[4]	Ήπειρος	11,500		
Λίμνη Στράτου ^[4]	Στερεά	8,400		
Λίμνη Νησιού ^[4]	Μακεδονία	5,800		
Λίμνη Σφηκιά ^[4]	Μακεδονία	4,300		
Λίμνη Λάδωνα ^[4]	Πελοπόννησος	3,048	9,200	1,500

Λίμνη Ασωμάτων ^[4]	Μακεδονία	2,600
Λίμνη Λούρου ^[4]	Ήπειρος	0,150

6.5. ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΛΙΜΝΕΣ

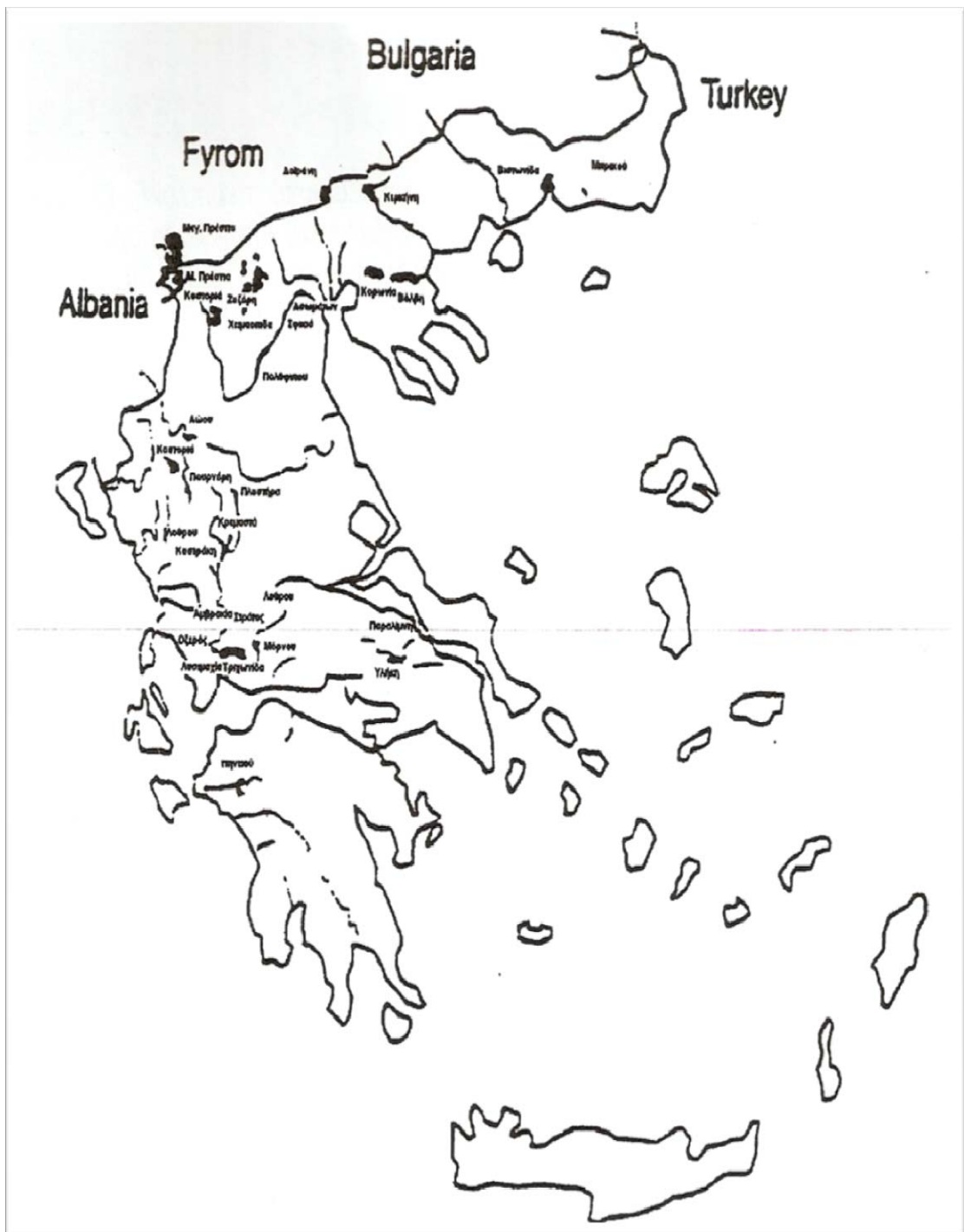
Η μορφολογία των ελληνικών λιμνών είναι αρκετά περίπλοκη. Προέρχονται κυρίως από συνδυασμένες ενέργειες τεκτονικών κινήσεων αλπικών και μετα-αλπικών ορογενετικών αντιδράσεων και διαλυτικής δράσης μετεωρικού ύδατος διεισδύοντας σε ανθρακικά πετρώματα. Οι περισσότερες φυσικές λίμνες στην Ελλάδα βρίσκονται στην καρστική ζώνη ξεκινώντας από τις Άλπεις στα βόρεια, ως την Ελλάδα στα νότια, περνώντας από την πρώην Γιουγκοσλαβία. Γεωμορφογενετικά, οι πρόσφατες φυσικές λίμνες ανήκουν σε λεκάνες και ομάδες λιμνών και αποτελούν τα υπολείμματα των μεγαλύτερων λιμνών που καταλάμβαναν τη χώρα κατά τη Πλειστόκαινο εποχή.

Οι περισσότερες ελληνικές λίμνες βρίσκονται στα δυτικά και βόρεια της χώρας όπου τα κατακρημνίσματα υπερβαίνουν τα 1000 mm το χρόνο. Σε σχέση με το υψόμετρο, ταξινομούνται σε δυο κατηγορίες: Στην πρώτη από αυτές, το υψόμετρο που βρίσκονται, κυμαίνεται από 0 - 145 m πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, ενώ στο δεύτερο πάνω από 470 m. Τα κύρια μορφογενετικά χαρακτηριστικά των ελληνικών λιμνών παρουσιάζονται στον **Πίνακα 5**. Δεκαέξι από τις 140 λίμνες είναι μικρότερες από 2 km². Μόνο τρεις λίμνες φθάνουν σε βάθος που υπερβαίνει τα 50 m, ενώ πολλές ρηχές χαρακτηρίζονται ως προσωρινές. Πέντε λίμνες έχουν κρυπτογενετικές λεκάνες και κάποιες είναι παράκτιες από πρόσφατους σχηματισμούς, αποκλείοντας αρκετές λιμνοθάλασσες στα δυτικά και βόρεια της χώρας. [1]

Πίνακας 5: Τα κυριότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυσικών λιμνών της Ελλάδας. [1]

	Όνομασία λίμνης	Επίπεδο Επιφανείας (m)	Εμβαδό λίμνης (km ²)	Εμβαδό περιοχής (km ²)	Όγκος νερού (*10 ⁶ m ³)	Μέσο Βάθος Z (m)	Μέγιστο Βάθος Y (m)	Χρόνος Ανανέωσης (χρόνια)
Δυτικά								
1	Τριχωνίδα	15	97	250	2868	29	57	9,4
11	Αμβρακία	16	14	177	62	4,4	35	—
12	Λυσιμαχία	14	13	246	53	3,9	9	—
14	Οζερός	23	11	—	59	1,6	2	—
16	Βουλκαρία	5	10	—	16	1,8	2,5	—
Βορειοδυτικά								
3	Βεγορίπιδα	523	59	1853	800	20	70	9,5
4	Μικρή Πρέσπα	853	49	260	320	6,7	7,7	3,4
7	Μεγάλη Πρέσπα	849	40	—	—	—	53	—
8	Καστοριά	629	30	304	120	4	8,5	2,3
9	Ιωάννινα	470	22	330	120	5,5	11	0,8
15	Χειμαδίτιδα	593	11	229	15	1	2,5	—
17	Πετρών	560	8	114	3,7	1	3	—
21	Ζαζάρη	602	2	—	3,4	1,5	3	—

Βόρεια								
2	Βόλβη	37	68	1247	940	13,5	22,3	–
5	Κορώνεια	75	46	350	175	3,8	9,5	–
6	Βιστονίδα	05	45	3200	140	2,5	3,5	2,8
10	Δοιράνη	145	15	420	110	5,5	10,4	–
20	Μιτρικό	2	2,1	–	2,7	0,5		–
Νότια								
	Στυμφαλία	600	3,8	153	5	1,3	2,3	–



Εικόνα 14: Οι κυριότερες ελληνικές λίμνες: Μικρικού, Βιστωνίδα, Κερκίνη, Βόλβη, Κορωνίδα, Δοΐράνη, Βεγορίτιδα, Πετρών, Ζαζάρη, Χειμαδίτιδα, Καστοριά, Μικρή Πρέσπα, Μεγάλη Πρέσπα, Πολύφωτος, Σφικιά, Ασωμάτων, Αώου, Ιωαννίνων, Πουρνάρη, Λούρου, Πλαστήρα, Κρεμαστά, Καστράκη, Στράτος, Αμβρακία, Οζερός, Λυσιμαχία, Τριχωνίδα, Μόρβου, Παραλίμνη, Υλίκη, Πηνειού. [1]

6.6. ΦΥΣΙΚΟ - ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΟΛΥΝΣΗΣ

Στον Πίνακα 5 (σελ. 83), παρουσιάζεται το εύρος για την ελάχιστη και μέγιστη τιμή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ελληνικών λιμνών σύμφωνα με κρατικούς οργανισμούς και ερευνητές. Κάποιες ιδιομορφίες που παρατηρούνται αποδίδονται σε ανθρωπογενείς επιρροές, κλιματικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά, μορφολογικούς και γεωλογικούς παράγοντες.

Η πλειοψηφία των ελληνικών λιμνών παρουσιάζει θερμική στρωματοποίηση τους καλοκαιρινούς μήνες, που είναι πιο έντονη στις βαθιές λίμνες όπως η Τριχωνίδα, η Μεγάλη Πρέσπα, η Βόλβη, η Βεγορίτιδα και η Αμβρακία. Οι παραπάνω βαθιές και μεγάλες λίμνες δεν καλύπτονται από πάγο και χαρακτηρίζονται θερμές μονομικτικές. Οι βόρειες ελληνικές λίμνες, όπως η Καστοριά, η Μικρή Πρέσπα και η λίμνη Παμβώτιδα που βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο, καλύπτονται από πάγο για λίγες μέρες μόνο κάθε 3-5 χρόνια και χαρακτηρίζονται διμεικτικές. Η μείωση οξυγόνου στις ελληνικές λίμνες, είναι ο καθοριστικός παράγοντας επηρεαζόμενος από την εμπορική αλιεία και δραστηριότητες αναψυχής. Κατά τη διάρκεια της θερινής στρωματοποίησης, οι μεγάλες και βαθιές λίμνες παρουσιάζουν κοντά στην επιφάνεια του πυθμένα τη μικρότερη τιμή κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου, ενώ οι ρηχές ανοξικό υπολίμνιο για εκτεταμένη περίοδο από το καλοκαίρι έως αργά το φθινόπωρο.

Από αυτή τη περίοδο έως αργά την άνοιξη, το υδάτινο δυναμικό των περισσότερων λιμνών είναι επαρκώς οξυγονωμένο από την επίδραση των ανέμων. Γενικότερα, η αυξανόμενη κατάσταση της μείωσης του οξυγόνου του υπολίμνιου είναι συνέπεια του εμπλουτισμού συστατικών από αλλόχθονες και αυτόχθονες πηγές, δηλαδή συνθήκες ευτροφισμού. Οι χειρότερες συνθήκες οξυγόνου παρατηρήθηκαν σε λίμνες που καταλήγουν λύματα και/ή αγροτικές αποθέσεις, όπως η Βιστονίδα, η Καστοριά, η λίμνη Παμβώτιδα και η Κορωνίδα. Σε λίμνες που παρατηρούνται κυρίως αγροτικές αποθέσεις όπως η Μικρή Πρέσπα, η Λυσιμαχεία, η Αμβρακία και η Δοϊράνη η μείωση οξυγόνου είναι μικρότερη.

Οι μέσες ετήσιες τιμές pH ποικίλουν μεταξύ 7,8 και 8,6 με μέγιστη τιμή 10,6, ενώ τα αποτελέσματα των μετρήσεων του δίσκου Secchi διαφάνειας ποικίλουν ανάλογα με το βάθος της λίμνης. Υψηλές τιμές pH και μικρή διαφάνεια σημαίνουν βιολογική δραστηριότητα κατά την παραγωγική περίοδο στο επιλίμνιο. Για την ακρίβεια, σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης Vollenweider, η πλειοψηφία των ελληνικών λιμνών είναι ευτροφικές και μόνο οι βαθιές λίμνες μπορούν να χαρακτηριστούν ως oligοτροφικές ή μεσοτροφικές.

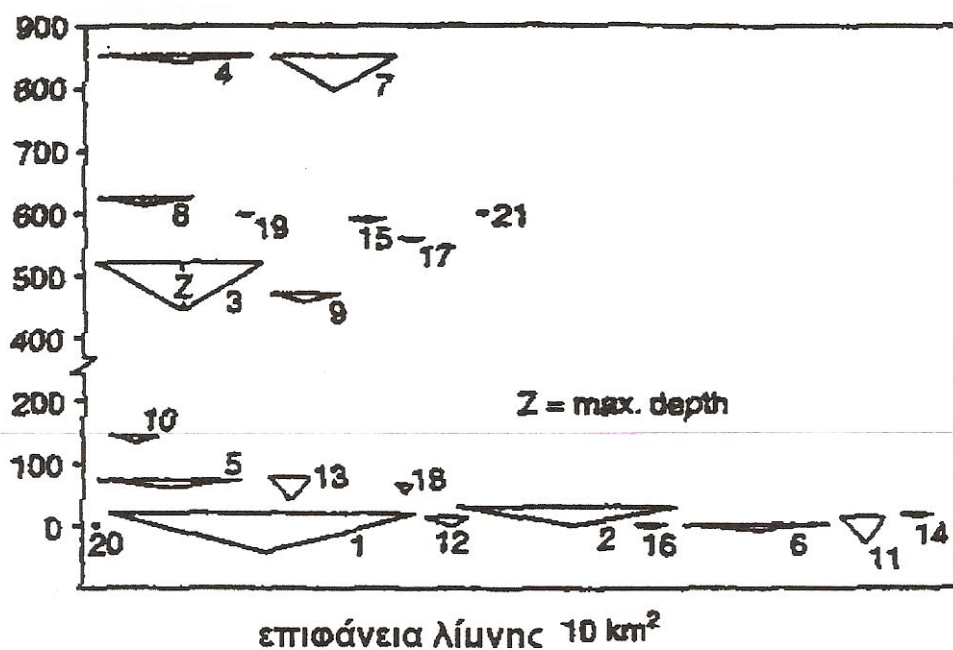
Η μέση ετήσια συγκέντρωση αλκαλικότητας ποικίλει μεταξύ 1,4 και 5,6 mval/l. Οι μικρότερες τιμές (1,4 – 2,6 mval/l) έχουν μετρηθεί στις περισσότερες λίμνες. Μέτριες τιμές (3,2-3,7 mval/l) παρατηρήθηκαν στις λίμνες Βεγορίτιδα, Δοϊράνη, Λυσιμαχεία και Χειμαδίτιδα, ενώ οι μέγιστες στη Βόλβη και στην Κορωνεία (4,7 – 7,3 mval/l) αντίστοιχα. Η χαμηλή αλκαλικότητα υποδεικνύει, σύμφωνα με τη φωτοσύνθεση, ανθρακικά κατακρημνίσματα, ενώ υψηλές τιμές προκλήθηκαν από τη διάλυση ανθρακικών από σχηματιζόμενο διοξείδιο του άνθρακα κατά την επεξεργασία της αναπνοής.

Το εύρος τιμών της αγωγιμότητας κυμαίνεται από 247 – 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ με μέγιστη τιμή να φθάνει στα 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ για τη Βιστονίδα, εξαιτίας της εισροής επιφανειακού θαλασσινού νερού. Αντίστοιχα, οι υψηλές τιμές αγωγιμότητας στις λίμνες Κορωνεία και Βόλβη σε νερό ακτών. Αυτές οι τρεις λίμνες παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ιόντων χλωρίου, ενώ η υψηλή περιεκτικότητα άλλων λιμνών οφείλεται σε αστικές αποθέσεις.

Τα υψηλότερα επίπεδα θειικών ιόντων μετρήθηκαν στην Αμβρακία και οφείλονται στην απόθεση Τριασικού γύψου. Στις λίμνες Βιστονίδα και Κορωνίδα, τα θειικά ιόντα προέρχονται πρωτίστως από την εισαγωγή θαλασσινού νερού και σε μικρότερο ποσοστό από ανθρωπογενείς πηγές. Η λίμνη Πετρών είναι εμπλουτισμένη με θειικά που προέρχονται από αρδεύσεις, ενώ στη Λυσιμαχεία καταλήγουν θειικά ιόντα από υπολείμματα Τριασικού γύψου και ανθρωπογενείς πηγές, όπως λύματα της πόλης του Αγρινίου και αγροτικές εργασίες.

Τα πρώτα σημάδια του **ποιοτικού υποβιβασμού των νερών των λιμνών** έχουν γίνει εμφανή πριν δεκαετίες. Τα τελευταία χρόνια, πολλές ελληνικές λίμνες έγιναν οι αποδέκτες αγροτικών, βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων και εμπλουτίστηκαν με θρεπτικά συστατικά, ιζήματα και βαρέα μέταλλα. Η είσοδος θαλασσινού νερού είναι ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα που είναι εμφανές στις ακτές των λιμνών. Τα επίπεδα των συστατικών είναι μείζονος

σημασίας, διότι σχετίζονται με τον ευτροφισμό. Οι βόρειες λίμνες Βεγορίτιδα, Πετρών, Χειμαδίτιδα, Ζάζαρη, και Βιστονίδα παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές. Στην πλειοψηφία, οι τιμές ολικού φωσφόρου υπερβαίνουν τα 20 $\mu\text{g/l}$, αποδεικνύοντας ότι υπάρχει ανθρωπογενής επίδραση. Σε αντίθεση, τα επίπεδα ολικού ανόργανου αζώτου υπερβαίνουν την οριακή τιμή των 0,5 mg N/l για μη μολυσμένες λίμνες εκτός από δύο. **Οι αγροτικές αποθέσεις και τα ανεπεξέργαστα λύματα είναι οι κυριότερες αιτίες εμπλουτισμού συστατικών των ελληνικών λιμνών.** Ειδικότερα, η λίμνη Βεγορίτιδα έχει αυξημένο ανόργανο άζωτο σαν αποτέλεσμα της κατάληξης λυμάτων από το εργοστάσιο λιπασμάτων. Οι λίμνες Καστοριά και Ιωαννίνων είναι εμπλουτισμένες με θρεπτικά συστατικά σαν αποτέλεσμα των αστικών οικιακών λυμάτων, ενώ στις άλλες λίμνες παρατηρούνται αγροτικά και τοπικής προέλευσης λύματα. Για την πλειοψηφία των ελληνικών λιμνών η αναλογία N/P, που καθορίζει την κύρια παραγωγικότητα είναι μεγαλύτερη από 12, κατά τη διάρκεια της άνοιξης. Αυτή η τιμή αποδεικνύει, σύμφωνα με τον OECD (1983), ότι ο περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη των αλγών είναι ο φώσφορος. Μόνο η Μεγάλη Πρέσπια, η Καστοριά και η Υλίκη έχουν αναλογία N/P αρκετά μικρότερη από 7, δικαιολογεί τη οριακή φωτοσύνθεση λόγω αζώτου.



Εικόνα 15: Μορφολογική παρουσίαση των Ελληνικών λιμνών σε σχέση με το ύψος. Το βάθος των λιμνών είναι στο ίδιο γράφημα ως ύψος τριγώνου. [1]

Σύμφωνα με τον Πίνακα 6, τα βαρέα μέταλλα φθάνουν σε υψηλές συγκεντρώσεις. Βαρέα μέταλλα θεωρούνται τα στοιχεία που έχουν υψηλή πυκνότητα και συγκεκριμένα μεγαλύτερη των 5 g/cm^3 . Έχουν συνήθως μεγάλο ατομικό βάρος, μεγαλύτερο του 20, εκτός των αλκαλικών γαιών, λανθανιδίων και ακτινιδίων. Σε αντίθεση με τις περισσότερες οργανικές ουσίες, δεν αποικοδομούνται, παραμένουν στο περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα και είναι τοξικά για το βιόκοσμο. Τοξικολογικά πειράματα σε οργανισμούς των χερσαίων και υδάτινων οικοσυστημάτων με βαρέα μέταλλα συνηγορούν για τη παρακάτω γενική σειρά τοξικότητας των μετάλλων:

ο Θαλάσσιοι οργανισμοί: $\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{As} > \text{Cr}$

ο Λειχήνες: $\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Ni}$

Από τα βαρέα μέταλλα, εκείνα που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως ρύποι, είναι ο υδράργυρος, ο μόλυβδος, το αρσενικό, το κάδμιο, το χρώμιο και το νικέλιο. Τα στοιχεία αυτά θεωρούνται ιδιαίτερα τοξικά για τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς και δεν ανήκουν στα απαραίτητα για την αύξηση και ανάπτυξή τους. Στα παραπάνω, θα μπορούσαν να προστε-

θούν και άλλα όπως ο χαλκός και ο ψευδάργυρος τα οποία παρόλο ότι είναι απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, όταν βρεθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό ή στο έδαφος είναι πολύ τοξικά. Τα περισσότερα βαρέα μέταλλα είναι τοξικά και προσλήψιμα από τους οργανισμούς.

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα, μπορεί κανείς να συνοψίσει ότι οι περισσότερο ρυπασμένες λίμνες είναι οι Κορωνίδα, Παραλίμνη, Βεγορίτιδα, Βιστονίδα και Καστοριά. Οι κυριότερες πηγές καδμίου, χαλκού και ψευδαργύρου είναι η λίπανση και υπολείμματα εντομοκτόνων. Στη περίπτωση της Βιστονίδας, υψηλά επίπεδα βαρέων μετάλλων οφείλονται και στα οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα.

Σε λίμνες που θεωρούνται 'κλειστά' υδροσυστήματα, αυτοί οι παράγοντες φαίνεται να προέρχονται από αποθέσεις καλλιεργειών και αποβλήτων. Η φωτοσύνθεση και η αναπνοή ρυθμίζουν τα επίπεδα συστατικών και ελέγχει τα ανθρακικά ιόντα, διότι η διάλυση και τα κατακρημνίσματα είναι εξαρτώμενα από διοξείδιο του άνθρακα.

Οι ελληνικές λίμνες παρουσιάζουν θερμική στρωματοποίηση και είναι στη πλειοψηφία τους μονομεικτικές. Οι ρηχές είναι ευτροφικές, ενώ οι βαθιές κατατάσσονται ως oligotroφικές και mesotroφικές. Ο ευτροφισμός των ελληνικών λιμνών είναι αποτέλεσμα εισροών προερχόμενων από αρδεύσεις, οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα. Ο ευτροφισμός, που εξαρτάται κυρίως σε φώσφορο, αυξάνει την στρωμάτωση και προκαλεί ανοξικό περιβάλλον στο υπολίμνιο από το καλοκαίρι έως αργά το φθινόπωρο ειδικά στις ρηχές λίμνες. [1]

Πίνακας 6: Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων των κυριότερων ελληνικών λιμνών (ppb). [1]

Όνομασία λίμνης	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	Cd	Hg	As
Τριχωνίδα	–	47,8	18,9	–	–	–	–	–	2,1
Βόλβη	–	5,9	4,8	–	–	–	–	–	30,2
Βεγορίτιδα	24,2	92	15,2	–	–	–	1,4	–	–
Βεγορίτιδα	1,2	16,3	0,7	8,2	–	0,5	–	0,08	–
Μικρή Πρέσπα	–	23,6	14,4	–	–	–	0,1	–	–
Μικρή Πρέσπα	0,2	1,2	0,4	2,5	–	–	–	–	2
Κορωνεία	–	115,5	3,7	–	–	–	–	–	53,7
Κορωνεία	36,8	121	21,8	–	–	15,3	1,8	0,46	–
Βιστονίδα	58,4	83,7	43,2	–	4	38,9	5	0,16	–
Καστοριά	–	32,8	6,6	–	–	–	–	–	1,1
Καστοριά	31,1	81,2	19,4	–	–	–	0,7	0,25	–
Ιωάννινα	–	33,1	5,2	–	–	–	–	–	1,9
Δοιράνη	–	40	9,6	–	–	–	–	–	43,3
Δοιράνη	22,3	62,5	12,4	–	–	–	1,6	0,04	–
Στυμφαλία	–	22,8	9,7	–	–	–	–	–	2,2
Παραλίμνη	–	112	39,3	–	–	–	–	–	3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

7.1 ΚΟΥΡΝΑΣ – ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗ

Η περιοχή των υγροτόπων «Κουρνά - Γεωργιούπολης» βρίσκεται στην Βόρειο-Ανατολική πλευρά του Νομού Χανίων. Απέχει 39 km από την πόλη των Χανίων και 11 km από την πόλη του Ρεθύμνου. Η περιοχή Life περιλαμβάνει την λίμνη Κουρνά και τα παράχθια συστήματά της, το τμήμα του εδάφους και τα διάφορα ρέματα που εκβάλουν προς βορρά στην παραλία, το έλος, τις πηγές και τις αμμοθίνες της Γεωργιούπολης και τμήμα της βραχώδους ακτής βόρεια και δυτικά της Γεωργιούπολης. Η περιοχή Life αποτελεί υποπεριοχή της αντίστοιχης περιοχής NATURA 2000. Στην NATURA 2000 έχει καταχωρηθεί με τα εξής στοιχεία:

- **SITECODE:** A4340010
- **SITE NAME:** ΔΡΑΠΑΝΟ – ΠΑΡΑΛΙΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ – ΛΙΜΝΗ ΚΟΥΡΝΑ
- **ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:** 24⁰ 26' 0 **ΠΛΑΤΟΣ:** 35⁰ 35' 0
- **ΕΚΤΑΣΗ:** 3092 ha
- **ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ:** 0 **ΜΕΓΙΣΤΟ:** 527 **ΜΕΣΟ:** 130

Ως υγρότοποι έχουν καταχωρηθεί στην ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ - ΕΚΒΥ με τα εξής στοιχεία:

ΛΙΜΝΗ ΚΟΥΡΝΑ

- ❖ **ΚΩΔΙΚΟΣ:**434380000
- ❖ **ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ:** ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ: 24⁰ 16' 26'' ΠΛΑΤΟΣ: 35⁰ 21' 50''
- ❖ **ΕΚΤΑΣΗ:**60 ha
- ❖ **ΤΥΠΟΣ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥ:** Εσωτερική μονίμως κατακλυσμένη λίμνη γλυκού νερού.

ΕΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ

- ❖ **ΚΩΔΙΚΟΣ:** 434382000
- ❖ **ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ:** ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ: 24⁰ 18' 10'' ΠΛΑΤΟΣ: 35⁰ 19' 54''
- ❖ **ΕΚΤΑΣΗ:** 300 ha
- ❖ **ΤΥΠΟΣ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥ:** Παράκτιο μονίμως και περιοδικώς κατακλυσμένο έλος αλμυρού – υφάλμυρου νερού

Πρόγραμμα: Life Δυτικής Κρήτης

Τίτλος έργου : «Διαχείριση και προστασία απειλούμενων βιότοπων της δυτικής Κρήτης με οικοτόπους και είδη προτεραιότητας»

Αριθμός LIFE 95/GR/A22/GR/01143/KRI.ΣΥΜΒΑΣΗ με αριθμό B4-3200/95/850.

Παράταση με την με αρ. 24-2-98/ΧΙ/003371 Απόφαση

Συνεργαζόμενοι φορείς:

- ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΥΤ. ΚΡΗΤΗΣ
- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ / ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
- ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΑΝΙΩΝ
- ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΒΑΘΗΣ ΧΑΝΙΩΝ
- ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΓΡΑΜΒΟΥΣΑΣ ΧΑΝΙΩΝ
- ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΑΓΙΑΣ ΧΑΝΙΩΝ
- ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ ΧΑΝΙΩΝ
- ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΑΣΩΜΑΤΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ

1)ΟΙ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Οι περιοχές εφαρμογής του προγράμματος είναι πέντε της περιοχής Δυτ. Κρήτης. Οι περιοχές αυτές είχαν προταθεί κατά την διάρκεια του προγράμματος και έχουν ενταχθεί στις περιοχές NATURA 2000. Η συμβολή του προγράμματος για την ένταξή τους στο NATURA 2000 ήταν σημαντική. Οι περιοχές NATURA 2000 καταλαμβάνουν μεγαλύτερο τμήμα από το αντίστοιχο του προγράμματος LIFE / Δυτ. Κρήτης. Οι περιοχές του προγράμματος με την ονομασία που από την αρχή χρησιμοποιήθηκε είναι οι παρακάτω:

- **ΕΛΑΦΟΝΗΣΟΥ**
- **ΓΡΑΜΒΟΥΣΑΣ**
- **ΑΓΙΑΣ**
- **ΚΟΥΡΝΑ-ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ**
του *N. Χανίων* και
- **ΠΡΕΒΕΛΗ** του *N. Ρεθύμνου* [11]

7.2 ΛΙΜΝΗ ΚΟΥΡΝΑ – ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ

Νότια της Γεωργιούπολης. Υπάρχει σήμανση στο 40⁰ χιλιόμετρο της εθνικής οδού Χανίων - Ρεθύμνου.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η μοναδική φυσική λίμνη με γλυκό και μόνιμο νερό στην Κρήτη. Έχει επιφάνεια 60 ha (=0,6 km²), βρίσκεται 2,5 km από την θάλασσα σε υψόμετρο από την στάθμη της 15 - 20 m και είναι μέρος του δικτύου Natura 2000 όπως έχει ήδη αναφερθεί. Η λίμνη έχει μέγιστο βάθος 22,5 (θερινή εποχή) – 29,0 m ανάλογα την εποχή, ενώ το βαθύτερο σημείο της βρίσκεται 3,5 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Η τροφοδοσία της λίμνης γίνεται από την ορεινή μάζα των Λευκών Ορέων μέσω της πηγής στην θέση Αμάτι, η οποία βρίσκεται στο ΝΑ άκρο σε βάθος 16,5 m. Το μέγιστο μήκος της από Β – Ν είναι 1080 m, ενώ το μέγιστο πλάτος της από Α – Δ είναι 880 m. Με βάση τη θερινή της στάθμη η λίμνη καταλαμβάνει έκταση 579 στρέμματα, όγκο 7.484.736 m³ και υψόμετρο επιφανείας περίπου 19 m. Το ύψος της χειμερινής υπερχειλίσης φτάνει μέχρι και τα 3,5 m, ενώ η απόστασή της από τον ομώνυμο οικισμό <<Κουρνά>> ΒΔ είναι 2,3 km. Εντυπωσιακό τοπίο σε συνδυασμό με τη μορφολογία των βουνών στα δυτικά και νότια, καθώς και τη γύρω βλάστηση. Στην αρχαιότητα ο ομώνυμος οικισμός υπήρχε με το όνομα Κόριον και η λίμνη ονομαζόταν Κορησία. Στην περιοχή υπήρχε και ιερό της Αθηνάς Κορησίας. Ο Εμ. Γενεράλις πιστεύει ότι το όνομα προέρχεται από το αραβικό *kuhna* που σημαίνει λουτρό. Η περιοχή αναφέρεται στην επαρχία Αποκορώνου το 1577 από τον Fr.Barozzi και τον Καστροφύλακα. Στην Κουρνά σώζονται βυζαντινές εκκλησίες με υπολείμματα βυζαντινών τοιχογραφιών. [11, 12,13,14,15,16]

ΟΡΝΙΘΟΠΑΝΙΔΑ

Η λίμνη προσελκύει σημαντικό αριθμό υδροβίων πτηνών, αλλά ελάχιστα μένουν για να φωλιάσουν. Η περιοχή είναι ξακουστή για τα μαυροβουτηχτάρια που φτιάχνουν εντυπωσιακές ομάδες το χειμώνα. Άλλα ενδιαφέροντα πουλιά μπορούν να παρατηρηθούν τόσο στην επιφάνεια της λίμνης, όσο και στην γύρω περιοχή. Υπάρχει μια σχετική όχληση από τα θαλάσσια ποδήλατα, γι' αυτό η καλύτερη ώρα παρατήρησης είναι νωρίς το πρωί εκτός τις Κυριακές, παρόλο που ο τρέχων κατάλογος πουλιών ξεπερνά τα 206 είδη. Φωλιάζουν το ναοβουτηχτάρι, η ωχροστρισιίδα, το ψευταηδόνι, ο τρυποφράχτης, η γαλαζοπαπαδίτσα και στις γύρω περιοχές ο κόρακας, η γερακίνα, ο γαλαζοκότσυφας και η ασπροκώλα. Άλλα σημαντικά είδη: βαλτόπαπια, ψαλίδα, σαρσέλα, σκουφοβουτηχτάρι, φαλαρίδα, κορμοράνος, λαγγόνα, αλκυόνη, νυκτοκόρακας, λασπότρυγγας.

Τα ναοβουτηχτάρια είναι παρόντα όλο το χρόνο και φωλιάζουν, ενώ η σαρσέλα είναι (*Anas querquedula*) η πιο κοινή αγριόπαπια την άνοιξη και νωρίς το φθινόπωρο. Επίσης, το κικίρι (*Anas crecca*) και το γκισάρι (*Aythya ferina*) παρατηρούνται το χειμώνα. Η βαλτόπαπια (*Aythya nyroca*), που είναι ένα παγκόσμια απειλούμενο είδος, παρατηρείται σ' αυτήν την περιοχή κυρίως το φθινόπωρο, επιβεβαιώνοντας τη διεθνή σημασία της περιοχής. Σπανιότερα παρατηρούνται ο κορμοράνος (*Phalacrocorax carbo*), η λαγγόνα (*Phalacrocorax pygmeus*) και το σκουφοβουτηχτάρι (*Podiceps cristatus*) που τρέφονται με ψάρια. Τα κοινότερα μεταναστευτικά παρυδάτια είδη της περιοχής είναι ο σταχτοτσικνιάς (*Ardea cinerea*), ο λευκοτσικνιάς (*Ergetta garzetta*), ο κρυπτοτσικνιάς (*Ardeola ralloides*), η χαλκόκοτα (*Plegadis falcinellus*), ο λασπότρυγγας (*Tringa glareola*), ο καλαμοκανάς (*Himantopus himantopus*), ο νυκτοκόρακας (*Nycticorax nycticorax*), ο δασότρυγγας (*Tringa ochropus*) και η αλκυόνη (*Alcedo atthis*). Στην παρόχθια βλάστηση βρίσκουν καταφύγιο το χειμώνα ο κοκκινολαίμης (*Eritacus rubecola*), η τσίχλα (*Turdus philomelos*) και ο μαυροσκούφης (*Sylvia articularis*), ενώ την άνοιξη έρχεται να φωλιάσει η ωχροστρισιίδα (*Hippolais pallida*).

Ανάμεσα στα μόνιμα πουλιά τα πιο κοινά είναι το ψευταηδόνι (*Cettia cetti*), η γαλαζοπαπαδίτσα (*Parus caeruleus*) και ο φλώρος (*Carduelis chloris*).

Στην παραλία παρατηρείται ο ποταμοσφυρίκτης (*Charadrius dubius*), που κινδυνεύει επειδή οι αμμοθίνες που φωλιάζει μειώνονται.

Στις απότομες πλαγιές και τις δασικές εκτάσεις κοντά στη λίμνη, φωλιάζουν μεταξύ άλλων το βραχοκικινέζο (*Falco tinnunculus*), η ασπροκώλα (*Oenanthe hispanica*), ο γαλαζοκότσυφας (*Monticola solitarius*), ο τρυποφράχτης (*Troglodytes troglodytes*) και η κίσσα (*Garrulus glandarius*). Στη γύρω περιοχή παρατηρούνται συχνότερα η γερακίνα (*Buteo buteo*) και ο πετρίτης (*Falco peregrinus*) που φωλιάζουν στην περιοχή, ο σφηκιάρης (*Pernis ptilorhynchus*) και ο καλαμόκιρκος (*Circus aeruginosus*), που είναι περαστικά και το τσιχλογέρακο (*Accipiter nisus*) που διαχειμάζει εδώ.

Η ευρύτερη περιοχή προσφέρει πολλές ευκαιρίες για παρατήρηση ειδών που σπάνια απαντώνται στην Ελλάδα ή και στην υπόλοιπη Ευρώπη, όπως τα όρνια (*Gyps fulvus*), ο γυπαετός (*Gypaetus barbatus*), ο μαυροπετρίτης (*Falco eleonorae*), ο ήταυρος (*Botaurus stellaris*), ο σικταετός (*Aquila clanga*) και ο μαυροπελαργός (*Ciconia nigra*). [17]

ΛΟΙΠΗ ΠΑΝΙΔΑ

Στη λίμνη υπάρχουν επτά είδη ιχθύων, από τα οποία η ποταμοσαλιάρα (*Blennius fluviatilis*) και η αθερίνα (*Atherina boyeri*) υπάρχουν μόνο εδώ από όλα τα γλυκά νερά της Κρήτης. Ακόμα συναντάμε τα: κουνουπόψαρο (*Gambusia affinis*), κέφαλος (*Liza ramada*), χέλι (*Anquilla anquilla*), πεταλούδα (*Carassius auratus gibelio*) και ιριδιζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*). Τα τρία είδη αμφιβίων της Κρήτης: κρητικός βάτραχος (*Rana cretensis*), δενδροβάτραχος (*Hyla arborea*) και φρύνος (*Bufo viridis*), αλλά επίσης η νεροχελώνα (*Mauremys rivulata*) και το νερόφιδο (*Natrix tessellata*) σε μεγάλους πληθυσμούς. Έχει εισαχθεί η αμερικάνικη ποταμοχελώνα (*Trachemys scripta elegans*). Στην περίμετρο της λίμνης παρατηρείται σε αφθονία η σαύρα *Podarcis erhardii* και, μεταξύ άλλων τα: μαυριτανικό σαμιαμίθι (*Tarentola mauritanica*), σπιτικό σαμιαμίθι (*Hemidactylus turcicus*), τρανόσαυρα (*Lacerta trilineata*), λιακόνη (*Chalcides ocellatus*), δεντρογαλιά (*Coluber gemonensis*), όχεντρα (*Elaphe situla*), όφις (*Telescopus fallax*), άρκαλος (*Meles meles*), καλλιγιαννού (*Mustela nivalis*), ζου-

ρίδα (*Martes foina*), σκαντζόχοιρος (*Erinaceus concolor*), μυγαλή (*Crocidura suaveolens*), νανομυγαλή (*Suncus etruscus*), λαγός (*Lepus europaeus*), αγκαθοποντικός (*Acomys minous*), δασοποντικός (*Apodemus sylvaticus*).

Αξίζει, όμως, να γίνει ιδιαίτερη αναφορά σε τέσσερα είδη τα οποία χαρακτηρίζονται ως προτεραιότητας σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή και Ελληνική νομοθεσία: το σπιτόφιδο (*Elaphe situla*), η νεροχελώνα (*Mauremys rivulata*), η θαλάσσια χελώνα (*Caretta caretta*) και η μεσογειακή φώκια (*Monachus monachus*), όπου ειδικά η τελευταία αποτελεί το πιο απειλούμενο θηλαστικό της Ευρώπης και είναι ένα από τα 10 πιο απειλούμενα στον κόσμο. [17]

ΧΛΩΡΙΔΑ

Γύρω από τη λίμνη υπάρχουν φυσικοί φράκτες (χαρακτηριστικό της λίμνης) από Λυγαριές, (*Vitex agnus-castus*) Αστύρακες (*Styrax officinalis*), Βάτα (*Rubus sanctus*), πικροδάφνες (*Neium oleander*), Μυρτιές (*Myrtus communis*), αγριάμπελα (*Vitis vinifera* ssp. *Silvestris*) και συκιές (*Ficus carica*). Νοτιοανατολικά της λίμνης υπάρχει δάσος πρίνου (*Quercus coccifera*) μαζί με αστύρακες (*Styrax officinalis*), λιοπρίνια (*Phillyrea latifolia*), ασπαλάθους (*Calicotome villosa*), φιλλύκια (*Phillyrea latifolia*) και δεινιόειδες φλώμους (*Euphorbia dendroides*). Νωρίς την άνοιξη έχουμε τα κρητικά κυκλάμινα (*Cyclamen creticum*) και την ενδημική της Κρήτης πετρομαρουλίδα (*Petromarula pinnata*). Μέσα στα νερά της περιοχής αναπτύσσονται υδρόβια είδη, όπως ο ποταμογείτονας (*Potamogeton pectinatus*) και η <<φακή του νερού>> (*Lemma minor*), που είναι από τα μικρότερα φυτά της Κρήτης. Πρόσφατα στη λίμνη εντοπίστηκε για πρώτη φορά στην Κρήτη, η υδρόβια <<αγκαθωτή ναιάδα>> (*Najas marina*). Στο φύλλωμά της βρίσκουν τροφή και καταφύγιο ψάρια και ασπόνδυλα που ζουν στη λίμνη. Στα υφάλμυρα έλη και τις πηγές της περιοχής, φυτρώνουν κυρίως αλόφιλα είδη, όπως βούρλα (*Juncus subulatus*), ξιφάρα (*Carex extensa*), ραγάζι (*Scirpus maritimus*) και άφθονα αγριοκάλαμα (*Phragmites australis*). Στις αμμοθίνες, ανατολικά της Γεωργιούπολης, φιλοξενούνται ευαίσθητα αμμόφιλα είδη, όπως η ψάθα (*Ammophila arenaria*), ο έλυμος (*Elymus farctus*), ο θαλασσόκρινος (*Pancratium maritimum*), η βρούβα της θάλασσας (*Cakile maritima*), το γαλανάγκαθο (*Eryngium maritimum*) και ο φλώμος της παραλίας (*Euphorbia paralias*). Στο ακρωτήριο Δράπανο, σε απότομα ψηλά βράχια υπάρχουν μικρές συστάδες με φοίνικες του Θεόφραστου (*Phoenix theophrastii*), που είναι είδος αυστηρά προστατευόμενο. Στην ευρύτερη θαλάσσια περιοχή και μέχρι το βάθος που φτάνει το φως του ήλιου, υπάρχουν διαπλάσεις «λιβάδια» με το φυτό ποσειδώνια (*Posidonia oceanica*), που αποτελεί καταφύγιο πολλών ψαριών και ένδειξη καθαρής θάλασσας. [17]

ΕΠΟΧΗ - ΚΛΙΜΑ

Το κλίμα της περιοχής είναι μεσογειακό με θερμό και ξηρό καλοκαίρι και βροχερό και ήπιο χειμώνα. Αυτό βρίσκεται υπό την επίδραση τόσο **α) του Κρητικού πελάγους**, όπου πνέουν ισχυροί βόρειοι άνεμοι κατά το χειμώνα και ασθενείς κατά το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, όσο και **β) του Ιονίου πελάγους**, κυρίως ως προς τη βροχερότητα, δεδομένου ότι εκεί καταφθάνουν τα βροχερά νέφη. Ο χειμώνας αρχίζει από το πρώτο δεκαήμερο του Νοεμβρίου με βροχές μεγάλης, συνήθως, εντάσεως και παρατείνεται μέχρι το μήνα Μάρτιο. Η άνοιξη είναι μικρής διάρκειας: από τον Απρίλιο μέχρι αρχές Μαΐου και χαρακτηρίζεται συνήθως από μικρές βροχοπτώσεις. Το καλοκαίρι αρχίζει από τα μέσα Μαΐου και διαρκεί έως το τέλος του Σεπτεμβρίου με ελάχιστες βροχοπτώσεις. Τέλος, το φθινόπωρο αρχίζει από τα τέλη Σεπτεμβρίου και διαρκεί μέχρι αρχές Νοεμβρίου. Το χιόνι αποτελεί σπάνιο φαινόμενο για την περιοχή. Τα πρώτα χιόνια πέφτουν κατά τα μέσα Δεκεμβρίου και καλύπτουν τις κλιτύς και τα υπερκείμενα υψώματα της εξεταζόμενης περιοχής. Ολικό παγετό δεν εμφανίζονται ποτέ στην περιοχή, ενώ η καλύτερη περίοδος για παρατήρηση πουλιών είναι αργά το φθινόπωρο, το χειμώνα και νωρίς την άνοιξη. (για την μελέτη των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής χρησιμοποιούνται βροχομετρικά στοιχεία από σταθμό της ΥΕΒ εγκατεστημένο στο Μουρί, που αποτελεί λεκάνη της λίμνης Κουρνά, σε υψόμετρο 24 m και έχει γεωγραφικές συντεταγμένες : πλάτος 35⁰ 20' και μήκος 24⁰ 17' και λειτουργεί από το 1964. Επίσης, χρησιμοποιούνται κλιματολογικά στοιχεία του Σταθμού του Ινστιτούτου Υποτροπικών και Ελιάς Χανίων

στους Αρμένους σε υψόμετρο 50 m και έχει γεωγραφικές συντεταγμένες : πλάτος 35^ο 25' και μήκος 24^ο 9' , ενώ λειτουργεί από το 1978). [11]

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ – ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το ανάγλυφο της περιοχής περιλαμβάνει δυο μορφολογικές ζώνες: την παραλιακή ζώνη και την εσωτερική ορεινή ζώνη των Λευκών Ορέων.

- Η **παραλιακή ζώνη** είναι σχεδόν επίπεδη. Ξεκινάει με υψόμετρο 100 m και κλίνει ομαλά έως το επίπεδο της θάλασσας με κλίση 4% περίπου. Δυτικά της λίμνης, το ανάγλυφο αρχίζει να γίνεται λοφώδες. Αυτή η ζώνη καλύπτεται από Νεογενείς αποθέσεις και σε υψόμετρο 5 m από το επίπεδο της θάλασσας, από κόκκινες Πλειστόκαινες αποθέσεις και νεώτερες προσχωματικές αποθέσεις. Στο άκρο περίπου αυτής της ζώνης είναι η λίμνη του Κουρνά.
- Η **εσωτερική ορεινή ζώνη των Λευκών Ορέων** έχει ανώμαλη επιφάνεια με πολύ απότομες πλαγιές. Έχει σχήμα βαθουλωτού καθίσματος με άξονα από Δύση προς Ανατολή και καλύπτεται από ασβεστόλιθους. Το ανώμαλο ανάγλυφο οφείλεται σε τεκτονικές αιτίες, αλλά και στην καρστική δράση.

Η ακτή Γεωργιούπολης έχει μήκος περί τα 9 km και πλάτος 100 – 250 m και αποτελείται από επίπεδη αμμώδη παραλία από σχηματισμούς θαλάσσιας άμμου. Το πλάτος τους κυμαίνεται από 30 – 120 m και σχηματίζουν μικροθίνες ύψους 1 – 3 m. Πίσω από αυτή τη ζώνη εκτείνονται υγρά λιβάδια και καλλιεργούμενοι αγροί, ενώ στο βάθος ορθώνεται ο ορεινός όγκος των Λευκών Ορέων.

Στο δυτικό άκρο της παραλιακής ζώνης, στο μυχό του κόλπου, βρίσκεται το τέλμα Γεωργιούπολης – Αλμυρού, γύρω και μέσα στον οικισμό Γεωργιούπολης. Το τέλμα τροφοδοτείται από πολλές μικρές πηγές συνεχούς ροής. Στο ίδιο μέρος συναντάμε και τις εκβολές του Αλμυρού ποταμού. Πρόκειται για ένα χείμαρρο με μεγάλη παροχή νερού που δεν ξεραινεται εντελώς το καλοκαίρι, αλλά διατηρεί άφθονα τέλματα στην κοίτη του, φιλοξενώντας εκεί μια υδρόβια πανίδα αντίστοιχη με ενός ποταμού μόνιμης ροής.

Εσωτερικά από το τέλμα και τον οικισμό Γεωργιούπολης παράλληλα με την ακτή διέρχεται η εθνική οδός Χανίων – Ηρακλείου. [11]

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Τα πετρώματα που αποτελούν τη γεωλογική δομή της περιοχής είναι τα εξής :

- **Οι φαιομέλανες ασβεστόλιθοι των Λευκών Ορέων:** Είναι ασβεστόλιθοι σχηματισμένοι σε στρώσεις παχών πλακών και εκτείνονται Νότια και ΒΔ της λίμνης του Κουρνά. Οροθετούνται από μια εμφανή τεκτονική εξάρθρωση ΒΔ – ΝΑ διεύθυνσης. Δεν εμφανίζουν πτυχώσεις, ενώ παρουσιάζονται κατακερματισμένοι κοντά στις τεκτονικές ζώνες. Η ενότητα αυτή έχει έντονο καρστικό χαρακτήρα. Σε όλη τη μάζα των ασβεστόλιθων έχει αναπτυχθεί ένα ενιαίο και εκτεταμένο δίκτυο μικροκάρστ. Στα ΒΔ της λίμνης ο ασβεστολιθικός όγκος επεκτείνεται προς την παράκτια περιοχή της Γεωργιούπολης και τις ομώνυμες πηγές και μέχρι το χωριό Φονές, ενώ προς τα ΝΑ προχωρεί μέχρι το βύθισμα Ασή Γωνιάς - Αργυρούπολης.

- **Ενότητα Φυλλίτες και Χαλαζίτες:** Η σειρά Φυλλίτες και Χαλαζίτες είναι τοποθετημένη ακριβώς πάνω από τους ασβεστόλιθους. Περιλαμβάνει πετρώματα διαφόρων εποχών, προέλευσης και βαθμού μεταμόρφωσης. Το κύριο τμήμα της σειράς αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους, φυλλίτες και χαλαζιακούς φυλλίτες. Η σειρά εμφανίζεται ΒΔ της λίμνης, Νότια του οικισμού Κάστελλου και ΝΔ του βυθίσματος Ασή Γωνιάς – Αργυρούπολης. Η όλη ενότητα φυλλίτες – χαλαζίτες και οι φαιοί – μαύροι ασβεστόλιθοι ανήκουν στην μάζα των ημι – μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Νότιας Πελοποννήσου και Κρήτης.

- **Νεογενή:** Οι Νεογενείς σχηματισμοί, οι μάργες και οι μαργαικοί ασβεστόλιθοι γεμίζουν το βύθισμα ΒΑ της τεκτονικής διαταραχής (από την Γεωργιούπολη ΒΔ έως τον οικισμό Κάτω Βαλσαμόνερο Ανατολικά). Οι μάργες εμφανίζονται στο σύνολο της λοφώδους περιοχής μεταξύ της λίμνης και του οικισμού Επισκοπής, καθώς επίσης και στην κοιλάδα του οικισμού Αλμυρός μέχρι την Γεωργιούπολη και έχουν κιτρινωπό χρώμα. Οι μαργαικοί ασβεστόλιθοι αναπτύσσονται στους πρόποδες των βουνών και είναι λευκοί, συμπαγείς και παρουσιάζουν έντονη καρστική διάβρωση. Επεκτείνονται και φτάνουν τις Νότιες – ΝΑ παρυφές της λίμνης.

• **Νεότερες αποθέσεις:** Διακρίνονται σε δυο βασικούς τύπους: 1) στα κοκκινοχώματα της περιοχής Ασπρουλιανών προς το Βορρά της λίμνης και 2) στις αργιλοαμμώδεις αποθέσεις, ως αμμώδεις αποθέσεις της παράκτιας ζώνης.

Τα κοκκινοχώματα έχουν πάχος 15 m περίπου και αποτελούνται από ερυθρά αργιλικά υλικά με κροκάλες. Περιλαμβάνουν χαλίκια και άλλα κομμάτια με γωνίες που είναι σχεδόν αποκλειστικά φυλλιτικής προέλευσης. Κάτω από αυτά υπάρχουν μάργες.

Οι αργιλοαμμώδεις αποθέσεις καταλαμβάνουν το χώρο της παράκτιας περιοχής Γεωργιούπολης και βαίνουν σταδιακά προς την παραλία σε αμμώδεις. [11]

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην περιοχή ξεχωρίζει μια χαρακτηριστική ενότητα ρηγματογόνου τεκτονικής που ονομάζεται **<< τεκτονική τάφρος >>** της λίμνης του Κουρνά. Σε αυτήν επικρατούν ρήγματα ΝΑ – ΒΔ.

Κατακόρυφες δυνάμεις επέδρασαν στην δημιουργία της τάφρου με κατεύθυνση ΝΑ – ΒΔ και ΒΔ – ΝΔ. Εκτός από τα προηγούμενα ρήγματα έχουν παρατηρηθεί και άλλα με μικρότερη συχνότητα και με κατεύθυνση Α – ΝΑ και Δ – ΒΔ.

Το βύθισμα της λεκάνης διαμορφώνεται στο σημείο όπου συναντιόνται οι δυο, σχεδόν κάθετες, κατευθύνσεις της ρηγματογενούς ζώνης. Ένα ρήγμα με κατεύθυνση Β – ΒΔ και Ν – ΝΑ που είναι το ανατολικό όριο της δυτικής περιοχής, φαίνεται να υπήρξε σημαντικός παράγοντας στην δημιουργία της λίμνης. Υπάρχει πιθανότητα να συνεχίζεται το ρήγμα κάτω από τη λίμνη και να επανεμφανίζεται στο σημείο της ανάβλυσης.

Οι γεωτρήσεις της ΥΔΡΟΓΑΙΑ (1972) δείχνουν ότι ανατολικά του ρήγματος ο πυθμένας της λίμνης αποτελείται από μαργαικά υλικά, ενώ στη δυτική πλευρά κάτω από λίγα μέτρα βάθους υλιομαργαϊκού υλικού, ο πυθμένας αποτελείται από ασβεστόλιθους. Το ρήγμα θεωρείται ότι δημιουργήθηκε νωρίτερα από τις νεογενείς αποθέσεις και ότι επανενεργοποιήθηκε μετά την απόθεση. Αυτό συμπεραίνεται από την μεγάλη κλίση των Νεογενών κοντά στις ζώνες των τεκτονικών διαταραχών. **Γενικά, τα εδάφη της περιοχής παρουσιάζουν μικρό βαθμό διάβρωσης. Επίσης, μεγάλο τμήμα της περιοχής έχει μεγάλες συγκεντρώσεις από CaCO₃ και το pH είναι ουδέτερο έως ημι-αλκαλικό.** [11]

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην περιοχή παρατηρούνται 3 τύπων υδρογεωλογικοί σχηματισμοί ανάλογα με την υδατοπερατότητά τους:

• **Υδροπερατοί σχηματισμοί που αποτελούνται από καρστικούς ασβεστόλιθους των Λευκών Ορέων:** Τα Λευκά Όρη αποτελούν τον κύριο υδροσυλλέκτη της Δυτικής Κρήτης λόγω της έκτασής τους, του υψομέτρου τους και του έντονου τεκτονικού και καρστικού τους χαρακτήρα. Ένα πυκνό δίκτυο μικροκάρστ και διαρρήξεων διαμορφώνουν το ενεργό πορώδες των ασβεστόλιθων, περίπου 13%.

• **Οι αδιαπέρατοι υδατοστεγείς σχηματισμοί:** Οι αδιαπέρατες – στεγανές μάργες, φυλλίτες, χαλαζίτες και τα κόκκινα εδάφη. Αυτοί οι σχηματισμοί σε συνδυασμό με την τεκτονική δομή και τα μικροκάρστ διαμορφώνουν 3 ανεξάρτητες υδρογεωλογικές υπο-λεκάνες και 3 κύριες κατευθύνσεις εκφόρτωσης των υπογείων καρστικών σταθμών νερών. Οι κατευθύνσεις είναι προς τις πηγές Αλμυρού – Γεωργιούπολης, την λίμνη του Κουρνά και τις πηγές Αργυρούπολης. Ο ετήσιος όγκος εκφόρτωσης του νερού έχει υπολογιστεί ως $300 * 10^6 \text{ m}^3$. Η ανάλογη σε αυτήν την παροχή υδρογεωλογική λεκάνη έχει υπολογιστεί ότι είναι υψηλότερη των 200 km².

• **Οι μερικώς υδροπερατοί σχηματισμοί:** Ημιστεγανά υλιομαργαϊκά υλικά και παραλιακές αργιλοαμμώδεις αποθέσεις. [11]

ΓΕΝΙΚΑ

Η λίμνη Κουρνά είναι ένας σημαντικότερος υγρότοπος και σταθμός ξεκούρασης για τα μεταναστευτικά πουλιά άνοιξη και φθινόπωρο. Είναι μια φυσική λίμνη με αρκετό νερό που

πηγάξει από τα Λευκά Όρη. Αποτελεί έναν σημαντικό φυσικό ταμειυτήρα νερού για τη φύση, για την άρδευση, αλλά και για την ύδρευση. Το νερό της είναι ελαφρά αλμυρό, ενώ σε παλιότερες μετρήσεις είχε βρεθεί μολυσμένο κυρίως από βόθρους. Πολλές περιοχές του Νομού (και η συγκεκριμένη) δεν διαθέτουν βιολογικούς καθαρισμούς, με αποτέλεσμα συχνά οι αποχετεύσεις να μολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα είτε σκόπιμα, είτε από διαρροή από βόθρους.

Η όχθη της λίμνης Κουρνά γνωρίζει σημαντική τουριστική ανάπτυξη με τη λειτουργία ταβερνών, καφενείων, ξενοδοχείων αλλά και κατοικιών πολύ κοντά στην ακτή, με ομάδες τουριστών που επισκέπτονται για περιήγηση τη λίμνη και καταλήγουν στις ταβέρνες κι επιχειρήσεις της περιοχής, αποτελώντας σημαντική πηγή εισοδήματος. Δεν πρέπει όμως να παραλείψουμε να αναφέρουμε ότι υπάρχει ακόμη σημαντική ασάφεια σε ό,τι αφορά το νομικό καθεστώς γύρω από τη λίμνη, η οποία ως σημαντικός υγρότοπος έχει ενταχθεί στο Δίκτυο Προστασίας Σημαντικών Οικότοπων «ΦΥΣΗ 2000». Καθώς απουσιάζει ο διαχειριστικός φορέας που προβλέπεται από το Δίκτυο «ΦΥΣΗ 2000», παρατηρούνται πολλές αυθαίρετες ενέργειες, ενώ επιχειρήσεις ή δραστηριότητες που είναι νόμιμες σύμφωνα με τη μία κρατική υπηρεσία, είναι παράνομες σύμφωνα με κάποια άλλη. Όλη αυτή η σύγχυση γύρω από το νομικό καθεστώς κι η απουσία διαχειριστικού φορέα οδηγεί στην όξυνση της αυθαιρείας, κάτι που είναι σε βάρος του σημαντικού αυτού υγρότοπου, και τελικά σε βάρος και της ντόπιας οικονομίας που αναπτύσσεται γύρω και σε σχέση με τη λίμνη Κουρνά. Διότι ενδεχόμενη καταστροφή της λίμνης εκτός από συνέπειες στη φύση (απώλεια σημαντικού καταφυγίου για τα μεταναστευτικά πουλιά κι ενός σημαντικού βιότοπου) θα έχει και συνέπειες καταστροφικές στην τοπική οικονομία.

Το κυνήγι στις όχθες της λίμνης Κουρνά έχει απαγορευτεί κι η περιοχή έχει κηρυχτεί καταφύγιο άγριας ζωής. Η βόσκηση ζώων συνεχίζεται στις όχθες.

Σ' ό,τι αφορά τη χλωρίδα παρατηρούμε μυρτιές, λυγαριές, βατόμουρα, άγρια αμπέλια, σφάκες, αρμυρίκια, μουριές αλλά και ξενόφερτους φοίνικες που είχαν φυτέψει προφανώς κάποιοι μαγαζάτορες. Από πλευράς πανίδας στη λίμνη υπάρχουν πολλές φαλαρίδες, νανοβουτηχτάρια αλλά και γεράκια. Κυκλοφορούν και κάποιες χήνες, ενώ σημαντικό πρόβλημα για τη λίμνη αποτελούν τα χρυσόψαρα που κάποιος άφησε μέσα στο νερό κι έχουν πολλαπλασιαστεί ανατρέποντας την οικολογική ισορροπία της λίμνης. Η μόνη λύση που προτείνεται μέχρι στιγμής είναι η αλίευσή τους με τη συνεργασία Δήμου Γεωργιούπολης και Διεύθυνσης Αλιείας.

Για την προστασία του υγρότοπου και τον έλεγχο των δραστηριοτήτων γύρω από τη λίμνη αναπτύσσονται ενέργειες του υπηρεσιών του Δήμου Γεωργιούπολης σε συνεργασία με το Τμήμα Φυσικών Πόρων του ΤΕΙ Κρήτης. Μία από τις ενέργειες των υπηρεσιών του Δήμου είναι η οριοθέτηση των Ζωνών του υγρότοπου, ώστε να υπάρξει κάποιος έλεγχος δραστηριοτήτων, όπως π.χ. το να μην προσεγγίζουν σε ορισμένες περιοχές σημαντικές για τα πουλιά τα θαλάσσια ποδήλατα. Ο Δήμος έχει επίσης φτιάξει κι ορισμένες εξέδρες για τα πουλιά. Στα σχέδια των υπηρεσιών του Δήμου είναι η μόνιμη παρακολούθηση της ποιότητας του νερού και η προσπάθεια ελέγχου της αυθαίρετης δόμησης και των δραστηριοτήτων γύρω από τη λίμνη.

Το μεγάλο, όμως, θέμα που απασχολεί την περιοχή αλλά και τις οικολογικές οργανώσεις Χανίων και Ρεθύμνου είναι τα σχέδια για υδροδότηση της πόλης του Ρεθύμνου με νερό από τη λίμνη του Κουρνά. Κάτι τέτοιο, με δεδομένη την παντελή έλλειψη σχεδιασμού αλλά και στοιχειώδους συντονισμού των διαφόρων οργανισμών και υπηρεσιών που εμπλέκονται με τη λίμνη, μπορεί να έχει τραγικές συνέπειες για τη λίμνη Κουρνά. Όταν π.χ. το 50% του νερού του Ρεθύμνου χάνεται στο δρόμο, είτε από διαρροές, είτε από παράνομες παροχές, καταλαβαίνει κανείς ότι η επιχείρηση μεταφοράς νερού σε τόσο μακρινή απόσταση θα είναι μια εξαιρετικά σπάταλη και με αμφίβολη αποτελεσματικότητα ενέργεια. Ίσως, λοιπόν, θα έπρεπε στο Ρέθυμνο να κοιτάξουν πρώτα να λύσουν το ζήτημα των απωλειών νερού από διαρροές και παράνομες παροχές, και να εξαντλήσουν όλα τα περιθώρια εξοικονόμησης νερού. Σε ότι αφορά τη λίμνη Κουρνά, άμεση προτεραιότητα θα πρέπει να είναι η σύσταση ενός ενιαίου διαχειριστικού φορέα για την προστασία της.

Η προστασία της λίμνης Κουρνά δεν είναι απλά προστασία ενός σημαντικού υγρότοπου για τα πουλιά. Είναι ταυτόχρονα προστασία του υδροφόρου ορίζοντα, των αποθεμάτων νερού αλλά και της τοπικής οικονομίας που μπορεί να στηριχθεί στον οικότουρισμό, στις βιολογικές καλλιέργειες, στο δώρο της φύσης που ακόμη διαθέτει.

7.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Κατά τη διάρκεια της μελέτης, από τον Δεκέμβριο του 2007 – το Δεκέμβριο του 2008, πραγματοποιήθηκαν 18 δειγματοληψίες νερού από τους δυο σταθμούς δειγματοληψίας στην πηγή στη θέση Αμάτι και στη θέση Εστιάτορια στο ΝΑ και Β άκρο της λίμνης αντίστοιχα. Οι δειγματοληψίες έγιναν με τη βοήθεια ειδικών δειγματοληπτών και τα δείγματα του νερού μεταφέρονταν με φορητό ψυγείο στο Εργαστήριο Ελέγχου ποιότητας υδατικών και εδαφικών πόρων που βρίσκεται στο χώρο του ΤΕΙ Κρήτης στα Χανιά. Εκεί πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις - αναλύσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων ποιότητας του νερού, δηλαδή μετρήσεις **pH, EC, BOD, COD, DO, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, PO₄³⁻-P, Cl⁻, θολερότητας, SO₄²⁻, σκληρότητας, TS, συγκέντρωσης Na⁺, Ca²⁺, K⁺** καθώς επίσης πραγματοποιήθηκε και ο προσδιορισμός του μικροβιολογικού φορτίου του νερού (**Total coliforms, streptococcus faecalis και E.coli**).

Για τον προσδιορισμό των διαφόρων φυσικοχημικών παραμέτρων της ποιότητας του νερού χρησιμοποιήθηκαν ποικίλες μέθοδοι προσδιορισμού τους. Πιο αναλυτικά:



Εικόνα 16: (α) Σταθμός δειγματοληψίας θέση Αμάτι (β) Σταθμός δειγματοληψίας λίμνη Εστιάτορια

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΟΞΥΤΗΤΑΣ (pH)

ΓΕΝΙΚΑ: Ο όρος pH εκφράζει τον αρνητικό λογάριθμο της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου { $pH = - \log [H^+]$ } που περιέχει ένα διάλυμα και η κλίμακα μέτρησής του είναι από 0 – 14. Γενικά, σε δεδομένη θερμοκρασία, το pH δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι ένα διάλυμα ή το βαθμό ιονισμού του διαλύματος. Τιμές μικρότερες από 7 δείχνουν όξινο περιβάλλον, μεγαλύτερες από 7 αλκαλικό ή βασικό περιβάλλον, ενώ η τιμή 7 αντιστοιχεί σε ουδέτερο περιβάλλον (τιμή καθαρού νερού). Ο ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός του pH μπορεί να εφαρμοστεί στα πόσιμα, επιφανειακά και θαλασσινά νερά, καθώς επίσης και στα βιομηχανικά απόβλητα.

Στα νερά φυσικής προέλευσης, το pH κυμαίνεται συνήθως από 6,5 – 8,5 (χωρίς να αποκλείονται ακραίες τιμές). Σ' αυτά τα όρια, πρέπει να βρίσκεται και το pH των λυμάτων και αποβλήτων πριν τη διάθεσή τους στη θάλασσα, τα ρέματα και τους υπονόμους.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Η μέτρηση του pH έγινε ηλεκτρομετρικά με ειδικό πολυόργανο HACH (sension™156) εφοδιασμένο με το αντίστοιχο ηλεκτρόδιο και έτσι κατ' επέκταση μετατρέπεται σε pH-μετρο (πεχαμετρική μέθοδος). Το pH-μετρο αποτελείται από ποτενσιόμετρο με αισθητήριο από ηλεκτρόδιο υάλου και ηλεκτρόδιο αναφοράς (καλομέλανος ή Ag-AgCl ή άλλου τύ-

που, σταθερού δυναμικού) ή σύνθετο ηλεκτρόδιο και φυλάσσεται πάντα μέσα σε διάλυμα χλωριούχου καλίου (KCl).

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Ο προσδιορισμός του pH στα δείγματα πρέπει να γίνεται κατά προτίμηση αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν, η μεταφορά του δείγματος στο εργαστήριο πρέπει να γίνεται το συντομότερο δυνατόν από τη στιγμή της δειγματοληψίας. Τα δοχεία δειγματοληψίας γεμίζονται ως πάνω και διατηρούνται σφραγισμένα μέχρι τη στιγμή του προσδιορισμού.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- pH-μετρο
- πρότυπα διαλύματα για βαθμονόμηση του pH-μέτρου
- δείγματα νερού
- μαγνητικός αναδευτήρας και μαγνητική ράβδος
- ποτήρια ζέσεως
- απιονισμένο νερό
- απορροφητικό χαρτί

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Πραγματοποιείται βαθμονόμηση του οργάνου με τη χρήση έτοιμων ρυθμιστικών διαλυμάτων σε διάφορα πεδία pH, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η βαθμονόμηση γίνεται σε δυο τουλάχιστον τιμές, μεταξύ των οποίων βρίσκεται το pH του δείγματος, οι οποίες απέχουν 3 ή περισσότερες μονάδες pH μεταξύ τους. Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν εδώ χρησιμοποιήθηκαν 3 πρότυπα ρυθμιστικά διαλύματα με pH 4, 7 και 10.

Πριν από κάθε μέτρηση τα ηλεκτρόδια ξεπλένονται με απιονισμένο νερό και σκουπίζονται μαλακά με απορροφητικό χαρτί. Στη συνέχεια, τα ηλεκτρόδια βυθίζονται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει το δείγμα και τη μαγνητική ράβδο. Τίθεται σε λειτουργία ο μαγνητικός αναδευτήρας, ενώ παράλληλα αναδύεται το δείγμα με το ηλεκτρόδιο με τέτοιο ρυθμό, ώστε να μην επιτρέπεται η μεταφορά αέρα από την ατμόσφαιρα στο δείγμα (σπηλαιώση), καθώς επίσης και να εξασφαλίζεται αρκετή κίνηση του νερού ανάμεσα από τα ευαίσθητα στοιχεία του ηλεκτροδίου. Οι ικανοποιητικές συνθήκες ανάδευσης φαίνονται από τη σταθερότητα της ένδειξης του οργάνου. Καταγράφεται η μετρηθείσα ένδειξη του pH και της θερμοκρασίας του δείγματος.

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Το ηλεκτρόδιο υάλου δεν επηρεάζεται από το χρώμα, τη θολρότητα, τα κολλοειδή διαλύματα, τις αναγωγικές και οξειδωτικές ουσίες που υπάρχουν στα διαλύματα και την αλατότητα.
2. Η επικάλυψη του ηλεκτροδίου με ελαιώδεις ουσίες ή αιωρούμενα στερεά μπορεί να επηρεάσει την τιμή μέτρησης του pH. Αυτή η επικάλυψη μπορεί να απομακρυνθεί με ελαφρό στέγνωμα ή πλύσιμο με απορρυπαντικό και ξέβγαλμα του ηλεκτροδίου με απιονισμένο νερό. Εφόσον απαιτείται, γίνεται πρόσθετη κατεργασία με έκπλυση του ηλεκτροδίου με διάλυμα HCl (1 + 9).
3. Η θερμοκρασία επηρεάζει την τιμή του pH, γι' αυτό πρέπει πάντα να αναφέρεται μαζί με την τιμή του pH και η θερμοκρασία του δείγματος τη στιγμή της μέτρησης. Ακόμη, επειδή η ακρίβεια του οργάνου επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του δείγματος, τα πεχάμετρα σκόπιο είναι να διαθέτουν αντισταθμιστική διάταξη θερμοκρασίας, αλλιώς, το όργανο θα πρέπει να ρυθμίζεται στη θερμοκρασία του δείγματος. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (Electrical Conductivity - EC)

ΓΕΝΙΚΑ: Ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Η αγωγιμότητα ενός δείγματος νερού εξαρτάται κυρίως από την ολική συγκέντρωση των ιονιζόμενων ουσιών που περιέχονται στο δείγμα και τη θερμοκρασία στην οποία έγινε η μέτρηση. Τα περισσότερα ανόργανα οξέα, βάσεις και άλατα (π.χ. HCl, Na₂CO₃, NaCl κ.λ.π.) που δίστανται στο νερό έχουν μεγάλη αγωγιμότητα, ενώ αντίθετα τα οργανικά μόρια έχουν πολύ μικρή αγωγιμότητα. Μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το $\mu\text{mhos/cm}$ ή mS/m ($1 \text{ mS/m} = 10 \mu\text{mhos/cm}$).

Νερό πρόσφατα απεσταγμένο έχει αγωγιμότητα 0,5 – 2 $\mu\text{mhos/cm}$, ενώ μετά από μερικές εβδομάδες παραμονής, λόγω απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, η αγωγιμότητά του φτάνει τα 2 – 4 $\mu\text{mhos/cm}$. Στα πόσιμα νερά, η αγωγιμότητα, συνήθως, κυμαίνεται από 50 – 1500 $\mu\text{mhos/cm}$, ενώ σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα φθάνει πάνω από 10000 $\mu\text{mhos/cm}$.

Η μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για την επίδραση των διαφόρων ιόντων στις χημικές ισορροπίες, το ρυθμό διάβρωσης των μετάλλων, την ανάπτυξη φυτών και ζώων κ.λ.π. Επίσης, ως κριτήριο για την απόδοση των ιοντοανταλλακτικών ρητίνων ή άλλων συσκευών αποσκλήρυνσης του νερού. Μάλιστα, πολλές συσκευές αποσκλήρυνσης του νερού, διαθέτουν ενσωματωμένο αγωγιμόμετρο για το συνεχή έλεγχο της συσκευής.

Ακόμη, με την μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να γίνει μια γρήγορη εκτίμηση των ημερίσιων διακυμάνσεων των διαλυμένων μεταλλοίωντων στα απόβλητα βιομηχανιών. Επειδή ο ξεχωριστός έλεγχος των μετάλλων είναι χρονοβόρος, η μέτρησή τους μπορεί να αντικατασταθεί από τη μέτρηση της αγωγιμότητας, εφόσον, βέβαια, προηγηθούν οι σχετικές δοκιμασίες από τις οποίες θα προκύψουν οι συντελεστές συσχέτισης της αγωγιμότητας με τη συγκέντρωση των μεταλλοίωντων.

Με ανάλογο τρόπο, μπορεί να συσχετιστεί η απαιτούμενη ποσότητα χημικών ουσιών που απαιτείται για την εξουδετέρωση ή κροκίδωση ορισμένων αποβλήτων ή για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών σε ένα σε ένα δείγμα. Μια άλλη προσέγγιση για να εκτιμηθεί το σύνολο ανιόντων και κατιόντων (σε meq/l) που υπάρχουν σε ένα δείγμα νερού είναι δυνατή, πολλαπλασιάζοντας την αγωγιμότητα (σε $\mu\text{mhos/cm}$) επί τον συντελεστή 0,01.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των συνηθέστερα απαντώμενων ιόντων στο νερό είναι:

Πίνακας 7: Ηλεκτρική αγωγιμότητα ορισμένων ιόντων [18]

<u>ΙΟΝ</u>	<u>ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ($\mu\text{S/cm}$) ανά mg/l</u>
Χλώριο (Cl^-)	2,14
Νιτρικά (NO_3^-)	1,15
Δισσάνθρακικά (HCO_3^-)	0,715
Ανθρακικά (CO_3^{2-})	2,82
Θειικά (SO_4^{2-})	1,54
Νάτριο (Na^+)	2,13
Κάλιο (K^+)	1,84
Ασβέστιο (Ca^{2+})	2,60

ΜΕΘΟΔΟΣ: Η μέτρηση της **ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC)** έγινε ηλεκτρομετρικά με ειδικό πολυόργανο HACH (sensionTM156) εφοδιασμένο με το αντίστοιχο ηλεκτρόδιο και έτσι κατ' επέκταση μετατρέπεται σε αγωγιμόμετρο (αγωγιμομετρική μέθοδος). Μετράται, δηλαδή, η ειδική αντίσταση ή η ειδική αγωγιμότητα ενός κύβου νερού ίσου με 1 cm³, που βρίσκεται μεταξύ 2 παράλληλων ηλεκτροδίων πλατίνας (ή καλυμμένων με μαύρο πλατίνας) που απέχουν σταθερή απόσταση μεταξύ τους. Ο βαθμός αντίστασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των αγωγίων συστατικών του εξεταζόμενου δείγματος.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Δείγματα νερού
- Αγωγιμόμετρο → Τα αγωγιμόμετρα μετρούν την αντίσταση του διαλύματος στη διέλευση του ηλ. ρεύματος ή την τάση του εναλασσόμενου ρεύματος. Αποτελούνται, συνήθως, από μια πηγή εναλασσόμενου ρεύματος (γέφυρα Wheatstone) και κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν κατευθείαν την τιμή της αγωγιμότητας.
- Απιονισμένο νερό
- απορροφητικό χαρτί

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Το αγωγιμόμετρο τίθεται σε λειτουργία σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Το στοιχείο μέτρησης ξεπλένεται πολλές φορές με απιονισμένο νερό και αφού σκουπιστεί καλά με το απορροφητικό χαρτί (διαδικασία που ακολουθείται πριν από κάθε μέτρηση), εμποτίζεται επαρκώς μέσα στο δείγμα που επιθυμείται να μετρηθεί. Το αγωγιμόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για αυτές τις μετρήσεις, διαθέτει διάταξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, οπότε μαζί με κάθε μέτρηση της αγωγιμότητας, λαμβανόταν παράλληλα και η τιμή της θερμοκρασίας μέτρησης.

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. **Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε αντίθεση με την αγωγιμότητα των μετάλλων, αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας, με ρυθμό περίπου 1,9%/°C.** Σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις προέρχονται, συνήθως, από τη διαφορετική θερμοκρασία μέτρησης, γι' αυτό η μέτρηση της αγωγιμότητας πρέπει πάντα να πραγματοποιείται σε σταθερή θερμοκρασία (συνήθως 20 °C), η οποία και να αναγράφεται δίπλα στο αποτέλεσμα της μέτρησης. Στο εμπόριο κυκλοφορούν πολλοί τύποι αγωγιμομέτρων και τα περισσότερα είναι εφοδιασμένα με διάταξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, η οποία επιτρέπει την άμεση ανάγνωση, με πολύ καλή προσέγγιση, της ειδικής αντίστασης στη θερμοκρασία αναφοράς. Η περιοχή της θερμοκρασίας για την οποία η αντιστάθμιση γίνεται αυτόματα, συνήθως καθορίζεται από τον κατασκευαστή. [18].

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΛΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ (Total Solids ή TS)

ΓΕΝΙΚΑ: Ο όρος «στερεά» ή «στερεό υπόλειμμα» αναφέρεται στην περιεκτικότητα ενός δείγματος νερού σε σωματίδια.

Η παρουσία στερεών στο νερό επηρεάζει την ποιότητά του. Στο πόσιμο νερό, αλλοιώνονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (θολρότητα, γεύση κ.τ.λ.), ενώ νερά με υψηλή συγκέντρωση στερεών είναι ακατάλληλα για βιομηχανική χρήση, κολύμβηση κ.τ.λ. Τα αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν, συνήθως, μεγάλες συγκεντρώσεις στερεών, με οργανική ή ανόργανη σύσταση, γι' αυτό και είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός τους για τον σχεδιασμό συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων και τον έλεγχο της καλής λειτουργίας τους.

Τα στερεά ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα με τα φυσικά, κυρίως, χαρακτηριστικά τους, όπως το ειδικό βάρος, το μέγεθος κ.τ.λ. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- **Ολικά στερεά ή ολικό στερεό υπολείμμα:** Όλα τα στερεά που παραμένουν μετά από ξήρανση δείγματος νερού σε θερμοκρασία 105 ή 180 °C.
- **Καθιζάνοντα στερεά:** Τα σωματίδια που καθιζάνουν σε 1 ώρα σε κώνο Imhoff.
- **Εναιωρούμενα στερεά:** Όλα τα σωματίδια που κατακρατούνται σε φίλτρο, με διάμετρο πόρων 1μ και παραμένουν μετά από ξήρανση του φίλτρου στους 103 – 105 °C για 1 ώρα.
- **Διαλυμένα στερεά:** Όλα τα σωματίδια με διάμετρο πόρων μικρότερη από 1μ, που παραμένουν μετά από εξάτμιση και ξήρανση στους 180 °C.
- **Εξατμιζόμενα στερεά:** Τα στερεά που εξατμίζονται κατά την αποτέφρωση του δείγματος στους 550 +/- 50 °C για 20 min.

Σε βιομηχανικά απόβλητα, η συγκέντρωση των στερεών μπορεί να είναι μεγαλύτερη, όπως στα απόβλητα γαλακτοβιομηχανιών, όπου η συγκέντρωση εναιωρούμενων στερεών φθάνει τα 1000 mg/l και των ολικών στερεών τα 3300 mg/l ή τα απόβλητα χημικών βιομηχανιών όπου η συγκέντρωση εναιωρούμενων στερεών μπορεί να είναι 1200 mg/l και των ολικών στερεών 30000 mg/l.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία στη χώρα μας, τα ανώτατα επιτρεπτα όρια για τη διάθεση υγρών αποβλήτων στη θάλασσα είναι:

Καθιζάνοντα στερεά = 0,5 mg/l (μετρούμενα σε κώνο Imhoff, μετά από 2 ώρες)

Εναιωρούμενα στερεά = 40 mg/l

Ολικά διαλυμένα στερεά = 1500 mg/l

ΜΕΘΟΔΟΣ: Ο προσδιορισμός των ολικών στερεών πραγματοποιήθηκε έπειτα από εξάτμιση και ξήρανση των δειγμάτων στους 105 °C. Η διαφορά του απόβαρου του ποτηριού ζέσεως από το μικτό βάρος του ποτηριού και του στερεού υπολείμματος, μας δίνουν το βάρος του στερεού υπολείμματος.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Η ανάλυση πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο γρήγορα, γιατί δεν υπάρχει τρόπος διατήρησης των δειγμάτων. Ακόμη, αν στο δείγμα περιέχονται φύλλα, ξύλα, κ.τ.λ. θα πρέπει να αφαιρούνται πριν τη μέτρηση. Τα δείγματα συλλέγονται και διατηρούνται σε πλαστικές ή γυάλινες φιάλες από βοριο-πυριτικό υλικό.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- δείγματα νερού
- γυάλινα ποτήρια ζέσεως
- αναλυτικό ζυγό
- ογκομετρικό κύλινδρο
- ξηραντήριο εφοδιασμένο με χρωματικό δείκτη υγρασίας
- αποξηραντικός κλίβανος με θερμοστάτη από 0 – 222 °C

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Μετρίεται το καθαρό βάρος ενός γυάλινου ποτηριού ζέσεως στον αναλυτικό ζυγό (Wπ). Στον ογκομετρικό κύλινδρο ογκομετρούνται 150 ml δείγματος νερού και μεταφέρονται στο ποτήρι ζέσεως. Τοποθετείται στον αποξηραντικό κλίβανο (στους 105 °C για αποφυγή απώλειας στερεών από πιπίλισμα νερού), έως ότου να εξατμιστεί το δείγμα και να στεγνώσει.

Η επιλογή της ποσότητας του δείγματος, εξαρτάται από την περιεκτικότητα του δείγματος σε στερεά. Το βάρος του στερεού υπολείμματος στο ποτήρι ζέσεως πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 25 – 250 mg. Μια προσέγγιση στην περιεκτικότητα του δείγματος σε στερεά μπορεί να γίνει με μέτρηση της αγωγιμότητας.

Στη συνέχεια, το ποτήρι ζέσεως αφήνεται να κρυώσει σε ξηραντήριο και ζυγίζεται εκ νέου με προσέγγιση 0,1 mg στον αναλυτικό ζυγό (βάρος ποτηριού μετά την ξήρανση → Wμ).

Το βάρος των ολικών στερεών δίνεται, τελικά, από τη διαφορά των δυο ζυγίσεων, δηλαδή: $W_{TS} = W_{\mu} - W_{\pi}$

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Πριν τη μέτρηση πρέπει να αφαιρεθούν τυχόν ευδιάκριτα αδρομερή στερεά, επιπλέοντα ή καθιζάνοντα.
2. Αν στο δείγμα υπάρχουν ευκρινή λίπη και έλαια, πριν τη μέτρηση, πρέπει να γίνεται γαλακτοματοποίησή τους με αναδευτήρα ή blender.
3. Όταν η ξήρανση γίνεται σε θερμοκρασία 103 – 105 °C, ενδέχεται το υπόλειμμα να συγκρατήσει κρυσταλλικό νερό, με αποτέλεσμα να υπάρχει θετικό σφάλμα κατά τη μέτρηση.
4. Στη θερμοκρασία των 103 – 105 °C, συνήθως, τα όξινα ανθρακικά άλατα, μετατρέπονται σε ουδέτερα ανθρακικά και αποβάλλονται ως διοξείδιο του άνθρακα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται αρνητικό σφάλμα κατά τη μέτρηση. Αντίθετα, η απώλεια οργανικής ύλης στη θερμοκρασία αυτή είναι συνήθως ασήμαντη.
5. Όταν η ξήρανση γίνεται σε θερμοκρασία 108 °C, το υπόλειμμα χάνει όλο το νερό που έχει απορροφήσει μηχανικά, αλλά μπορεί να διατηρηθεί το κρυσταλλικό νερό, ιδιαίτερα παρουσία θειικών αλάτων. Στη θερμοκρασία αυτή, η οργανική ύλη καίγεται και εξατμίζεται ως διοξείδιο του άνθρακα, αλλά δεν καταστρέφεται εντελώς. Τα όξινα ανθρακικά μετατρέπονται σε ανθρακικά και γίνεται μερική διάσπαση των ανθρακικών σε οξειδία ή βασικά άλατα. Επίσης, ενδέχεται να χαθούν τα χλωριούχα και νιτρικά άλατα.
6. Γενικά, η τιμή των ολικών στερεών στους 180 °C είναι πλησιέστερη στην τιμή του άθροισματος των αλάτων απ' ότι η τιμή των ολικών στερεών στους 105 °C.
7. Για κάθε δείγμα πρέπει να επιλέγεται η καταλληλότερη θερμοκρασία ξήρανσης. Νερά με μικρή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη, μπορούν να ξηραθούν σε οποιαδήποτε θερμοκρασία, αλλά εκείνα που περιέχουν σημαντικά ποσά οργανικής ύλης και ανόργανων συστατικών πρέπει να ξηραίνονται στους 180 °C.
8. Στα αποτελέσματα πρέπει πάντοτε να αναγράφεται η θερμοκρασία στην οποία έγινε η ξήρανση. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ (ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ)

ΓΕΝΙΚΑ: Η σκληρότητα του νερού είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα του νερού που οφείλεται στην παρουσία διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου δεσμευμένων με ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα, σχηματίζοντας τις ενώσεις $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaCO_3 κ.τ.λ. Η σκληρότητα μπορεί να προέλθει και από άλλα κατιόντα, συνήθως όμως, η συμμετοχή τους στη σκληρότητα είναι μικρή και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί.

Όταν αναφερόμαστε στη σκληρότητα τη διακρίνουμε σε ολική, ανθρακική και μη ανθρακική.

Ολική σκληρότητα: Το άθροισμα της ανθρακικής και μη ανθρακικής σκληρότητας.

Ανθρακική σκληρότητα: Αντιστοιχεί στον παλαιότερο όρο «παροδική σκληρότητα» και είναι το άθροισμα της ανθρακικής και όξινης ανθρακικής σκληρότητας. Ο προσδιορισμός της γίνεται με τον προσδιορισμό της αλκαλικότητας.

Μη ανθρακική σκληρότητα: Αντιστοιχεί στον όρο «μόνιμη ή παραμένουσα σκληρότητα».

Στην περίπτωση που η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή μεγαλύτερη από την ανθρακική σκληρότητα, τότε η διαφορά καλείται «μη ανθρακική σκληρότητα».

Η σκληρότητα εκφράζεται με διάφορες μονάδες μέτρησης. Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες είναι: mg/l CaCO_3 , mmole/l και meq/l αλκαλικών ιόντων ή Γαλλικοί, Γερμανικοί και Βρετανικοί βαθμοί. Οι σχέσεις αντιστοιχίας των μονάδων μέτρησης της σκληρότητας μεταξύ τους, προκύπτουν από τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 8: Συντελεστές αντιστοιχίας των διαφόρων μονάδων μέτρησης της σκληρότητας. [1]

	<u>Αλκαλικά ιόντα</u>	<u>Αλκαλικά ιόντα</u>	<u>Γερμανικός βαθμός</u>	<u>CaCO₃</u>	<u>Βρετανικός βαθμός</u>	<u>Γαλλικός βαθμός</u>
	mmole/l	meq/l	d	mg/l		
<u>1 mmole/l Αλκαλικών ιόντων</u>	1,00	2,00	5,60	100,0	7,02	10,0
<u>1 meq/l Αλκαλικών ιόντων</u>	0,50	1,00	2,80	50,0	3,51	5,0
<u>1 Γερμανι- κός βαθ- μός</u>	0,18	0,357	1,00	17,80	1,25	1,78
<u>1 mg/l Ca- CO₃</u>	0,01	0,020	0,058	1,00	0,0702	0,10
<u>1 Βρετανι- κός βαθ- μός</u>	0,14	0,285	0,798	14,30	1,00	1,43
<u>1 Γαλλικός βαθμός</u>	0,10	0,200	0,560	10,00	0,702	1,00

Η σκληρότητα στα ύδατα μπορεί να έχει τιμές από 70 τουλάχιστον μέχρι μερικές εκατοντάδες mg/l CaCO₃, ανάλογα με την προέλευση και επεξεργασία που έχει υποστεί. Η σκληρότητα των φυσικών νερών οφείλεται στη γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό. Στη χώρα μας, λόγω της ασβεστολιθικής σύστασης πολλών περιοχών, πολλά νερά παρουσιάζουν υψηλή σκληρότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περιοχή της Κέρκυρας που διαθέτει νερό με σκληρότητα περίπου 50 Γερμανικών βαθμών ή 900 mg/l CaCO₃ έναντι 12 περίπου Γερμανικών βαθμών ή 210 mg/l CaCO₃ που είναι το νερό που διαθέτει η ΔΕΥΑ στην Αθήνα.

Ο έλεγχος της σκληρότητας του ύδατος έχει μεγάλη σημασία για το χημικό καθαρισμό των αποβλήτων, όπου υπάρχει π.χ. η δυνατότητα να αντιδράσουν τα φωσφορικά ιόντα με τα ιόντα ασβεστίου και να έχουμε αυτοκαθαρισμό.

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, το πόσιμο νερό πρέπει να έχει από 10 – 50 Γαλλικούς βαθμούς. Το νερό της πόλης της Θεσσαλονίκης, για παράδειγμα, έχει σκληρότητα γύρω στους 23 Γαλλικούς βαθμούς.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Η μέθοδος προσδιορισμού της σκληρότητας που εφαρμόστηκε είναι ογκομετρική μέθοδος και βασίζεται στην από κοινού δέσμευση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου από τη χημική ένωση E.D.T.A (δινάτριο άλας του αιθυλενο-διαμινο-τετραοξικού οξέος → Ethylene-Diamino-Tetraacetic Acid), σε αλκαλικό περιβάλλον (pH= 10 +/- 0,1), παρουσία δείκτη Eriochrome Black T. Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και ως μέθοδος E.D.T.A.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Δείγματα νερού
- Γυάλινες κωνικές φιάλες των 250 ml

- Ογκομετρικός κύλινδρος των 25 ml
- Ταμπλέτες σκληρότητας → δείκτης Eriochrome Black T
- Σιφώνιο μέτρησης του 1 ml
- Διάλυμα αμμωνίας (NH₃)
- Προχοίδα των 50 ml, βαθμολογημένη ανά 0.1 ml ή ισοδύναμο όργανο
- Πρότυπο διάλυμα E.D.T.A 0,01M

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Σε μια κωνική φιάλη των 250 ml μεταφέρονται 25 ml δείγματος νερού με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου, προστίθεται 1 ταμπλέτα σκληρότητας και με τη βοήθεια του σιφωνίου 1 ml διαλύματος αμμωνίας NH₃ (το pH γίνεται 10), όπου και το διάλυμα χρωματίζεται μπορντώ. Αφού διαλυθεί ολοκληρωτικά η ταμπλέτα με τη βοήθεια της κυκλικής ανάδευσης του χεριού, ξεκινάει η ογκομέτρηση του δείγματος με το πρότυπο διάλυμα E.D.T.A 0,01M. Πρωτίστως, σημειώνεται η αρχική ένδειξη του διαλύματος στην προχοίδα. Έπειτα, πραγματοποιώντας γρήγορη και έντονη ανάδευση, ογκομετρείται το διάλυμα, προσθέτοντας αργά σε σταγόνες το πρότυπο διάλυμα E.D.T.A 0,01M, έως ότου το δείγμα από μπορντώ πάρει ένα έντονο κυπαρισσί χρώμα. Σημειώνεται, τότε, η τελική τιμή της ποσότητας του E.D.T.A 0,01M στην προχοίδα. Η αρχική τιμή αφαιρείται από την τελική τιμή και έτσι υπολογίζεται η ποσότητα E.D.T.A 0,01M που έχει καταναλωθεί.

Η ολική σκληρότητα ανθρακικού ασβεστίου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Σκληρότητα}(mgCaCO_3) = \frac{V_1 * 1000}{V_2}$$

Όπου:

V1 = ml πρότυπου διαλύματος E.D.T.A 0,01M που καταναλώθηκε

V2 = ml δείγματος νερού

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Ιόντα αργιλίου, χαλκού, σιδήρου, μολύβδου, μαγγανίου και ψευδαργύρου, μπορεί να επηρεάσουν το αποτέλεσμα δίνοντας θετικό σφάλμα στην μέτρηση ή καθιστώντας δυσδιάκριτο το τελικό σημείο στην τιτλοδότηση. Τα μεταλλικά αυτά ιόντα επηρεάζουν τον προσδιορισμό, αν οι συγκεντρώσεις τους υπερβαίνουν τις παρακάτω τιμές:

<u>Μεταλλικά ιόντα</u>	<u>Ανώτατες συγκεντρώσεις (mg/l)</u>
Al (αργίλιο)	20
Pb (μόλυβδος)	10
Fe (σίδηρος)	2
Cu (χαλκός)	10
Mn (μαγγάνιο)	0,5
Zn (ψευδάργυρος)	100

2. Επίσης, τα φωσφορικά και ανθρακικά ιόντα, σε αλκαλικό περιβάλλον, μπορεί να καταβυθίσουν το ασβέστιο και έτσι επηρεάζουν το αποτέλεσμα με αρνητικό σφάλμα. Αντίθετα, τα πολυφωσφορικά ιόντα, σε συγκέντρωση ως 5 mg/l, δεν επηρεάζουν τη μέτρηση.
3. Με την προσθήκη, περίπου 250 mg κυανιούχου νατρίου (ΠΡΟΣΟΧΗ! ΔΗΛΗΤΗΡΙΟ), στην ογκομετρική ποσότητα του δείγματος, ο επηρεασμός από ιόντα σιδήρου σε συγκεντρώσεις ως 30 mg/l, μπορεί να αποκλειστεί.
4. Σε δείγματα που περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις από μεταλλοίοντα, συνιστάται να μην χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος και να χρησιμοποιείται η υπολογιστική μέθοδος για τον προσδιορισμό της σκληρότητας.

5. Κατά την εκτέλεση της ανάλυσης, το pH δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή 10, γιατί επηρεάζεται το χρώμα του δείκτη και εμποδίζεται η μέτρηση (το Ca και Mg καθιζάνουν ως CaCO_3 και $\text{Mg}(\text{OH})_2$).
6. Ο δείκτης Eriochrome Black T (εμπορικό όνομα του οίκου geigy) είναι το μετά νατρίου άλας του 1-(1-υδρόξυ-2-ναφθύλαζω)-5-νίτρο-2-νάφθαλο-4-σουλφονικού οξέος. Η ένωση αυτή δεν είναι σταθερή σε διαλύματά της και γι' αυτό πολλές φορές παρουσιάζονται προβλήματα στη διάκριση του τελικού σημείου. Αλκαλικά διαλύματα του δείκτη είναι ευαίσθητα σε οξειδωτικά μέσα, ενώ τα αλκοολικά διαλύματα είναι σταθερά περίπου 1 εβδομάδα. Τα στερεά μίγματά του είναι αρκετά σταθερά και γι' αυτό συνιστώνται. Εάν επιθυμείται ο δείκτης σε διάλυμα, τότε παρασκευάζεται δια διαλύσεως ποσότητας 0,5 gr σε 100 ml αιθανόλης και προστίθενται 4,5 gr υδροχλωρικής υδροξυλαμίνης. [18]

ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑΣ

ΓΕΝΙΚΑ: Η θολερότητα είναι μια έκφραση της οπτικής ιδιότητας ενός δείγματος νερού να σκεδάζει και να απορροφά το φως που διέρχεται από αυτό και να μην το μεταδίδει σε ευθεία γραμμή, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Η μέτρησή της είναι σημαντική στην εξέταση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, διότι η διαύγεια του νερού επηρεάζει τους υδρόβιους οργανισμούς, καθώς επίσης και τις χρήσεις των νερών (πόση, βιομηχανία, αναψυχή). Η θολερότητα στα επιφανειακά νερά προέρχεται από αιωρούμενα σωματίδια, ανόργανης ή οργανικής προέλευσης (χώμα, πηλός, φύκη, βακτήρια). Συσχέτιση της θολερότητας με το περιεχόμενο του δείγματος σε βάρος εναιωρούμενων στερεών είναι δύσκολη, διότι το διαφορετικό μέγεθος, σχήμα και σύσταση των στερεών επηρεάζουν το βαθμό σκέδασης του φωτός.

Ο προσδιορισμός της θολερότητας αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού των λιμνών, ποταμών και θαλασσών και τον έλεγχο των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων. Η μέτρησή της επιτρέπει τον έλεγχο και αυτοματοποίηση των μονάδων καθαρισμού του νερού και αποβλήτων (μετά από κατάλληλες δοκιμασίες συσχέτισης της τιμής της θολερότητας με το οργανικό φορτίο ή κάποια άλλη παράμετρο των αποβλήτων), διότι μπορεί να μετρηθεί με όργανα συνεχούς καταγραφής.

Μια άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της θολερότητας σε λίμνες και θάλασσες είναι η μέτρηση της διαφάνειας με τη μέθοδο που είναι γνωστή ως «**μέτρηση με το δίσκο του Secchi**». Η μέτρηση αυτή βασίζεται στην μέτρηση του βάθους στο οποίο εξαφανίζεται από το οπτικό πεδίο του παρατηρητή μεταλλικός ή πλαστικός δίσκος, λευκού αδιάβροχου χρώματος, από λαμαρίνα πάχους 1mm, διαμέτρου 30 cm, που βυθίζεται κάθετα στην επιφάνεια του νερού. Στο κέντρο του δίσκου τοποθετούνται 2 δακτύλιοι: ένας στην άνω και ένας στην κάτω πλευρά. Στον πρώτο συνδέεται βαθμονομημένος σπάγγος (τουλάχιστον 30 m) κάθε 10 cm για τα πρώτα 5 m και κάθε 50 cm για τα επόμενα. Στο δεύτερο συνδέεται βαρίδι για να επιτρέπει τη βύθιση του δίσκου στο νερό. Η μέτρηση της διαφάνειας με τη μέθοδο αυτή εκφράζεται σε m. Στη θάλασσα, η διαφάνεια κυμαίνεται συνήθως από 15 – 20 m, ενώ σε λίμνες, ιδιαίτερα στις εύτροφες, μπορεί να φτάσει μόλις το 1,5 m. Οι συνθήκες που πρέπει να επικρατούν είναι καθαρός ουρανός με τις ηλιακές ακτίνες να πέφτουν κάθετα, ειδάλως καταγράφονται και επισημαίνονται.

Η θολερότητα στο πόσιμο νερό, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία στη χώρα μας, δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 10 mg/l SiO_2 .

ΜΕΘΟΔΟΣ: Η πιο σύγχρονη μέθοδος για τον προσδιορισμό της θολερότητας η οποία και χρησιμοποιήθηκε είναι η νεφελομετρία ή νεφελομετρική μέθοδος, η οποία ενδείκνυται για χαμηλές τιμές θολερότητας. Ο προσδιορισμός της θολερότητας με αυτήν την μέθοδο γίνεται με ειδικά όργανα γνωστά ως νεφελόμετρα ή θολερόμετρα (φορητό νεφελόμετρο Lovibond CR3210).

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Το δείγμα πρέπει να αναλύεται όσο το δυνατόν συντομότερα. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν, το δείγμα πρέπει να καταψύχεται ή να συντηρείται στους 4 °C για να περιοριστεί η μικροβιακή αποσύνθεση των στερεών.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- σωλήνες γυάλινοι υψηλού τύπου
- πρότυπα διαλύματα πολυμερών φορμαζίνης
- μητρικό αιώρημα φορμαζίνης
- απεσταγμένο νερό χωρίς θολερότητα
- δείγματα νερού
- θολερόμετρο ή νεφελόμετρο

Περιγραφή: Το όργανο αυτό αποτελείται από μια πηγή φωτός, έναν ή δυο φωτοηλεκτρικούς ανιχνευτές (φωτοκύτταρα) και διάταξη ανάγνωσης της έντασης του φωτός που διέρχεται το δείγμα, στα 90 deg. Ο βαθμός σκέδασης του φωτός από το δείγμα, σε σχέση με ένα πρότυπο αιώρημα αναφοράς, - (και τα 2 πρέπει να βρίσκονται στις ίδιες συνθήκες)-, αντιστοιχεί σε θολερότητα που εκφράζεται σε μονάδες NTU (Nephelometric Turbidity Units). Ως αιώρημα αναφοράς χρησιμοποιείται πολυμερές της φορμαζίνης το οποίο αναπαράγει αρκετά πιστά τη θολερότητα των φυσικών νερών ή οξειδίο του πυριτίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η σκέδαση του φωτός, τόσο μεγαλύτερη είναι η θολερότητα. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται εκτός από τα επιφανειακά και θαλασσινά νερά και στα πόσιμα στην περιοχή από 0 – 40 NTU. Η ευαισθησία του οργάνου πρέπει να είναι τέτοια που να ανιχνεύει διαφορές θολερότητας 0,02 μονάδων NTU, σε νερά με θολερότητα μικρότερη από 1 NTU.

Διαφορές στον σχεδιασμό των οργάνων δημιουργούν, συνήθως, διαφορετικές τιμές θολερότητας, γι' αυτό στην επιλογή του οργάνου πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν τα παρακάτω:

a) Η πηγή φωτός από λάμπα βολφραμίου να λειτουργεί σε θερμοκρασία 2200 – 3000 °C.

b) Η οπτική διαδρομή του φωτός από τη φωτεινή πηγή ως το φωτοκύτταρο δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 10 cm.

c) Το φωτοκύτταρο πρέπει να εστιάζεται στις 90° από την προσπίπτουσα ακτίνα και να μη διαφέρει περισσότερο από +/- 30° από τη διεύθυνση της ακτίνας που σκεδάζεται. Το σύστημα των φίλτρων, αν χρησιμοποιείται, πρέπει να προκαλεί στο φωτοκύτταρο μέγιστη απόκριση στην περιοχή, από 400 – 600 nm.

d) Η μέγιστη τιμή θολερότητας του οργάνου να είναι 40 NTU.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Αρχικά, πρέπει να παρασκευαστούν τα πρότυπα διαλύματα πολυμερών φορμαζίνης τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τη βαθμονόμηση του οργάνου. Για την παρασκευή των τελευταίων είναι απαραίτητη η παρασκευή πρωτίστως του μητρικού αιωρήματος φορμαζίνης ως εξής:

Διάλυμα 1: Διαλύεται 1 gr θειικής υδραζίνης $\{(NH_4)_2H_2SO_4\}$ σε απεσταγμένο νερό σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. **(ΠΡΟΣΟΧΗ!!! Η θειική υδραζίνη είναι καρκινογόνα ουσία. Να αποφεύγεται η εισπνοή ατμών, η κατάποση και η επαφή με το δέρμα).**

Διάλυμα 2: Διαλύονται 10 gr εξαμεθυλενοτετραμίνης $\{(CH_2)_6N_4\}$ σε απεσταγμένο νερό σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml.

Σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml, αναμιγνύονται 5 ml από το διάλυμα 1 και 5 ml από το διάλυμα 2. Το μίγμα αφήνεται για 24 ώρες στους 25 +/- 3 °C και στη συνέχεια συμπληρώνεται μέχρι χαραγής με απεσταγμένο νερό. Η θολερότητα αυτού του αιωρήματος, που είναι το μητρικό αιώρημα, είναι 400 NTU και ανανεώνεται κάθε μήνα.

Παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων πολυμερών φορμαζίνης:

- Αραιώνονται 10 ml του μητρικού αιωρήματος σε όγκο 100 ml με νερό χωρίς θολερότητα. Η θολερότητα αυτού του αιωρήματος είναι 40 NTU και ανανεώνεται κάθε εβδομάδα.
- Από το πρότυπο διάλυμα των 40 NTU παρασκευάζονται και άλλα πρότυπα διαλύματα με αραιώση, τα οποία ανανεώνονται κάθε εβδομάδα.

Σήμερα τα περισσότερα θολερόμετρα που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι εφοδιασμένα με σειρά πρότυπων διαλυμάτων φορμαζίνης σε σφραγισμένους σωλήνες οπότε και δεν απαιτείται η παρασκευή τους, όπως αυτό που εδώ χρησιμοποιήθηκε. Επιπλέον, είναι εφοδιασμένο με 5 χωριστές κλίμακες ανάγνωσης θολερότητας: 0-0,2, 0-1, 0-10, 0-100 και 0-1000. Οι μεγαλύτερες περιοχές πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σαν ενδεικτικές των αραιώσεων που χρειάζονται, ώστε η θολερότητα να είναι κάτω από 40 NTU.

Ακολουθεί οπτική σύγκριση των δειγμάτων του νερού που πρόκειται να μετρηθούν με τα έτοιμα πρότυπα διαλύματα πολυμερων φορμαζίνης που διατίθενται μαζί με το θολερόμετρο. Εκείνα που θεωρείται από τον εξεταστή ότι καλύπτουν την περιοχή η οποία ενδιαφέρει, μετρούνται στο θολερόμετρο και έτσι ελέγχεται η αντιστοιχία των ενδείξεων του οργάνου με τα πρότυπα διαλύματα (βαθμονόμηση του οργάνου).

Η βαθμονόμηση του οργάνου γίνεται ως εξής:

1. Πατούνται μαζί τα πλήκτρα **MODE** και **ZERO TEST**. Κατόπιν πατείται το πλήκτρο **ON/OFF** για 1 sec και έπειτα αφήνεται. Στη συνέχεια αφήνονται και τα πλήκτρα **MODE** και **ZERO TEST**.
2. Αναβοσβήνει η ένδειξη **T1 – CAL**. Τοποθετείται στον υποδοχέα της κυψελίδας το έτοιμο πρότυπο διάλυμα T1 (τιμή θολερότητας 1 NTU) και κλείνεται το καπάκι.
3. Πατείται το πλήκτρο **ZERO TEST** για να ληφθεί η μέτρηση. Αν η μέτρηση που θα εμφανιστεί στην οθόνη δεν είναι ακριβώς 1 NTU, πρέπει να διορθωθεί πατώντας το πλήκτρο **MODE** για να αυξηθεί και το πλήκτρο **ZERO TEST** για να μειωθεί, έως ότου να φτάσει ακριβώς 1 NTU που είναι η τιμή που αντιστοιχεί στο διάλυμα T1.
4. Πατείται το πλήκτρο **ON/OFF** για να αποθηκευτεί η τιμή του πρότυπου διαλύματος στη μνήμη του θολερομέτρου.
5. Επαναλαμβάνονται τα βήματα 1 – 4 για να ολοκληρωθεί η βαθμονόμηση χρησιμοποιώντας και τα άλλα 3 πρότυπα διαλύματα (T2, T3 και T4). Στο βήμα 2, όταν εμφανιστεί η ένδειξη **T1 – CAL** με το πλήκτρο **MODE** θα αλλαχθεί σε ένδειξη **T2 – CAL** (10 NTU), **T3 – CAL** (100 NTU) ή **T4 – CAL** (1000 NTU), αναλόγως με το πρότυπο διάλυμα που χρησιμοποιείται.

Ακολουθεί οπτική σύγκριση των δειγμάτων του νερού που πρόκειται να μετρηθούν με τα έτοιμα πρότυπα διαλύματα πολυμερων φορμαζίνης που διατίθενται μαζί με το θολερόμετρο. Εκείνα που θεωρείται από τον εξεταστή ότι καλύπτουν την περιοχή η οποία ενδιαφέρει, μετρούνται στο θολερόμετρο και έτσι ελέγχεται η αντιστοιχία των ενδείξεων του οργάνου με τα πρότυπα διαλύματα (βαθμονόμηση του οργάνου). Πιο αναλυτικά για την μέτρηση κάθε δείγματος ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- Άνοιγμα συσκευής μέσω του πλήκτρου **ON/OFF** και εμφάνιση της ένδειξης t1.
- Με το πλήκτρο **MODE** επιλέγεται το εύρος της μέτρησης T1, T2, T3 ή T4. Ισχύουν οι εξής αντιστοιχίες:
Εύρος μέτρησης T1 → 0 – 1 NTU
Εύρος μέτρησης T2 → 1 – 10 NTU
Εύρος μέτρησης T3 → 10 – 100 NTU
Εύρος μέτρησης T4 → 100 – 1000 NTU
- Έπειτα, τα δείγματα αναδεύονται, ώστε να γίνει τέλεια διασπορά των αιωρούμενων στερεών και αφού εξαφανιστούν οι μικρές φυσαλίδες αέρα, μεταφέρεται ορισμένη ποσότητα από κάθε δείγμα τη φορά στη γυάλινη κυψελίδα του θολερομέτρου. Πρέπει να δίνεται προσοχή κάθε φορά να είναι η κυψελίδα καθαρή, μη σκονισμένη, να ξεπλένεται πρώτα με το δείγμα και έπειτα να γεμίζεται μέχρι τη χαραγή σιγά-σιγά, ώστε να ρέει κατά μήκος του τοιχώματος της κυψελίδας και να μην δημιουργηθούν φυσαλίδες.

- Κλείνεται η κυψελίδα, σκουπίζεται με μαλακό απορροφητικό χαρτί και τοποθετείται στην ειδική εσοχή του θολερομέτρου.
- Πιέζεται το πλήκτρο **ZERO TEST** και το σύμβολο της μέτρησης αναβοσβήνει για 9 sec.
- Διαβάζεται απευθείας η ένδειξη που αντιστοιχεί στην κλίμακα του οργάνου.

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Η θολερότητα με αυτήν τη μέθοδο, μπορεί να προσδιοριστεί σε οποιοδήποτε δείγμα που δεν περιέχει ευμεγέθη στερεά ή σωματίδια που καθιζάνουν γρήγορα. Επίσης, το δείγμα δεν πρέπει να περιέχει φυσαλίδες αερίων ή να είναι έγχρωμο.
2. Οι σωλήνες πρέπει να είναι καθαροί και πριν από κάθε μέτρηση στο θολερόμετρο να σκουπίζονται με χαρτί εμποτισμένο σε αιθυλική αλκοόλη. Κατά τη διάρκεια των χειρισμών, οι σωλήνες πρέπει να πιάνονται μόνο από το πάνω μέρος τους.
3. Αν η ένδειξη του οργάνου έπειτα από κάποια μέτρηση είναι **E01**, τότε υποδηλώνεται ότι η απορρόφηση είναι πολύ μεγάλη και μπορεί να οφείλεται σε λερωμένη υποδοχή δείγματος ή λυχνία μέτρησης.
4. Αν η ένδειξη του οργάνου έπειτα από κάποια μέτρηση είναι **+Err**, τότε υποδηλώνεται ότι το δείγμα έχει θολερότητα υψηλότερη του εύρους μέτρησης.
5. Αν η ένδειξη του οργάνου έπειτα από κάποια μέτρηση είναι **E₂₄**, τότε υποδηλώνεται ότι το δείγμα δεν μπορεί να αξιολογηθεί.
6. Αν η ένδειξη του οργάνου έπειτα από κάποια μέτρηση είναι **-Err**, τότε υποδηλώνεται ότι το δείγμα έχει θολερότητα χαμηλότερη του εύρους μέτρησης.
7. Αν η ένδειξη του οργάνου έπειτα από κάποια μέτρηση είναι **LOBAT**, τότε υποδηλώνεται ότι η μπαταρία των 9 V πρέπει να αλλαχθεί άμεσα, διότι δεν έχει καμία περαιτέρω δυνατότητα μέτρησης. [18]

ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (BOD)

ΓΕΝΙΚΑ: Ως Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) μπορεί να οριστεί η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνουν αερόβια μεσόφιλα βακτήρια, σε διάστημα 5 ημερών, για τη βιολογική οξειδωση των οργανικών κυρίως ουσιών που περιέχει ορισμένος όγκος δείγματος νερών, που επωάζεται σε σκοτεινό θάλαμο, σταθερής θερμοκρασίας 20 °C. Εκφράζεται σε mg/l και συμβολίζεται ως BOD₅, όταν ο χρόνος επώασης του δείγματος είναι 5 ημέρες.

Ο προσδιορισμός του BOD (αρχικά του αγγλοσαξωνικού όρου Biochemical Oxygen Demand), αποτελεί μια από τις παλαιότερες και πιο συχνά εφαρμοζόμενες μεθόδους για την εκτίμηση της οργανικής κυρίως ρύπανσης από λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα σε φυσικούς αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια κ.τ.λ), τον σχεδιασμό και τον έλεγχο συστημάτων βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων κ.τ.λ.

Ιστορικά, το πρώτο πρόβλημα ρύπανσης που αντιμετωπίστηκε σε πολλές χώρες προερχόταν από τα αστικά λύματα. Γι' αυτό και οι πρώτες τεχνικές προσδιορισμού του αφορούσαν τα αστικά λύματα και βασίζονταν στην επώαση δείγματος λυμάτων με ιθαγενή πληθυσμό μικροοργανισμών, για αρκετές ημέρες, σε ειδικές μανομετρικές συσκευές, τα BODόμετρα.

Στα ανεπεξέργαστα λύματα, το BOD₅ κυμαίνεται από 250 – 350 mg/l, ενώ σε ορισμένες κατηγορίες βιομηχανικών αποβλήτων π.χ. απόβλητα γαλακτοβιομηχανίας, μπορεί να φτάσει έως 20000 mg/l (όταν δε γίνεται ανάκτηση του ορού γάλακτος). Σύμφωνα με τη νομοθεσία που ισχύει στη χώρα μας, τα απόβλητα που αποχετεύονται σε επιφανειακούς αποδέκτες (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα) πρέπει να έχουν BOD₅ μικρότερο από 40 mg/l, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις καθορίζονται ακόμα αυστηρότερα όρια.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Η μέτρηση του **BOD** έγινε μανομετρικά με την ειδική συσκευή μέτρησης BOD Lovibond (ειδικές σκουρόχρωμες φιάλες που φέρουν μανομετρικές κεφαλές με ψηφιακούς αισθητήρες). Αποτελεί την παλαιότερη μέθοδο προσδιορισμού του BOD (έμμεση μέθοδος). Η αρχή της μέτρησης βασίζεται σε ένα κλειστό σύστημα στο οποίο το οξυγόνο που καταναλώνουν τα βακτήρια στο δείγμα, αναπληρώνεται από το οξυγόνο του αέρα που βρίσκεται πάνω από το δείγμα. Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τα βακτήρια απομακρύνεται από το σύστημα με την προσθήκη υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) που περιέχεται σε θήκη καουτσούκ. Το αποτέλεσμα είναι μια πτώση πίεσης στη φιάλη που μετρείται από την κεφαλή, που είναι ένας ψηφιακός αισθητήρας και εμφανίζει την ένδειξη στην οθόνη σαν mg/l BOD.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Τα δείγματα που συλλέγονται για μέτρηση του BOD, μπορεί να αλλοιωθούν σημαντικά κατά τη διάρκεια του χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ της δειγματοληψίας και της ανάλυσης, με αποτέλεσμα να προκύπτουν μικρότερες τιμές BOD. Για να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα αλλοίωσης των δειγμάτων κατά τη μεταφορά τους στο εργαστήριο, τα τελευταία πρέπει να τοποθετούνται αμέσως για επώαση. Εναλλακτικά, αν αυτό δεν είναι δυνατόν, τα δείγματα πρέπει να ψύχονται σε θερμοκρασία 4 °C και να μεταφέρονται υπό ψύξη στο εργαστήριο. Αμέσως μόλις φτάσουν τα δείγματα στο εργαστήριο προετοιμάζονται για την επώαση. Γενικά, ο χρόνος που μεσολαβεί μέχρι την επώαση –ακόμη κι αν τα δείγματα βρίσκονται υπό ψύξη – πρέπει να είναι ο μικρότερος δυνατός. Ο μέγιστος χρόνος είναι 6 ώρες. Σε καμία περίπτωση ο χρόνος ανάλυσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 24 ώρες.

Δείγματα που έχουν διατηρηθεί υπό ψύξη, πρέπει να αφήνονται να αποκτήσουν θερμοκρασία των 20 °C πριν την ανάλυση.

Αν η ανάλυση του δείγματος αρχίσει 2 ώρες από τη στιγμή της δειγματοληψίας δεν απαιτείται ψύξη.

Στην περίπτωση συλλογής σύνθετου δείγματος, τα επιμέρους δείγματα πρέπει να διατηρούνται σε θερμοκρασία 4 °C. Ο χρόνος συλλογής των επιμέρους δειγμάτων δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 24 ώρες.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Δείγματα νερού
- Γυάλινες κωνικές φιάλες των 500 ml (όσες και τα δείγματα νερού)
- Μαγνητικές ράβδους ανάδευσης μεσαίου μεγέθους
- pH-μετρο
- αναδευτήρας
- διάλυμα HCl 0,1 N
- σταγονόμετρο
- ψαρά
- απιονισμένο νερό
- γυάλινη σφαιρική φιάλη των 428 ml
- χωνί διήθησης
- πλαστικές θήκες από καουτσούκ μαύρου χρώματος
- NaOH (S13) σε κόκκους ή κάποια άλλη βάση
- Τσιμπίδα
- Ειδική συσκευή μέτρησης BOD (σκουρόχρωμες φιάλες BOD και ειδικές μανομετρικές κεφαλές που φέρουν ψηφιακούς αισθητήρες)
- Σκοτεινός επωαστικός θάλαμος, με ελεγχόμενη θερμοκρασία για ρύθμιση στους 20 +/- 1 °C
- Θάλαμος ψύξης (0 – 4 °C) για τη μεταφορά και συντήρηση των δειγμάτων

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Κάθε γυάλινη κωνική φιάλη των 500 ml αντιστοιχεί σε ένα δείγμα νερού και η διαδικασία είναι η ίδια για όλα τα δείγματα.

Τοποθετείται σε μια γυάλινη κωνική φιάλη των 500 ml μια μαγνητική ράβδος ανάδευσης και στη συνέχεια η φιάλη γεμίζεται με το εκάστοτε μετρούμενο δείγμα νερού λίγο πιο πάνω από τη χαραγή των 500 ml.

Έπειτα, η φιάλη τοποθετείται στον αναδευτήρα ο οποίος τίθεται σε λειτουργία και αφού ρυθμιστεί το pH-μετρο και ξεπλυθεί το ηλεκτρόδιο με απιονισμένο νερό, πραγματοποιείται μέτρηση του pH. Είναι επιθυμητό το pH να βρίσκεται εντός συγκεκριμένου εύρους τιμών, μεταξύ 6,5 – 7,5 και όσο το δυνατόν πιο κοντά στο 7, διότι αυτό θεωρείται το καταλληλότερο εύρος τιμών για την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου και την εξαγωγή καλύτερων αποτελεσμάτων. Αν το pH έχει μεγαλύτερη τιμή από το επιθυμητό, τότε αυτό ρυθμίζεται με την προσθήκη διαλύματος HCl 0,1 N με το σταγονόμετρο.

Αφού ολοκληρωθεί η ρύθμιση του pH, κλείνεται ο αναδευτήρας και απομακρύνεται η φιάλη. Χρησιμοποιώντας τον ψαρά, έπειτα, απομακρύνεται και η μαγνητική ράβδος ανάδευσης και γεμίζεται με το διάλυμα μια γυάλινη σφαιρική φιάλη των 428 ml μέχρι να ξεχειλίσει, με τη βοήθεια χωνιού διήθησης. Ακολουθεί η μεταφορά του στην ειδική φιάλη BOD μαζί με μια μαγνητική ράβδο ανάδευσης.

Στο στόμιο της ειδικής φιάλης BOD τοποθετείται η πλαστική θήκη από καουτσούκ και μέσα σ' αυτήν 2 ταμπλέτες NaOH με τη βοήθεια της τσιμπίδας. Εν συνεχεία, τοποθετούνται και οι ειδικές κεφαλές χωρίς να βιδωθούν και οι φιάλες μεταφέρονται στο ψυγείο για 30 min. Μετά το πέρας της μισής ώρας, οι κεφαλές κλείνονται ερμητικά, διότι το σύστημα πρέπει να είναι εντελώς αεροστεγές και πατώνται ταυτόχρονα τα 2 κουμπάκια τους S και M για 2 sec, έτσι ώστε να δείξουν την ένδειξη 00 (σβήσιμο αποθηκευμένων τιμών). Αφήνονται τα κουμπιά S και M και έτσι η μέτρηση του BOD έχει ενεργοποιηθεί. Στο τέλος, η φιάλη τοποθετείται στο φούρνο σε μια βάση στήριξης στους 20 °C με συνεχή ανάδευση και επωάζεται για 5 ημέρες. Μια σταθερή γνωστή θερμοκρασία είναι πολύ σημαντική, καθώς κάθε απόκλιση ή διακύμανση από τους 20 °C θα επηρεάσει τα αποτελέσματα (μια απόκλιση 1 – 1,5 °C μπορεί να προκαλέσει τιμές BOD που αποκλίνουν 5 – 10%).

Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Η κεφαλή με τον ψηφιακό αισθητήρα του BOD καταγράφει μια μέτρηση κάθε 24 ώρες, η οποία αποθηκεύεται αυτόματα στη μνήμη και πατώντας το κουμπί M για 1 sec εμφανίζεται η τιμή της τρέχουσας ημέρας.

Μετά από 5 ημέρες οι τιμές θα έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη του αισθητήρα και πατώντας διαδοχικά το κουμπί S αυτές θα εμφανίζονται σε χρονολογική σειρά:

- Πατιέται 1 φορά το S → η οθόνη δείχνει μια παύλα
- Πατιέται γρήγορα άλλη μια φορά το S → η οθόνη δείχνει την ημέρα της μέτρησης και ακολουθεί η τιμή μέτρησης γι' αυτήν την ημέρα
- Πατώντας ξανά το S εμφανίζονται οι τιμές για τις υπόλοιπες 5 ημέρες

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Η τιμή του BOD για μια συγκεκριμένη ημέρα πρέπει πάντα να είναι μεγαλύτερη από την τιμή της προηγούμενης ημέρας
- Η αύξηση του BOD με το χρόνο δεν είναι γραμμική, αλλά μειώνεται με την πάροδο του χρόνου
- Αν για τις πρώτες ημέρες της επώασης παρατηρηθεί μια περίπου γραμμική αύξηση του BOD, το δείγμα θα έχει μια υψηλότερη τιμή BOD από αυτήν που είχε αρχικά εκτιμηθεί και χρειάζεται να επιλεγεί μεγαλύτερο εύρος
- Αν η τιμή του BOD ελαττώνεται από την μια ημέρα στην άλλη το σύστημα πρέπει να ελεγχθεί για διαρροή

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Η μέτρηση του BOD δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη δυσκολία στα αστικά λύματα, διότι το πλούσιο σε βιοαποικοδομήσιμες ύλες υπόστρωμα των λυμάτων, προσφέρεται ως τροφή στους ιθαγενείς μικροοργανισμούς που περιέχονται σε αυτά. Προσοχή

χρειάζεται στα λύματα που έχουν χλωριωθεί και πρέπει να αποχλωριώνονται πριν τη μέτρηση με διάλυμα θειώδους νατρίου ή έκθεση στον ήλιο.

2. Αντίθετα, στα βιομηχανικά απόβλητα η παρουσία τοξικών ενώσεων όπως κυανιούχα, φαινόλες χλωριόντα, βαρέα μέταλλα κ.ά ή αντιβιοτικών ή η απουσία μικροοργανισμών, το pH, η θερμοκρασία και άλλοι παράγοντες, παρεμποδίζουν ή επιβραδύνουν την αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων. Η επώαση τέτοιων δειγμάτων δίνει λανθασμένα μικρή ή μηδενική τιμή BOD. Για να αρθούν οι ανασταλτικοί παράγοντες ανάπτυξης των μικροοργανισμών, τα δείγματα των βιομηχανικών αποβλήτων απαιτούν ξεχωριστή κάθε φορά προετοιμασία για τη σωστή μέτρηση του BOD (αραίωση, διόρθωση pH, εμβολιασμός με βακτήρια κ.τ.λ)
3. Σε πολλές περιπτώσεις ακόμα κι αν παρθούν κάποια μέτρα για την άρση των ανασταλτικών παραγόντων, ο απαιτούμενος χρόνος για τον εγκλιματισμό των βακτηρίων έχει σαν αποτέλεσμα καθυστέρηση της βιοαποικοδόμησης. Σ'αυτές τις περιπτώσεις, η επώαση θα πρέπει να διαρκέσει περισσότερες ημέρες. Ο χρόνος εγκλιματισμού που εμφανίζεται ως καθυστέρηση, μπορεί να υπολογιστεί από την γραφική απεικόνιση της καμπύλης ανάπτυξης του BOD σε σχέση με το χρόνο. Παρακολουθείται, δηλαδή, η τιμή του BOD τις πρώτες $\frac{1}{2}$, 1, 2, 3 ημέρες. Η τιμή του BOD κατά τον χρόνο εγκλιματισμού αφαιρείται από την τελική τιμή του BOD₅, ενώ παρατείνεται ο χρόνος επώασης του δείγματος για χρόνο ίσο με εκείνο του χρόνου εγκλιματισμού. Αν π.χ. η καθυστέρηση είναι 2 ημέρες και το BOD στο διάστημα αυτό είναι 50 ppm, η τελική τιμή BOD μετριέται στις 7 ημέρες. Αν το τελικά μετρούμενο BOD είναι 580 ppm, η τιμή του BOD₅ του δείγματος είναι : $580 - 50 = 530$ ppm.
4. Η παρακολούθηση της αύξησης του BOD ή της μείωσης του οξυγόνου δεν είναι πάντα δυνατή, γιατί ενδέχεται να υπάρχουν στο δείγμα ανασταλτικοί παράγοντες. Σε αυτήν την περίπτωση είναι προτιμότερο ο προσδιορισμός του ρυπαντικού φορτίου του δείγματος να γίνεται με μέτρηση άλλων παραμέτρων όπως COD, TOC κ.λ.π.
5. Ένα άλλο μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι μαζί με την ανθρακούχα απαίτηση οξυγόνου, μετράται και η αζωτούχα απαίτηση οξυγόνου, δηλαδή η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου για την οξειδωση των αμμωνιακών προς νιτρώδη και εν συνεχεία προς νιτρικά. Οι αζωτούχες ενώσεις (κυρίως NH₄) παράγονται ως υποπροϊόντα της αποικοδόμησης των ανθρακούχων ενώσεων που περιέχει το δείγμα και γι'αυτό δεν είναι επιθυμητή η μέτρησή τους. Για το σκοπό αυτό, προστίθεται στο δείγμα μια χημική ουσία που αναστέλλει την οξειδωση των αμμωνιακών (προς NO₂ και NO₃). Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να μετρηθεί μόνο η ανθρακούχα απαίτηση οξυγόνου.
6. Ο βαθμός οξειδωσης των αζωτούχων ενώσεων κατά τη διάρκεια της 5μερης επώασης του δείγματος, εξαρτάται από την παρουσία κατάλληλων βακτηρίων (νιτροποιών βακτηρίων) ικανών να πραγματοποιήσουν αυτήν την οξειδωση. Τέτοια βακτήρια συνήθως δεν υπάρχουν σε ικανοποιητικούς αριθμούς στα ανεπεξέργαστα λύματα και έτσι δεν οξειδώνονται σημαντικές ποσότητες ανηγμένων μορφών αζώτου κατά τη διάρκεια της 5μερης επώασης. Αντίθετα, τα επεξεργασμένα, με βιολογικό καθαρισμό, λύματα, περιέχουν σημαντικούς αριθμούς νιτροποιών βακτηρίων. Σε τέτοια δείγματα όπως και στα δείγματα λυμάτων και αποβλήτων, τα οποία έχουν εμβολιαστεί με μαγιά βακτηρίων που προέρχονται από λύματα που έχουν υποστεί βιολογική επεξεργασία ή δείγματα ρυπασμένων επιφανειακών υδάτων συνιστάται η προσθήκη ανασταλτικών παραγόντων της νιτροποίησης.
7. Η μέτρηση του BOD δεν είναι επαναλήψιμη. Ας σημειωθεί ότι διπλά δείγματα μπορεί να διαφέρουν στην τιμή του BOD μέχρι και 25% μεταξύ τους. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (COD)

ΓΕΝΙΚΑ: Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), είναι η ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξειδωση, -σε έντονα οξειδωτικό περιβάλλον-, των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε δείγμα υδάτων ή αποβλήτων. Είναι μια ακριβής και γρήγορη

μέτρηση, χρήσιμη στην εκτίμηση της ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων και για έλεγχο και σχεδιασμό συστημάτων βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων.

Σε ορισμένα δείγματα το COD μπορεί να συσχετισθεί –εμπειρικά– με το BOD, τον οργανικό άνθρακα (TOC ή TOD) ή το περιεχόμενο σε οργανικές ουσίες. Ο βαθμός συσχέτισης του COD με το θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο, για την πλήρη οξειδωση των οργανικών ενώσεων του δείγματος, εξαρτάται από τη δυνατότητα πλήρους οξειδωσης των ουσιών που περιέχονται σε αυτό. Πολλές οργανικές ενώσεις, οξειδώνονται, σε ποσοστό 90-100% και σε νερά που περιέχουν κυρίως τέτοιες ενώσεις, όπως τα αστικά λύματα, η τιμή του COD είναι ένα αρκετά καλό μέτρο του θεωρητικά απαιτούμενου οξυγόνου. Έτσι, στα αστικά λύματα η σχέση COD/ BOD κυμαίνεται από 2,5:1 έως 3,0:1. Σε δείγματα που περιέχουν μεγάλες ποσότητες από ουσίες που οξειδώνονται δύσκολα στις συνθήκες του προσδιορισμού, η τιμή του COD δεν είναι αντιπροσωπευτική του θεωρητικά απαιτούμενου οξυγόνου. Η περίπτωση αυτή μπορεί να παρατηρηθεί σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη μέτρηση του COD, όπως η οξειδωση ανόργανων συστατικών, κυρίως των χλωριόντων, των νιτρωδών, του δισθενούς σιδήρου και των θειούχων. Επομένως, η σημασία της τιμής του COD εξαρτάται από τη σύσταση του νερού που εξετάζεται. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν, όταν αξιολογούνται τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τη μέθοδο αυτή.

Τα ανεπεξέργαστα λύματα έχουν, συνήθως, COD που κυμαίνεται από 700 – 750 mg/l. Σε βιομηχανικά απόβλητα, η τιμή του COD είναι συνήθως μεγαλύτερη, π.χ. απόβλητα βιομηχανιών επεξεργασίας κρέατος έχουν τιμές της τάξης των 2000 mg/l, απόβλητα σφαγείων περίπου 5000 mg/l, ενώ στα απόβλητα σταφιδοεργοστασίων μπορεί να φτάσει ως 70000 mg/l.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία στη χώρα μας, τα απόβλητα που αποχετεύονται σε επιφανειακά ρέματα ή τη θάλασσα, πρέπει να έχουν COD μικρότερο από 120 mg/l, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν καθοριστεί ακόμα αυστηρότερα όρια.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Η μέτρηση του COD έγινε με έτοιμο kit μέτρησης (Cell Test MERCK 14560), μια ημιποσοτική μέθοδος προσδιορισμού που μπορεί να εφαρμοστεί σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 50 mg/l COD και φωτομέτρηση → μικρο-μέθοδος. Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στην οξειδωση του δείγματος με ισχυρό οξειδωτικό (διάλυμα $K_2Cr_2O_7$), σε όξινο περιβάλλον (εξασφαλίζεται με πυκνό H_2SO_4) και υψηλή θερμοκρασία ($148\text{ }^{\circ}C$), παρουσία καταλύτη (Ag_2SO_4). Μετά από χώνευση του μείγματος σε υψηλή θερμοκρασία για 2 ώρες, γίνεται προσδιορισμός της περισσειας των διχρωμικών ιόντων με φωτομέτρηση στα 593 nm.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Τα δείγματα συλλέγονται, κατά προτίμηση, σε γυάλινες φιάλες. Τα ασταθή δείγματα πρέπει να αναλύονται αμέσως. Αν στο δείγμα υπάρχουν καθιζάνοντα ή αιωρούμενα στερεά, το δείγμα ομογενοποιείται. Αν το δείγμα δεν αναλυθεί αμέσως, οξινίζεται με προσθήκη μικρής ποσότητας π.χ. H_2SO_4 ($pH < 2$). Η ανάλυση των δειγμάτων πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα και όχι αργότερα από 5 ημέρες.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Δείγματα νερού
- Σιφώνιο μέτρησης (ή πλαστική σύριγγα του kit test)
- Δοκιμαστικός σωλήνας της μεθόδου (kit test)
- Θερμοαντιδραστήρας VELP (ειδική συσκευή μέτρησης του COD, με ενσωματωμένες υποδοχές για την τοποθέτηση των σωλήνων και ακριβή ρύθμιση της θερμοκρασίας στους $148\text{ }^{\circ}C$. Συνδυάζεται με φωτόμετρο φίλτρων, για την απευθείας μέτρηση της περισσειας των διχρωμικών ιόντων).
- Φωτόμετρο Merck Spectroquant^R NOVA 60
- Αναδευτήρας (Minishaker MS2, IKA WORKS)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Σε κάθε έτοιμο κλειστό φιαλίδιο του kit-test που περιέχει ήδη μίγμα αντιδραστηρίων, προστίθενται προσεκτικά από απόσταση 3 ml δείγματος

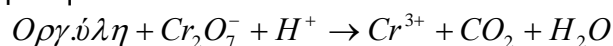
νερού, ούτως ώστε να μην ακουμπήσει το σιφώνι στη μύτη και μολυνθεί από τα χημικά του kit-test και δεν μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί. Προσοχή! Τα αντιδραστήρια είναι ισχυρά οξειδωτικά και παράγεται θερμότητα κατά την ανάμιξή τους → καίει το φιαλίδιο. Γι' αυτό, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την ανάμιξή τους, καθώς επίσης και την ανάδυσή τους στον αεραγωγό. Ακόμη, χρησιμοποιείται 1 μόνο σιφώνιο για κάθε φιαλίδιο.

Στη συνέχεια, τα φιαλίδια τοποθετούνται στον θερμοαντιδραστήρα για 120 min (χρόνος χώνευσης) στους 148 °C (θερμοκρασία χώνευσης). Μετά το πέρας των 120 min, ο θερμοαντιδραστήρας σφυρίζει, ειδοποιώντας, με αυτόν τον τρόπο, τον αναλυτή, ότι τα φιαλίδια είναι πλέον έτοιμα για μέτρηση. Αφήνονται 30 min να κρυώσουν και τοποθετούνται στο φωτόμετρο στα 593 nm.

Ανοίγεται το καπάκι του φωτομέτρου, ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert Cell or start measurement". Τοποθετείται, τότε, το φιαλίδιο στον υποδοχέα των κυλινδρικών φιαλιδίων, έως ότου να «κουμπώσει». Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτομέτρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Προσοχή! Τα φιαλίδια δεν τα πετάμε μετά την μέτρηση, διότι περιέχουν διαβρωτικά και τοξικά συστατικά. Μαζεύονται για ειδική επεξεργασία.

Το οξειδούμενο οργανικό τμήμα του δείγματος, υπολογίζεται ως ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου. Οι ποσότητες δειγμάτων και αντιδραστηρίων, οι κανονικότητες των αντιδραστηρίων κ.λ.π. που χρησιμοποιούνται, παίζουν μεγάλο ρόλο και πρέπει να είναι σταθερές. Σχηματικά, η συντελούμενη αντίδραση είναι:



Η παρουσία καταλύτη, εξασφαλίζει την οξείδωση ορισμένων οργανικών ενώσεων, όπως του οξικού οξέος, της κυτταρίνης κ.τ.λ. Σε ορισμένα απόβλητα που περιέχουν τοξικές ουσίες, ο προσδιορισμός του COD και του ολικού άνθρακα είναι οι μόνες δυνατές μετρήσεις για την εκτίμηση του οργανικού φορτίου τους.

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Αν και με τη μέθοδο αυτή οξειδώνονται οι περισσότερες κατηγορίες οργανικών ενώσεων, **υπάρχουν κάποιες αδυναμίες εφαρμογής της στην παρουσία αλειφατικών ενώσεων ευθείας αλύσου και αρωματικών υδρογονανθράκων.** Οι γραμμικές αλειφατικές ενώσεις οξειδώνονται αποτελεσματικότερα, με την προσθήκη Ag_2SO_4 , ως καταλύτη. Για την οξείδωση αρωματικών υδρογονανθράκων, η χρήση καταλύτη δεν βοηθάει. Η παρουσία του, όμως, είναι απαραίτητη, προκειμένου για την οξείδωση των ευθείας αλύσου αλκοολών και οξέων.
2. Όμως, το Ag_2SO_4 αντιδρά με τα ιόντα χλωρίου, ιωδίου και βρωμίου και δημιουργούνται ιζήματα, που μερικώς μόνο οξειδώνονται. Η παρουσία των αλογόνων μπορεί να ξεπεραστεί – όχι πλήρως – με προσθήκη HgSO_4 στο μείγμα οξειδωτικών – δείγματος, σε αναλογία 10:1 HgSO_4 : Cl^- , (σχηματίζεται διαλυτός χλωριούχος υδράργυρος), εφόσον η συγκέντρωση των χλωριώντων είναι μικρότερη από 2000 mg/l. **Η μέτρηση του COD δεν πρέπει να γίνεται σε δείγματα, που περιέχουν συγκεντρώσεις χλωριόντων μεγαλύτερες από 2000 mg/l.** Στην περίπτωση που γίνεται χρήση HgSO_4 , θα πρέπει να γίνεται επεξεργασία του νερού που μένει από την ανάλυση, σύμφωνα με την διαδικασία που περιγράφεται στο τέλος των μεθόδων προσδιορισμού, για να αποφευχθεί η ρύπανση του περιβάλλοντος με υδράργυρο.
3. **Η παρουσία των νιτρωδών ιόντων, επηρεάζει τη μέτρηση του COD, κατά 1,1 mg O₂/mg NO₂.** Επειδή οι συγκεντρώσεις νιτρωδών ιόντων σπάνια ξεπερνούν τα 1 – 2 mg/l, η παρεμποδιστική δράση τους θεωρείται αμελητέα. Για συγκεντρώσεις νιτρωδών μεγαλύτερες από 2 mg/l NO₂, προστίθενται 10 mg σουλφαμινικού οξέος, για κάθε mg NO₂-N στη φιάλη οξείδωσης. Η ίδια ποσότητα σουλφαμινικού οξέος προστίθεται στη φιάλη του μάρτυρα. [18]

ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO₃⁻-N)

ΓΕΝΙΚΑ: Στα επιφανειακά νερά και απόβλητα, το άζωτο δεν απαντάται στην αέρια μορφή (ως N₂), αλλά βρίσκεται δεσμευμένο ως:

1. **Οργανικό άζωτο**, σε υπολείμματα ή προϊόντα φυτών και ζώων υπό τη μορφή πρωτεϊνών, πεπτιδίων κ.λ.π. Ως οργανικό άζωτο ορίζεται το άζωτο που είναι δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις στην τρισθενή μορφή οξειδωσης.

2. **Υπό τη μορφή ανόργανων ενώσεων**, όπως αμμωνία, νιτρικά και νιτρώδη ιόντα (ολικό οξειδωμένο άζωτο). Οι ανόργανες μορφές του αζώτου, προέρχονται από την οξειδωση του οργανικού αζώτου, εκπλύσεις γεωργικών εκτάσεων επιβαρυμένων με λιπάσματα ή από λύματα και βιομηχανικά απόβλητα.

Τα νιτρικά ιόντα αποτελούν το τελικό στάδιο οξειδωσης των αζωτούχων ενώσεων:



Τα νιτρικά ιόντα απαντώνται σε ίχνη στα επιφανειακά νερά, αλλά μπορεί να υπάρχουν σε υψηλές τιμές στα υπόγεια νερά. Στα ανεπεξέργαστα λύματα, η συγκέντρωση των νιτρικών είναι χαμηλή, γιατί το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου βρίσκεται δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις. Φθάνει, όμως, ως και 30 mg/l στα επεξεργασμένα με δευτερογενή βιολογικό καθαρισμό λύματα, εξαιτίας του παρατεταμένου αερισμού που οδηγεί στην νιτροποίηση των αζωτούχων ενώσεων. Τα νιτρικά ιόντα αποτελούν βασικό θρεπτικό παράγοντα για την ανάπτυξη φωτοσυνθετικών αυτότροφων οργανισμών, όπως είναι τα φύκη και σε ορισμένα κλειστά υδατικά συστήματα έχει βρεθεί ότι τα νιτρικά αποτελούν τον περιοριστικό παράγοντα ανάπτυξης του ευτροφισμού. Γενικά, λόγω της σπουδαιότητας του αζώτου σε όλες τις μορφές, προκειμένου να εκτιμηθεί η κατάσταση των επιφανειακών υδάτων από πλευράς ευτροφισμού και η ποιότητα των αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στον υπολογισμό των παραμέτρων αυτών.

Η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι 50 mg/l, στα απόβλητα που διαθέτονται στα ρέματα (ΔΕΥΑ) 4 mg/l και στη θάλασσα 20 mg/l.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων (NO₃⁻), χρησιμοποιήθηκε το Spectroquant Nitrate Test (1097130001) της Merck (kit test), μια ημιποσοτική μέθοδος προσδιορισμού με εύρος μέτρησης 0,10 – 25 mg/l NO₃⁻-N και φωτομέτρηση.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Δείγματα νερού
- Σιφώνιο μέτρησης (ή πλαστική σύριγγα του kit test)
- Δοκιμαστικός σωλήνας της μεθόδου (kit test)
- Αντιδραστήριο NO₃⁻
- Φωτόμετρο Merck Spectroquant^R NOVA 60
- Κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector)
- Ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm
- Απορροφητικό χαρτί
- Αναδευτήρας (Minishaker MS2, IKA WORKS)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευστή της μεθόδου, τοποθετούνται 4 ml δείγματος νερού με σιφώνιο στο δοκιμαστικό σωλήνα της μεθόδου (του kit-test) που περιέχει ήδη κάποιο μίγμα αντιδραστηρίων και προστίθεται ακόμη 1 κουτάλακι αντιδραστήριο NO_3^- . Κλείνεται ο δοκιμαστικός σωλήνας και τοποθετείται στον αναδευτήρα για κάποια δευτερόλεπτα, ώστε το μίγμα να αναδευτεί καλά και να χρωματιστεί ροζ. Προσεκτικά, τοποθετείται ο σωλήνας σε stand (βάση στήριξης) διότι καίει και αφήνεται σε ηρεμία για 15 min, ούτως ώστε να πραγματοποιηθεί η αντίδραση.

Μετά το πέρας των 15 λεπτών, ανοίγεται το καπάκι του φωτομέτρου, ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert Cell or start measurement". Τοποθετείται, τότε, μια καλά σκουπισμένη κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου για να αναγνωρισθεί το συγκεκριμένο kit-test που χρησιμοποιείται από αυτό. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτομέτρου. Αφού γίνει αυτό, η κυψελίδα απομακρύνεται και το μίγμα από το δοκιμαστικό σωλήνα μεταφέρεται σε μια ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm και στη συνέχεια, αφού σκουπιστεί καλά με απορροφητικό χαρτί, τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου και **φωτομετρείται στα 505 nm**. Εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη. Η συγκέντρωση η οποία μετράται (β), χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η ποσότητα NO_3^- στο δείγμα. Έτσι έχω π.χ : $MB_{\text{NO}_3^-} = 62 \text{ gr} / \text{mol}$, $MB_{\text{N}_2} = 14 \text{ gr} / \text{mol}$, και $\beta = 0,42 \text{ mgN} / \text{l}$ τότε θα έχω :

Στα $62 \text{ grNO}_3^- \rightarrow 14 \text{ grN} / \text{mol}$ και

Στα $x \text{ grNO}_3^- \rightarrow 0,42 \text{ mgN} / \text{l}$ συνεπάγεται ότι: $x = \frac{62 * 0,42}{14} \Leftrightarrow x = 1,86 \text{ mgrNO}_3^-$

Έτσι, με βάση την παραπάνω μετατροπή προσδιορίστηκαν οι παρακάτω συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων σε mg στα νερά της λίμνης:

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ (mg/l)			
Λίμνη Μάτι	Λίμνη Μάτι	Λίμνη Εστιατόρια	Λίμνη Εστιατόρια
5,0	0,9	0	0,9
1,3	0,4	0,4	0,9
1,8	0	5,0	0
3,1	0	3,1	0
2,2	0	2,2	0
1,3	1,8	1,3	1,3
1,3	0	1,3	0
0,4	4,0	0,4	1,3
0,9	1,8	0,9	0,4

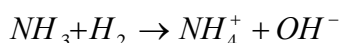
ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Η μέθοδος αυτή δεν είναι κατάλληλη για να προσδιορισθεί η περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα δειγμάτων με περιεκτικότητα σε χλωριούχα μεγαλύτερη των 1000 mg/l.
2. Η μέθοδος αυτή δεν είναι κατάλληλη για να προσδιορισθεί η περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα δειγμάτων με COD μεγαλύτερο των 500 mg/l.
3. Δείγματα με μεγάλη θολότητα πρέπει απαραίτητως να διηθούνται, διότι δίνουν θετικό σφάλμα στην μέτρηση.
4. Επιπροσθέτως, τυχόν αιωρούμενα στερεά που μπορεί να υπάρχουν μέσα στο δείγμα πρέπει να διαλύονται ή να απομακρύνονται με κατάλληλη μέθοδο.

5. Δεν πρέπει να ρίχνεται στα φιαλίδια κρύο νερό.
6. Κατά την μέτρηση, τα φιαλίδια πρέπει να είναι καθαρά ή να καθαρίζονται με στεγνό και καθαρό πανί.
7. Ο χρωματισμός στο διάλυμα μετά το τέλος της αντίδρασης παραμένει σταθερός για 30 min, αλλά η μέτρηση πρέπει να γίνεται αυστηρά στα 10 min. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΜΜΩΝΙΑΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NH₄⁺-N)

ΓΕΝΙΚΑ: Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να βρίσκεται υπό τη μορφή αμμωνιακών ιόντων (NH₄⁺) ή ελεύθερης αμμωνίας (NH₃), ανάλογα με το pH και την θερμοκρασία του διαλύματος, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση ισορροπίας:



Σε αλκαλικό περιβάλλον, η αντίδραση μετατοπίζεται προς τα δεξιά, ενώ σε όξινο περιβάλλον προς τα αριστερά. Όσο αυξάνει η θερμοκρασία, η αντίδραση μετατοπίζεται προς τα αριστερά και αντίστροφα.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία στη χώρα μας, η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση ιόντων αμμωνίου στο πόσιμο νερό είναι 0,5 mg/l, ενώ το ανώτατο επιτρεπτό όριο στα γλυκά νερά για τη διαβίωση της πέστροφας και ειδών της οικογένειας των Σαλμονίδων και Κυπρινίδων είναι 0,025 mg/l. Στα απόβλητα που εκβάλλουν στα επιφανειακά νερά, η τιμή της ολικής αμμωνίας δεν πρέπει να είναι περισσότερο από 15 mg/l.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Για τον προσδιορισμό των αμμωνιακών ιόντων (NH₄⁺), χρησιμοποιήθηκε το Ammonium reagent test MERCK 14752 (kit-test), μια ημιποσοτική μέθοδος προσδιορισμού με εύρος μέτρησης 0,05 – 3,00 mg/l NH₄⁺-N και φωτομέτρηση.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Δείγματα νερού
- Σιφώνιο μέτρησης (ή πλαστική σύριγγα του kit test)
- Δοκιμαστικός σωλήνας της μεθόδου (kit test)
- Αντιδραστήρια NH₄-B, NH₄-2B, NH₄-3B
- Φωτόμετρο Merck Spectroquant^R NOVA 60
- Κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector)
- Ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm
- Απορροφητικό χαρτί
- Αναδευτήρας (Minishaker MS2, IKA WORKS)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευστή της μεθόδου, τοποθετούνται 5 ml δείγματος νερού με σιφώνιο στο δοκιμαστικό σωλήνα της μεθόδου (του kit-test) που δεν περιέχει κάποιο μίγμα αντιδραστηρίων. Προστίθεται ακόμη 0,6 ml NH₄-B και ο δοκιμαστικός σωλήνας κλείνεται και τοποθετείται στον αναδευτήρα για κάποια δευτερόλεπτα, ώστε το μίγμα να αναδευτεί καλά. Προστίθεται, επιπλέον, 1 κουταλάκι αντιδραστήριο NH₄-2B και ακολουθεί πάλι ανάδευση για να διαλυθεί το στερεό αντιδραστήριο. Έπειτα, ο σωλήνας αφήνεται σε stand (βάση στήριξης) σε ηρεμία για 5 min για να πραγματοποιηθεί η χημική αντίδραση. Στη συνέχεια, προστίθενται 4 σταγόνες αντιδραστηρίου NH₄-3B, ακολουθεί πάλι ανάδευση και αφήνεται ξανά σε ηρεμία για άλλα 5 min.

Μετά το πέρας των 5 λεπτών, ανοίγεται το καπάκι του φωτομέτρου, ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert Cell or start measurement". Τοποθετείται, τότε, μια καλά σκουπισμένη κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου για να αναγνωρισθεί το συγκεκριμένο kit-test που χρησιμοποιείται από αυτό. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτομέτρου. Αφού γίνει αυτό, η κυψελίδα απομακρύνεται και το μίγμα από το δοκιμαστικό σωλήνα μεταφέρεται σε μια ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm και στη συνέχεια, αφού σκουπιστεί καλά με απορροφητικό χαρτί, τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου και **φωτομετρείται στα 690 nm, όταν έχει πάρει ένα πράσινο χρώμα**. Εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη. Η συγκέντρωση η οποία μετράται (α), χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η ποσότητα NH_4^+ στο δείγμα. Έτσι έχω π.χ :

$$MB_{NH_4^+} = 18gr / mol, MB_{N_2} = 14gr / mol, \alpha = 1,75mgN / l \text{ τότε θα έχω :}$$

$$\text{Στα } 18grNH_4^+ / mol \rightarrow 14grN / mol \text{ και}$$

$$\text{Στα } xgrNH_4^+ / mol \rightarrow 1,75mgN / l \text{ συνεπάγεται ότι: } x = \frac{1,75 * 18}{14} \Leftrightarrow x = 2,25mgNH_4^+$$

Έτσι, με βάση την παραπάνω μετατροπή προσδιορίστηκαν οι παραπάνω συγκεντρώσεις αμμωνιακών ιόντων σε mg στα νερά της λίμνης:

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΜΜΩΝΙΑΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ (mg/l)			
Λίμνη Μάτι	Λίμνη Μάτι	Λίμνη Εστιατόρια	Λίμνη Εστιατόρια
0,1	0,05	0,26	0,03
0,05	0,1	0,2	0,13
0,1	0,1	0,23	0,1
0,02	0,3	0,15	0,27
0,06	0,06	0,08	0,2
0,2	0,06	0,17	0,4
0,1	0,06	0,08	0,15
0,09	0,1	0,13	0,27
0,06	0,09	0,08	0,09

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Δείγματα με μεγάλη θολότητα πρέπει απαραίτητως να διηθούνται, διότι δίνουν θετικό σφάλμα στην μέτρηση.
2. Κατά την μέτρηση, τα φιαλίδια πρέπει να είναι καθαρά ή να καθαρίζονται με στεγνό και καθαρό πανί.
3. Ο χρωματισμός στο διάλυμα μετά το τέλος της αντίδρασης παραμένει σταθερός για 60 min, αλλά η μέτρηση πρέπει να γίνεται αυστηρά στα 15 min.
4. Δεν πρέπει να ρίχνεται στα φιαλίδια κρύο νερό. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΩΣΦΟΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ($PO_4^{3-}-P$)

ΓΕΝΙΚΑ: Στα επιφανειακά νερά και απόβλητα ο **φώσφορος** απαντάται σε πολλές μορφές, αλλά πιο συχνά με τις μορφές ορθοφωσφορικών ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) και πολυ-

φωσφορικών ιόντων $[\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6]$, ως οργανικός φώσφορος δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις.

Η παρουσία των **φωσφορικών ιόντων (PO_4^{3-})** στα επιφανειακά νερά, οφείλεται σε πολλές πηγές φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης. Πολλά από τα χρησιμοποιούμενα απορρυπαντικά, οικιακής ή βιομηχανικής χρήσης, περιέχουν πολυφωσφορικά ιόντα για την αποσκλήρυνση του νερού. Έτσι, τα λύματα και απόβλητα καταλήγουν στους επιφανειακούς αποδέκτες, επιβαρυνόμενα με σημαντικές ποσότητες φωσφόρου. Ακόμη, τα φωσφορούχα λιπάσματα που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες, δεν δεσμεύονται ποσοτικά από τα φυτά ή το έδαφος και έτσι, οι εκπλύσεις εδαφών περιέχουν και αυτές σημαντικά φορτία φωσφόρου. Όσον αφορά τώρα τις φυσικές πηγές προέλευσης του οργανικού, κυρίως, φωσφόρου, αυτές είναι συνήθως βιολογικές διεργασίες. Περιέχεται, δηλαδή, στα περιττώματα και υπολείμματα τροφών και συνεπώς και στα λύματα. Φώσφορος υπάρχει ακόμα στα ιζήματα λιμνών, λιμνοθαλασσών και κλειστών θαλάσσιων κόλπων, καθώς επίσης και στη βιολογική ιλύ (προέρχεται από το βιολογικό καθαρισμό των λυμάτων) υπό τη μορφή ανόργανων αλάτων ή δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις.

Ο φώσφορος αποτελεί βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των οργανισμών και η έλλειψή του μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής σε μια υδατική μάζα. Αντίθετα, όμως, μπορεί να προκαλέσει περιοριστικό παράγοντα δημιουργώντας υπερμετρη ανάπτυξη φωτοσυνθετικών, υδρόβιων φυκών ή μακροφύτων (ευτροφικές καταστάσεις συνοδευόμενες από δυσοσμία και αλλαγή του χρώματος του υδάτινου φορέα) εάν διοχετευτεί σε μεγάλες ποσότητες στον υδάτινο φορέα (επεξεργασμένα ή ανεπεξεργαστα λύματα, κτηνοτροφικά απόβλητα, εκπλύσεις γεωργικών εδαφών κ. ά.).

Στη φύση, τα πολυφωσφορικά ιόντα, βαθμιαία υδρολύονται στο νερό προς σταθερές ομάδες ορθοφωσφορικών. Επίσης, ο δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις φώσφορος, με τη δράση βακτηρίων, αποικοδομείται με τελικό προϊόν ορθοφωσφορικά ιόντα.

Τα όριά μου, σύμφωνα με τη νομοθεσία, είναι 0,4 – 0,7 mg/l για το πόσιμο νερό.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Για τον προσδιορισμό των φωσφορικών ιόντων (PO_4^{3-}), χρησιμοποιήθηκε έτοιμο kit μέτρησης (14848), μια ημιποσοτική μέθοδος προσδιορισμού με εύρος μέτρησης 0,05 – 5,00 mg/l PO_4^{3-} -P και φωτομέτρηση.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Δείγματα νερού
- Σιφώνιο μέτρησης (ή πλαστική σύριγγα του kit test)
- Δοκιμαστικός σωλήνας της μεθόδου (kit test)
- Αντιδραστήρια P-1A, P-2A
- Φωτόμετρο Merck Spectroquant^R NOVA 60
- Κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector)
- Ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm
- Απορροφητικό χαρτί
- Αναδευτήρας (Minishaker MS2, IKA WORKS)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευστή της μεθόδου, τοποθετούνται 5 ml δείγματος νερού με σιφώνιο στο δοκιμαστικό σωλήνα της μεθόδου (του kit-test) που δεν περιέχει κάποιο μίγμα αντιδραστηρίων. Προστίθενται ακόμη 5 σταγόνες του αντιδραστηρίου P-1A και ακολουθεί σύντομη ανάδευση. Στη συνέχεια, προστίθεται επιπλέον 1 κουταλάκι (1 δόση) αντιδραστήριο P-2A και ακολουθεί πάλι ανάδευση, έως ότου διαλυθεί το ίζημα. Έπειτα, ο σωλήνας αφήνεται σε stand (βάση στήριξης) σε ηρεμία για 5 min για να πραγματοποιηθεί η χημική αντίδραση και το διάλυμα να πάρει ένα σιέλ χρώμα.

Μετά το πέρας των 5 λεπτών, ανοίγεται το καπάκι του φωτομέτρου, ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert Cell or start measurement". Τοποθετείται, τότε, μια καλά σκου-

πισμένη κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου για να αναγνωρισθεί το συγκεκριμένο kit-test που χρησιμοποιείται από αυτό. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτομέτρου. Αφού γίνει αυτό, η κυψελίδα απομακρύνεται και το μίγμα από το δοκιμαστικό σωλήνα μεταφέρεται σε μια ορθογώνια κυψελίδα χαλαζία πάχους 10 mm και στη συνέχεια, αφού σκουπιστεί καλά με απορροφητικό χαρτί, τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων του φωτομέτρου και **φωτομετρείται στα 710 nm**. Εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη. Η συγκέντρωση η οποία μετράται (γ), χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η ποσότητα PO_4^{3-} στο δείγμα. Έτσι έχω π.χ :

$$MB_{PO_4^{3-}} = 95 \text{ gr/mol} , MB_P = 31 \text{ gr/mol} , \gamma = 0,68 \text{ mgP/l} \text{ τότε θα έχω :}$$

$$\text{Στα } 95 \text{ gr} PO_4^{3-} / \text{mol} \rightarrow 31 \text{ gr} P / \text{mol} \text{ και}$$

$$\text{Στα } x \text{ gr} PO_4^{3-} / \text{mol} \rightarrow 0,68 \text{ mg} P / \text{mol} \text{ συνεπάγεται ότι: } x = \frac{0,68 * 95}{31} \Leftrightarrow x = 2,08 \text{ mg} PO_4^{3-}$$

Έτσι, με βάση την παραπάνω μετατροπή προσδιορίστηκαν οι παραπάνω συγκεντρώσεις φωσφορικών ιόντων σε mg στα νερά της λίμνης:

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΦΩΣΦΟΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ (mg/l)			
Λίμνη Μάτι	Λίμνη Μάτι	Λίμνη Εστιατόρια	Λίμνη Εστιατόρια
0	0,09	0	0,06
0,2	0,12	0,03	0,09
0,09	0,06	0,03	0,09
0,06	0,03	0,06	0,03
0,2	0,09	0,06	0,12
0,06	0,09	0,06	0,12
0,03	0,15	0,06	0,03
0,03	0,06	0,09	0,09
0,03	0,06	0,06	0,06

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Δείγματα με μεγάλη θολότητα πρέπει απαραίτητως να διηθούνται, διότι δίνουν θετικό σφάλμα στην μέτρηση.
2. Κατά την μέτρηση, τα φιαλίδια πρέπει να είναι καθαρά ή να καθαρίζονται με στεγνό και καθαρό πανί.
3. Δεν πρέπει να ρίχνεται στα φιαλίδια κρύο νερό.
4. Δείγματα που περιέχουν $Cl^- > 1000 \text{ mg/l}$ πρέπει να αραιώνονται με απιονισμένο νερό.
5. Για τη διασφάλιση της ποιότητας του test, μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρότυπο διάλυμα με $0,80 \text{ mg/l } PO_4^{3-}P$ (Spectroquant Combicheck 10) για τον έλεγχο του φωτομετρικού συστήματος μέτρησης (αντιδραστήρια των test της συσκευής μέτρησης, χειρισμός) και του τρόπου λειτουργίας και επίσης, ένα πρόσθετο διάλυμα για τον προσδιορισμό ξένων ουσιών που ενδέχεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΘΕΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ (SO_4^{2-})

ΓΕΝΙΚΑ: Η παρουσία των **θειικών ιόντων (SO_4^{2-})** στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, μπορεί να προέρχεται από τη γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων, κυρίως γυψούχα

πετρώματα, από τα οποία διέρχεται το νερό ή από ορισμένες χρήσεις του νερού από τον άνθρωπο. Η συγκέντρωσή τους στα επιφανειακά νερά παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων από τα οποία διέρχονται και το είδος και την ένταση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων.

Ο έλεγχος των θειικών αλάτων στο νερό έχει μεγάλη σημασία, διότι έχει βρεθεί ότι τα θειικά άλατα ασβεστίου έχουν καθαρική δράση στον άνθρωπο και ακόμη ότι οι ενώσεις τους με αλογόνα θεωρούνται καρκινογόνες. Γι' αυτό, λοιπόν, το ανώτατο επιτρεπτό όριο θειικών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι 250 mg/l.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Για τον προσδιορισμό των θειικών ιόντων (SO_4^{2-}), χρησιμοποιήθηκε έτοιμο kit μέτρησης που αποτελεί μια ημιποσοτική μέθοδο προσδιορισμού (χρωματομετρικός προσδιορισμός).

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Δείγματα νερού
- Σιφώνιο μέτρησης των 5 ml (ή πλαστική σύριγγα του kit test)
- Δοκιμαστικός σωλήνας της μεθόδου (kit test)
- Αντιδραστήριο 1
- Αντιδραστήριο 2 (ιωδικό βόριο)
- Υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 40 °C
- Αντιδραστήριο 3
- Αντιδραστήριο 4
- Φίλτρο
- Αναδευτήρας (Minishaker MS2, IKA WORKS)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Με σιφώνιο των 5 ml λαμβάνονται από το δείγμα νερού 2,5 ml και τοποθετούνται στο δοκιμαστικό σωλήνα της μεθόδου. Στη συνέχεια, προστίθενται 2 σταγόνες από το αντιδραστήριο 1 (κατακρημνίζει τα SO_4^{2-} και αφού αναδευτεί καλά προστίθεται ακόμα 1 κουταλάκι αντιδραστήριο 2 (αντιδρά με τα θειικά που έχουν κατακρημνιστεί και είναι ιωδικό βόριο). Για μια φορά ακόμα, αναδύεται καλά και αφήνεται για 5 min σε υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 40 °C για να αντιδράσει. Η ανάδευση δεν σταματάει, αλλά πραγματοποιείται σε συχνά χρονικά διαστήματα.

Μετά το πέρας των 5 min, προστίθενται 2,5 ml από το αντιδραστήριο 3 (αντιδρά με το αντιδραστήριο 2 προς σχηματισμό θειικού βορίου), αναδύεται ξανά το μίγμα και έπειτα, φιλτράρεται όλο το περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα με απλό ηθμό και μεταφέρεται σε έναν άλλο δοκιμαστικό σωλήνα.

Στο φιλτραρισμένο δείγμα, πλέον, προστίθενται 4 σταγόνες από το αντιδραστήριο 4 (χρωστική-τανίνη: δίνει ένα καφε-κόκκινο χρώμα) και αναδύεται. Ο δοκιμαστικός σωλήνας, τέλος, αφήνεται για άλλα 7 min στο υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 40 °C και μετά το πέρας αυτού του χρόνου, παρατηρείται το χρώμα που έχει αποκτήσει, συγκρίνεται με το σταθερό χρώμα και με τη βοήθεια του χρωματικού χάρτη της μεθόδου προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε θειικά ιόντα. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ(Cl)

ΓΕΝΙΚΑ: Το χλώριο υπό τη μορφή χλωριόντων, αποτελεί ένα από τα βασικά ανόργανα ανιόντα των υδάτων και αποβλήτων. Στα φυσικά επιφανειακά και υπόγεια νερά, η συγκέντρωση των χλωριόντων διαφέρει και εξαρτάται κυρίως από τη χημική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό. Στη χώρα μας, σε πολλές περιοχές, παρατηρούνται υψηλές τιμές χλωριόντων στα υπόγεια νερά. Υψηλές τιμές χλωριόντων παρατηρούνται

και σε όλα σχεδόν τα υπόγεια νερά των παράκτιων περιοχών, λόγω των υπεραντλήσεων και της προέλασης του θαλάσσιου μετώπου.

Στα αστικά λύματα, η συγκέντρωση των χλωριόντων είναι υψηλότερη από εκείνη των πόσιμων υδάτων, γιατί κατά τη χρήση του από τον άνθρωπο, το νερό επιβαρύνεται με άλατα και κυρίως με χλωριούχο νάτριο, το οποίο προστίθεται ως βελτιωτικό γεύσης σε όλες σχεδόν τις τροφές. Το μεγαλύτερο μέρος της προστιθέμενης ποσότητας αλατιού στις τροφές, καταλήγει, αναλλοίωτο, στα λύματα. Σε πολλές χώρες της Ευρώπης, τα ποτάμια που χρησιμοποιούν τόσο για ύδρευση, όσο και για αποχέτευση των λυμάτων παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων, παρόλο που τα λύματα υφίστανται προωθημένη επεξεργασία (τριτογενής καθαρισμός), πριν τη διάθεσή τους στον τελικό αποδέκτη. Αλλά και πολλές κατηγορίες βιομηχανιών επιβαρύνουν, με μεγάλες τιμές χλωριόντων, τα απόβλητά τους και στη συνέχεια τους φυσικούς αποδέκτες, στους οποίους καταλήγουν.

Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων, αλλοιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, αυξάνουν το ρυθμό διάβρωσης των μεταλλικών επιφανειών και έχουν βαλαβερές συνέπειες στην ανάπτυξη των περισσότερων φυτών.

Το ανώτατο επιτρεπτό όριο χλωριόντων στο πόσιμο νερό, σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, είναι 200 mg/l.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Ο προσδιορισμός των χλωριόντων (Cl^-), πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο του νιτρικού αργύρου ή μέθοδος Mohr όπως είναι γνωστή. Είναι η παλαιότερη και συνήθεστερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος, κατάλληλη για σχετικά καθαρά νερά, με συγκέντρωση χλωριόντων από 1,5 – 100 mg/l. Πρόκειται για ογκομετρική μέθοδο που στηρίζεται στη δέσμευση των χλωριόντων υπο τη μορφή AgCl_2 , παρουσία δείκτη χρωμικού καλίου κατά την ογκομέτρηση ορισμένης ποσότητας δείγματος με διάλυμα νιτρικού αργύρου (AgNO_3), σε ουδέτερο ή ελαφρά αλκαλικό περιβάλλον ($\text{pH} = 8,3$).

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Δείγματα νερού
- Απιονισμένο νερό
- Διάλυμα χρωμικού καλίου K_2Cr_4 2% (2 gr χρωμικό κάλιο ή αλλιώς potassium chromate σε 100 ml απιονισμένο νερό) → δείκτης
 - Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου 0,01492M (προσθέτουμε 8,4935gr AgNO_3 σε 500 ml απιονισμένο νερό)
 - Σιφώνιο μέτρησης του 1 ml
 - Γυάλινη κωνική φιάλη των 250 ml
 - Προχοίδα των 50 ml, βαθμολογημένη ανά 0.1 ml ή ισοδύναμο όργανο
 - Χωνί διήθησης

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Αρχικά, προετοιμάζονται τα δείγματα που θα χρησιμοποιηθούν:

A) Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου 0,01N: Αναμιγνύονται πάντα σε σκουρόχρωμο μπουκάλι (κωνική φιάλη των 500 ml) 50 ml από το διάλυμα AgNO_3 0,1M και απιονισμένο νερό.

B) Τυφλό διάλυμα: (φτιάχνεται μόνο την πρώτη φορά). Σε κωνική φιάλη των 250 ml προστίθενται 50 ml απιονισμένο νερό, 2 ml K_2Cr_4 2% και 0,5 gr CaCO_3 για να δημιουργηθεί αιώρημα. Στη συνέχεια, προστίθεται AgNO_3 0,01N σε σταγόνες και ξεκινά η ογκομέτρηση, μέχρι να εμφανισθεί το κεραμιδί χρώμα. Ο όγκος αυτός του πρότυπου διαλύματος του AgNO_3 0,01N πρέπει να αφαιρείται από τον κάθε καταναλισκόμενο όγκο διαλύματος AgNO_3 . Η συνήθης τιμή του λευκού είναι 0,2 – 0,3 ml.

Προτού ξεκινήσει η ογκομέτρηση του δείγματος πρέπει να αποφασιστεί αν θα πραγματοποιηθεί αραίωση. Αραίωση πραγματοποιείται όταν η συγκέντρωση χλωριόντων ή άλλων ιόντων στο διάλυμα είναι πολύ μεγάλη, γεγονός που μπορεί να υπολογιστεί από τη μέτρηση της αγωγιμότητας του δείγματος. Τα χλωριόντα, με άλλα λόγια, σχετίζονται με την αγωγιμότητα

τητα, -(όσο η αγωγιμότητα αυξάνει, τόσο αυξάνεται και η συγκέντρωση των χλωριόντων), - και εμπειρικά μπορεί ο αναλυτής να αποφασίσει αν θα πραγματοποιήσει αραιώση ή όχι. Συνήθως, όταν η αγωγιμότητα είναι μεγαλύτερη από 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$ το δείγμα αραιώνεται και εφαρμόζεται ως επί το πλείστον αραιώση 1:2 (10 ml δείγμα + 10 ml απιονισμένο νερό) ή 1:5 (10 ml δείγμα + 50 ml απιονισμένο νερό).

Έπειτα, ακολουθεί η ογκομέτρηση του δείγματος:

Σε κωνική φιάλη των 250 ml τοποθετούνται 25 ml δείγματος νερού [είτε 12,5 ml δείγμα και 12,5 ml απιονισμένο νερό (αραιώση 1:2), είτε 10 ml δείγμα και 50 ml απιονισμένο νερό (αραιώση 1:5), αν και όπου απαιτείται αραιώση]. Χρησιμοποιώντας το σιφώνιο του 1 ml, προστίθεται 1 ml χρωμικό κάλιο (K_2Cr_4 2%) και το διάλυμα χρωματίζεται κίτρινο.

Στη συνέχεια, με τη βοήθεια χωνιού, ξεπλένεται η προχοίδα πρώτα με απιονισμένο νερό και έπειτα με το πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου AgNO_3 0,01N που είναι και το διάλυμα με το οποίο θα συμπληρωθεί η προχοίδα και θα ογκομετρηθεί το μίγμα. Προτού ξεκινήσει η ογκομέτρηση, σημειώνεται η αρχική τιμή της ποσότητας του AgNO_3 0,01N στην προχοίδα. Έπειτα, πραγματοποιώντας γρήγορη και έντονη ανάδευση ογκομετρείται το διάλυμα προσθέτοντας αργά σε σταγόνες το πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου AgNO_3 0,01N. Η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου εμφανιστεί ένα κεραμιδί – πορτοκαλί χρώμα. Σημειώνεται, τότε, η τελική τιμή της ποσότητας του AgNO_3 0,01N στην προχοίδα. Η αρχική τιμή αφαιρείται από την τελική τιμή και έτσι υπολογίζεται η ποσότητα AgNO_3 0,01N που έχει καταναλωθεί.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για 1 ακόμη φορά και μαζί με τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης του λευκού διαλύματος υπολογίζεται η εκατοστιαία περιεκτικότητα του δείγματος σε χλωριόντα μέσω του τύπου:

$$\text{mg}/\text{lCl}^- = \frac{(A - B) * N * 35.450}{C}$$

Όπου:

A = ml διαλύματος AgNO_3 0,01N που καταναλώθηκαν για το δείγμα συνολικά και για τις 2 ογκομετρήσεις

B = ml διαλύματος AgNO_3 0,01N που καταναλώθηκαν για το λευκό δείγμα (= 0,1 ml)

N = η κανονικότητα του διαλύματος AgNO_3 (= 0,01N)

C = ml δείγματος

Η περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{mgNaCl}/\text{l} = (\text{mgCl}/\text{l}) * 1,65$$

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Τα ιόντα βρωμίου, ιωδίου και τα θειώδη ιόντα τιτλοδοτούνται σαν ισοδύναμες ποσότητες ιόντων χλωρίου.
2. Το χρώμα και η θολρότητα θα πρέπει να απομακρύνονται πριν τον προσδιορισμό των χλωριόντων.
3. Τα ορθοφωσφορικά ιόντα, όταν είναι περισσότερα από 25 mg/l, καθιζάνουν σαν φωσφορικός άργυρος.
4. Ο σίδηρος, σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 10 mg/l, παρεμποδίζει τη σωστή αναγνώριση αλλαγής του χρώματος του δείκτη στο τέλος της ογκομέτρησης. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ Ca^{2+} , Na^+ , K^+

ΓΕΝΙΚΑ: Η χρήση των φασμάτων εκπομπής σε φλόγα ή φλογοφωτομετρία, για ποσοτικές αναλύσεις, χρονολογείται από το 1930. Η εκπομπή και η απορρόφηση σε φλόγα είναι τεχνικές που αλληλοσυμπληρώνονται, καθώς ορισμένα από τα στοιχεία ανιχνεύονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις με μετρήσεις εκπομπής και ορισμένα μόνο με μετρήσεις απορρόφησης.

Το **ασβέστιο (Ca^{2+})** στα επιφανειακά και υπόγεια νερά είναι φυσικής προέλευσης και οφείλεται στη χημική σύσταση που έχουν τα πετρώματα από τα οποία διέρχεται το νερό (ασβεστόλιθοι, δολομίτες, γύψος κ. ά.), γεγονός σύνηθες στην Ελλάδα. Το ασβέστιο είναι δεσμευμένο με ανθρακικά ιόντα και σχηματίζει ανθρακικό ασβέστιο που συμβάλει στη δημιουργία ολικής σκληρότητας. Υψηλές συγκεντρώσεις ανθρακικού ασβεστίου προκαλούν καθυστερήσεις στις σωληνώσεις και στις μεταλλικές επιφάνειες, ιδιαίτερα σε εκείνες από τις οποίες διέρχεται ζεστό νερό.

Το φαινόμενο της υπαλμύρωσης, εκτός από την αύξηση των χλωριόντων, σχετίζεται και με την αύξηση της συγκέντρωσης των **κατιόντων νατρίου (Na^+)**, αφού το θαλασσινό νερό εμπεριέχει τεράστιες ποσότητες χλωριούχου νατρίου ($NaCl$).

Ακόμη, ένας σημαντικός λόγος για την αύξηση της συγκέντρωσης των κατιόντων νατρίου στα επιφανειακά νερά ενός υδάτινου αποδέκτη είναι η κατάληξη πιθανόν οικιακών αποβλήτων στον υδάτινο αποδέκτη, εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης του χλωριούχου νατρίου (το κοινό αλάτι), ως βελτιωτικό γεύσης στα διάφορα φαγητά. Τέλος, αξίζει να σημειώσουμε ότι, οι χαμηλές συγκεντρώσεις νατρίου, υποδηλώνουν ότι τα επιφανειακά νερά είναι κατάλληλα για άρδευση.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των συγκεντρώσεων Ca^{2+} , Na^+ και K^+ χρησιμοποιήθηκε η φλογοφωτομετρική μέθοδος και μάλιστα η χρήση των φασμάτων εκπομπής σε φλόγα, με όργανο το φλογοφωτόμετρο.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Ο προσδιορισμός των παραπάνω μεταλλοίωντων δεν απαιτείται να διεξάγεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Φλογοφωτόμετρο με κατάλληλα οπτικά φίλτρα για τον προσδιορισμό Ca^{2+} , Na^+ και K^+
- Πρότυπα διαλύματα Ca^{2+} διαφόρων συγκεντρώσεων (από 0,00 – 100,00 ppm)
- Πρότυπα διαλύματα Na^+ διαφόρων συγκεντρώσεων (από 0,00 – 10,00 ppm)
- Πρότυπα διαλύματα K^+ διαφόρων συγκεντρώσεων (από 0,00 – 10,00 ppm)
- Υπερκάθαρο νερό

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Αρχικά, ανοίγεται το φλογοφωτόμετρο και δημιουργείται η φλόγα (ανοίγεται η βαλβίδα της φιάλης προπανίου η οποία είναι συνδεδεμένη στο φλογοφωτόμετρο, ούτως ώστε να τροφοδοτήσει με την απαραίτητη ποσότητα καυσίμου το όργανο και πατώντας έναν ειδικό διακόπτη πάνω στο φλογοφωτόμετρο δημιουργείται η φλόγα). Αφήνεται το όργανο για 30 min να σταθεροποιηθεί η φλόγα και έπειτα πραγματοποιείται η βαθμονόμησή του.

Η διαδικασία της βαθμονόμησης του οργάνου στηρίζεται στην αρχή του ψεκασμού της φλόγας του οργάνου (η οποία έχει μπλε χρώμα), διαμέσου ενός σωλήνα πάρα πολύ μικρής διαμέτρου, με τα πρότυπα διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων των στοιχείων που επιθυμείται να μετρηθούν, καθώς επίσης και ενός τυφλού διαλύματος (περιέχει διάφορες ουσίες πλην αυτής που επιθυμείται). Η φλόγα με αυτόν τον τρόπο, χρωματίζεται με ένα συγκεκριμένο χρώμα που είναι χαρακτηριστικό για κάθε ένωση και οφείλεται στο γεγονός ότι τα μόρια της ένωσης η οποία μπαίνει στη φλόγα διασπώνται σε άτομα. Τα άτομα διεγείρονται και κατά την αποδιέγερσή τους παρατηρείται εκπομπή ακτινοβολίας. Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται (δηλαδή το χρώμα της φλόγας) εξαρτάται από τη φύση του

στοιχείου που εισέρχεται στο χώρο της φλόγας. Αυτή η εκπομπή σε συγκεκριμένο μήκος κύματος μπορεί να απομονωθεί με τη χρήση κατάλληλων οπτικών φίλτρων και να ανιχνευθεί από έναν φωτο-ανιχνευτή. **Η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται είναι το μέτρο της συγκέντρωσης του στοιχείου στο δείγμα που εισάγεται στη φλόγα.** Το οπτικό σύστημα που χρησιμοποιείται στα φλογοφωτόμετρα αποτελείται από φίλτρα απορρόφησης και ως φωτοανιχνευτές χρησιμοποιούνται φωτοστοιχεία.

Επιλέγεται η ουσία που θα πραγματοποιηθεί η μέτρηση από ένα διακόπτη ψηλά στο φλογοφωτόμετρο (Ca^{2+} , Na^+ ή K^+). Έστω ότι επιλέγεται το Ca^{2+} .

Έπειτα, από μια ροδέλα ρυθμίζεται το εύρος των τιμών της ουσίας που πρόκειται να μετρηθεί και σταθεροποιείται η τιμή 0 με τη χρήση υπερκάθαρου νερού «κερασμένου» σε ποτηράκι ζέσεως (τυφλό διάλυμα), το οποίο τοποθετείται στην ειδική εσοχή του φλογοφωτόμετρου. Το ειδικό σωληνάκι της συσκευής εμποτίζεται επαρκώς μέσα στο υπερκάθαρο νερό και έτσι «ρουφάει» μια επαρκή ποσότητα νερού (περίπου 3 – 6 ml/min), η οποία ραντίζει τη φλόγα του οργάνου. Η φλόγα με τη σειρά της, χρωματίζεται με ένα συγκεκριμένο χρώμα που είναι χαρακτηριστικό για το υπερκάθαρο νερό (εδώ απλά γίνεται πιο έντονη μπλε) και οφείλεται στο γεγονός ότι τα μόρια της ένωσης η οποία μπαίνει στη φλόγα διασπώνται σε άτομα, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Με τον ίδιο τρόπο συνεχίζεται η βαθμονόμηση, χρησιμοποιώντας τα πρότυπα διαλύματα του Ca^{2+} διαφόρων συγκεντρώσεων και καταγράφονται οι ενδείξεις του οργάνου για καθένα από αυτά. Πιο αναλυτικά για κάθε ουσία έχουν καταγραφεί οι εξής ενδείξεις:

Για το Ca^{2+} : Η φλόγα χρωματίζεται κόκκινη.

Συγκεντρώσεις πρότυπων δ/των (ppm)	Ενδείξεις του φλογοφωτομέτρου (ppm ή mgCa^{2+} /l)
0 (τυφλό διάλυμα)	0
20	19,8
40	40,2
60	60,1
80	80,3
100	100

Για το Na^+ : Η φλόγα χρωματίζεται κίτρινη.

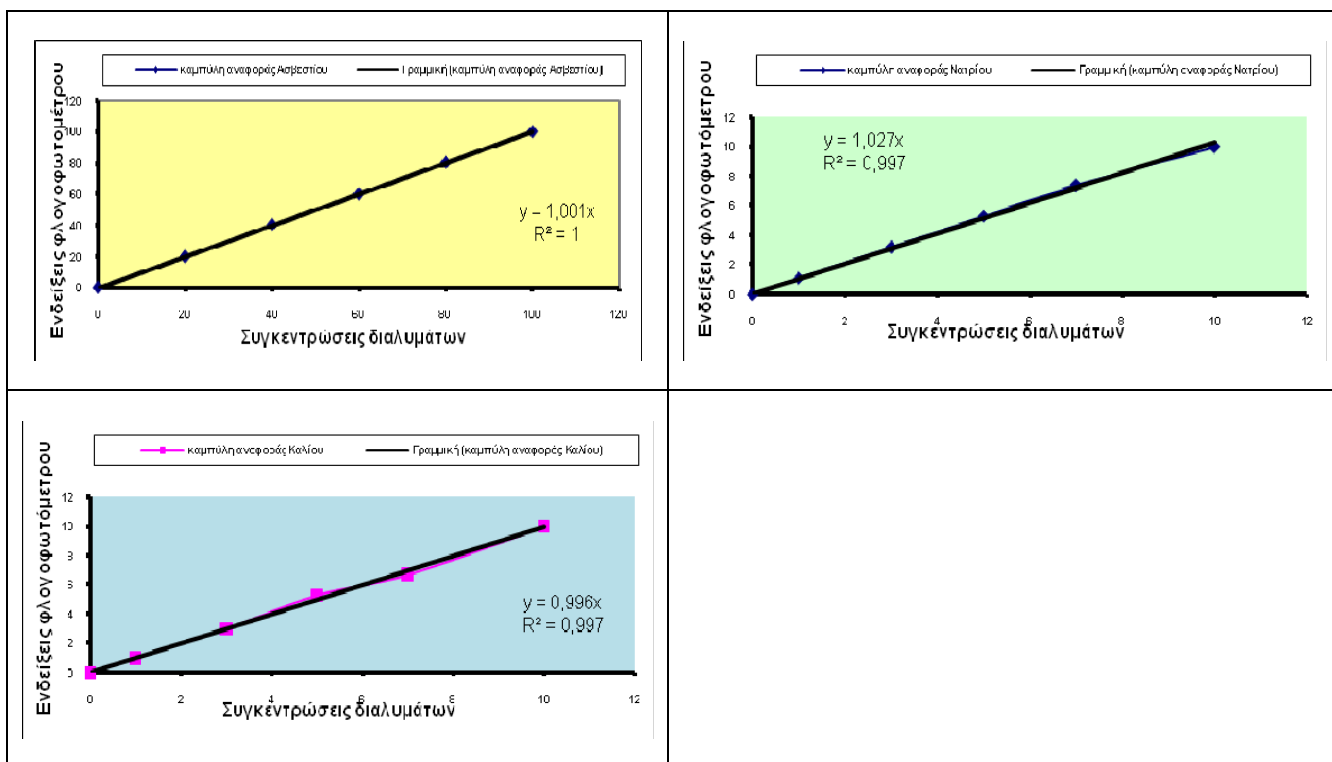
Συγκεντρώσεις πρότυπων δ/των (ppm)	Ενδείξεις του φλογοφωτομέτρου (ppm ή mgNa^+ /l)
0 (τυφλό διάλυμα)	0
1	1,1
3	3,2
5	5,3
7	7,4
10	10

Για το K^+ : Η φλόγα χρωματίζεται πιο ανοιχτόχρωμο κίτρινο.

Συγκεντρώσεις πρότυπων δ/των (ppm)	Ενδείξεις του φλογοφωτομέτρου (ppm ή mgK^+ /l)
0 (τυφλό διάλυμα)	0

1	1
3	3
5	5,3
7	6,7
10	10

Στη συνέχεια, από τις παραπάνω μετρήσεις (ζεύγη τιμών) χαράσσονται 3 καμπύλες αναφοράς, όπου στον άξονα των x τοποθετούνται οι συγκεντρώσεις των διαλυμάτων και στον άξονα των y τοποθετούνται οι ενδείξεις του οργάνου:



Τέλος, μετρούνται τα δείγματα του νερού στο φλογοφωτόμετρο και από τις ενδείξεις του οργάνου και τις εξισώσεις των καμπυλών αναφοράς κάθε στοιχείου (π.χ. $y = 1,0272x$), υπολογίζονται οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις του κάθε δείγματος σε Ca^{2+} , Na^+ και K^+ ως εξής:

Έστω ότι η ένδειξη του οργάνου για κάποιο δείγμα νερού σε νάτριο είναι 6,6 τότε συνεπάγεται ότι: $y = 1,0272x \Leftrightarrow 6,6 = 1,0272x \Leftrightarrow x = 6,4mgNa^+ / l$

Έτσι, τελικά, συγκεντρώνονται όλα τα αποτελέσματα σε έναν τελικό πίνακα όπως αυτόν που παρατίθεται παρακάτω (για την ίδια εξίσωση ευθείας, της καμπύλης αναφοράς του νατρίου $\rightarrow y = 1,0272x$):

Όνομα δείγματος	Αραίωση	Ένδειξη οργάνου	Υπολογιζόμενη συγκέντρωση
Δείγμα 1	1/1	6,6	6,4 mg Na^+ / l
Δείγμα 2	1/5	6,4	6,2 mg Na^+ / l
Δείγμα 3	1/3	4,4	4,3 mg Na^+ / l

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Για τα ιόντα του Na^+ και K^+ ισχύει η παραπάνω διαδικασία για συγκεντρώσεις έως και 10,00 ppm και η καμπύλη προτυποποίησης είναι ευθεία γραμμή.
2. Για τα ιόντα του Ca^{2+} ισχύει η παραπάνω διαδικασία για συγκεντρώσεις έως και 100,00 ppm και η καμπύλη προτυποποίησης είναι ευθεία γραμμή. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΑΛΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (DO)

ΓΕΝΙΚΑ: Όσον αφορά το DO, αυτό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η ηλιοφάνεια, ο κυματισμός, τα ρεύματα, η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και οργανικές ουσίες, το περιεχόμενο σε μικροοργανισμούς κ.ά.. Από αυτούς, εκείνοι που επηρεάζουν περισσότερο τη διαλυτότητά του στο νερό είναι η θερμοκρασία (αυξανομένης της θερμοκρασίας, μειώνεται η διαλυτότητα του DO στο νερό και αντιστρόφως), η αλατότητα (αυξανομένης της αλατότητας, μειώνεται η διαλυτότητα του DO στο νερό και αντιστρόφως) και η πίεση (αυξανομένης της πίεσης, μειώνεται η διαλυτότητα του DO στο νερό και αντιστρόφως). Έτσι, κάτω από δεδομένες συνθήκες θερμοκρασίας, αλατότητας και πίεσης η διαλυτότητα του DO στο νερό είναι συγκεκριμένη και εφόσον δεν υπάρχουν άλλοι παράγοντες μπορεί να υπολογιστεί ή να βρεθεί από πίνακες. **Η τιμή αυτή, αντιστοιχεί στην τιμή κορεσμού του νερού σε οξυγόνο και αποτελεί μέτρο για την κατάσταση των επιφανειακών υδάτων.**

Σε γενικές γραμμές, θα μπορούσαμε να πούμε ότι πρόσδοση οξυγόνου στο νερό γίνεται από τους φωτοσυνθέτοντες οργανισμούς όπως τα μικροφύκη και τα υδρόβια φυτά, ενώ πρόσληψη – μείωση πραγματοποιείται από την αερόβια αποικοδόμηση οργανικών ουσιών από λύματα ή απόβλητα που καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες.

Τέλος, η συγκέντρωση του DO στο νερό εκφράζεται σε mg/l με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Η μέτρηση του DO έγινε ηλεκτρομετρικά με ειδικό πολυόργανο HACH (sension™156) εφοδιασμένο με το αντίστοιχο ηλεκτρόδιο (μπλε ηλεκτρόδιο) πολαρογραφικού ή γαλβανικού τύπου που περιέχει θερμοευαίσθητο ρυθμιστή για διόρθωση της θερμοκρασίας και έτσι κατ' επέκταση μετατρέπεται σε οξυγονόμετρο (ηλεκτροχημική μέθοδος).

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Στις λίμνες και στη θάλασσα το DO μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, λόγω της φωτοσύνθεσης και άλλων βιολογικών διεργασιών. Για να αποκτηθεί, λοιπόν, μια σωστή εικόνα της κατάστασης του υδάτινου αποδέκτη είναι απαραίτητο να συλλέγονται δείγματα σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και σε διαφορετικά βάθη, όπως ακριβώς εφαρμόστηκε και στις δειγματοληψίες της λίμνης Κουρνά. **Γενικά, ο προσδιορισμός του DO πρέπει να γίνεται αμέσως. Διατήρηση του δείγματος δεν είναι επιφύλαξη.**

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Δείγματα νερού
- Οξυγονόμετρο

Περιγραφή: αποτελείται από ηλεκτρόδιο με δυο μεταλλικούς πόλους: την άνοδο (συνήθως σπείρα από άργυρο) και την κάθοδο (δακτύλιος από χρυσό στη βάση του ηλεκτροδίου). Το εσωτερικό του περιέχει ηλεκτρολύτη χλωριούχου καλίου – KCl – σε μορφή ζελέ ή υπέρκορου διαλύματος. Το κάτω μέρος του καλύπτεται από μια λεπτή μεμβράνη (συνήθως από Teflon) εκλεκτικής διαπερατότητας (αδιαπέρατη στο νερό και τα TS και περατή στο οξυγόνο και ορισμένα άλλα αέρια που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό). Το ηλεκτρόδιο βρίσκεται συνδεδεμένο με εξωτερική πηγή τάσης (πολαρογραφικό στοιχείο) ή γαλβανόμετρο.

Οι μεμβράνες παρουσιάζουν μεγάλη μεταβολή στη διαπερατότητα σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, γι' αυτό είναι απαραίτητη η διόρθωση της τιμής του οξυγόνου με υπολογισμό (χρήση νομογραφήματος) ή με ρύθμιση της συσκευής ή με την ενσωμάτωση θερμοευαίσθητων στοιχείων μέσα στο κύκλωμα των ηλεκτροδίων, δηλαδή διατάξεις ρύθμισης της δια-

λυτότητας του οξυγόνου σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία – εφόσον αυτή κυμαίνεται σε ορισμένο πεδίο τιμών (10 – 40 °C) - όπως αυτό που χρησιμοποιήθηκε.

Κάτω από συνήθεις συνθήκες η ακρίβεια των περισσοτέρων οξυγονομέτρων είναι + / - 1%.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Αρχικά πραγματοποιείται η ρύθμιση του οργάνου. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι η μεμβράνη του οξυγονόμετρου πρέπει να διαβρέχεται με νερό για μια ώρα τουλάχιστον πριν αρχίσει η βαθμονόμηση του οργάνου και δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να έρχεται σε επαφή με τα δάχτυλα, γι' αυτό ορισμένα όργανα διαθέτουν ειδικές υποδοχές σαν δακτυλίθρες για την τοποθέτηση της μεμβράνης. Ακόμη, αν κατά τη βύθιση του οργάνου στο νερό παγιδευτεί στο θόλο της μεμβράνης κάποια φυσαλίδα αέρα, τότε αυτή πρέπει να αφαιρείται πριν τη βαθμονόμηση του οργάνου.

Η βαθμονόμηση του οργάνου γίνεται στην τιμή 0 και σε μια άλλη τιμή εκτός του μηδενός. Εδώ βαθμονομήθηκε στην τιμή κορεσμού του νερού σε DO, δηλαδή στο 100%. Η βαθμονόμηση στην τιμή 0 υπάρχει ήδη ρυθμισμένη στο όργανο (αυτόματα), ενώ αν χρειαστεί να πραγματοποιηθεί από εμάς, τότε εμβαπτίζεται το ηλεκτρόδιο σε νερό που έχει προστεθεί θειώδες νάτριο σε αναλογία 1 g/l και μικρή ποσότητα άλατος κοβαλτίου (συνήθως χλωριούχου κοβαλτίου). Αντίθετα, η βαθμονόμηση στην τιμή 100% γίνεται από εμάς διαμέσου έκθεσης του ηλεκτροδίου σε αέρα κορεσμένο υδρατμών ή με τη βύθισή του σε νερό γνωστής συγκέντρωσης οξυγόνου (εδώ συγκέντρωσης 100%).

Όταν αυτό εφαρμοστεί, επιλέγεται το πλήκτρο 5 που έχει την ένδειξη (%), έπειτα cal και τέλος enter για τη σταθεροποίηση της ρύθμισης και τοποθετείται το ηλεκτρόδιο στο δείγμα. Πραγματοποιείται συνεχής ανάδευση του δείγματος με το ηλεκτρόδιο, το οποίο μετράει το ρυθμό διάχυσης του μοριακού οξυγόνου διαμέσου μεμβράνης με τη μορφή προσλαμβανόμενων ηλεκτροχημικών σημάτων, τα οποία μετατρέπονται σε αριθμητική ένδειξη από τη ηλεκτρική συσκευή του οργάνου. Πιο αναλυτικά, αναφέρεται ότι κάτω από την επίδραση της διαφοράς δυναμικού που παράγεται από το πολαρογραφικό ή γαλβανικό στοιχείο, το οξυγόνο που περιέχεται στο δείγμα διέρχεται από τη μεμβράνη του ηλεκτροδίου και ανάγεται στην κάθοδο, ενώ τα ιόντα υδροξειδίου αντιδρούν με τα μεταλλικά ιόντα στην επιφάνεια της ανόδου. Το ρεύμα διάχυσης που δημιουργείται είναι γραμμικά ανάλογο με τη μερική πίεση του οξυγόνου του δείγματος σε ορισμένη θερμοκρασία. Το ρεύμα διάχυσης που δημιουργείται ενισχύεται κατάλληλα και μετατρέπεται απευθείας σε ένδειξη της συγκέντρωσης οξυγόνου πάνω σε βαθμολογημένη κλίμακα του οργάνου. Σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου, αφού έχει πατηθεί το enter και ξανά το πλήκτρο που έχει την ένδειξη 5%. Το ηλεκτρόδιο ξεπλένεται έπειτα από κάθε μέτρηση με απιονισμένο νερό.

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1) Το οξυγονόμετρο δεν μετράει εκλεκτικά το οξυγόνο. Έτσι, αν υπάρχουν άλλα αέρια εκτός του DO στο δείγμα, αυτά θα μετρηθούν ως οξυγόνο.

2) Να προκύψει σφάλμα κατά τη ρύθμιση ως προς τη θερμοκρασία, όταν δεν υπάρχει αυτόματη ρύθμιση.

3) Μη συχνός έλεγχος της μεμβράνης και ρύθμιση του οργάνου.

4) Τα οξυγονόμετρα είναι ευαίσθητα σε μεγάλες συγκεντρώσεις ανόργανων αλάτων, χλωριόντων και υδρόθειου. Η χρήση του, λοιπόν, σε υφάλμυρα ύδατα ή σε απόβλητα με κυμαινόμενη ιονική ένταση, απαιτεί διόρθωση του οργάνου για να ανασχεθεί η επίδραση των αλάτων στην ευαισθησία του ηλεκτροδίου. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΛΙΚΩΝ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΩΝ (Total Coliforms)

ΓΕΝΙΚΑ: Τα TC ανήκουν στην οικογένεια των «Enterobacteriaceae», με τα οποία διαθέτουν παρόμοια χαρακτηριστικά. Στην ομάδα των TC περιλαμβάνονται αερόβια και επαναφοριζόμενα βακτήρια που είναι πλατιά διαδεδομένα και αναπτύσσονται στο έδαφος, τα

επιφανειακά νερά, τα τρόφιμα. Γενικά, αυτά που συναντώνται συχνά στα νερά είναι τα «Citrobacter», «Enterobacter», «Escherichia», «Hafnia», «Klebsiella», «Serratia» και «Yersinia». Στην ομάδα των TC περιλαμβάνονται ακόμη είδη που ζουν στο παχύ έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων και αποβάλλονται με τα λύματα και κτηνοτροφικά απόβλητα. **Η παρουσία αντιπροσώπων από την ομάδα των TC στο νερό, αποτελεί ένδειξη επιμόλυνσης από εξωγενείς παράγοντες αν και δεν είναι απαραίτητο η προέλευσή τους να είναι αποκλειστικά κοπρική.** Συνήθως παράγουν λακτόζη στους 37 °C μέσα σε 48 ώρες, διαθέτουν το ένζυμο b-galactosidase και δεν οξειδώνονται.

Ο ιστορικός ορισμός των TC δεν είναι βασισμένος σε ταξινομικά χαρακτηριστικά, αλλά περισσότερο σε ένα σύνολο κριτηρίων που προέρχονται από πρακτική εμπειρία. Αυτός ο ορισμός δημιούργησε περιορισμούς στις μεθόδους με τις οποίες μπορούν να καταμετρηθούν τα TC.

Διάφορα μέλη της ομάδας των TC παρουσιάζονται στα απόβλητα και σε άλλα περιβαλλοντικά υλικά και είναι ικανά να αναπτυχθούν σε νερό πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά και biofilms. Όμως, ορισμένα είδη τους, παρόλο που απαντώνται συχνά στο περιβάλλον, μπορούν να συνδεθούν με ανθρώπινης προέλευσης μόλυνση, αλλά σπάνια με γαστρεντερίτιδα.

Οι κυριότερες ανθρώπινες μολύνσεις προκαλούνται από το είδος «Serratia» και απαντώνται σε νοσοκομειακά περιβάλλοντα, με το «Serratia marscescens» συνδεδεμένο με πληγές και συστηματικές μολύνσεις να είναι το πιο συχνά απομονωμένο οπιοτρονιστικό παθογόνο κολοβακτήριο. Το «Serratia fonticola», το οποίο μπορεί να απομονωθεί στο νερό, όμως, δεν ανιχνεύεται σε κλινικά δείγματα. Το εντεροβακτήριο «Cloacae» μπορεί να απαντηθεί μέσα στα συστήματα διανομής νερού ως αποτέλεσμα επανανάπτυξης, αλλά δεν προκαλεί κανέναν κίνδυνο για την υγεία. Μερικά είδη της «Klebsiella» είναι γνωστό ότι μπορούν να προκαλέσουν μολύνσεις σε ασθενείς όταν το ανοσοποιητικό τους σύστημα είναι αδύναμο (π.χ. ασθενείς με τον ιό HIV → AIDS), μεταδιδόμενες από άνθρωπο σε άνθρωπο, παρά μέσω του φαγητού ή του νερού. Η «Klebsiella oxitoca» απαντάται στα έντερα των ανθρώπων και των ζώων, όπως επίσης και διασκορπισμένα στο περιβάλλον, ενώ η «Klebsiella terrigena» και η «Klebsiella planticola» που απαντώνται συχνά στα φυσικά νερά και στα απόβλητα.

Όταν τα TC απομονώνονται στις παροχές πόσιμου νερού είναι συχνά χρήσιμο να προσδιοριστεί τι είδους κολοβακτήρια είναι, ειδικά αν συμβαίνει κατ' επανάληψη, για να καθοριστεί η πηγή προέλευσής τους και εάν θα ξαναεμφανιστούν. **Η πιθανή πηγή των TC στις παροχές πόσιμου νερού είναι από όχι καλή εκμετάλλευση των διαδικασιών καθαρισμού του νερού ή από είσοδο μόλυνσης από διαβρώσεις του συστήματος διανομής. TC μπορούν να παρουσιαστούν σε οικιακά συστήματα σωληνώσεων, με τις βρύσες των κουζινών και τις αποχετεύσεις να αναγνωρίζονται ως πηγές αυτών των οργανισμών.**

Όσον αφορά τώρα τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε (τεχνική των μεμβρανών) είναι επαναλήψιμη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό σχετικά μεγάλων όγκων δείγματος και είναι ταχύτερη σε σχέση με την άλλη μέθοδο προσδιορισμού των TC που είναι η τεχνική των πολλαπλών σωληνών, διότι δίνει σαφή αποτελέσματα σε μικρότερο χρόνο, παρόλο που υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί στην εξέταση θολών δειγμάτων ή δειγμάτων στα οποία υπάρχουν πολλά κολοβακτηρίδια.

Η τεχνική των μεμβρανών μπορεί να εφαρμοστεί στον έλεγχο (τακτικό και έκτακτο) των πόσιμων υδάτων και στην εξέταση των φυσικών υδάτων. Επίσης, μπορεί να εφαρμοστεί και στην εξέταση των θαλασσινών υδάτων, ενώ δεν πρέπει να εφαρμόζεται στην εξέταση αποβλήτων που έχουν υποβληθεί σε πρωτογενή καθαρισμό και χλωρίωση, καθώς και σε απόβλητα που περιέχουν τοξικά μέταλλα ή τοξικές οργανικές ενώσεις, όπως π.χ. φαινόλες.

Με την τεχνική αυτή, μετρώνται ως TC όλα τα αερόβια ή επαμφοτερίζοντα αρνητικά κατά Gram βακτήρια που δεν παράγουν σπόρια, είναι ραβδοφόρα και δημιουργούν αποικίες σκούρου μεταλλικού κόκκινου χρώματος κατά την επώασή τους σε θρεπτικό υλικό τύπου Endo που περιέχει λακτόζη στους 37 °C για 24 hours.

Σε δείγματα πόσιμου νερού, ο όγκος που πρέπει να διηθείται είναι 100 ml. Επειδή, όμως, το επεξεργασμένο πόσιμο νερό δεν πρέπει να περιέχει ούτε ένα κολοβακτήριο ανά 100 ml, τα εργαστήρια των εγκαταστάσεων πόσιμου ύδατος πρέπει να διηθούν 1L επεξεργασμένου νερού.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία, στο εμφιαλωμένο νερό οι αποικίες των TC πρέπει να είναι <1 αποικία (cfu)/ 250 ml δείγματος.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Ο προσδιορισμός των ολικών κολοβακτηρίων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο των μεμβρανών. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην κατακράτηση –με διήθηση ορισμένου όγκου δείγματος- σε μεμβράνη όλων των μικροοργανισμών, με μέγεθος μεγαλύτερο των 0,45μ (διάμετρος πόρου της μεμβράνης), που περιέχονται στο διηθούμενο δείγμα και ανάπτυξη των κολοβακτηρίων σε αποικίες, με την χρησιμοποίηση εκλεκτικού υποστρώματος και την επώασή τους σε κατάλληλη θερμοκρασία. Ο προσδιορισμός των ολικών κολοβακτηρίων γίνεται με απευθείας καταμέτρηση των αναπτυσσόμενων (σε περίπτωση θετικού αποτελέσματος) αποικιών στη μεμβράνη και αναγωγή του αριθμού τους στον όγκο που διηθήθηκε.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Τα δείγματα για μικροβιολογικούς ελέγχους συλλέγονται σε γυάλινες φιάλες που έχουν πλυθεί με προσοχή, ξεπλυθεί πολλές φορές (το τελικό ξεπλυμα με απιονισμένο νερό) και αποστειρωθεί. Ο όγκος των φιαλών δειγματοληψίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 300 ml, διότι πρέπει να γεμίζονται κατά τα $\frac{3}{4}$ του όγκου τους, περίπου, για να μπορούν να αναδευτούν και πρέπει να παραμένουν κλειστές μέχρι τη στιγμή της δειγματοληψίας.

Η δειγματοληψία για μικροβιολογικούς ελέγχους πρέπει να γίνεται από εκπαιδευμένο προσωπικό και πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος, τους κινδύνους επιμόλυνσης κατά τη διάρκειά της (π.χ. να ακουμπήσουν τα δάχτυλα του αναλυτή στο εσωτερικό του πώματος ή το στόμιο της φιάλης) και το χρόνο μεταφοράς του δείγματος στο εργαστήριο.

Η έναρξη της μικροβιολογικής εξέτασης πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη συλλογή του δείγματος μέσα σε 1 ώρα, αλλιώς πρέπει να φυλάγονται σε ψυγείο μέχρι να μεταφερθούν στο εργαστήριο. Αν ο χρόνος μεταφοράς στο εργαστήριο είναι ως 6 ώρες, η θερμοκρασία συντήρησης πρέπει να είναι μικρότερη από 10 °C. Στο εργαστήριο τα δείγματα μπορούν να διατηρηθούν στο ψυγείο το πολύ 2 ώρες ακόμα, οπότε πρέπει να αρχίσει αμέσως η διαδικασία εξέτασής τους.

Αν ο χρόνος μεταφοράς τους στο εργαστήριο είναι πάνω από 6 ώρες, τότε ο προσδιορισμός των TC πρέπει να γίνεται με τη μέθοδο της παρατεταμένης επώασης.

Γενικά, όμως, ο χρόνος που μεσολαβεί από τη δειγματοληψία ως την έναρξη της εξέτασης, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 12 ώρες ή 6 ώρες αν υπάρχουν υποψίες ότι το δείγμα περιέχει μεγάλους αριθμούς μικροοργανισμών.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

- Δείγματα νερού σε γυάλινες αποστειρωμένες φιάλες
- Σκόνη Membrane Sulfate Broth (Θειικό άλας του Λαουρικού οξέος) → βρέθηκε ότι είναι το καταλληλότερο υπόστρωμα στο οποίο μπορούν να αναπτυχθούν επαρκώς τα ολικά κολοβακτηρίδια, γι' αυτό και προτείνεται για την καταμέτρησή τους σε δείγματα νερού και αποβλήτων
- Απιονισμένο νερό
- Κλίβανος αποστείρωσης
- Τριβλία Petri διαμέτρου 50 mm πλαστικά αποστειρωμένα μιας χρήσης
- Προαποστειρωμένα μαγνητικά φίλτρα κυτταρίνης (Gelman) διαμέτρου 0,45μm με οριζόντιες και κάθετες διαγραμμίσεις (τετραγωνάκια) για την εύκολη καταμέτρηση των αποικιών
- Συσκευή διήθησης συνδεδεμένη με αντλία αέρα
- Λαβίδα
- Αιθυλική αλκοόλη (οινόπνευμα)
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 100 ml
- Θάλαμος επώασης
- Αναπτήρας

- Ποτηράκι ζέσεως
- Δοχείο παρασκευής θρεπτικού υλικού (καθαρές, προαποστειρωμένες, γυάλινες φιάλες κατάλληλης χωρητικότητας. Προτιμούνται οι κωνικές φιάλες που διαθέτουν μεταλλικά ή βιδωτά καπάκια, ώστε να είναι δυνατή η ικανοποιητική ανάμιξη του θρεπτικού υλικού και εύκολη η αποθήκευση).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ:

Παρασκευή του θρεπτικού υποστρώματος: Διαλύονται 3,048 gr σκόνης Membrane Sulfate Broth (Θειικό άλας του Λαουρικού οξέος) σε 40 ml απιονισμένο νερό σε κατάλληλο δοχείο παρασκευής, ποσότητα αρκετή για την ανάλυση περίπου 10 δειγμάτων νερού με 4 ml θρεπτικό υπόστρωμα κατά προσέγγιση στο κάθε τριβλίο. Το δοχείο με το μείγμα στη συνέχεια, τοποθετείται στον κλίβανο αποστείρωσης για 10 min στους 115 °C. Μετά το πέρας των 10 min, το θρεπτικό υλικό κόκκινου χρώματος διαμοιράζεται στα τριβλία Petri **αμέσως** προτού κρυώσει και σταθεροποιηθεί!! Έπειτα, αφήνεται να περάσει τόσο χρονικό διάστημα όσο είναι απαραίτητο, ώστε το θρεπτικό υπόστρωμα να κρυώσει και να σταθεροποιηθεί, προτού αρχίσει η πραγματοποίηση των διαδοχικών διηθήσεων.

Πραγματοποίηση αραιώσεων: Αρχικά, κάτω από κάθε τριβλίο σημειώνεται ο αριθμός του δείγματος και η τοποθεσία από την οποία πάρθηκε το δείγμα νερού. Έπειτα, ανακινούνται καλά τα δείγματα πριν από τη χρήση τους και εκτελούνται αραιώσεις όπου αυτό είναι απαραίτητο. Συγκεκριμένα, στο δείγμα 1 δεν πραγματοποιείται καμία αραιώση (100 ml δείγματος νερού), στα δείγματα 2 – 7 πραγματοποιούνται 2 αραιώσεις 1:2 (50 ml δείγμα + 50 ml απιονισμένο νερό) και 1:10 (10 ml δείγμα + 90 ml απιονισμένο νερό) και στο δείγμα 8 πραγματοποιούνται επίσης 2 αραιώσεις 1:2 και 1:10, αλλά εφαρμόζεται η διήθηση και σε μη αραιωμένο δείγμα.

Πραγματοποίηση διαδικασίας διήθησης: Με αποστειρωμένη λαβίδα (όπου τα άκρα της έχουν εμποτιστεί σε αιθυλική αλκοόλη που περιέχεται σε ποτηράκι ζέσεως και έχουν καεί με αναπτήρα → δημιουργία φλόγας → αποστείρωση), τοποθετείται ένα αποστειρωμένο φίλτρο κυτταρίνης πάνω στην πορώδη επιφάνεια της βάσης της υποδοχής της συσκευής διήθησης. Στη συνέχεια, το χωνί προσαρμόζεται μαγνητικά πάνω στη βάση με το φίλτρο. Με αποστειρωμένο ογκομετρικό κύλινδρο μεταφέρονται 100 ml (αραιωμένα ή μη ανάλογα με το δείγμα) δείγματος νερού στη συσκευή διήθησης και η αντλία αέρος τίθεται σε λειτουργία. Μετά τη διήθηση του δείγματος, το χωνί ξεπλένεται 3 φορές με διήθηση 20 – 30 ml απιονισμένου νερού κάθε φορά. Προτού να στεγνώσει εντελώς το φίλτρο, διακόπτεται η λειτουργία της αντλίας, απομακρύνεται το χωνί και με αποστειρωμένη λαβίδα το φίλτρο μεταφέρεται και εφαρμόζεται προσεκτικά πάνω στο θρεπτικό υπόστρωμα ενός τριβλίου Petri, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην εγκλωβιστεί αέρας μεταξύ του θρεπτικού υποστρώματος και του φίλτρου. Τα τριβλία, στη συνέχεια, αναστρέφονται και επωάζονται σε θάλαμο επώασης στους 37 °C για 24 – 28 hours (ή 14 – 20 hours, αν πρέπει να διεξαχθούν όσο το δυνατόν γρηγορότερα αποτελέσματα).

Καταμέτρηση των αποικιών: Το τελικό στάδιο αυτής της πειραματικής διαδικασίας είναι η **καταμέτρηση των αποικιών κόκκινου χρώματος** που έχουν δημιουργηθεί μετά την επώαση και η διεξαγωγή συμπερασμάτων. Ο ιδανικός αριθμός αποικιών ανά φίλτρο είναι μεταξύ 20 και 80. Αν ο αριθμός αποικιών ανά τριβλίο είναι υψηλότερος και οι αποικίες αλληλοκαλύπτονται, τότε η πειραματική διαδικασία πρέπει να επαναληφθεί, χρησιμοποιώντας υψηλότερες αραιώσεις. Η σχέση που χρησιμοποιείται είναι η εξής:

$$\text{Ολικός αριθμός } TC / 100ml = \frac{\text{cfuTC που μετρήθηκαν} \times 100}{\text{ml δείγματος που διηθήθηκαν}}$$

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Περιοριστικός παράγοντας στην εφαρμογή της μεθόδου αποτελεί η τυχόν θολερότητα του δείγματος λόγω παρουσίας φυκών, ανόργανων στερεών ή άλλων παραγόντων, διότι κατά τη διήθηση τα οργανικά ή ανόργανα στερεά επικάθονται στη

μεμβράνη, παρεμποδίζοντας την ικανοποιητική ανάπτυξη των βακτηρίων και έτσι προκύπτει αρνητικό σφάλμα.

2. Επίσης, η παρουσία μεγάλου αριθμού βακτηρίων που δεν ανήκουν στην ομάδα των TC ή τοξικών ουσιών, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μικρότερου αριθμού αποικιών. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΟΠΡΙΚΩΝ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΩΝ (*Escherichia coli*)

Για τον προσδιορισμό της E.coli η μέθοδος που ακολουθήθηκε, καθώς επίσης και ο τρόπος δειγματοληψίας και συντήρησης του δείγματος, οι παρεμποδιστικές ουσίες και τα υλικά (στις ίδιες ποσότητες και αναλογίες) και όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι ακριβώς τα ίδια με τον τρόπο προσδιορισμού των ολικών κολοβακτηρίων (TC). Πανομοιότυπη είναι και η πειραματική διαδικασία που εφαρμόστηκε, με τη μόνη διαφοροποίηση να παρατηρείται κατά την επώαση των τριβλίων, η οποία πραγματοποιείται στους 44 °C για 14 hours, ενώ ακολουθεί η καταμέτρηση των αποικιών κόκκινου, επίσης, χρώματος.

ΓΕΝΙΚΑ: Στην ομάδα των κοπρικών κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται είδη που ζουν αποκλειστικά στο έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων. Τα κοπρικά κολοβακτηρίδια περιέχονται σε μεγάλους αριθμούς, της τάξης των εκατομμυρίων, στα περιττώματα, λύματα και κτηνοτροφικά απόβλητα. Ταξινομικά ανήκουν στην κατηγορία των «Enterobacteriaceae» που περιλαμβάνει το είδος E.coli. **Η παρουσία κοπρικών κολοβακτηρίων στο νερό αποτελεί σαφή ένδειξη κοπρικής επιμόλυνσης χωρίς, όμως, να καθιστά το νερό υγειονομικά επικίνδυνο, εάν δεν έχει ανιχνευθεί και η παρουσία συγκεκριμένων παθογόνων παραγόντων.**

Ο προσδιορισμός των κοπρικών κολοβακτηρίων και συγκεκριμένα της E.coli η οποία θεωρείται πρωτεύον δείκτης της μικροβιακής μόλυνσης των επεξεργασμένων και ανεπεξεργαστων νερών με τη μέθοδο των μεμβρανών, γίνεται σε εμπλουτισμένο θρεπτικό υλικό λακτόζης και σε θερμοκρασία επώασης 44 °C για 14 hours. Η μέθοδος αυτή είναι εκλεκτική, σε ποσοστό 93%, στο διαχωρισμό των κοπρικής προέλευσης κολοβακτηρίων από εκείνα που προέρχονται από άλλες πηγές.

Η συχνή απάντηση της E.coli στα κόπρανα όλων των θηλαστικών σε μεγάλες ποσότητες σε συνδυασμό με την απλότητα των μεθόδων προσδιορισμού της, την «κατέστησαν» θεμέλιο λίθο για την μικροβιολογική ποιότητα των νερών τα τελευταία 100 χρόνια. Τα χαρακτηριστικά επιβίωσής της και η ευαισθησία της στην απολύμανση είναι παρόμοια με αυτά πολλών άλλων παθογόνων βακτηρίων π.χ. «Salmonella», «Shigella» κ.τ.λ. Δεν πολλαπλασιάζεται σε επεξεργασμένα νερά. Υπάρχουν, όμως, περιπτώσεις που η E.coli δεν είναι κατάλληλος δείκτης επιφανειακής μόλυνσης. Παρ' όλ' αυτά, παραμένει ο καλύτερος βιολογικός δείκτης για τα πόσιμα νερά και την προστασία της δημόσιας υγείας.

Σύμφωνα με την νομοθεσία, στο εμφιαλωμένο νερό οι αποικίες της E.coli πρέπει να είναι <1 αποικία/ 250 ml δείγματος. [18]

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΟΠΡΙΚΩΝ ΣΤΡΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ-ΕΝΤΕΡΟΚΟΚΚΩΝ (*Streptococcus Faecalis*)

Για τον προσδιορισμό των κοπρικών στρεπτόκοκκων-εντερόκοκκων η μέθοδος που ακολουθήθηκε, καθώς επίσης και ο τρόπος δειγματοληψίας και συντήρησης του δείγματος και οι παρεμποδιστικές ουσίες και περιορισμοί της μεθόδου είναι ακριβώς τα ίδια με τον τρόπο προσδιορισμού των ολικών κολοβακτηρίων (TC) και των κοπρικών κολοβακτηρίων (E.coli). Πανομοιότυπη είναι και η πειραματική διαδικασία που εφαρμόστηκε, με τη μόνη διαφοροποίηση να παρατηρείται κατά την παρασκευή του θρεπτικού υποστρώματος, όπου χρησιμοποιήθηκαν 1,74 gr σκόνης Slanetz and Bartley Medium αναμιγμένα με 40 ml απιονισμένο νερό και κατά την επώαση των τριβλίων, η οποία πραγματοποιήθηκε στους 38 °C για 48 hours, ενώ ακολουθεί η καταμέτρηση των αποικιών κίτρινου χρώματος αυτή τη φορά.

ΓΕΝΙΚΑ: Οι κοπρικοί στρεπτόκοκκοι είναι βακτήρια που ζουν συνήθως στο έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων (ιπποειδή, βοοειδή, χοίροι, πουλερικά κ.τ.λ.). **Η παρουσία των κοπρικών στρεπτόκοκκων στο νερό είναι σαφής ένδειξη κοπρικής μόλυνσης.** Η ομάδα των κοπρικών στρεπτόκοκκων περιλαμβάνει διαφορετικά είδη και ποικιλίες όπως «Streptococcus Faecalis», «Streptococcus Faecium», «Streptococcus Bovis» και «Streptococcus Equinus» με διαφορετικά βιοχημικά χαρακτηριστικά το καθένα και εξειδίκευση ως προς τον ξενιστή τους. Οι διαφορές μεταξύ των ειδών και ποικιλιών του στρεπτόκοκκου χρησιμοποιούνται για την ταυτοποίηση της πηγής μόλυνσης των υδάτων. Για παράδειγμα, η υπεροχή των ειδών «Streptococcus Bovis» και «Streptococcus Equinus» έναντι των άλλων ειδών σε ένα δείγμα νερού είναι δείκτης μόλυνσης των υδάτων από ζωικά περιπτώματα (απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων, μονάδων επεξεργασίας κρέατος, γαλακτοβιομηχανίες κ.λ.π.). Επιπλέον, τα είδη «Streptococcus Bovis» και «Streptococcus Equinus» έχουν μικρό χρόνο επιβίωσης εκτός του φυσικού τους βιότοπου, έτσι, η παρουσία τους στο νερό δείχνει πρόσφατη επιμόλυνση.

Η σχέση κοπρικών κολοβακτηρίων προς κοπρικούς στρεπτόκοκκους (F.C/F.S) σε ένα δείγμα νερού είναι ενδεικτική της φύσης του ρυπαντικού φορτίου, διότι ορισμένα είδη κοπρικών στρεπτόκοκκων είναι ξενιστές ορισμένων ειδών ζώων. Για παράδειγμα, η υπεροχή των ειδών «Streptococcus Bovis» και «Streptococcus Equinus» σε ένα δείγμα νερού έναντι άλλων ειδών στρεπτόκοκκων είναι δείκτης επιμόλυνσης του νερού από περιπτώματα βοοειδών ή ιπποειδών και όπως έχει ήδη αναφερθεί, συνήθως, τα είδη αυτά, απαντώνται σε απόβλητα μονάδων επεξεργασίας κρέατος, γαλακτοκομικών εργοστασίων, σφαγείων κ.τ.λ. Υπάρχουν όμως και είδη στρεπτόκοκκων που η παρουσία τους στο νερό οφείλεται σε άλλους παράγοντες, όπως π.χ. το υποείδος «Streptococcus Faecalis Liquefaciens» που έχει βρεθεί σε έντομα, σε ορισμένους τύπους εδαφών και σε φυτά.

Από πειραματικές έρευνες βρέθηκε ότι ο λόγος F.C/F.S είναι σχετικά σταθερός και μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για το είδος της πηγής ρύπανσης των υδάτων. Οι σχέσεις που έχουν βρεθεί είναι:

ΕΙΔΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ	F.C/F.S
Άνθρωποι	4,4
Πάπιες	0,6
Πρόβατα	0,4
Κοτόπουλα	0,4
Γουρούνια	0,4
Αγελάδες	0,2
Γαλοπούλες	0,2

- Όταν ο λόγος F.C/F.S σε ένα δείγμα νερού είναι 4,4 είναι πολύ πιθανό ότι η πηγή ρύπανσης είναι τα αστικά απόβλητα.
- Όταν ο λόγος F.C/F.S σε ένα δείγμα νερού είναι μικρότερος από 0,7, πηγή ρύπανσης θεωρούνται τα κτηνοτροφικά απόβλητα.
- Όταν ο λόγος F.C/F.S σε ένα δείγμα νερού έχει τιμή μεταξύ 0,7 και 4,4, τότε η πηγή ρύπανσης είναι μικτή και προέρχεται τόσο από αστικά λύματα, όσο και από κτηνοτροφικά απόβλητα.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί, ότι μια υποομάδα κοπρικών στρεπτόκοκκων είναι οι εντερόκοκκοι που περιλαμβάνει τα είδη: «Streptococcus Faecalis», «Streptococcus Faecium», «Streptococcus Gallinarum» και «Streptococcus Avium». Οι εντερόκοκκοι διαφοροποιούνται από τους άλλους στρεπτόκοκκους από την ιδιότητά τους να αναπτύσσονται σε διάλυμα NaCl 6,5% σε pH 9,6 στους 10 °C και στους 45 °C. Η ομάδα των εντερόκοκκων είναι ένας πολύτιμος βακτηριακός δείκτης για τον προσδιορισμό του βαθμού κοπρικής επιμόλυνσης των επιφανειακών νερών αναψυχής. Σε μελέτες στα θαλασσινά και γλυκά νερά κολύμβησης, έχει βρεθεί ότι οι γαστροεντερίτιδες που δημιουργούνται το καλοκαίρι σχετίζονται άμεσα με την ποιότητα των νερών κολύμβησης και οι εντερόκοκκοι αποτελούν τον πιο αποτελεσματικό βακτηριακό δείκτη της ποιότητας του νερού. [18]

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνοψίζοντας, με βάση όλα τα προηγούμενα αποτελέσματα, καθώς επίσης και τις παρατηρήσεις για την περιοχή γύρω από τη λίμνη, συμπεραίνεται ότι τις μεγαλύτερες απειλές για την ποιότητα των επιφανειακών νερών της λίμνης του Κουρνά αποτελούν:

- οι αυθαίρετες κατασκευές, οι επεκτάσεις στις όχθες της και η καταπάτησή της.
- Η ρύπανση των νερών της από τα υπολλείμματα από λιπάσματα και γεωργικά φάρμακα των καλλιεργειών της είναι αναπόφευκτη, καθώς τα νερά της βροχής παρασέρνουν τα κατάλοιπα των προϊόντων αυτών προς τη λίμνη. Επειδή, όμως, το τμήμα της λεκάνης απορροής της λίμνης το οποίο καλλιεργείται είναι μικρό, δεν υπάρχει σοβαρός κίνδυνος για ρύπανση λόγω γεωργίας.
- Οι απορροφητικοί βόθροι και τα λύματα κουζίνας και λουτρών αποτελούν μια δεύτερη πηγή ρύπανσης των νερών της λίμνης, κυρίως από τις εγκαταστάσεις που αναπτύσσονται κοντά στις όχθες.
- Στην δυτική και νοτιοδυτική πλευρά της λίμνης υπάρχουν κοπάδια αιγοπροβάτων. Τα τελευταία χρόνια δεν έχει χρησιμοποιηθεί φωτιά για τη διαχείριση των βοσκοτόπων, αλλά θεωρείται ότι ο κίνδυνος αυτός εξακολουθεί να υπάρχει. [12]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Σίνης Απόστολος Ι. (2005). Λιμνολογία, Εκδόσεις επιστημονικών βιβλίων και περι-
οδικών University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

[2] Τσιούρης Σωτήριος Ε. (2001). Θέματα προστασίας περιβάλλοντος, Εκδόσεις Γαρ-
ταγάνη, Θεσσαλονίκη.

[3] Το δίκτυο Natura 2000 και προστατευόμενες περιοχές. Εισαγωγή [Online]. Διαθέ-
σιμο: <http://www.minenv.gr/1/12/121/12103/g1210300/g12103001.html>

[4] Η οδηγία 92/43/ΕΟΚ και το δίκτυο Natura 2000 [Online]. Διαθέσιμο:
http://www.minenv.gr/1/12/121/12103/g1210300/00/Internet_H_Odigia2.doc

[5] Το δίκτυο Natura 2000 και οι προστατευόμενες περιοχές. Προστατευόμενες περι-
οχές στην Ελλάδα. Θεσμικό πλαίσιο προστασίας και διαχείρισης [Online]. Διαθέσιμο:
<http://www.minenv.gr/1/12/121/12103/g1210300/g121030000001.html>

[6] Το δίκτυο Natura 2000 και οι προστατευόμενες περιοχές. Προστατευόμενες περι-
οχές στην Ελλάδα. Περιοχές προστασίας με φορείς διαχείρισης [Online]. Διαθέσιμο:
<http://www.minenv.gr/1/12/121/12103/g1210300/g121030000002.html>

[7] Προστατευόμενες περιοχές σε εθνικό επίπεδο [Online]. Διαθέσιμο:
<http://www.minenv.gr/1/12/121/12103/g1210300/g121030000000.html> (επιλογή 3)

[8] Χαρακτηριστικά του δικτύου Natura 2000 στην Ελλάδα [Οκτώβριος 2009]
[Online]. Διαθέσιμο: http://www.minenv.gr/1/12/121/12103/g1210300/00/Internet_H_Odigia_X_araktiristika2.doc

[9] Λίμνες Ελλάδας – Science Wiki [Online]. Διαθέσιμο:
http://el.science.wikia.com/wiki/Λίμνες_Ελλάδας

[10] Οι λίμνες της Ελλάδας [Online]. Διαθέσιμο:
http://el.wikipedia.org/wiki/Κατάλογος_λιμνών_της_Ελλάδας

[11] Ερευνητικό πρόγραμμα LIFE'95 (1998). Διαχείριση και προστασία των απειλού-
μενων βιοτόπων της Δυτικής Κρήτης με οικοτόπους και είδη προτεραιότητας, Οργανισμός
Ανάπτυξης Δυτικής Κρήτης (ΟΑΔΥΚ).

[12] Kournas from Wikipedia, the free encyclopedia [Online]. Διαθέσιμο:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Kournas>

[13] Kournas lake, information on lake lake Kournas [Online]. Διαθέσιμο:
<http://www.explorecrete.com/crete-west/EN-Kournas-lake.html>

[14] Lake of Kournas in Chania prefecture-description, photos and... [Online]. Διαθέ-
σιμο: <http://www.thehotel.gr/Kournas-lake/>

[15] Λίμνη Κουρνά [Online]. Διαθέσιμο:
http://www.agrotravel.gr/agro/site/AgroTopics/t_docpage?sparam=int_lakes_rivers&doc=/Documents/Agrotravel/learnabout/Hania/limnikourna&sub_nav=LearnAbout

[16] Hellenic Property: Λίμνη Κουρνά-Ο μύθος και η πραγματικότητα... [Online]. Δια-
θέσιμο: http://www.facebook.com/note.php?note_id=77625164940

[17] Ενημερωτικό φυλλάδιο εγγύων βελτιώσεων Χανίων. Η προστατευόμενη περιοχή Γεωργιούπολης, Λίμνης Κουρνά, επιχειρησιακό πρόγραμμα περιβάλλον (ΕΠΠΕΡ) 2000-2006, Ευρωπαϊκό ταμείο περιφερειακής ανάπτυξης (Ε.Τ.Π.Α.), δήμος Γεωργιούπολης.

[18] Ζανάκη Κ. (1996). Έλεγχος ποιότητας νερού, Εκδοτικός όμιλος «ΙΩΝ»

[19] ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ, Τεύχος Δεύτερο Αρ. Φύλλου 892 – 11 Ιουλίου 2001: «Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης», σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3^{ης} Νοεμβρίου 1998. (Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001).

[20] Υπουργική Απόφαση της Ελληνικής Δημοκρατίας με αριθμό 46399/1352/86 (Φ.Ε.Κ. 438/τ.β) 3-7-86): «Απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για: «πόσιμα», «κολύμβηση», «διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά» και «καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών», μέθοδοι μέτρησης, συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυση των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα», σε συμμόρφωση με τις οδηγίες του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 75/440/ΕΟΚ, 76/160/ΕΟΚ, 78/659/ΕΟΚ, 79/923/ΕΟΚ και 79/869/ΕΟΚ.

[21] Σταυρουλάκης Γεώργιος, Κηρύκου Σταματούλα, Μπαρμπούνη Μαργαρίτα, Παναγιωτάκης Γεώργιος (2007). Χωροχρονική μεταβολή της ποιότητας του επιφανειακού νερού της λίμνης Κουρνά, σελ. 503 – 506. Πρακτικά 13^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, Σκιάθος, 24 – 28 Ιουνίου, 2007.

[22] Stavroulakis George, Kirikou Stamatoula, Barbouni Margarita, Panagiotakis George (2007). Seasonal water quality variation of the lake Kournas, Greece, pages 985 – 990. Proceedings of the International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics, Skiathos, 24 – 28 June, 2007.

[23] Σταυρουλάκης Γεώργιος, Κακουλάκη Γεωργία, Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη, Κυρίου Μαρία (2007). Μελέτη του ρυπαντικού φορτίου στην λίμνη Αγιάς, σελ. 483 – 486. Πρακτικά 13^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, Σκιάθος, 24 – 28 Ιουνίου, 2007.