



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

---



# ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΡΝΑ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΖΙΝΕΥΡΑΚΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΧΑΝΙΑ 2005



# ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΡΝΑ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

## ΤΖΙΝΕΥΡΑΚΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

Επιβλέπων :

Δρ Γ. Σταυρουλάκης  
Καθηγητής

Επιτροπή Αξιολόγησης:

Δρ Κώπτη Μελίνα  
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη (MSc)  
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Ημερομηνία παρουσίασης

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας 12

Πριν ξεκινήσει ο καταιγισμός πληροφοριών και γραφημάτων θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Σταυρουλάκη Γεώργιο για την ανάθεση και την επίβλεψη αυτής της εργασίας καθώς και για τη σημαντική προσφορά στην υλοποίηση της, καθ' όλη τη διάρκεια αυτής.

Θερμές ευχαριστίες στο καθηγητή κ. Τερζή Ευάγγελο, την ιχθυολόγο κ. Μπαρμπούνη Μαργαρίτα και τη Διεύθυνση Αλιείας Χανίων που συνετέλεσαν στην πραγματοποίηση των δειγματοληψιών.

Τέλος, ευχαριστώ τους συμφοιτητές μου Κηρύκου Ματούλα για την υποστήριξη της κατά την εκπόνηση της εργασίας, Καλημέρη Μαρία, Κουτουλάκη Δημήτρη, Λουκία Βεργίδου και Βιτουλαδίτη Γιάννη για τις αμέτρητες αποστάσεις που διένυσαν με το ποδήλατο στη λίμνη ερχόμενοι κοντά στη φύση και στο υδάτινο στοιχείο. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στο Γιάννη και στη Τούλα.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας γίνεται προσπάθεια να καταγραφεί η υφιστάμενη κατάσταση στην λίμνη του Κουρνά και να συγκεντρωθούν πειραματικά δεδομένα ικανά να προσφέρουν πληροφορίες με σκοπό να γίνει εκτίμηση της ποιοτικής κατάστασης αλλά και για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκύπτουν στην συγκεκριμένη περιοχή η οποία ανήκει στο Δίκτυο Life - natura 2000.

Στο κεφάλαιο 1 αναφέρεται η ταξινόμηση των υδάτινων όγκων βάσει της μακροχρόνιας επεξεργασίας από την οποία έχουν δημιουργηθεί και ο σχηματισμός των φυσικών λιμνών από κλιμακωτά ή καταστροφικά γεωλογικά γεγονότα. Όλες σχεδόν, οι φυσικές λίμνες, συνήθως ανανεώνονται ή εκλείπουν από παρόμοιες διαδικασίες. Η απλοποιημένη μορφή σχηματισμού αναφέρεται σε κατηγορίες τεκτονικών, ηφαιστειακών, παγετωδών και άλλων παραγόντων όπως καθίζηση εδάφους, διάλυση ασβεστόλιθου φυσικές παραλιακές δραστηριότητες, οργανική συσσώρευση, επίδραση πανίδας, μετεωρίτες και διάβρωση ανέμων ή ποταμών.

Το κεφάλαιο 2 αναφέρεται στη ταξινόμηση των λιμνών σε τύπους και κατηγορίες, με σκοπό την αποτελεσματικότερη μετάδοση των γνώσεων, τη λήψη αποφάσεων και τη νομοθετική κατοχύρωση των αποφάσεων αυτών και τη σύλληψη κοινών προβλημάτων. Αναφορά γίνεται και στο θέμα του ευτροφισμού των λιμνών. Περιγράφεται η τροφική κατάσταση μιας λίμνης καθώς και η λιμναία διαδοχή που μπορεί να επικρατήσει σε μια λίμνη.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται οι φυσικοχημικές παράμετροι που μετρήθηκαν σε αυτή την εργασία καθώς και οι επιπτώσεις υπερβολικής ποσότητας σε ένα λιμναίο οικοσύστημα. Αναλυτικά είναι το διαλυμένο οξυγόνο, η θερμοκρασία, η αγωγιμότητα, η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου και τα ολικά διαλυμένα στερεά.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι κυριότερες ελληνικές λίμνες, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους, η κατάσταση που επικρατεί στις μέρες μας και τα προβλήματα που παρατηρούνται από πιθανές εστίες ρύπανσης.

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται εκτενής αναφορά στη λίμνη Κουρνά όπου πραγματοποιήθηκε η παρούσα εργασία. Η λίμνη υδροδοτείται μέσω της πηγής 'Αμάτι' από τα Λευκά Όρη και βρίσκεται στους πρόποδες τους. Το νερό της λίμνης χρησιμοποιείται για ύδρευση και άρδευση. Η λίμνη φιλοξενεί σημαντική χλωρίδα και πανίδα, μεγάλο μέρος της περιβάλλεται από παρόχθια βλάστηση και νότια παρατηρούνται βοσκότοποι. Απειλή για τη λίμνη αποτελούν οι αυθαίρετες κατασκευές και η ρύπανση από τα λιπάσματα των καλλιεργειών.

Στο κεφάλαιο 6 περιγράφονται οι μέθοδοι και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της εργασίας όπως επίσης και τα σημεία της λίμνης που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων και τα συμπεράσματα που προέκυψαν.

## **Abstract**

Lake Kourna located at the foot of the mountain Lefka Ori is the only natural lake in Crete. Main water reservoir of the Georgiopolis is supplied by that water. The aim of the present work was the study the water quality in the lake and to propose a management plan of the area which belongs in the Life - Natura 2000 scheme. In details, the parameters measured were: dissolved oxygen, temperature, conductivity, pH, and total dissolved solids. A monthly sampling period for two years long was scheduled. Samples were collected from two places in the lake where the depth was approximately 15 m and the measurement rate was every 2 m depth. The experimental results showed that the lake is stratified thermally. The stratification is noticed once at summer months and doesn't last the rest of the year.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	σελ. 1
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	
1.1 ΓΕΝΕΣΗ -ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΛΙΜΝΩΝ.....	σελ.5
1.1.1 ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΛΙΜΝΕΣ.....	σελ.5
1.1.2 ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΛΙΜΝΕΣ .....	σελ.6
1.1.3 ΠΑΓΕΤΩΔΩΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΛΙΜΝΕΣ.....	σελ.6
1.1.4 ΛΙΜΝΕΣ ΑΛΛΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ.....	σελ.6
1.1.5 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ, ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΛΙΜΝΩΝ.....	σελ.8
1.2 Η ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΖΩΝΩΝ ΣΕ ΜΙΑ ΛΙΜΝΗ.....	σελ. 10
1.2.1 ΠΥΘΟΜΕΝΙΚΗ ΖΩΝΗ.....	σελ. 10
1.2.2 ΠΕΛΑΓΙΚΗ ΖΩΝΗ.....	σελ. 10
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΛΙΜΝΩΝ .....	σελ.11
2.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	σελ. 11
2.2 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ - ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ.....	σελ. 11
2.2.1 ΕΥΤΡΟΦΙΚΕΣ, ΟΛΙΓΟΤΡΟΦΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΥΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΛΙΜΝΕΣ.....	σελ. 12
2.2.2 ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΙΜΝΑΙΑ ΔΙΑΔΟΧΗ.....	σελ. 14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	σελ. 17
3.1 ΤΟ ΦΩΣ.....	σελ. 17
3.1.1 ΣΤΡΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ.....	σελ. 17
3.2 Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ( <i>Tem</i> ) .....	σελ. 19
3.2.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	σελ. 20
3.3 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΙΟΝΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ( <i>pH</i> ) .....	σελ. 21
3.4 ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ( <i>SpC</i> ) .....	σελ. 22
3.5 ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ ( <i>TDS</i> ) .....	σελ. 23
3.6 ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ ( <i>DO</i> ).....	σελ. 23
3.6.1 ΠΗΓΕΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ O <sub>2</sub> .....	σελ. 25
3.6.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ O <sub>2</sub> .....	σελ. 26
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	
ΛΙΜΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ.....	σελ. 31
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ. 31
4.2 ΦΥΣΙΚΟ – ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΟΛΥΝΣΗΣ .....	σελ. 32
4.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	σελ. 35
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	
ΛΙΜΝΗ ΚΟΥΡΝΑ- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	σελ. 38
5.1 ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	σελ. 38
5.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΑΓΩΓΗ.....	σελ. 39
5.3 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	σελ. 40
5.4 ΚΛΙΜΑ.....	σελ. 42

5.5 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ.....	σελ. 42
5.6 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ.....	σελ. 44
5.7 ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ.....	σελ. 45
5.8 ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ.....	σελ. 46
5.9 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΡΝΑ..	σελ. 46
5.10 ΦΥΣΙΚΟ – ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ.....	σελ. 48
5.11 Η ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΡΝΑ..	σελ.50
.....	σελ.50
5.12 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	σελ. 51
5.13 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ.....	σελ. 51
5.14 ΚΙΝΔΥΝΟΙ – ΑΠΕΙΛΕΣ.....	σελ. 52

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	σελ. 53
6.2 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΠΟΛΥΟΡΓΑΝΟΥ.....	σελ. 53
6.2.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΔΙΑΛΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ.....	σελ. 53
6.2.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ, TDS ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ .....	σελ. 54
6.2.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ pH .....	σελ. 54
6.2.4 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΒΑΘΟΥΣ.....	σελ. 55
6.2.5 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	σελ. 56

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	σελ. 57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	σελ. 76
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	σελ. 78

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ζούμε σε ένα υγρό πλανήτη. Από το διάστημα το μπλε χρώμα του νερού και το λευκό των νεφώσεων διακρίνουν τη γη από τους υπόλοιπους πλανήτες. Το πράσινο χρώμα της γης δεν είναι δυνατό να παραχθεί χωρίς το νερό, ενώ το καφέ αντιπροσωπεύει τις περιοχές που παρουσιάζουν έλλειψη νερού και δεν μπορούν να υποστηρίξουν μεγάλο μέρος της βλάστησης.

Εδώ και δύο εκατομμύρια χρόνια, με βάση τα μέχρι τώρα γνωστά στοιχεία είναι βεβαιωμένη η παρουσία του ανθρώπου πάνω στο πλανήτη μας. Το χρονικό αυτό διάστημα είναι ελάχιστο, συγκριτικά με τα 3.5 δισεκατομμύρια χρόνια που είναι η πιθανή ηλικία της γης. Αιτία για τη δημιουργία της κοινωνίας και επομένως για την ανάπτυξη των πρώτων πολιτισμών πάνω στη γη δηλαδή των κοιτίδων του πολιτισμού μας ήταν κατά κύριο λόγο το νερό.

Ο φιλόσοφος της αρχαιότητας Θαλής ο Μιλήσιος, φανταζόταν τη γη σαν ένα ωκεανό ατέλειωτο σε μήκος και πλάτος αλλά με περιορισμένο βάθος όπου επέπλεε ο δίσκος του κόσμου. Πίστευε ότι από αυτό το νερό είναι η αρχή των πάντων. Μπορεί να πει κανείς πως από μια άποψη ο Θαλής είχε δίκιο. Το νερό προκύπτει από την ένωση δύο βασικών στοιχείων: του οξυγόνου και του υδρογόνου που είναι και το πιο διαδεδομένο στοιχείο στη φύση.

Γύρω στο τέλος του 18<sup>ου</sup> αιώνα, διάφοροι ερευνητές, μελετώντας τη σύνθεση του νερού ανακάλυψαν ότι ένα από τα συστατικά του ήταν πράγματι το οξυγόνο. Το 1780, ο Χένρυ Κάβεντις παρατήρησε ότι αν πραγματοποιούταν καύση του οξυγόνου με 'καύσιμο αέρα' (δηλαδή υδρογόνο), δημιουργούνταν μια δυνατή έκρηξη. Το σημαντικότερο όμως που συνέβη ήταν ότι στο δοχείο που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα εμφανιστήκαν μερικές σταγόνες νερού.

Ο Άγγλος επιστήμονας Dalton, πατέρας της σύγχρονης ατομικής θεωρίας, υποστήριξε ότι ένα μόριο νερού αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου και ένα άτομο υδρογόνου. Αργότερα, ο Ιταλός επιστήμονας Avogadro έδωσε τον ορθό τύπο για το νερό: δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου, που στη συμβολική γλώσσα της χημείας δίνεται με τον γνωστότατο τύπο H<sub>2</sub>O.

Χωρίς το νερό δεν μπορεί στη γη να πραγματοποιηθεί καμία ζωική διαδικασία. Αυτό υπήρξε το πρώτο βιολογικό περιβάλλον και από αυτό εξαρτάται όλη η ζωή μας. Τα μόρια του νερού συμβάλλουν στο σχηματισμό σύνθετων πρωτεϊνών, όπως τα ένζυμα, και το νερό είναι αυτό που μεταφέρει ιόντα και μόρια στα ζωντανά κύτταρα. Η βιολογική εξέλιξη άρχισε και συνεχίστηκε στη θάλασσα δημιουργώντας ένα τεράστιο αριθμό από ζωικούς οργανισμούς: από τις γιγάντιες φάλαινες μέχρι τους μονοκύτταρους οργανισμούς του πλαγκτού, από τα πολλά είδη γνωστών ψαριών μέχρι όλο το ζωικό κόσμο. Ένα μεγάλο μέρος από τα φυτά και τα ζώα που υπάρχουν ζει στη θάλασσα. Οι οργανισμοί που εγκατέλειψαν το νερό για να ζήσουν στη ξηρά δεν μπόρεσαν να ανεξαρτητοποιηθούν εντελώς από τον υδάτινο παράγοντα. [14]

Είναι αναμφισβήτητο ότι τα χερσαία οικοσυστήματα ενδιαφέρουν περισσότερο τον άνθρωπο γιατί παρόλο που η γεώσφαιρα είναι υποτριπλάσια της υδρόσφαιρας σε έκταση, τα χερσαία οικοσυστήματα έχουν 30% περισσότερη μικτή πρωτογενή παραγωγικότητα από τα υδάτινα.

Σήμερα όμως, οι αυξανόμενες ανάγκες για αγαθά και υπηρεσίες (αλιεύματα, αναψυχή, σπάνια είδη, άρδευση) που έχουν σχέση με την ύπαρξη υδατοσυλλογών (θάλασσες, λίμνες, ποταμοί) του πλανήτη μας έχουν προκαλέσει την ταχύτατη ανάπτυξη μελετών σχετικών με τα υδάτινα οικοσυστήματα.



Το νερό είναι απαραίτητο για τη ζωή των ανθρώπων, τόσο γιατί αποτελεί το βασικότερο είδος διατροφής, όσο και γιατί αποτελεί μια από τις απαραίτητες πρώτες ύλες της πρωτογενούς παραγωγής, όπως η γεωργία και η κτηνοτροφία και της δευτερογενούς παραγωγής όπως είναι η βιομηχανία. Αποδεικνύεται ότι το νερό, ως φυσικός πόρος που συμμετέχει σε κάθε παραγωγική και αναπτυξιακή διαδικασία έχει υπεισέλθει δυναμικά και προσδιορίζει πλέον τη δυνατότητα ή την αδυναμία επέκτασης των παραγωγικών δραστηριοτήτων καθορίζοντας και την αποδοτικότητα τους. Συγχρόνως καθώς ο πληθυσμός της γης αυξάνεται και η παραγωγή αγαθών αναπτύσσεται και εντατικοποιείται το νερό γίνεται συνεχώς πολυτιμότερο.

Το νερό ως φυσική πρώτη ύλη δεν αποτελεί καρπό μιας συγκομιδής, όπως άλλοι φυσικοί πόροι, ενώ έχει μια ιδιαίτερη κοινωνική και πολιτισμική αξία. Το μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας της γης καλύπτεται από θαλασσινό νερό, το οποίο όμως είναι πλούσιο σε διαλυμένα άλατα, με συνέπεια να είναι ακατάλληλο για κάλυψη ανθρώπινων αναγκών. Μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό υπόγειου και επιφανειακού νερού είναι κατάλληλο για χρήση από τον άνθρωπο. Αξίζει επίσης να παρατηρήσουμε ότι η ανανέωση του νερού, το οποίο είναι κατάλληλο για ανθρώπινη χρήση σε ένα περιορισμένο χώρο ή μια τοπική κοινωνία εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν κάθε χρόνο, από τη φυσική προσφορά και ζήτηση τους χρήστες και τις παρεμβάσεις του ανθρώπου ιδιαίτερα στα ποιοτικά του χαρακτηριστικά. Οι επιβλαβείς αλλοιώσεις στη ποιότητα του νερού έχουν ως συνέπεια πολλές φορές την απαγόρευση χρήσης του ή τουλάχιστον τον περιορισμό των δυνατοτήτων χρησιμοποίησής του.

Κατά τη διάρκεια της χρήσης του αναπόφευκτα παρεμβαίνουμε στα δύο κύρια χαρακτηριστικά του νερού, την ποιότητα και την ποσότητα, με συνέπεια η παρέμβαση αυτή έχει προκαλέσει πολυάριθμα περιβαλλοντικά προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά οφείλονται στις πρακτικές των αρδευτικών έργων, στις αλλαγές του επιφανειακού νερού από διάφορες ανθρώπινες κατασκευές, στα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με μεγάλες κατασκευές φραγμάτων τεχνικών έργων (δρόμοι, γέφυρες) με αλλαγές στο ανάγλυφο και στο υδρολογικό περιβάλλον. [12]

Συνοπτικά μπορούμε να διακρίνουμε και να περιγράψουμε τα προβλήματα υδάτινων πόρων σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1. Προβλήματα που οφείλονται στην άνιση κατανομή στο χώρο και στο χρόνο της φυσικής προσφοράς και ζήτησης του νερού.
2. Προβλήματα που δημιούργησε το είδος της ανάπτυξης και η διοικητική οργάνωση που ακολούθησε, η οποία δεν παρείχε τη δυνατότητα συντονισμού και ενιαίας πολιτικής.
3. Προβλήματα που δημιουργούνται από την έλλειψη ευαισθησίας και παιδείας του απλού πολίτη - χρήστη σχετικά με τη ποιοτική και ποσοτική διαχείριση του νερού.

Προκύπτει λοιπόν η έννοια της υποβάθμισης των υδάτινων οικοσυστημάτων που θεωρείται κάθε διαταραχή της ισορροπίας και της αναπαραγωγικής ικανότητας των οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από το νερό. Η ποιότητα παίζει κυρίαρχο ρόλο στην υποβάθμιση των υδάτινων αλλά και των χερσαίων οικοσυστημάτων και πρέπει να εξετάζεται προκειμένου να ελέγχεται η επίδραση του στα οικοσυστήματα και η δυνατότητα χρήσης του από τον άνθρωπο, που αποτελεί αναπόσπαστο μέρος των οικοσυστημάτων.

Ως υποβάθμιση της ποιότητας του νερού θεωρείται κάθε επιβάρυνση του ορυκτού νερού με ύλη ή ενέργεια, σε ποσότητα και ένταση τέτοια, που επηρεάζουν τον αυτοκαθαρισμό του μέσω των βιολογικών και γεωχημικών κύκλων.

Η συνεχής αύξηση της ζήτησης του γλυκού νερού οφείλεται σε πολλούς λόγους, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- Αύξηση του μόνιμου πληθυσμού και του βιοτικού επιπέδου
- Αύξηση του εποχικού πληθυσμού (τουρίστες)
- Επέκταση των καλλιεργούμενων και αρδευόμενων εκτάσεων
- Αύξηση του αριθμού των μεταποιητικών και βιομηχανικών μονάδων
- Δημιουργία καινούριων απαιτήσεων, όπως ποτίσματα κήπων, πλύσιμο δρόμων

Η αυξημένη κατανάλωση νερού δημιουργεί προβλήματα διάθεσης του χρησιμοποιημένου και επιβαρυσμένου, με ρυπαντικούς ή μολυσματικούς παράγοντες, νερού. Το περιορισμένο διαθέσιμο γλυκό νερό, συχνά δημιουργεί προβλήματα αντιπαραθέσεων μεταξύ γειτονικών πληθυσμών, που διεκδικούν για διαφορετικές χρήσεις ο καθένας, την αποκλειστικότητα εκμετάλλευσης του νερού. Προβλήματα δημιουργούνται και μεταξύ γειτονικών χωρών για τη χρήση ενός ποταμού ή μιας λίμνης. Οι οικολογικές επιπτώσεις από την ρύπανση των επιφανειακών νερών είναι πολλές, όπως η μεταβολή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους και η εξαφάνιση όλων ή των περισσότερων φυτικών και ζωικών οργανισμών από την επηρεασμένη από τη ρύπανση περιοχή. [17]

Το υδάτινο περιβάλλον αντιδρά στην εκβολή των ρύπων με μια σειρά μηχανισμών που σκοπό έχουν να επαναφέρουν το περιβάλλον στην προηγούμενη κατάσταση του. Τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στον αυτοκαθαρισμό είναι στη πραγματικότητα μηχανισμοί ανακύκλωσης της ύλης. Οι μηχανισμοί αυτοκαθαρισμού του νερού είναι φυσικοί, χημικοί και βιολογικοί και συνοψίζονται στο Πίνακα 1:

**Πίνακας 1.** Μέθοδοι αυτοκαθαρισμού του νερού. [15]

<b>ΦΥΣΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ</b>	Διάλυση
	Καθίζηση
	Προσρόφηση
	Απορρόφηση
	Ιοντοανταλλαγή
<b>ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ</b>	Διάβρωση
	Οξειδοαναγωγή
	Συμπλοκοποίηση
	Δημιουργία χηλικών ενώσεων
	Καταβύθιση
<b>ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ</b>	Συσσωμάτωση
	Υδρόλυση
	Βακτηριακή αποσύνθεση των διαλυτών ουσιών
	Κατανάλωση από ανώτερους οργανισμούς
	Κατανάλωση από φυτικούς οργανισμούς
	Κατανάλωση από ζωικούς οργανισμούς

Γίνεται φανερό λοιπόν ότι πρόκειται για ένα σύνθετο πρόβλημα που το αποτελούν και το συντηρούν πολλαπλές κοινωνικές παράμετροι και αντιθέσεις. Πιστεύοντας ότι το βασικότερο πρόβλημα στο φυσικό αυτό πόρο είναι η έλλειψη ευαισθησίας σχετικά με τη διαχείριση, τη χρήση και τη προστασία του, δίνονται στη συνέχεια οι βασικές έννοιες για τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του [13].

Τα τελευταία χρόνια γίνονται έρευνες και με τα υπόγεια νερά. Αποτελούν τη κύρια παροχή πόσιμου νερού όπως και για αρδεύσεις. Στα υπόγεια νερά έχουν παρατηρηθεί νιτρικά ιόντα, που ευθύνονται για τον ευτροφισμό. Παράλληλα μελετώνται τα βενθικά ασπόνδυλα, η μόλυνση και η μικροβιολογία των υπόγειων νερών [17].

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1 ΓΕΝΕΣΗ - ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΛΙΜΝΩΝ

Οι υδάτινοι όγκοι ταξινομούνται βάσει της μακροχρόνιας επεξεργασίας από την οποία έχουν δημιουργηθεί. Όλες σχεδόν οι φυσικές λίμνες σχηματίστηκαν από κλιμακωτά ή καταστροφικά γεωλογικά γεγονότα και συνήθως ανανεώνονται ή εκλείπουν από παρόμοιες διαδικασίες. Από γεωλογικής άποψης, οι φυσικές λίμνες είναι εφήμερες και η γεωλογική τους προέλευση μπορεί να καθορίσει το ρυθμό που εξελίσσονται και να προβλέψει μια ενδεχόμενη εξαφάνιση. Η διαδικασία μπορεί να πάρει αρκετό διάστημα. Ο τρόπος γένεσης μιας λίμνης έχει καθοριστικό ρόλο στα έμβια όντα που θα εγκατασταθούν και αναπτυχθούν σε αυτήν καθώς και στη μετέπειτα εξέλιξη της.

Αρχική προϋπόθεση για να γεννηθεί μια λίμνη είναι να σχηματιστεί μια ύφεση στην επιφάνεια της γης με όχθες αρκετά υψηλές ώστε να μπορεί να συγκρατηθεί νερό. Οι περισσότερες λεκάνες απορροής των λιμνών έχουν δημιουργηθεί από σταδιακά γεγονότα όπως παγετώδεις διαδικασίες ή παραμορφώσεις του φλοιού της γης. Κάποιες συνέπειες απότομων καταστροφικών γεωλογικών γεγονότων είναι οι σεισμοί, οι εκρήξεις ηφαιστειών ή η καθίζηση εδάφους. Έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις όπου λίμνες δημιουργήθηκαν και εξαφανίστηκαν με γρήγορο ρυθμό.

Οι λίμνες που υπάρχουν σε μια περιοχή συνήθως δημιουργούνται από τα ίδια φυσικά αίτια. Είναι επομένως σχετικά εύκολο να ομαδοποιηθούν σε λιμναίες περιφέρειες. Παρόλο που οι λίμνες σε αυτή τη περιφέρεια έχουν ίδια χαρακτηριστικά, το σχήμα της λεκάνης μπορεί να τις διαφοροποιεί. Η καθηγήτρια G. Evelyn Hutchinson [16] παρατήρησε ότι η ποικιλία του ενιαίου συνόλου δίνει ιδιαίτερη γοητεία στη λιμνολογία και κατέληξε σε μια λεπτομερή ταξινόμηση των λιμνών βασιζόμενη σε φυσικά αίτια δημιουργίας. Η απλοποιημένη μορφή αναφέρεται παρακάτω σε κατηγορίες τεκτονικών, ηφαιστειακών, παγετωδών και άλλων παραγόντων όπως καθίζηση εδάφους, διάλυση ασβεστόλιθου φυσικές παραλιακές δραστηριότητες, οργανική συσσώρευση, επίδραση πανίδας, μετεωρίτες και διάβρωση ανέμων ή ποταμών [16].

### 1.1.1 ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΛΙΜΝΕΣ

Οι λίμνες τεκτονικής προέλευσης σχηματίστηκαν από βαθιές κινήσεις του φλοιού της γης με εξαίρεση τα ηφαίστεια. Οι περισσότερες αποτελούν συνέπεια γεωλογικών σφαλμάτων. Υπάρχουν δύο κατηγορίες. Εκείνες που συνδέονται με απλά σφάλματα και άλλες με πολλαπλά. Οι λεκάνες απορροής της πρώτης κατηγορίας προέρχονται από κοιλώματα που προκαλούνται από την κλίση του εδάφους, ενώ της δεύτερης συνδέονται με μεγάλες κοίλες περιοχές που βρίσκονται ανάμεσα σε παρακείμενα γεωλογικά σφάλματα. Οι περισσότερες παλιές, βαθιές και οι μεγαλύτερες λίμνες του κόσμου έχουν τεκτονική προέλευση. Το μέγεθος της λίμνης εξαρτάται από τη σπουδαιότητα του σφάλματος και το ποσό της ιλύος που έχει συγκεντρωθεί από τη δημιουργία της.

Ένας άλλος τύπος τεκτονικών λιμνών οφείλεται στην ανύψωση τμήματος του επιπέδου της θάλασσας. Ο τρίτος τύπος τεκτονικών λεκανών σχηματίστηκε όταν το βύθισμα ή ύψωμα του φλοιού της γης αντιστρέφει το υπάρχον σύστημα αποστράγγισης [16].

### **1.1.2 ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΛΙΜΝΕΣ**

Οι λίμνες που σχηματίστηκαν από ηφαιστειακή δραστηριότητα απαντώνται σε πολλές περιοχές της γης. Ο πιο διαδεδομένος τύπος είναι οι λίμνες - κρατήρες. Οι καλδέρες σχηματίζονται από ηφαιστειακούς κώνους μετά την εκτόξευση του μάγματος. Οι λίμνες που συνδέονται με ηφαιστειακή δράση όχι όμως από τους κρατήρες, δημιουργήθηκαν από τη φραγή μιας περιοχής από λάβα. Άλλη μια περίπτωση είναι η εξέλιξη μιας λεκάνης που σχηματίστηκε από λάβα, εξ' αιτίας της διαφοράς ψύξης που ακολουθεί μετά από έκρηξη [16].

### **1.1.3 ΠΑΓΕΤΩΔΩΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΛΙΜΝΕΣ**

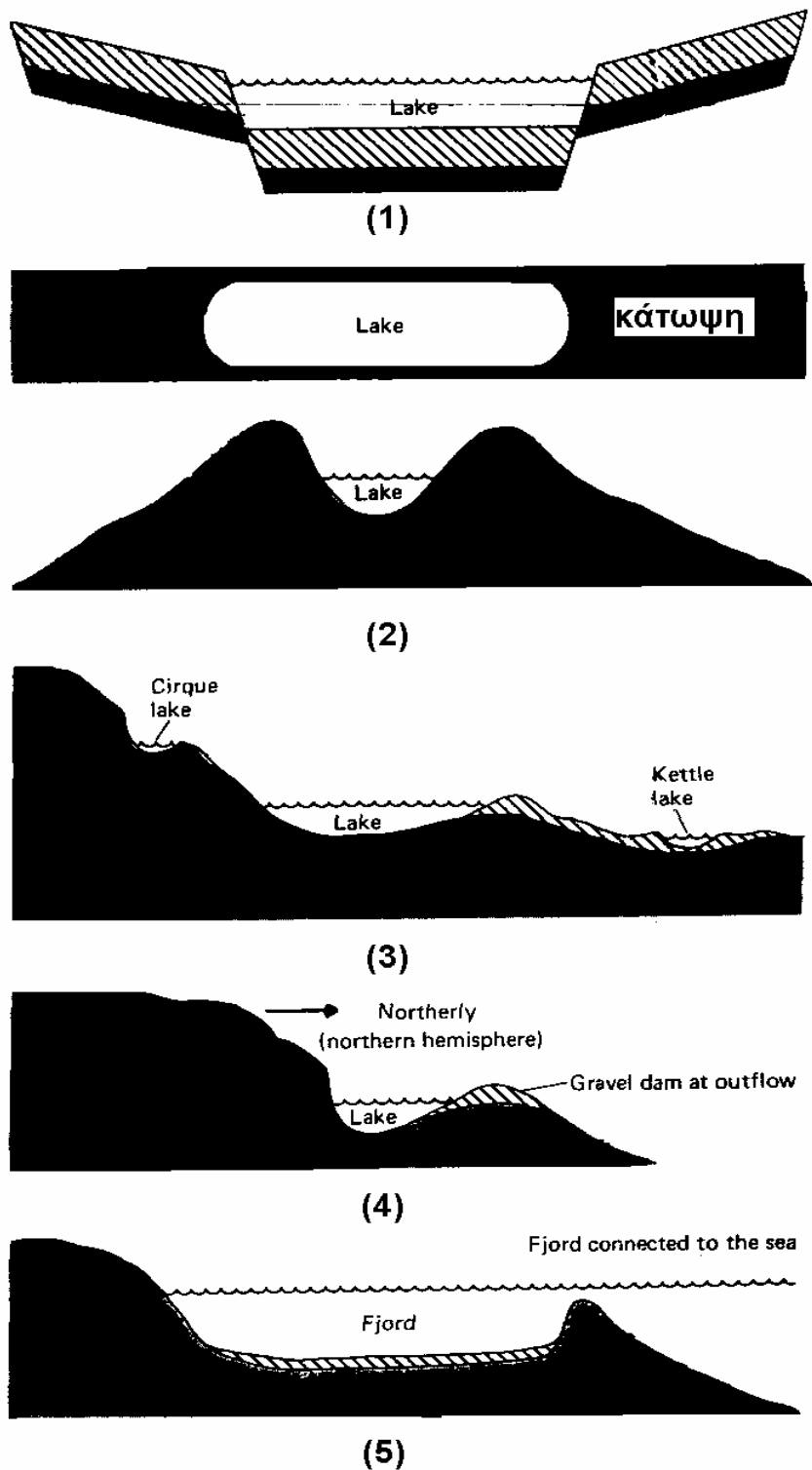
Η παγετώδης δραστηριότητα έχει γίνει η πιο σημαντική αιτία δημιουργίας. Οι περισσότερες λεκάνες λιμνών σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια της Πλειστόκαινου εποχής όταν οι παγετώνες κάλυπταν τη μεγαλύτερη επιφάνεια της γης. Όταν έλιωσαν οι παγετώνες η συλλογή του νερού έγινε στις λεκάνες σχηματίζοντας τις λίμνες.

Ένας τύπος που απαντάται σε πολλά μέρη είναι οι ημικυκλικές ή αμφιθεατρικές λίμνες που συνήθως βρίσκονται στις κορυφές των παγετωδών περιοχών εφάπτονται σε βουνά με απότομη κλίση. Αυτές οι λίμνες συνήθως είναι βαθύτερες κοντά σε βράχους και πιο ρηχές στην έξοδο. Εκεί, το νερό φράζεται από τα ερείπια των παγετώνων που σχηματίζουν ένα μικρό φράγμα. Οι βράχοι διαβρώνονται από μικρές κατηφορικές κινήσεις των παγετώνων. Αυτή η κατάσταση επιδεινώνεται από τη συνεχή πήξη και τήξη που μπορεί ακόμα και να σπάει το βράχο [16].

### **1.1.4 ΛΙΜΝΕΣ ΑΛΛΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ**

Οι λίμνες διάλυσης είναι αυτές που προήλθαν από τη διάλυση ευδιάλυτων βράχων από αραιά οξέα. Αποτελούν συνέπεια κατάρρευσης σπηλαίων και είναι συνήθως μικρές και απότομες. Οι ασβεστόλιθοι είναι συνήθως ευπαθείς σε αυτές τις καταστάσεις. Αρκετοί διαφορετικοί τύποι λιμνών έχουν σχηματιστεί από πλημμύρες ποταμών ή πεδιάδων. Οι πιο γνωστές είναι οι κεκλιμένες ή ελικοειδείς λίμνες οι οποίες δημιουργήθηκαν όταν στη καμπή ενός ελικοειδούς ποταμού συγκεντρώνεται μεγάλη ποσότητα ιλύος.

Από το προηγούμενο αιώνα τεράστιες λίμνες έχουν δημιουργηθεί ανά τον κόσμο για παραγωγή ενέργειας, αρδεύσεις, έλεγχο πλημμυρών και παροχή πόσιμου νερού. Στους περισσότερους από τους κύριους ποταμούς έχουν κατασκευαστεί φράγματα και στους υπόλοιπους συνεχώς συζητάται αυτό το θέμα [16].



**Σχήμα 1.1:** Σκίτσα σχηματισμού και παρούσας κατάστασης των πιο διαδεδομένων τύπων λιμνών. Το πρώτο σχήμα δείχνει μια τεκτονικά σχηματισμένη λίμνη που προκύπτει μετά από συλλογή νερού σε κοιλάτη ή καταβυθίσεις του εδάφους. Παραδείγματα αποτελούν οι περισσότερες μεγάλες, βαθιές και παλιές λίμνες παγκοσμίως. Το δεύτερο σχήμα παρουσιάζει μια λίμνη που δημιουργήθηκε σε ένα κρατήρα καλδέρας μέσα σε ηφαιστειακό κώνο. Πολλές μικρές και μεγάλες λίμνες παρατηρούνται σε ηφαιστειακές περιοχές. Τα επόμενα σχήματα παρουσιάζουν παγετωδώς σχηματισμένες λίμνες και ένα φιόρδ που δημιουργήθηκαν από τήξη παγετώνων στο πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν [16].

Αφού σχηματιστεί η λίμνη αποκτά μια νέα ιδιότητα που είναι η μορφομετρία. Αφορά το σχήμα, τη γεωλογική προέλευση και το περίγραμμα των υπόγειων νερών. Η λεκάνη της λίμνης σε αντίθεση με τη λεκάνη αποστράγγισης είναι το τμήμα που κατακρατεί το νερό. Η τοπογραφία του περιβάλλοντα χώρου μπορεί να δώσει στοιχεία για τη μορφομετρία αλλά κάποια χαρακτηριστικά όπως το βάθος πρέπει να μετρηθούν. Συχνά, ένας λεπτομερής μορφομετρικός χάρτης είναι διαθέσιμος ωστόσο κάποια στοιχεία είναι ανεπαρκή ή ξεπερασμένα λόγω ιζηματοποίησης [16].

### **1.1.5 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ, ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΛΙΜΝΩΝ**

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 πρώτη 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 m 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 στο Πίνακα 1.1. Δεκαέξι από τις 140 λίμνες είναι μικρότερες από 2 km<sup>2</sup>. 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 [13].

**Πίνακας 1.1:** Τα κυριότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυσικών λιμνών της Ελλάδας [13].

Όνομασία λίμνης	Επίπεδο επιφανείας (m)	Εμβαδό λίμνης (km <sup>2</sup> )	Εμβαδό περιοχής (km <sup>2</sup> )	Όγκος νερού (×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Μέσο βάθος Z (m)	Μέγιστο βάθος Y (m)	Χρόνος ανανέωσης (χρόνια)
<b>Δυτικά</b>							
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	
<b>Βορειοδυτικά</b>							
3 Βεγορίτιδα	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	
<b>Βόρεια</b>							
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 Δοϊράνη	145	15	420	110	5,5	10,4	
20 Μιτρικό	2	2,1		2,7	0,5		
<b>Ανατολικά</b>							
13 Υλική	80	12	344	720	28,8	38,5	
18 Παραλίμνη		4	68				
<b>Νότια</b>							
Στυμφαλία	600	3,8	153	5	1,3	2,3	



## 1.2 Η ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΖΩΝΩΝ ΣΕ ΜΙΑ ΛΙΜΝΗ

Οι λίμνες παρουσιάζουν μεταξύ τους ποικιλότητα. Μπορεί να διαφέρουν σε αρκετά γνωρίσματα όπως μέγεθος, αλατότητα νερού, βάθος, θολότητα νερού, ηλικία, ύπαρξη ελών γύρω τους, δομή και υφή του πυθμένα, κλίμα, μορφή ακτών, ύπαρξη εισροής και εκροής νερών, περιεχόμενα θρεπτικά στοιχεία, περιεχόμενες βιοκοινότητες, παραγωγικότητα. Όμως, παρά την ποικιλότητά τους, στις περισσότερες λίμνες είθισται να διακρίνονται οι παρακάτω ζώνες [11].

### 1.2.1 ΠΥΘΜΕΝΙΚΗ ΖΩΝΗ

Οι τρεις επιμέρους ζώνες βρίσκονται υπό την ισχυρή επίδραση των ακτών, του πυθμένα ή και των δυο.

- 1. Παραλιακή ζώνη.** Η ζώνη αυτή είναι σχετικά αβαθής. Η θερμοκρασία του νερού μπορεί να παρουσιάζει χρονικά μεγάλες διακυμάνσεις. Το φως διεισδύει εύκολα ως το πυθμένα όταν το νερό δεν είναι πολύ θολό. Παρατηρείται έντονη δράση κυμάτων. Το οξυγόνο του νερού ανανεώνεται συνεχώς. Στον πυθμένα της ζώνης αυτής υπάρχουν ριζωμένα φυτά. Το βένθος παρουσιάζει μεγάλη ποικιλότητα γιατί ο πυθμένας είναι συγκριτικά πολύ ανομοιομορφος οπότε δημιουργούνται πολλές οικολογικές θέσεις.
- 2. Υποπαραλιακή ζώνη.** Είναι στενότερη ζώνη από την προηγούμενη. Αρχίζει εκεί που τελειώνουν τα ριζωμένα φυτά. Το νερό έχει συνήθως επαρκές οξυγόνο και φωτίζεται ικανοποιητικά. Οι μεταβολές θερμοκρασίας δεν είναι πολύ μεγάλες. Το βένθος περιέχει λιγότερο πλούτο ειδών σε σύγκριση με το βένθος της προηγούμενης ζώνης.
- 3. Βαθιά ζώνη.** Η θερμοκρασία του νερού λίγο μεταβάλλεται. Περιέχει λίγο οξυγόνο ή και καθόλου. Από την άλλη μεριά, περιέχει πολύ διοξείδιο του άνθρακα. Επίσης, συχνή, μπορεί να είναι η παρουσία άλλων αερίων όπως μεθανίου. Ο πυθμένας της βαθιάς ζώνης δέχεται ελάχιστο φως ή και καθόλου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η βαθιά 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 θερμοκρασίας.

### 1.2.2 ΠΕΛΑΓΙΚΗ ΖΩΝΗ

Η πελαγική ζώνη, που λέγεται και λιμνητική ή ζώνη των ανοιχτών νερών βρίσκεται μακριά από την άμεση επίδραση ακτών του 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 αντιστάθμισης. Δηλαδή η ένταση στην οποία ο ρυθμός φωτοσύνθεσης είναι ίσος προς το ρυθμό αναπνοής των οργανισμών που φωτοσυνθέτουν. Η πελαγική ζώνη περιέχει πλαγκτό, νηκτό και κάποιες φορές νευστό. Συνήθως είναι επαρκώς εμπλουτισμένη με οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Όπως και στην περίπτωση της βαθιάς ζώνης, η πελαγική ζώνη δεν μπορεί να υπάρξει σε αβαθείς λίμνες [11].

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

## ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΛΙΜΝΩΝ

Η ταξινόμηση λιμνών σε τύπους και κατηγορίες βοηθά όπως σχεδόν κάθε ταξινόμηση, στην αποτελεσματικότερη μετάδοση των γνώσεων, στη σύλληψη κοινών προβλημάτων των υδάτινων οικοσυστημάτων και στην οργάνωση των συζητήσεων. Ειδικά για τη λιμνολογία, η ταξινόμηση μπορεί να βοηθήσει και στην αντιμετώπιση των θεμάτων προστασίας και διαχείρισης των λιμνών όταν παράλληλα μελετώνται μέτρα αξιοποίησης και προστασίας των λιμνών. Σ αυτή τη περίπτωση, η ταξινόμηση είναι χρήσιμη στη λήψη αποφάσεων και στη νομοθετική κατοχύρωση των αποφάσεων αυτών. Κανένα σύστημα κατάταξης των λιμνών, ωστόσο, δεν μπορεί να συμπεριλάβει όλες τις λίμνες και να γίνει αποδεκτό από τους λιμνολόγους. Αυτό συμβαίνει διότι κάθε λίμνη έχει ξεχωριστές ιδιότητες που εξαρτώνται από τη μορφομετρία, τις φυσικές, χημικές και βιολογικές επιδράσεις. Τα στοιχεία αυτά βοηθούν να περιγραφούν τα χαρακτηριστικά και ο ρόλος του στην εξέλιξη της λίμνης [16].

### 2.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Μια κριτήριο ταξινόμησης είναι η κυκλοφορία ή μίξη σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία του νερού που όμως δεν τυποποιεί όλες τις λίμνες. Υπάρχουν πολλές ενδιάμεσες περιπτώσεις λιμνών και πολύ λίγες τυπικές. Συχνά μάλιστα είναι δύσκολο να ταξινομηθεί μια λίμνη με το κριτήριο αυτό, γιατί ο τρόπος που κυκλοφορεί το νερό της, μπορεί να αλλάζει από έτος σε έτος. Οι λίμνες που έχουν δυο εποχικές περιόδους μίξης του νερού την άνοιξη και το φθινόπωρο ονομάζονται διμικτικές. Αντίστοιχα μονομικτικές ονομάζονται οι λίμνες που παρατηρείται μια περίοδος κυκλοφορίας. Χωρίζονται σε ψυχρές και θερμές μονομικτικές λίμνες. Στη πρώτη κατηγορία, το νερό δεν έχει θερμοκρασία ποτέ πάνω από 4 °C και η περίοδος κυκλοφορίας είναι κατά το θέρος ενώ στη δεύτερη το νερό δεν έχει θερμοκρασία ποτέ κάτω από 4°C και η περίοδος κυκλοφορίας είναι τον χειμώνα. Όταν η κυκλοφορία είναι συνεχής για όλο το έτος οι λίμνες ονομάζονται πολυμικτικές. Αντιθέτως, ολιγομικτικές είναι οι λίμνες που η κυκλοφορία είναι βραδεία ή μόνο σε ορισμένα έτη. Όταν υπάρχει συνεχής θερμική στρωματοποίηση και η κυκλοφορία είναι ατελής ή δεν παρατηρείται η λίμνη ονομάζεται μερομικτική ενώ ολομικτική όταν περιλαμβάνει όλο τον υδάτινο όγκο. Τέλος, αμικτικές είναι οι λίμνες που δεν παρατηρείται καμία ανάμιξη του νερού. Αμικτικές είναι συνήθως οι πολικές λίμνες που σκεπάζονται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους από πάγο. [16]

### 2.2 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ - ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ

Οι πρωτοπόροι λιμνολόγοι παρατήρησαν την προφανή διαφορά μεταξύ των ορεινών λιμνών και των παρακείμενων σε καλλιεργήσιμες περιοχές. Έτσι εισήχθη η έννοια της τροφικής κατάστασης που αρχικά στηρίχθηκε σε δύο παράγοντες: το ποσό παραγωγής στα επιφανειακά νερά και στις συνθήκες του βαθύτερου στρώματος ή υπολιμνίου της λίμνης στα στρωματοποιημένα νερά.

Ακολούθως έγινε προσπάθεια να εκτιμηθούν παράγοντες όπως θερμοκρασία, ηλιοφάνεια, ευδιάλυτα αέρια και συστατικά σε σχέση με το παραγόμενο φυτοπλαγκτόν της λίμνης. Αποτέλεσμα ήταν η αλγική βιομάζα να συσχετιστεί με τη συγκέντρωση αζώτου και φωσφόρου. Αυτή η προσέγγιση είναι πολύ κοντινή με τη σημερινή ισχύουσα έννοια της τροφικής κατάστασης. Ευτροφική θεωρήθηκε αρχικά η λίμνη υψηλής παραγωγικότητας όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.1 [16].



**Σχήμα 2.1:** Ανατροπή της ισορροπίας της υδροχαρούς ζωής λόγω ευτροφισμού. [10]

### 2.2.1 ΕΥΤΡΟΦΙΚΕΣ, ΟΛΙΓΟΤΡΟΦΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΥΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΛΙΜΝΕΣ

Η υπερβολική λίπανση και η απερίσκεπτη εκβολή λυμάτων αύξησαν την ανάπτυξη των αλγών σε παράκτια νερά. Αυτή η αλλαγή ονομάστηκε καλλιεργητικός ευτροφισμός. Αυτό το γεγονός δεν είναι πρόσφατο φαινόμενο. Τα υδάτινα στρώματα είναι παραγωγικότερα σε υψηλά ευτροφικά επίπεδα. Παρόλο που ο ευτροφισμός είναι συχνά συνδεδεμένος με υπερβολική λίπανση και μόλυνση, τα ευτροφικά περιβάλλοντα δεν είναι πάντα μη αποδεκτά από το

κοινό. Υπάρχουν πολλές φυσικές ευτροφικές λίμνες που παρατηρούνται μεγάλες ποσότητες ψαριών και είναι κατάλληλες για αλιεία και άθληση.

Τα αστικά λύματα είναι από τις παλιότερες αιτίες του 'πολιτιστικού' ευτροφισμού. Τα οικιακά απόβλητα είναι πλούσια σε συστατικά και αποτελούν τονωτικό για την ανάπτυξη των αλγών και ανώτερων φυτών. Η χρήση απορρυπαντικών, πλούσια σε φώσφορο, έχει επηρεάσει αυτό το φαινόμενο. Σε πολλές αρχικά ελλιπείς σε φώσφορο λίμνες η ποσότητα ακατέργαστων λυμάτων που λαμβάνεται είναι από απορρυπαντικά.

Η εντατική γεωργία είναι άλλη μία πηγή συστατικών για τα υδάτινα οικοσυστήματα. Για να γίνει κατανοητή η σημασία του προβλήματος αρκεί να θεωρηθεί ότι τα συστατικά λίπανσης περνούν στα νερά αποστράγγισης. Πάντοτε, κάποια από τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται ξεπλένονται από τη βροχή ή από την αναπνοή των φυτών. Το ξέπλυμα είναι προφανές, όταν η λίπανση με νιτρικά εφαρμόζεται λίγο πριν την άνοιξη σε παγωμένα εδάφη. Κατά τη διάρκεια της τήξης, μεγάλη ποσότητα οδηγείται στη λίμνη. Το φαινόμενο του ευτροφισμού μπορεί να αντιστραφεί, αν και αυτή η διαδικασία δύναται να είναι δαπανηρή και αρκετά αργή [16].

Τα κύρια χαρακτηριστικά των oligοτροφικών και ευτροφικών λιμνών παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1. Οι λίμνες είναι ανεξάρτητα οικοσυστήματα και κάποιες είναι δύσκολο να ταξινομηθούν. Έχουν επινοηθεί αριθμητικά πρότυπα για κάθε παράμετρο ενώ ακόμα συζητώνται οι όροι που διακρίνουν κάθε τροφική κατάσταση. Σε πολλές έχει παρατηρηθεί η κλίση μιας oligοτροφικής λίμνης προς ευτροφική.

**Ευτροφικές λίμνες.** Οι λίμνες αυτές είναι συχνά ρηχές, το βάθος τους δεν ξεπερνά τα 10m και στις παρυφές τους παρατηρείται μεγάλη κλίση. Η αναλογία επιφάνειας με την ευρύτερη λεκάνη αποστράγγισης είναι μεγάλη. Η τυπικότερη ορατή απόδειξη ευτροφικής κατάστασης είναι η παρουσία επιφανειακών μπλε-πράσινων αλγών.

Η κατάσταση ευτροφισμού προσδιορίζεται από παράγοντες όπως το μεγάλο εύρος τιμών του διαλυμένου οξυγόνου, τα υψηλά επίπεδα συστατικών (άζωτο, φώσφορος, θείο), η υψηλή συγκέντρωση χλωροφύλλης, η παρουσία αλγών, η μικρή ποικιλία πλαγκτονικών και βενθικών οργανισμών. Η χαμηλή διαύγεια του νερού είναι ο απλούστερος τρόπος εντοπισμού μιας ευτροφικής λίμνης. Σε ευτροφικές λίμνες, το οξυγόνο του υπολιμνίου μειώνεται, όχι μόνο κατά τη διάρκεια της θερινής στρωμάτωσης αλλά και τη χειμερινή περίοδο. Το νερό, στην ευφωτική ζώνη φθάνει σε επίπεδα υπερκορεσμού σε οξυγόνο κατά τη διάρκεια της μέρας λόγω φωτοσύνθεσης. Τις νυχτερινές ώρες παρατηρείται μείωση σε επίπεδο μικρότερο του κορεσμού, λόγω αναπνοής.

Στις ευτροφικές λίμνες, τα ιζήματα εμπλουτίζονται με οργανική ουσία. Έτσι, τείνει αρχικά, να αυξηθεί η βιομάζα των μακρόφυτων με αποτέλεσμα η φυτοπλαγκτονική ανάπτυξη είναι πυκνή. Η αυξανόμενη παροχή των συστατικών επηρεάζει και τα φυτά που κάποιες φορές υπεραναπτύσσονται και αποσυντίθεται ελλείψει οξυγόνου. Σε θερμές πεδινές περιοχές, το διαλυμένο οξυγόνο των ευτροφικών λιμνών είναι συχνά χαμηλό [16].

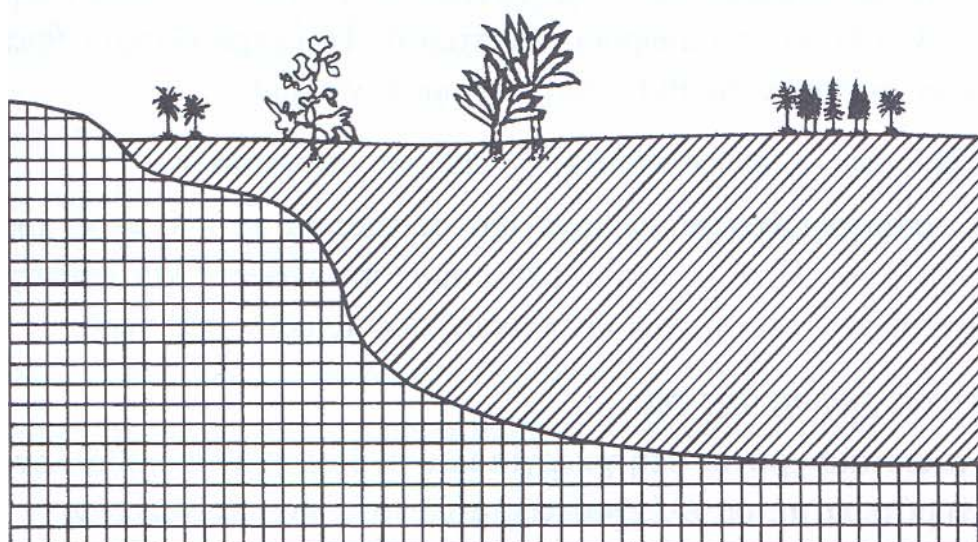
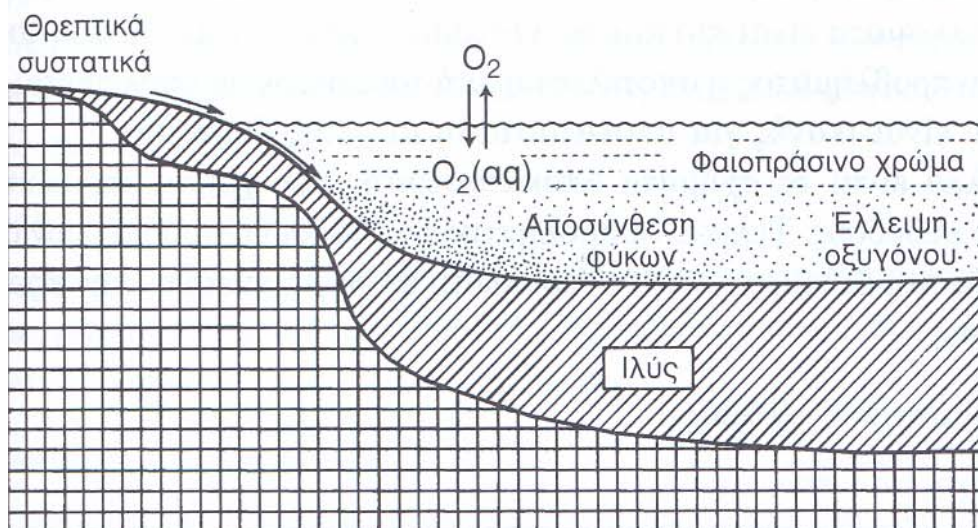
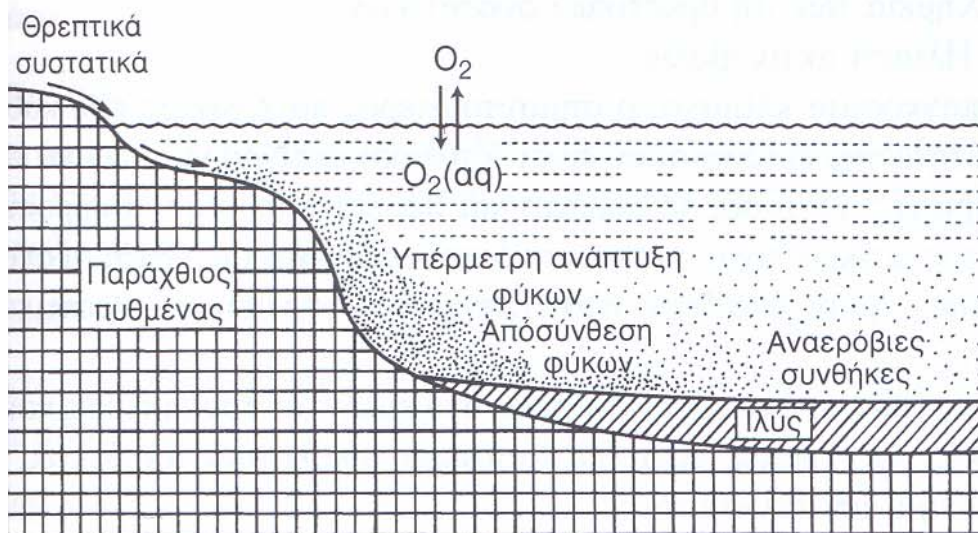
**Οligοτροφικές λίμνες.** Αυτές οι λίμνες βρίσκονται σε αντίθετη κατάσταση. Είναι βαθιές, απότομες και έχουν μικρή περιοχή αποστράγγισης. Υπάρχουν oligοτροφικές λίμνες που αποτελούνται κυρίως από γρανιτικές κοιλότητες. Οι περισσότερες oligοτροφικές λίμνες χαρακτηρίζονται από χαμηλά επίπεδα συστατικών, καθαρό μπλε νερό που οφείλεται σε μικρό αριθμό πλαγκτονικών οργανισμών και αλγών. Τα επίπεδα βενθικού και υπολιμνίου οξυγόνου δεν αποκλίνουν πολύ από το ποσοστό κορεσμού.

**Μεσοτροφικές λίμνες.** Όπως αναφέρεται και στην ονομασία προσδιορίζονται ανάμεσα στις ευτροφικές και στις oligοτροφικές λίμνες. Είναι πολύ κοινά υδάτινα στρώματα και δεν παρουσιάζουν ακραίες τιμές των κύριων συστατικών παραμέτρων.

**Δυστροφικές λίμνες.** Οι λίμνες αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνουν χουμικά οξέα προερχόμενα από αποσύνθεση υδάτινης βλάστησης. Τα σκουρόχρωμα οξέα δίνουν στο νερό το χαρακτηριστικό κίτρινο - καφέ χρώμα. Το περιβάλλον είναι όξινο και μη παραγωγικό. Κάποια 'διάτομα' είναι χαρακτηριστικά των δυστροφικών λιμνών και εξελίσσονται σε ιζήματα που προσβάλλονται από το φως σε ρηχές λίμνες. Οι μικρές δυστροφικές λίμνες εντοπίζονται κυρίως σε ορεινές περιοχές που στραγγίζονται από πευκοδάση και έλη εξασφαλίζοντας τη παροχή χουμικών οξέων [16].

## 2.2.2 ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΙΜΝΑΙΑ ΔΙΑΔΟΧΗ

Ο ευτροφισμός μπορεί να προσδιοριστεί ως η διαδικασία εμπλουτισμού ενός υδάτινου όγκου, λόγω αύξησης των συστατικών. Τα σημαντικότερα συστατικά είναι τα φωσφορικά, τα νιτρικά και τα αμμωνιακά ιόντα. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα, θειικών αλλά και σιδήρου σε μικρότερο ποσοστό, συνεπάγονται ευτροφική κατάσταση σε μια λίμνη. Άσχετα από τη προέλευση της λεκάνης μια λίμνη μπορεί να αλλάξει με τη πάροδο του χρόνου. Η διαδοχή περιλαμβάνει αρχικά αποικίες φυτών και ζώων και προοδευτικές αλλαγές στη χημεία του νερού. Σε νεότερες λεκάνες, οι αλλαγές κατά τη διάρκεια των πρώτων χρόνων είναι πολύ απότομες όποιο και να είναι το τροφικό στάδιο και ισχύει τόσο για τις φυσικές όσο και για τις τεχνητές λίμνες. Η ιδέα της διαδοχής περιλαμβάνει το πέρασμα από διάφορες τροφικές καταστάσεις ξεκινώντας από μικρή βλάστηση ή oligοτροφική κατάσταση και σταδιακά μεταβάλλεται σε μεσοτροφική. Στη συνέχεια μετατρέπεται σε ευτροφική με τελικό στάδιο τη δημιουργία έλους ή εύφορης γης όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2.1. Οι παράγοντες που καθορίζουν τη κατάσταση ευτροφισμού είναι το μέσο βάθος της λίμνης και το μέγεθος και η άρδευση της λεκάνης αποστράγγισης. Η ταχύτητα με τη οποία μια λίμνη αλλάζει κατάσταση εξαρτάται από τη διακύμανση του κλίματος ειδικά της θερμοκρασία και των βροχοπτώσεων [16].



Σχήμα 2.1 : Αποξήρανση μιας λίμνης λόγω ευτροφισμού [10].

**Πίνακας 2.1:** Χαρακτηριστικά ευτροφικών και ολιγοτροφικών λιμνών [16].

<b>ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ</b>	<b>ΟΛΙΓΟΤΡΟΦΙΚΕΣ</b>	<b>ΕΥΤΡΟΦΙΚΕΣ</b>
<b>Συστατικά</b>	Χαμηλά επίπεδα και χαμηλή παροχή των κύριων συστατικών (άζωτο, φώσφορος, θείο)	Υψηλά επίπεδα και υψηλά παροχή κύριων και δευτερευόντων συστατικών
<b>Διαλυμένο οξυγόνο</b>	Δεν διαφοροποιείται αρκετά από στο επιλίμνιο ή το υπολίμνιο ( $10 \pm 10\%$ ).	Μεγάλο εύρος τιμών κορεσμού. Μείωση στο υπολίμνιο (0-100%) και υπερκορεσμός (100-250%)
<b>Βιοτική κατάσταση</b>	Χαμηλή η κύρια παραγωγικότητα. Χαμηλή πυκνότητα και ένδειξη φυτοπλαγκτονικών, ζωοβενθικών, ζωοπλαγκτονικών, οργανισμών και ψαριών	Υψηλή παραγωγικότητα. Υψηλή πυκνότητα και ένδειξη φυτοπλαγκτονικών, ζωοβενθικών, ζωοπλαγκτονικών οργανισμών, και ψαριών
<b>Φως</b>	Διαυγή νερά, εισβολή φωτός ακόμη και κάτω από το θερμοκλινές	Θαμπό νερό, εισβολή φωτός αρκετά χαμηλή που συχνά δεν φτάνει μέχρι το θερμοκλινές ή τον πυθμένα.
<b>Σχήμα λεκάνης και διαστρωμάτωση νερού</b>	Βαθιές λίμνες με απότομες πλαγιές άγονα εδάφη	Ρηχές λίμνες με ελαφρά κεκλιμένα ακτές. Καλλιεργημένο και αναταραγμένο έδαφος

**Πίνακας 2.2:** Τιμές κατάταξης σε τροφικό επίπεδο κλειστών συστημάτων. [15]

<b>Τροφικό επίπεδο</b>	<b>Μέση ετήσια τιμή P (σε mg/l)</b>	<b>Μέση ετήσια τιμή Chl-a (σε mg/l)</b>	<b>Μέση ετήσια τιμή Chl-1 (σε mg/l)</b>	<b>Μέση ετήσια διαφάνεια (σε m δίσκου Secchi)</b>	<b>Ελάχιστη ετήσια διαφάνεια (σε m δίσκου Secchi)</b>
Υπερ-ολιγότροφη	<4.0	<1.0	<2.5	>12.0	>6.0
Ολιγότροφη	<10.0	<2.5	<8.0	>6.0	>3.0
Μεσότροφη	10-35	2.5-8	8-25	6-3	3-15
Εύτροφη	35-100	8-25	25-75	3-1.5	1.5-0.7
Υπερτροφική	>100	>25	<75	<1.5	<0.7

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

#### 3.1 ΤΟ ΦΩΣ

Όπως στα χερσαία οικοσυστήματα, έτσι και στα υδάτινα, η ενέργεια του φωτός που προσπίπτει στους παράγωγους οργανισμούς του συστήματος και που δεσμεύεται από αυτούς είναι ο αρχικός παράγοντας της παραγωγικότητας δηλαδή της ικανότητας μιας υδάτινης μάζας να παράγει ζώντες οργανισμούς. Στα υδάτινα ωστόσο οικοσυστήματα η παραγωγικότητα επηρεάζεται έμμεσα και από το φως που προσπίπτει στους χερσαίους παραγωγούς οργανισμούς της λεκάνης απορροής. Και αυτό γιατί τα απορρέοντα νερά από τη λεκάνη απορροής προς την υδατοσυλλογή μεταφέρουν διαλυμένες οργανικές ουσίες και οργανικά θρύμματα που αποτελούν έναν από τους παράγοντες που ρυθμίζουν την παραγωγικότητα του υδάτινου οικοσυστήματος.

Στις επόμενες παραγράφους θα εξεταστούν ειδικά σημεία που αφορούν κυρίως τη διείσδυση του φωτός στο νερό και στην τύχη της φωτεινής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια υδατοσυλλογή.

Από το φως που προσπίπτει στην επιφάνεια μιας υδατοσυλλογής το 80-95% διεισδύει. Το υπόλοιπο ανακλάται. Το ποσοστό ανακλάσεως εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης. Σε ήρεμο νερό, το χειμώνα η ανάκλαση είναι ως 10%, ενώ το θέρος που οι ακτίνες πέφτουν πιο κάθετα η ανάκλαση είναι 5-6%. Σε νερό με κυματισμούς η ανάκλαση μπορεί να φτάσει και το 20%. Το διάχυτο ηλιακό φως ανακλάται λιγότερο από το άμεσο. Από το φως που διεισδύει στο νερό περίπου το μισό μετατρέπεται σε θερμότητα προτού προλάβει να περάσει το πρώτο στρώμα του 1 m. [11]

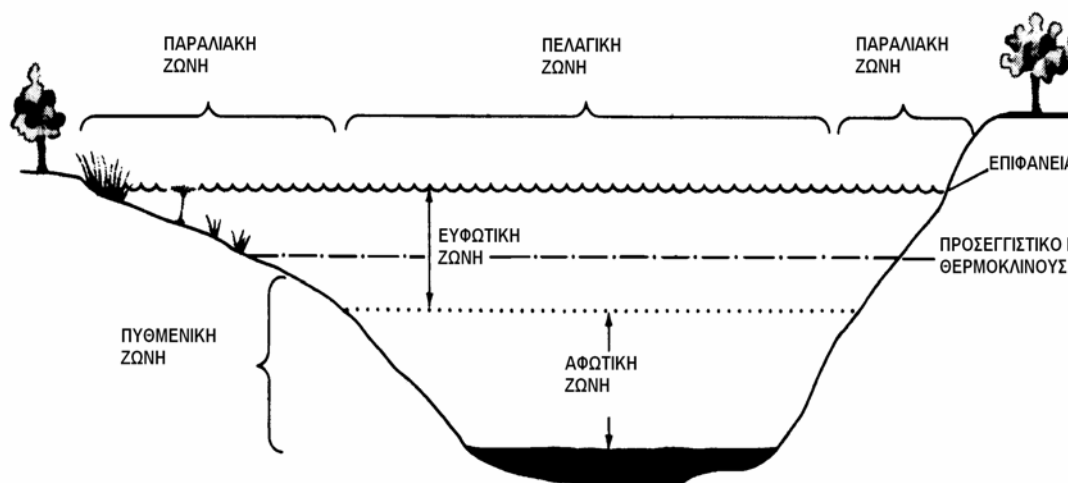
#### 3.1.1 ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Τα στρώματα καθορίζονται από το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρείται σε κάθε βάθος της λίμνης. Το σύνολο του υδάτινου όγκου αποτελείται από την ευφωτική και την αφωτική ζώνη. Η πρώτη εκτείνεται από την επιφάνεια της λίμνης μέχρι το σημείο που το φως μειώνεται κατά 1% από τη μέτρηση της επιφάνειας. Κατά τη διάρκεια της μέρας η ευφωτική ζώνη είναι μια περιοχή που το οξυγόνο παράγεται από τα φυτά. Η αφωτική ζώνη εκτείνεται κάτω από την ευφωτική έως το πυθμένα. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι αρκετή και έτσι δεν παρατηρείται φωτοσύνθεση. Η διαδικασία της αναπνοής ωστόσο λαμβάνει χώρο σε όλα τα βάθη και έτσι στην αφωτική ζώνη παρατηρείται πάντοτε κατανάλωση οξυγόνου. Τα όρια των δυο ζωνών δεν είναι σταθερά. Ποικίλουν εποχικά αλλά και καθημερινά ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία και την μίξη του νερού [16].

Ένας καθαρά βιοτικός παράγοντας που μπορεί καμιά φορά να επηρεάσει τη διείσδυση του φωτός είναι τα φύκη, όταν αυτά βρίσκονται σε υψηλές πυκνότητες. Η περίπτωση αυτή, μοιάζει με τη περίπτωση της αλληλοσκίασης που συμβαίνει σε χερσαίες φυτοκοινότητες όταν τα φυτά φύονται πολύ κοντά το ένα στο άλλο. Έτσι, και στις υδάτινες φυτοκοινότητες



μπορεί να συμβεί αρκετή αλληλοσκίαση, δηλαδή το ένα φύκος να σκιάζει το άλλο, μόνο σε περιόδους που συμβαίνει μεγάλη αύξηση του αριθμού τους.



**Σχήμα 3.1:** Διάκριση ζωνών σε λίμνη που έχει υποστεί στρωματοποίηση του φωτός [16].

Διείσδυση του φωτός στο νερό συνεπάγεται οπωσδήποτε και σκέδασή του. Τη σκέδαση μπορούμε να τη φανταστούμε ως την ανάκλαση προς όλες τις κατευθύνσεις, του φωτός που προσπίπτει στα μόρια του νερού και στα μόρια των άλλων ουσιών που υπάρχουν είτε σε διάλυση είτε σε αιώρηση. Το ποσοστό του φωτός που θα σκεδαστεί εξαρτάται από την ποσότητα των περιεχομένων ουσιών στο νερό, όπως από τις οπτικές τους ιδιότητες και από τη γωνία πρόσπτωσης των ακτινών. Γι' αυτό και παρατηρείται διαφορετική σκέδαση τις διάφορες εποχές του χρόνου στην ίδια λίμνη.

Όλες οι ζώνες της φωτεινής ακτινοβολίας δεν σκεδάζονται ομοιόμορφα γιατί το μήκος κύματος επηρεάζει τόσο τους συντελεστές σκέδασης όσο και την απορρόφηση του φωτός από μια ουσία. Σε πολύ καθαρό νερό, η σκέδαση αφορά κυρίως το κυανό μέρος του φάσματος. Το κυανό χρώμα των καθαρών λιμνών οφείλεται σε αυτόν ακριβώς τον λόγο. Με την ευκαιρία αυτή είναι χρήσιμο να αναφέρουμε ότι το χρώμα του νερού μιας υδατοσυλλογής δεν είναι χωρίς ενδιαφέρον για το λιμνολόγο, γιατί η αξία μιας λίμνης για αναψυχή εξαρτάται μεταξύ των άλλων και από το χρώμα της. Επίσης, το χρώμα παρέχει μερικές ενδείξεις για τη φυσική, χημική και βιολογική κατάσταση του νερού όπως φαίνεται από τα ακόλουθα παραδείγματα:

- Όταν το νερό περιέχει μεγάλη ποσότητα κολλοειδούς ανθρακικού ασβεστίου τότε φαίνεται κυανοπράσινο, γιατί η ουσία αυτή σκεδάζει το πράσινο και το κυανό μέρος του φάσματος
- Νερό με μέτριες ποσότητες διαλυμένων οργανικών ουσιών φαίνεται πρασινωπό ενώ με μεγάλες ποσότητες των ουσιών αυτών το χρώμα γίνεται κιτρινέρυθρο ιδίως μάλιστα όταν περιέχονται πολλά χουμικά οξέα
- Όταν υπάρχει αιώρημα αργίλου ή ηφαιστειακής τέφρας τότε το νερό γίνεται κίτρινο ως καφέ-ερυθρό.
- Άφθονα κυανοπράσινα φύκη στο επιφανειακό στρώμα του νερού κάνουν το νερό να φαίνεται κυανοπράσινο ενώ όταν υπερτερούν τα διάτομα τότε το χρώμα γίνεται κιτρινωπό ως καφέ.

Οι παραπάνω παράγοντες επηρεάζουν το χρώμα συνήθως σε διαφορετικό βαθμό ο καθένας. Έτσι, στην πραγματικότητα το πραγματικό χρώμα που βλέπουμε να έχουν τα νερά των λιμνών είναι αποτέλεσμα συνδυασμού παραγόντων οι οποίοι όμως μεταβάλλονται από εποχή σε εποχή και από έτος σε έτος. Οι λιμνολόγοι χρησιμοποιούν ειδικές χρωματικές κλίμακες για να καταγραφούν το χρώμα του νερού. Μεταβολές του χρώματος παρατηρούνται επίσης και με το βάθος. Η διαφάνεια των νερών της υδατοσυλλογής είναι και αυτή ένα από τα ενδιαφέροντα φυσικά της γνωρίσματα. Υπάρχουν πολύ ακριβείς και εκλεπτυσμένες τεχνικές προσδιορισμού της διαφάνειας. Η παλιά όμως τεχνική του Secchi εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρύτατα γιατί είναι απλή και εύχρηστη. Η τεχνική αυτή στηρίζεται στη μέτρηση βάθους νερού στο οποίο παύει να γίνεται ορατός από τη σκιαζόμενη πλευρά του σκάφους, ένας λευκός δίσκος διαμέτρου 20 cm. Το βάθος αυτό μπορεί να κυμαίνεται από λίγα cm, σε πολύ θολές λίμνες, ως 40 m.

### 3.2 Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ (*Tem*)

Η θερμοκρασία αποτελεί το αποτέλεσμα σε μια σχέση που το αίτιο είναι η θερμότητα. Η θερμότητα στις λίμνες παίζει δυο σημαντικούς ρόλους. Ο ένας είναι στη δομή της λίμνης. Η θερμότητα μαζί με το φως ευθύνονται για τη δημιουργία κάθε θερμικής στρωμάτωσης στους υδάτινους όγκους. Ο δεύτερος είναι στις χημικές και βιολογικές αντιδράσεις όπου κανονίζει το ρυθμό. Η αύξηση της θερμότητας το καλοκαίρι εντείνει τους ρυθμούς μεταβολής. Η διαδικασία ανακύκλωσης μετάλλων και οργανικών ενώσεων σε λίμνες αυξάνεται με τη θερμοκρασία. Σε γενικές χημικές αντιδράσεις και βιολογικές δραστηριότητες, όπως η αναπνοή που διπλασιάζεται όταν η θερμοκρασία αυξηθεί κατά 10°C.

Η θερμότητα εισβάλλει στις λίμνες με την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας. Το μεγαλύτερο μέρος της, μετατρέπεται σε θερμότητα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, αλλά η θερμοκρασία αυξάνεται αργά διότι το νερό έχει τεράστια ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας. Οι κυριότερες αιτίες απώλειας είναι η εξάτμιση και σε μικρότερο βαθμό, τα ιζήματα, που απορροφούν μεγάλα ποσά για την αποικοδόμησή τους. Οι λίμνες που βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο αν και δέχονται μεγαλύτερη ακτινοβολία το καλοκαίρι παραμένει χαμηλή η θερμοκρασία τους [16].

Η θερμοκρασία είναι η βασικότερη παράμετρος και από αυτή επηρεάζονται αρκετές άλλες παράμετροι. Η μέτρηση γίνεται σε κλίμακα °C. Για να κατανοηθούν πληρέστερα τα διάφορα φυσικά, χημικά και βιολογικά φαινόμενα μιας λίμνης χρειάζεται να υπενθυμίσουμε μερικές από τις θερμικές ιδιότητες του νερού. Το νερό, σε σύγκριση με άλλες ουσίες, έχει πολύ μεγάλη ειδική θερμότητα. Δηλαδή, χρειάζονται πολύ μεγάλα ποσά θερμότητας αν υψωθεί ή να ταπεινωθεί η θερμοκρασία του. Η ειδική θερμότητά του είναι 1 J/g\*K ή cal\*g<sup>-1</sup>\*deg<sup>-1</sup> (ποσό θερμότητας που χρειάζεται για να υψωθεί η θερμοκρασία κατά ένα βαθμό). Ελάχιστες άλλες ουσίες έχουν ειδική θερμότητα 1 ή περισσότερο. Επίσης, η λανθάνουσα θερμότητα τήξεως ή πήξεως είναι πολύ μεγάλη. Χρειάζονται 80 cal για να λιώσει 1 gr πάγου. Ομοίως, η λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως (539 cal/g) είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με τις άλλες ουσίες. Μια τέταρτη πολύ σπουδαία θερμική ιδιότητα που είναι υπεύθυνη για το ότι οι λίμνες τυπικά δεν παγώνουν ως τον πυθμένα, είναι οι εξής: Το νερό παρουσιάζει τη μέγιστη πυκνότητά του στους 4 °C. Πάνω και

κάτω από αυτή τη θερμοκρασία η πυκνότητα είναι μικρότερη γι' αυτό και ο πάγος επιπλέει. Η ζωή σε όλη τη βιόσφαιρα και όχι μόνο στις υδατοσυλλογές θα ήταν αρκετά διαφορετική από αυτή που ξέρουμε σήμερα αν οι θερμικές ιδιότητες του νερού ήταν διαφορετικές από αυτές που αναφέραμε.

Από τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι η θερμοκρασία του νερού μεταβάλλεται εποχικά πολύ δυσκολότερα και βραδύτερα σε σύγκριση με τη θερμοκρασία του αέρα. Είναι γνωστή άλλωστε η ρυθμιστική επίδραση των μαζών νερού στο κλίμα. Οπωσδήποτε, σε περιοχές όπως οι εύκρατες, στις οποίες υπάρχουν μεγάλες εποχικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του αέρα, οι λίμνες υφίσταται και αυτές διακυμάνσεις θερμοκρασίας του νερού τους. Οι διακυμάνσεις αυτές μπορούν να δημιουργήσουν, σε διάφορες εποχές, δυο πολύ ενδιαφέροντα φαινόμενα: την κυκλοφορία (ανάμιξη) του νερού και τη στρωματοποίηση της θερμοκρασίας του [11].

### 3.2.1 ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ

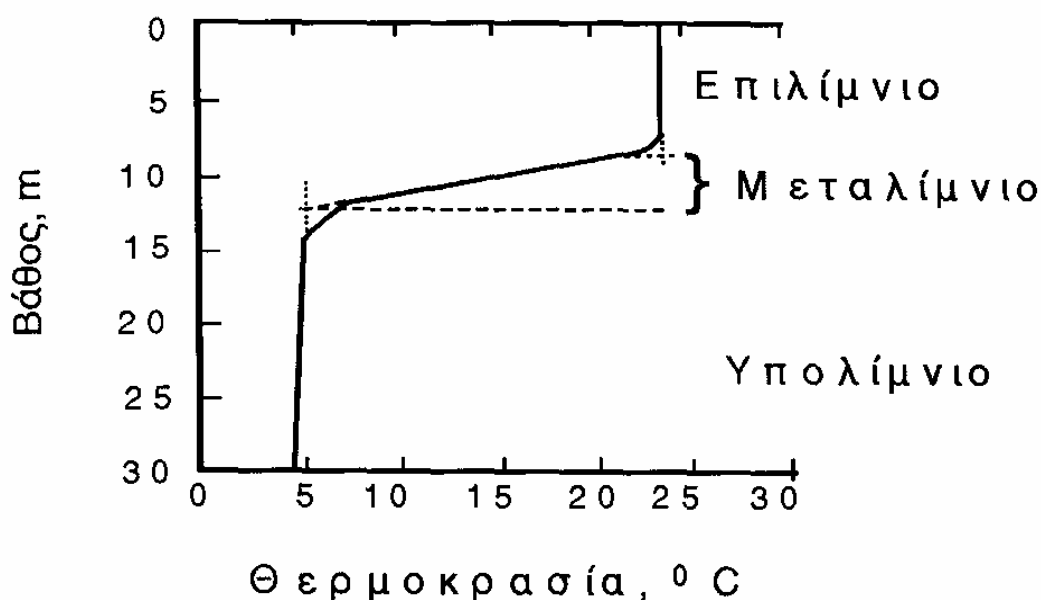
Η θερμική στρωμάτωση έχει παρατηρηθεί σε κάθε υδάτινη μάζα και αναφέρεται στη χαρακτηριστική κατανομή της θερμοκρασίας. Εξαρτάται από το σχήμα της λεκάνης και παρατηρείται τους θερινούς μήνες, όπου στο νερό των λιμνών παρατηρούνται θερμικά στρώματα. Το επιφανειακό στρώμα ονομάζεται επιλίμνιο και μπορεί να εκτείνεται σε βάθος 2m έως 20m ή ακόμη και περισσότερο. Επιπλέον διότι θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και έχει μικρότερη πυκνότητα. Όταν υπάρχει μια σημαντική διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα δυο στρώματα, τότε δεν αναμιγνύονται μεταξύ τους, αλλά συμπεριφέρονται ανεξάρτητα και έχουν πολύ διαφορετικές χημικές και βιολογικές ιδιότητες. Το επιλίμνιο όταν εκτίθεται στο φως παρουσιάζει μια έντονη ανάπτυξη φυκών. Σαν αποτέλεσμα της έκθεσης στην ατμόσφαιρα και λόγω της φωτοσυνθετικής δράσης των φυκών κατά τη διάρκεια της ημέρας το επιλίμνιο περιέχει σχετικά υψηλότερα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου και γενικά επικρατούν αερόβιες συνθήκες. Το ενδιάμεσο στρώμα ονομάζεται θερμοκλινές ή μεταλίμνιο, είναι συνήθως αρκετά μέτρα βάθος, και εκεί παρατηρείται η πρώτη αλλαγή στη θερμοκρασία σε σχέση με το επιλίμνιο, αλλά και με το βαθύτερο μέρος της λίμνης που είναι το υπολίμνιο. Το μεταλίμνιο οριοθετείται κάπως αυθαίρετα με βάση το κανόνα του Birge. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτό ανώτερο όριο του μεταλιμνίου είναι εκείνο στο οποίο η πτώση της θερμοκρασίας με το βάθος αρχίζει να υπερβαίνει τον 1°C ανά μέτρο βάθους, ενώ το κατώτερο όριο είναι εκείνο στο οποίο η πτώση αρχίζει ή γίνεται μικρότερη από 1°C ανά μέτρο βάθους. Αυτό σημαίνει ότι το μεταλίμνιο μπορεί να είναι πολύ βαθύ ή ρηχό εξαρτώμενο από την ηλιοφάνεια και τον άνεμο κάθε εποχής ή κάθε μέρας. Στο υπολίμνιο, λόγω της αποικοδόμησης οργανικών ενώσεων με τη βοήθεια μικροοργανισμών και βακτηρίων, παρατηρείται ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, στο στρώμα αυτό παρατηρούνται αναερόβιες συνθήκες, που εμφανίζονται αρχικά κοντά στον πυθμένα. Το υπολίμνιο είναι παχύ στρώμα μόνο σε βαθιές λίμνες.

Το φθινόπωρο, η θερμοκρασία του αέρα πέφτει. Το επιφανειακό στρώμα του νερού ψυχραίνεται και ως βαρύτερο πέφτει προς τα κάτω. Λόγω της ψύξης του στρώματος του επιλιμνίου, εξαφανίζεται η θερμική στρωμάτωση. Η ανάμιξη υποβοηθείται από τον άνεμο και συνεχίζει ώσπου το νερό να αποκτήσει ομοιόμορφη θερμοκρασία. Οι λίμνες αποκτούν μια υδροβιολογικά ενιαία μάζα, οπότε οι χημικές και βιολογικές δράσεις είναι σχεδόν ίδιες σε όλη την υδάτινη

μάζα της λίμνης. Η ανάμειξη των στρωμάτων ονομάζεται αναστροφή. Κατά τη διάρκεια της αναστροφής λαμβάνει χώρα ένας αριθμός χημικών, φυσικών και βιολογικών αλλαγών. Η βιολογική δραστηριότητα αυξάνει λόγω της ανάμειξης των θρεπτικών συστατικών. Αλλαγές στη σύσταση του νερού αυτή τη περίοδο μπορεί να προκαλέσει μια αλλαγή στις διεργασίες κατεργασίας του νερού.

Την άνοιξη συμβαίνει το αντίστροφο φαινόμενο. Οι θερμοί άνεμοι και η ηλιακή ακτινοβολία αυξάνουν τη θερμοκρασία των επιφανειακών υδάτων εγκαθιστώντας στη συνέχεια τη στρωμάτωση. Παρόλο που οι άνεμοι αναμειγνύουν τον υδάτινο όγκο του επιλίμνιου με έντονο ρυθμό η ενέργεια που μεταφέρεται μέσω μεταλίμνιου στο υπολίμνιο είναι πολύ μικρή. Έτσι, κάποιες ρηχές λίμνες δεν εμφανίζουν θερμική στρωμάτωση και ο υδάτινος όγκος του αναμειγνύεται ολόκληρος.

Το φαινόμενο της στρωμάτωσης επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων όπως του ανάγλυφου του πυθμένα, της γεωγραφικής θέσης, πιθανών εισροών και εκροών και των συνθηκών τους, μετεωρολογικών παραγόντων και εποχής όπως προαναφέραμε [16, 11].



**Σχήμα 3.2:** Η στρωμάτωση της θερμοκρασίας του νερού κατά τη θερινή περίοδο [11].

### 3.3 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΙΟΝΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (pH)

Ένα μέτρο οξύτητας του νερού είναι το pH ή αλλιώς ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου είναι. Η ονομασία pH προέρχεται από τη Γαλλική έκφραση *puissance d'hydrogene*. Θεωρείται καθοριστικός παράγοντας προσδιορισμού στη ποιότητα του νερού και όλες οι αναλύσεις δειγμάτων εξαρτώνται από τα αποτελέσματα του pH. Η μέτρηση του pH ενός μη μολυσμένου δείγματος νερού καθορίζεται από το διοξείδιο του άνθρακα και την παρουσία ανθρακικών και διπτανθρακικών ιόντων. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε μια κλίμακα pH από 0-14, όπου το 7 σημαίνει ότι το δείγμα είναι ουδέτερο. Τιμές μικρότερες από 7 υποδηλώνουν

όξινο δείγμα, ενώ μεγαλύτερες βασικό. Αντίστοιχα, η οξύτητα και η αλκαλικότητα επηρεάζονται από αυτές τις τιμές.

Οι τρόποι με τους οποίους το pH μπορεί να επηρεάσει την αύξηση μικροοργανισμών είναι πολλοί. Η τροφική κατάσταση του περιβάλλοντος εξαρτάται από το pH, αφού αυτό επηρεάζει τη διαλυτότητα των ιόντων, την διάσταση των μορίων, καθώς και σε γενικές γραμμές το φυσικό μετασχηματισμό των ενώσεων, που τις καθιστά άμεσα διαθέσιμες για το μικροοργανισμό [17, 16].

Η ανάπτυξη του μικροοργανισμού είναι δυνατή μόνο σε μια περιοχή τιμών του pH, στο μέσο της οποίας βρίσκεται πάντα το βέλτιστο για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου μικροοργανισμού pH. Γενικά υπάρχει καλή ρύθμιση του pH στο εσωτερικό του κυττάρου, αφού για να επιδράσουν οι μεταβολές του pH του περιβάλλοντος στο ενδοκυτταρικό pH, θα πρέπει αυτές να είναι πολύ έντονες. Αντίθετα, τα εξωκυτταρικά ένζυμα των μικροοργανισμών επηρεάζονται άμεσα από το pH του περιβάλλοντος.

Έπειτα από σχετικές μελέτες, όταν το εύρος τιμών pH είναι 6.7-8.6 οι βιοτικοί παράγοντες μπορούν να εξελιχθούν ομαλά, και για τα ψάρια ιδανικές τιμές είναι 7.5-8.5. Όταν το pH είναι εκτός των παραπάνω ορίων, τότε υπάρχει πιθανότητα ρύπανσης του νερού [17, 15].

### **3.4 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (*Conductivity*)**

Η αγωγιμότητα είναι η παράμετρος που εκφράζει την ικανότητα ενός διαλύματος να μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα. Έτσι, εξαρτάται από την παρουσία ιόντων στο διάλυμα και εξασφαλίζει την ύπαρξη διαλυμένων στερεών ή αλάτων στο δείγμα νερού. Για να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των τιμών της αγωγιμότητας που λαμβάνονται με διάφορα ηλεκτρόδια, χρησιμοποιείται ο όρος ειδική αγωγιμότητα σε μονάδες mhos/cm ή S/cm. Η αγωγιμότητα εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τα αποτελέσματα εκφράζονται πάντα σε συνάρτηση με αυτή, ενώ αυξάνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία. Ένα από τα πλεονεκτήματα της αγωγιμότητας είναι ότι μπορεί εύκολα να μετρηθεί στο σημείο δειγματοληψίας ή από όργανα συνεχούς παρακολούθησης και ελέγχου. Η υπάρχουσα τεχνολογία σήμερα επιτρέπει την παραγωγή νερού σε μεγάλες ποσότητες με ειδική αγωγιμότητα ως 55 mhos/cm για ειδικές εφαρμογές όπως είναι το νερό πλύσης στη βιομηχανία ημιαγωγών. Καθώς η συγκέντρωση των αλάτων αυξάνεται, ελαττώνεται η ικανότητα τους να μεταφέρουν ρεύμα.

Τα ελληνικά βουνά αποτελούνται κυρίως από ασβεστόλιθους και διαλύουν σημαντική ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ) που συντελεί στην αύξηση της αγωγιμότητας. Επίσης, η τιμή της αγωγιμότητας μας πληροφορεί για το βαθμό καθαρότητας του απιονισμένου νερού και το βαθμό επιβάρυνσης του νερού της βροχής με διάφορα ιόντα. Νερό πρόσφατα απεσταγμένο έχει αγωγιμότητα 0,5-2 mhos/cm ενώ μετά από μερικές εβδομάδες αναμονής, λόγω απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, η αγωγιμότητα φθάνει τα 2-4 mhos/cm. Στα πόσιμα νερά, η αγωγιμότητα κυμαίνεται από 50-1500 mhos/cm. Οι καθαρές βροχές έχουν κατά κανόνα τιμές αγωγιμότητας που κυμαίνονται από 20-50 mhos/cm. Βροχές που σχηματίζονται ή περνούν από περιοχές με αυξημένη ρύπανση εμφανίζουν αυξημένες τιμές οι οποίες ορισμένες φορές φθάνουν και τα 500

μηhos/cm, για παράδειγμα ορισμένες βροχοπτώσεις στην Ελλάδα με προέλευση τη Β. Αφρική (λασποβροχές) [17].

### 3.5 ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ (TDS)

Ένα από τα συμπεράσματα που λαμβάνουμε από τα αποτελέσματα της αγωγιμότητας είναι η ύπαρξη διαλυμένων στερεών. Ορίζουμε σαν ολικά διαλυμένα στερεά, όλα τα ιόντα που υπάρχουν σε διάλυση και μετρώνται σε mg/L. Αν και τα ολικά διαλυμένα στερεά δεν φαίνεται να είναι επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία, συνίσταται η συγκέντρωση να είναι μικρότερη από 500 mg/L στο πόσιμο νερό. Πάνω από αυτή τη συγκέντρωση επηρεάζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως γεύση και θολερότητα, το δείγμα νερού δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικό και οικιακό εξοπλισμό καθώς και κολύμβηση. Οι υψηλές συγκεντρώσεις επηρεάζουν τα οικοσυστήματα, διότι περιορίζουν τη διαπερατότητα του ήλιου με αρνητικές συνέπειες στη φωτοσύνθεση και είναι επιβλαβή στην υδροχαρή κοινωνία και ιδιαίτερα στους ζωικούς οργανισμούς. Σε ειδικές περιπτώσεις προσροφούν τοξικές ουσίες και μεταφέρονται έτσι μαζί με το νερό κατά τη χρήση του. Αντίθετα, οι χαμηλές συγκεντρώσεις είναι επιθυμητές για βιομηχανική επεξεργασία, αλλά όχι αποδεκτές από τους καταναλωτές, διότι και σε αυτές τις περιπτώσεις παρουσιάζονται προβλήματα γεύσης [9].

Μπορούμε να υπολογίσουμε εύκολα την συγκέντρωση των TDS από την τιμή της αγωγιμότητας, εάν την πολλαπλασιάσουμε επί 0,66, εκτός ειδικών περιπτώσεων όπως τα δείγματα νερού από ορυχεία. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/L στο E.C. [17].

Αναλυτικότερα:

$$\text{TDS (mg/L)} = 0.66 \cdot \text{EC } (\mu\text{S/cm})$$

Τα φυσικά νερά μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τη συγκέντρωση TDS στις γενικές κατηγορίες:

**Πίνακας 3.1:** Ταξινόμηση φυσικών νερών [17].

<b>Κατηγορία νερού</b>	<b>Συγκέντρωση TDS (mg/L)</b>
Γλυκά νερά	0 – 1000
Υφάλμυρα ή γλυφά νερά	1000 – 5000
Μέτριας αλατότητας νερά	5000 – 10000
Αυξημένης αλατότητας νερά	10000 – 30000
Θαλασσινά νερά	Περισσότερο από 30000

### 3.6 ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (DO)

Στα υδάτινα οικοσυστήματα οι οργανισμοί προσλαμβάνουν το οξυγόνο από το νερό. Ο παράγοντας αυτός συχνά αποβαίνει περιοριστικός ειδικά σε λίμνες. Πολλές φορές η γνώση της περιεκτικότητας του νερού σε οξυγόνο αρκεί μόνη της να μας επιτρέψει κάποια εικασία για το ποια είναι περίπτωση και η παραγωγικότητα της υδατοσυλλογής. Για παράδειγμα, αν γνωρίζουμε τη συγκέντρωση οξυγόνου που περιέχει το νερό μπορούμε να προβλέψουμε τι

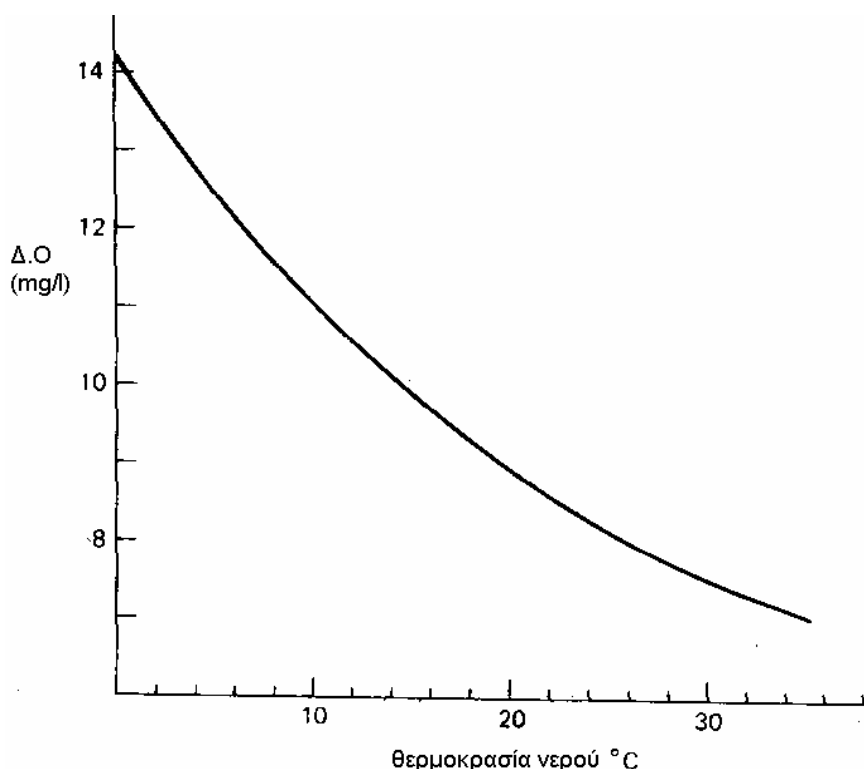
είδη ιχθύων θα αναμένεται να έχει ή να μην έχει η λίμνη και ποια περίπου θα είναι η πορεία της αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας. Ο ετήσιος κύκλος του διαλυμένου οξυγόνου αλλά και ο ημερήσιος αποτελούν ενδείξεις ρύπανσης του οικοσυστήματος, αν παρατηρηθεί μεταβολή σε αυτόν. Συμπερασματικά, το οξυγόνο εξαρτάται από τη θερμοκρασία και οι αλλαγές της συγκέντρωσης του επηρεάζουν τα χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά. Η μονάδα μέτρησης είναι mg/L και αναφέρεται στη συγκέντρωση οξυγόνου του νερού. Οι πρώτες εκτεταμένες μετρήσεις για το διαλυμένο οξυγόνο έγιναν στο ποταμό Τάμεση το 1882, ενώ από το 1911 και έπειτα αποτελεί αντικείμενο σπουδών και ερευνών [11, 1, 4].

Η ικανότητα του οξυγόνου να διαλύεται στο νερό εξαρτάται από τρεις κύριους παράγοντες: θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση και αλατότητα. Ως αλατότητα ορίζεται η συγκέντρωση των ολικών στερεών που περιέχονται στο θαλασσινό νερό όταν όλα τα ανθρακικά άλατα έχουν μετατραπεί σε οξείδια όλα τα βρωμιούχα και ιωδιούχα έχουν αντικατασταθεί από χλωριούχα και όλες οι οργανικές ουσίες έχουν πλήρως οξειδωθεί [15]. Υψώνοντας τη θερμοκρασία και την αλατότητα μικραίνει η διαλυτότητα. Έτσι, ποσότητες νερού με χαμηλή θερμοκρασία που παρατηρούνται στο υπολίμνιο έχουν χαμηλότερη διαλυτότητα, δηλαδή κρατούν περισσότερο διαλυμένο οξυγόνο, και έχουν αυξημένες τάσεις κορεσμού. Τι θεωρούμε όμως νερό κορεσμένο σε οξυγόνο; Εννοούμε εκείνο που όντας καθαρό, θερμοκρασίας 15.2 °C και υψόμετρο μηδέν περιέχει 15 mgO<sub>2</sub>/L. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το ίδιο νερό στην ίδια πίεση αλλά σε θερμοκρασία 25 °C περιέχει 8.26 mgO<sub>2</sub>/L και σε 0 °C περιέχει 14.6 mgO<sub>2</sub>/L. Σε γενικές γραμμές η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10 °C μπορεί να μειώσει τη διαλυτότητα ως 18%. Το θαλασσινό νερό έχει 18% μικρότερη ικανότητα να διαλύει το οξυγόνο από ότι το απεσταγμένο. Κατά τη διάρκεια του ημερήσιου κύκλου οι ευτροφικές λίμνες περνούν από διάφορα επίπεδα κορεσμού της συγκέντρωσης του οξυγόνου. Είναι επιθυμητό να γνωρίζουμε τότε η λίμνη είναι κορεσμένη σε οξυγόνο στην μονάδα θερμοκρασίας. Ο υπερκορεσμός συνεπάγεται υψηλά επίπεδα φωτοσύνθεσης ενώ ο υποκορεσμός ή η ανοξία οργανική μόλυνση ή αυξημένη φυσική αναπνοή. Όταν δεν παρατηρείται αλλαγή στη θερμοκρασία της λίμνης ή ενός στρώματός της, το διαλυμένο οξυγόνο θα έχει σταθερή τιμή ίση με το 100% του ποσοστού κορεσμού εφ' όσον είναι καθαρή. Η αύξηση της θερμοκρασίας την άνοιξη και το καλοκαίρι μπορεί να ευθύνεται για απώλειες οξυγόνου ίσες με το 50% των συγκεντρώσεων της χειμερινής περιόδου. Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου.

Επίσης, οι λίμνες που βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο, περιέχουν λιγότερο οξυγόνο από ότι οι χαμηλές λίμνες, εφόσον οι άλλες συνθήκες είναι ίδιες. Η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 110% σε ποσοστό κορεσμού. Σε αυτές τις περιπτώσεις το νερό είναι βλαβερό για την υδρόβια ζωή του οικοσυστήματος διότι το οξυγόνο μπλοκάρει τη ροή αίματος στα αγγεία προκαλώντας θάνατο ενώ εμφυσήματα επικάθονται στα πτερύγια και στην επιφάνια των ψαριών. Αρνητικές συνέπειες παρατηρούνται και στα ασπόνδυλα από αυτές τις συνθήκες.

Αντιθέτως, όταν η ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου είναι πολύ μικρή, η υδάτινη ζωή υποβάλλεται σε φυσική πίεση. Αναφερόμαστε σε ποσότητα 5 mg/L ενώ όταν ελαττωθεί σε 1-2 mg/L πολλά ψάρια θανατώνονται σε μικρό χρονικό διάστημα. Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί επίπεδο κορεσμού 4 mg/L σε καλοκαιρινούς μήνες. Υδάτινα οικοσυστήματα με συνεχόμενες υψηλές τιμές

διαλυμένου οξυγόνου σημαίνουν υγιή και σταθερά περιβάλλοντα για να συντηρηθούν ζωντανοί οργανισμοί. Στις ευτροφικές λίμνες, το εύρος του διαλυμένου οξυγόνου μπορεί να κυμαίνεται από εικονική ανοξία στο υπολίμνιο έως υπερκορεσμό στο επιλίμνιο [11, 2, 7, 5].



**Σχήμα 3.3:** Σχέση μεταξύ διαλυμένου οξυγόνου και θερμοκρασίας του νερού. Οι τιμές που παρουσιάζονται αναφέρονται σε ένα ολομικτικό σύστημα καθαρού νερού στο επίπεδο της θάλασσας (760 mmHg). Η μείωση διαλυμένου οξυγόνου είναι ακόμη μεγαλύτερη αν πρόκειται για μεγαλύτερο υψόμετρο ή αλμυρό νερό. Ο ποσοστιαίος βαθμός κορεσμού χρησιμοποιείται συχνά για να εντοπιστεί το έλλειμμα σε διαλυμένο οξυγόνο [16].

### 3.6.1 ΠΗΓΕΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΣΕ O<sub>2</sub>

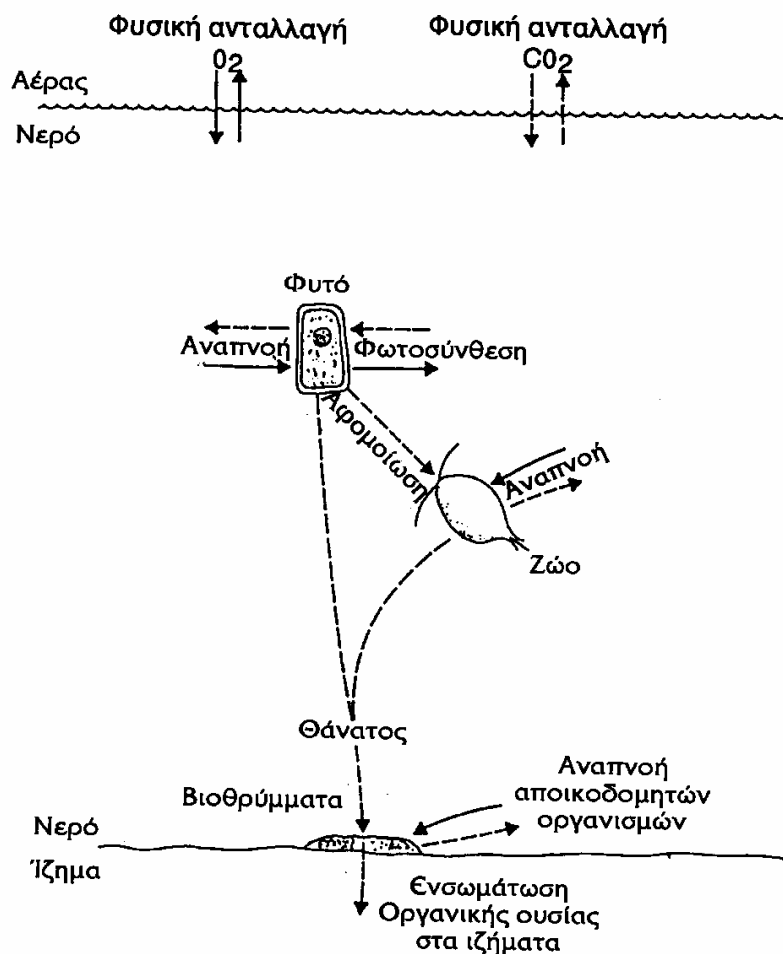
Οι κυριότερες πηγές εμπλουτισμού με οξυγόνο είναι η ατμόσφαιρα και η φωτοσύνθεση και περιορίζονται στο επιλίμνιο.

Από την ατμόσφαιρα εισάγεται ποσότητα οξυγόνου στο νερό και γίνεται σχεδόν μόνο μέσω ανάδευσης και ανάμιξης εξαιτίας των κυμάτων και ρευμάτων. Με απλή διάχυση, ελάχιστο οξυγόνο εισέρχεται στο νερό. Όταν φυσάει δυνατός άνεμος η ανάμιξη και η μεταφορά τείνει να γίνει υψηλότερη. Αυτό εξαρτάται από την ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου που εκείνη τη στιγμή θα υπάρχει στο νερό. Ο υγρός καιρός και τα χιόνια που λιώνουν αυξάνουν τη ροή και τη πιθανότητα μεγαλύτερης ανάμιξης του ατμοσφαιρικού οξυγόνου. Ο εμπλουτισμός ως υποπροϊόν φωτοσύνθεσης γίνεται κατά τη διάρκεια της μέρας από το φυτοπλαγκτόν της πελαγικής ζώνης, δηλαδή κατώτερα φυτά και άλγη, το οποίο πολλές φορές αντιπροσωπεύει πολύ μεγάλες ποσότητες φυτομάζας και από αυτότροφους οργανισμούς και τα μακρόφυτα της παραλιακής ζώνης η



οποία σε αβαθείς λίμνες περιέχει επίσης πλούσια φυτομάζα. Ο όγκος οξυγόνου που παράγεται είναι αρκετός ώστε να συμπληρωθεί το επίπεδο κορεσμού.

Το οξυγόνο που παράγεται στην πελαγική και παραλιακή ζώνη μεταφέρεται στα άλλα μέρη της λίμνης με την κυκλοφορία του νερού. Είναι ευνόητο, ότι σε μέρη της λίμνης στα οποία δεν φτάνει αρκετό φως για φωτοσύνθεση, δεν υπάρχει παραγωγή οξυγόνου. Τους χειμερινούς μήνες παρατηρούνται χαμηλότερα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου λόγω μειωμένης φωτοσύνθεσης, ενώ ο καταναλισκόμενος όγκος για αναπνοή και αποδόμηση παραμένει αμείωτος [7, 4, 3, 11].



**Σχήμα 3.4:** Ανταλλαγή οξυγόνου σε υδάτινα οικοσυστήματα. Συνεχή βέλη αντιπροσωπεύουν την κίνηση του οξυγόνου. Διακεκομμένα βέλη αντιπροσωπεύουν  $\text{CO}_2$  ή  $\text{O}_2$  σε οργανικά μόρια. [12]

### 3.6.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ $\text{O}_2$

Παράγοντες απώλειας οξυγόνου είναι κυρίως η αναπνοή φυτικών και ζωικών οργανισμών και η αερόβια αποικοδόμηση νεκρής οργανικής ουσίας εναποτίθεται στα ιζήματα του πυθμένα. Όταν η αποικοδόμηση γίνεται αερόβια τότε το στρώμα του νερού που γειτνιάζει άμεσα με τον πυθμένα χάνει πολύ οξυγόνο. Γι' αυτόν το λόγο η μορφολογία του πυθμένα επηρεάζει έμμεσα τις

απώλειες. Μέταλλα, ρυπαντές και βοθρολύματα χρησιμοποιούν διαλυμένο οξυγόνο για να οξειδωθούν και αναπνοή ενώ κάποια φύκια καταναλώνουν οξυγόνο για να παράγουν ανθρακικό οξύ και διοξείδιο του άνθρακα ακόμα και στο σκοτάδι. Έτσι, όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό αερόβιας αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας επηρεάζουν κατ' ανάγκη το ρυθμό απώλειας οξυγόνου.

Στους δυο παραπάνω κύριους παράγοντες απώλειες οξυγόνου μπορούν να προστεθούν και οι άλλοι, που συνήθως θεωρούνται δευτερεύοντες. Μεταξύ αυτών των μπορεί να αναφερθεί η παρουσία άλλων αερίων όπως για παράδειγμα του μεθανίου. Το μεθάνιο όταν συγκεντρωθεί στο νερό του πυθμένα σε αρκετά μεγάλες ποσότητες, ανεβαίνει προς τα πάνω παρασύροντας λίγο οξυγόνο. Επίσης, η μεγάλη άνοδος της θερμοκρασίας του επιλιμνίου κατά το θέρους επιφέρει μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου. Ο παράγοντας αυτός μπορεί να μειώσει το οξυγόνο του επιλιμνίου ως και το μισό. Τέλος, τα τυχόν εισρέοντα υπόγεια νερά, όντας φτωχά σε οξυγόνο, μειώνουν λίγο την περιεκτικότητα [11, 3, 7, 2].

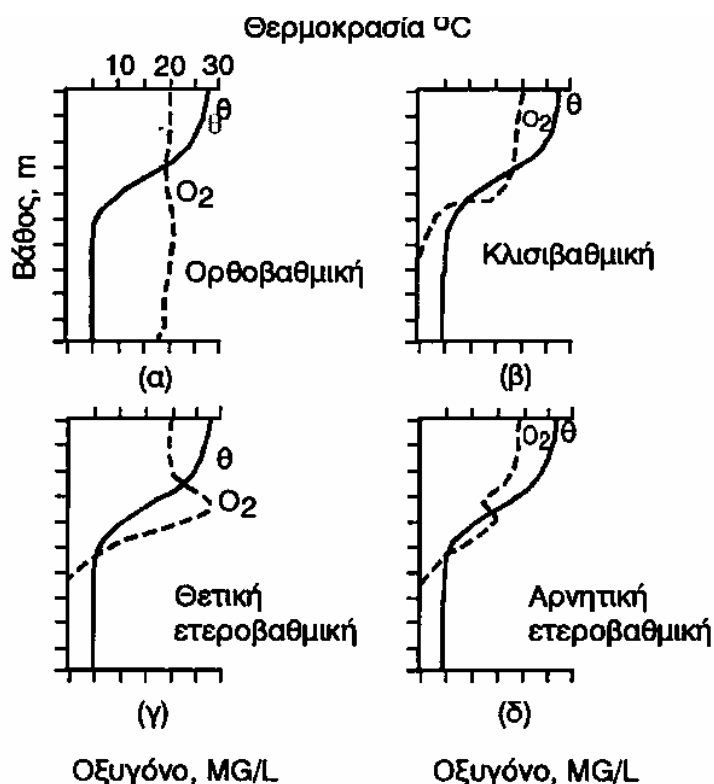
Ειδικά για το θέμα της φωτοσύνθεσης προσθέτουμε την εξής διευκρίνιση. Με την φωτοσύνθεση παράγεται οξυγόνο και οργανική ουσία. Αλλά η οργανική ουσία που θα παραχθεί, κάποτε θα νεκρωθεί. Η νεκρή οργανική ουσία υφίσταται αποικοδόμηση. Η αερόβια αποικοδόμηση καταναλίσκει οξυγόνο. Όσο οξυγόνο παραχθεί για να σχηματιστεί οργανική ουσία άλλο τόσο θα καταναλωθεί για να οξειδωθεί η ίδια ποσότητα της ουσίας, οπότε το ισοζύγιο 'εμπλουτισμός μέσω φωτοσύνθεσης' και 'απώλεια μέσω αποικοδόμησης' είναι θεωρητικά μηδέν. Ενδέχεται όμως μέρος της παραγόμενης οργανικής ουσίας να διαφύγει την οξειδωση τουλάχιστο για λίγο χρόνο. Στην περίπτωση αυτή το ισοζύγιο είναι θετικό υπέρ του οξυγόνου τουλάχιστο βραχυχρονίως. Από την άλλη όμως πρέπει να πάρουμε υπόψη μας και την αλλόχθονη οργανική ουσία που μπαίνει στο σύστημα με τα απορρέοντα νερά της αντίστοιχης λεκάνης. Η αλλόχθονη οργανική ουσία μόνο ως παράγοντας απώλειας οξυγόνου πρέπει να θεωρηθεί. Βλέπουμε λοιπόν ότι η διευκρίνιση αυτή βοηθάει στο να τονιστεί η πολυπλοκότητα και η αλληλοσύνδεση των περισσοτέρων παραγόντων εμπλουτισμού και απώλειας οξυγόνου σε ένα υδάτινο οικοσύστημα [2, 3, 4, 11].

Η κατανομή σε βάθος της περιεκτικότητας του νερού σε οξυγόνο διαφέρει από εποχή σε εποχή. Κατά τις περιόδους κυκλοφορίας του νερού (άνοιξη και φθινόπωρο στις τυπικά διμικτικές λίμνες) παρατηρείται ομοιομορφία κατανομής σε όλο το βάθος. Εάν σε μια κατατομή της λίμνης ενώσουμε τα σημεία του νερού που έχουν την ίδια περιεκτικότητα σε οξυγόνο, θα σχηματιστεί μια καμπύλη (η λεγόμενη ισοοξυγονική καμπύλη) που θα είναι σχεδόν κατακόρυφη από την επιφάνεια ως τον πυθμένα. Η ισοοξυγονική καμπύλη ονομάζεται ορθοβαθμική.

Ερχόμαστε στην εποχή που η λίμνη στρωματοποιείται θερμικά. Τώρα το υπολίμνιο είναι απομονωμένο από τα ανώτερα στρώματα και δεν γίνεται ανανέωση του οξυγόνου του, που δαπανάται για την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης. Άρα, τείνει να μειωθεί η περιεκτικότητα οξυγόνου του υπολιμνίου σε σχέση με εκείνη του μεταλιμνίου. Το λεπτό σημείο εδώ είναι το εξής: Αν η λίμνη είναι πολύ oligότροφη, η παραγόμενη φυτομάζα του επιλιμνίου είναι λίγη. Η προς αποικοδόμηση νεκρή φυτομάζα του υπολιμνίου είναι αντίστοιχα λίγη, οπότε θα είναι λίγο και το οξυγόνο που θα χάσει το υπολίμνιο. Κατά συνέπεια η ισοοξυγονική καμπύλη θα παραμένει σχεδόν ορθοβαθμική όπως την άνοιξη. Αντίθετα, αν η λίμνη είναι ευτροφική θα

παραχθεί πολύ φυτομάζα στο επιλίμνιο, άρα θα υπάρξει και πολύ νεκρή φυτομάζα στο υπολίμνιο η οποία για να αποικοδομηθεί θα καταναλώσει αρκετό από το οξυγόνο του υπολιμνίου. Αποτέλεσμα θα είναι ανομοιόμορφη κατανομή. Η ισοοξυγονική καμπύλη που εκφράζει το είδος αυτό της ανομοιομορφίας λέγεται κλισιβαθμική (clinograde).

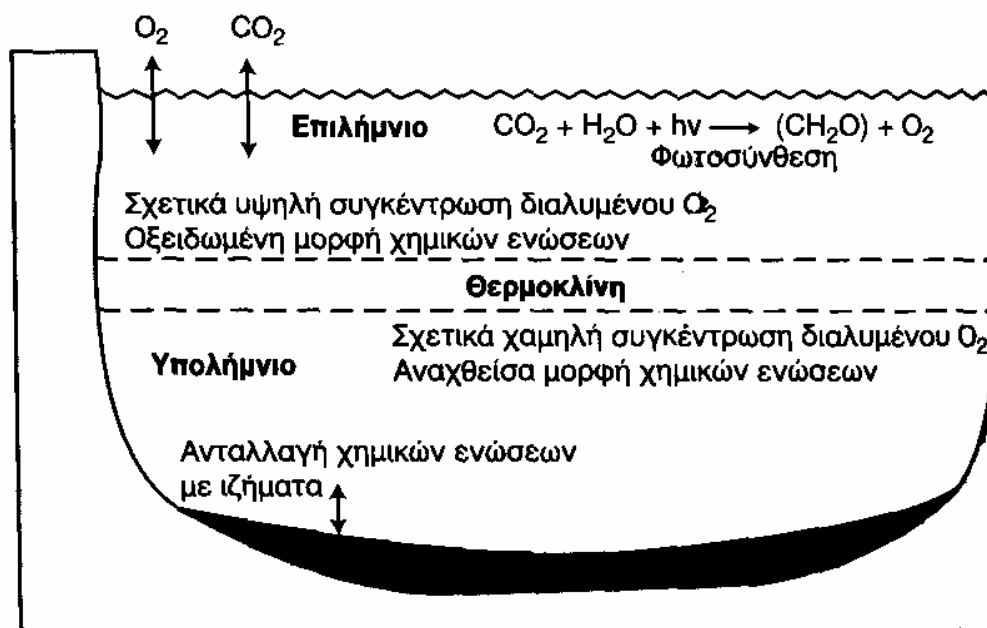
Άρα σε στρωματοποιημένες θερμικά λίμνες, η λειτουργία του θερμοκλινούς ευνοεί την μεταφορά οξυγόνου από το επιλίμνιο προς το υπολίμνιο όταν παρατηρηθεί μεγάλη διαφορά στις τιμές. Τις βραδινές ώρες αποβάλλεται μεγάλη ποσότητα οξυγόνου λόγω αναπνοής και δημιουργείται η μέγιστη κατάσταση δυναμικού για την εσωτερική μεταφορά. Σε αυτή τη περίπτωση η επιφάνεια ανάμιξης είναι 'απούσα' [11, 4, 2].



**Σχήμα 3.5:** Τέσσερις τυπικές μορφές κατανομής του οξυγόνου του νερού. Κατά τις περιόδους κυκλοφορίας η κατανομή είναι ορθοβαθμική. Κατά τη περίοδο στρωματοποίησης η κατανομή μπορεί να είναι: (α) πάλι ορθοβαθμική σε ολιγότροφες λίμνες, (β) κλισιβαθμική σε εύτροφες, (γ) θετική ετεροβαθμική σε λίμνες με μεταλίμνιο με μεγάλη παραγωγή φυκών, (δ) αρνητική ετεροβαθμική όταν επικρατούν πολύ ειδικές συνθήκες [11].

Εκτός από τις δυο αυτές τυπικές μορφές κατανομής του οξυγόνου έχουν παρατηρηθεί και άλλες. Ένα παράδειγμα είναι ο σχηματισμός καμπύλης συγκέντρωσης οξυγόνου με μέγιστο στο μεταλίμνιο. Αυτή λέγεται θετική ετεροβαθμική (positive heterograde). Παρουσιάζεται σε λίμνες στις οποίες κατά το θέρος το φως, η θερμοκρασία και οι λοιποί παράγοντες στο μεταλίμνιο ευνοούν την ταχύτερη αύξηση ορισμένων φυκών. Τα φύκη εμπλουτίζουν το μεταλίμνιο με πολύ περισσότερο οξυγόνο από όσο χάνεται μέσω αναπνοής και

αποικοδόμησης. Το οξυγόνο αυτό, εξαιτίας της στρωματοποίησης, παραμένει στο μεταλίμνιο. Ο σχηματισμός θετικής ετεροβαθμικής καμπύλης δεν είναι σπάνιο φαινόμενο. Σπάνιος είναι ο σχηματισμός αρνητικής ετεροβαθμικής καμπύλης της οποίας το αίτιο σχηματισμού δεν είναι πάντα σαφές. Μπορεί να υπάρχουν πολλά αίτια όπως αναπνοή ζωικών οργανισμών οι οποίοι συμβαίνει καμιά φορά να συγκεντρώνονται πολλοί μαζί σε ορισμένο στρώμα, συγκέντρωση και παραμονή πολλής νεκρής φυτομάζας σε ορισμένο στρώμα νερού εξαιτίας της στρωματοποίησης ή ρεύματα που τυχόν μεταφέρουν μάζες νερού φτωχού σε οξυγόνο.



**Σχήμα 3.6:** Στρωμάτωση μιας λίμνης [10].

Η λίμνη μπορεί να δείχνει διαφορές περιεκτικότητας οξυγόνου και κατά την οριζόντια έννοια όχι μόνο κατά την κατακόρυφη που προαναφέρθηκε. Στην πελαγική ζώνη των διμικτικών λιμνών οι διαφορές είναι πολύ μικρές κατά τις περιόδους κυκλοφορίας και μεγαλύτερες κατά το θέρος. Η παραλιακή ζώνη εξαιτίας των πολλών αυτότροφων οργανισμών και του μικρού βάθους της παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερες διακυμάνσεις σε σχέση με τη πελαγική ζώνη. Έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις παραγωγικών υδατοσυλλογών και μάλιστα ρηχών με μεγάλη παραλιακή ζώνη, στις οποίες κατά το τέλος του θέρους συγκεντρώνονται μεγάλες ποσότητες φυτομάζας.

Η αποικοδόμηση της φυτομάζας αυτής επιφέρει τόσο μεγάλη μείωση του οξυγόνου ώστε να προκαλείται έντονη καταπόνηση, εξαιτίας έλλειψης του στοιχείου αυτού σε ορισμένα ευαίσθητα είδη της ζωοκοινότητας με αποτέλεσμα αυτά να μεταναστεύουν, αν μπορούν, ή να πεθάνουν. Παραδείγματα κατανομής  $O_2$  σε ελληνικές λίμνες δίδονται στο σχήμα.

Η παρουσία οξυγόνου σε ένα υδάτινο οικοσύστημα είναι θετικό σημάδι. Η απουσία του, αντίστοιχα, είναι σοβαρή ρύπανση αφού καθιστά δύσκολη την επιβίωση για τους ζωντανούς οργανισμούς. Ο κυριότερος παράγοντας για τις αλλαγές του επιπέδου του οξυγόνου είναι η σταδιακή ανάπτυξη οργανικών αποβλήτων από ζώα που παίρνουν τη μορφή βοθρολυμάτων. Τα αστικά και

γεωργικά απόβλητα συρρέουν μαζί με λιωμένο νερό και βροχή στον υδροφόρο ορίζοντα, γίνονται λίπασμα προκαλώντας εκτεταμένη ανάπτυξη αλγών και φυτών. Τα απόβλητα μπορεί να προέρχονται από στάβλους, συσκευαστήρια κρεάτων και γαλακτοκομεία. Η μείωση διαλυμένου οξυγόνου μπορεί να προκαλέσει υποβάθμιση των υδάτινων ειδών ή να αλλοιώσει τις συνθήκες διαβίωσης τους μετατρέποντας τους σε είδη ανθεκτικότερα στη μόλυνση και σε συνθήκες χαμηλού οξυγόνου. Σε αυτές τις συνθήκες, οι αναερόβιοι οργανισμοί και τα άλγη θα επικρατήσουν προκαλώντας έντονη οσμή από τα απόβλητα της αποδόμησης τους.

Στο υπολίμνιο των μεσοτροφικών ή ευτροφικών λιμνών το διαλυμένο οξυγόνο μειώνεται από το επίπεδο κορεσμού λόγω αποσύνθεσης του φυτοπλαγκτού. Το ποσό που καταναλώθηκε αποτελεί το έλλειμμα οξυγόνου και πρέπει να καλυφθεί κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα. Η ακριβής εκτίμηση του ελλείμματος οξυγόνου ειδικά αν αυξάνεται με τη πάροδο του χρόνου είναι σημαντική. Επιστημονικά αναφέρεται ότι έλλειμμα οξυγόνου είναι η συγκέντρωση οξυγόνου όταν είναι σε κατάσταση κορεσμού μείον τη συγκέντρωση που παρουσιάζει η λίμνη [7, 3].

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## ΛΙΜΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Συνέπεια της γεωλογικά νέας μορφολογίας της χώρας και του ημίξηρου κλίματος ενός μεγάλου μέρους της, η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από ένα πλήθος μικρών λεκανών με μικρές λίμνες. Υπάρχουν 40 λίμνες στο ελληνικό έδαφος με μια συνολική επιφάνεια περίπου 560km<sup>2</sup>. Η επιφάνεια αυτή αποφέρει ποσοστό λιγότερο από 0.5% της συνολικής επιφάνειας της χώρας. Το Σχήμα 4.1 εμφανίζει τις βασικές φυσικές λίμνες της χώρας. Η επιφάνεια απορροής ανέρχεται σε περίπου 45 km<sup>3</sup>/s. Αυτό το ποσό αντιστοιχεί σε 18% της απορροής της Ευρώπης στη Μεσόγειο.

Η Ελλάδα βρίσκεται στη μεσογειακή εύκρατη κλιματολογική ζώνη, με μια ανομοιογενή χωρική και εποχιακή κατανομή μέσης ετήσιας βροχόπτωσης. Αυτό το γεγονός, μαζί με τη μεταβλητή γεωμορφολογική κατατομή και το γεωλογικό υπόβαθρο της ελληνικής χερσονήσου, προκαλεί σημαντικές διαφοροποιήσεις όσον αφορά τη γεωγραφική κατανομή και τις υδρολογικές μεταβλητές των ποταμών και των λιμνών της [13].

Η εντατική και συχνά αδιάκοπη διαχείριση των υδάτινων πόρων στις λεκάνες απορροής κατά τη διάρκεια των ετών έχει συμβάλει σε μια σταθερή μείωση των υδάτινων πόρων επιφάνειας. Τα υψηλά ποσά διαπεριφερειακού ύδατος καταναλώνονται στις γειτονικές χώρες (Βουλγαρία και πρώην Γιουγκοσλαβία), ενώ μεγάλης κλίμακας προγράμματα αποκατάστασης αποξηράνσεων και εδάφους έχει μειώσει δραστικά τις επιφάνειες απορροής και τις επιφάνειες των λιμνών. Επιπλέον, οι υψηλοί ρυθμοί ιζηματογένεσης, που ενισχύονται από την εκτενή εδαφολογική διάβρωση λόγω της αποδάσωσης, έχουν μειώσει εντυπωσιακά τον όγκο των λιμνών. Επιπλέον, τα γεωργικά, αστικά και βιομηχανικά απόβλητα έχουν μεταβάλλει τη σύσταση του επιφανειακού νερού και έχουν περιορίσει τη χρήση του.

Οι πηγές επιφανειακού νερού στην Ελλάδα εξυπηρετούν τους σκοπούς ανθρώπινης κατανάλωσης και άρδευσης, την υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας, τις βιομηχανικές χρήσεις, την αλιεία και τις δραστηριότητες αναψυχής. Επιπλέον, πολλές λίμνες καταλαμβάνουν τους υγρότοπους της διεθνούς σημασίας (προστατευόμενοι από τη συνθήκη Ramsar).

Προκειμένου να προχωρήσει κανείς σε μια ενσωματωμένη και βιώσιμη διαχείριση και προστασία των επιφανειακών υδάτων και των χρήσεών τους, είναι μεγάλης σημασίας να γνωρίζουμε τη σύσταση των ποταμών και των λιμνών και να κατανοήσουμε τις εποχικές και χωρικές παραλλαγές τους [13].

Με στόχο να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά και να παρουσιαστεί η περιβαλλοντική κατάσταση των λιμνών της ελληνικής επικράτειας, μια σειρά μακροπρόθεσμων δεδομένων από διάφορους οργανισμούς, όπως η Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης (Ε.ΥΔ.ΑΠ.), το Υπουργείο Γεωργίας, το Υπουργείο Περιβάλλοντος και δημοσίων έργων καθώς επίσης και από ιδιώτες ερευνητές έχουν συγκεντρωθεί [13].



**Σχήμα 4.1:** Οι κυριότερες Ελληνικές λίμνες: Μιρικού, Βιστωνίδα, Κερκίνη, Βόλβη, Κορωνίδα, Δοϊράνη, Βεγορίτιδα, Πετρών, Ζαζάρη, Χειμαδίτιδα, Καστοριά, Μικρή Πρέσπα, Μεγάλη Πρέσπα, Πολύφυτος, Σφικιά, Ασωμάτων, Αίου, Ιωαννίνων, Πουρνάρη, Λούρου, Πλαστήρα, Κρεμαστά, Καστράκη, Στράτος, Αμβρακία, Οζερός, Λυσιμαχία, Τριχωνίδα, Μόρνου, Παραλίμνη, Υλίκη, Πηνειού. [13]

#### 4.2 ΦΥΣΙΚΟ – ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΟΛΥΝΣΗΣ

Στον Πίνακα 4.2 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.

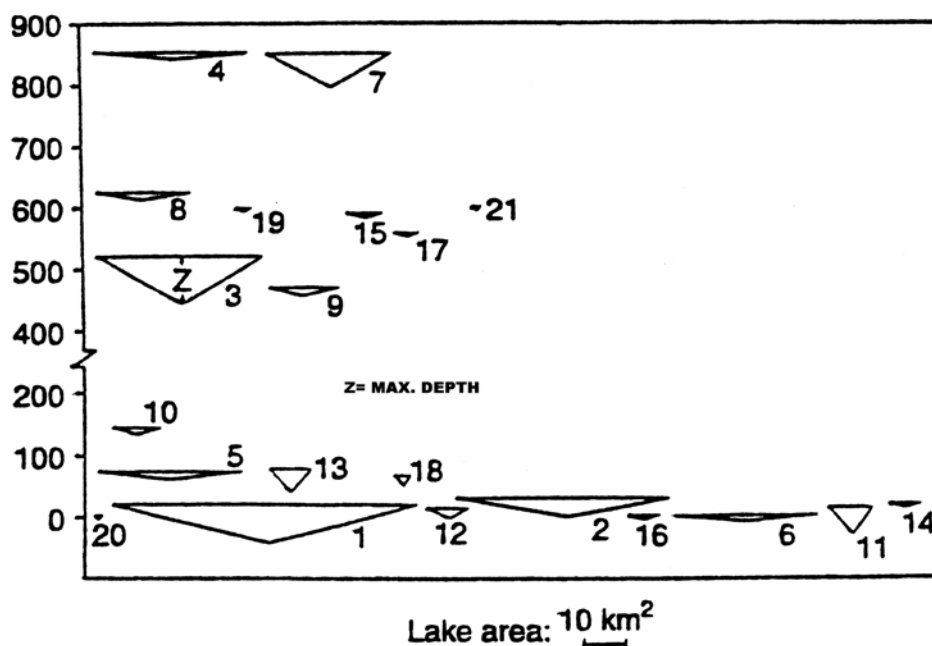
Η πλειοψηφία των ελληνικών λιμνών παρουσιάζει θερμική στρωματοποίηση τους καλοκαιρινούς μήνες, που είναι πιο έντονη στις βαθιές λίμνες όπως η Τριχωνίδα, η Μεγάλη Πρέσπα, η Βόλβη, η Βεγορίτιδα και η Αμβρακία. Οι παραπάνω βαθιές και μεγάλες λίμνες δεν καλύπτονται από πάγο και χαρακτηρίζονται θερμές μονομικτικές. 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 διμικτικές. 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 [13].

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 (1975), 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 Κορωνίδα (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 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 εξ' αιτίας της εισροής επιφανειακού θαλασσινού νερού. Αντίστοιχα, οι υψηλές τιμές αγωγιμότητας στις λίμνες Κορωνίδα 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 Λυσιμαχία καταλήγουν θειικά ιόντα από υπολείμματα Τριασικού γύψου και ανθρωπογενείς πηγές, όπως λύματα της πόλης του Αγρινίου και αγροτικές εργασίες [13].



**Σχήμα 4.2:** Μορφολογική παρουσίαση των Ελληνικών λιμνών σε σχέση με το ύψος. Το βάθος των λιμνών είναι στο ίδιο γράφημα ως ύψος τριγώνου [14].

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  $\text{mg N/l}$  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 Πρέσπα, η Καστοριά και η Υλίκη έχουν αναλογία N/P αρκετά μικρότερη από 7, δικαιολογεί τη οριακή φωτοσύνθεση λόγω αζώτου.

Σύμφωνα με το Πίνακα 4.1 τα βαρέα μέταλλα φθάνουν σε υψηλές συγκεντρώσεις. Βαρέα μέταλλα θεωρούνται τα στοιχεία που έχουν υψηλή πυκνότητα και συγκεκριμένα μεγαλύτερη των 5 g/cm<sup>3</sup>. 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:

- Θαλάσσιοι οργανισμοί: Hg>Cu>Zn>Ni>Pb>Cd>As>Cr
- Λειχήνες: Hg>Cu> Pb>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 προστεθούν 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 [11].

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα, μπορεί κανείς να συνοψίσει ότι οι περισσότερες μολυσμένες 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. [13]

#### 4.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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 μονομικτικές. 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 [13].

**Πίνακας 4.1:** Συγκεντρώσεις Βαρέων μετάλλων των κυριότερων Ελληνικών λιμνών σε ppb [13].

<b>Όνομασία λίμνης</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Co</b>	<b>Cr</b>	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>As</b>
Τριχωνίδα		47.8	18.9						2.1
Βόλβη		5.9	4.8						30.2
Βεγορίτιδα	24.2	92.0	15.2				1.4	0.08	
Βεγορίτιδα	1.2	16.3	0.7	8.2		0.5			
Μικρή Πρέσπα		23.6	14.4						
Μικρή Πρέσπα	0.2	1.2	0.4	2.5			0.1		2.0
Κορωνεία		115.5	3.7						53.7
Κορωνεία	36.8	121.0	21.8			15.3	1.8	0.46	
Βιστονίδα	58.4	83.7	43.2		4.0	38.9	5.0	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
Δοϊράνη		40.0	9.6						43.3
Δοϊράνη	22.3	62.5	12.4				1.6	0.04	
Στυμφαλία		22.8	9.7						2.2
Παραλίμνη		112.0	39.3						3.0

**Πίνακας 4.2** Φυσικοχημικές παράμετροι (μέση/μέγιστη τιμή) των κυριότερων Ελληνικών λιμνών. Οι τιμές που αναγράφονται με αστερίσκο (\*) αναφέρονται στην ελάχιστη τιμή [13].

Όνομασία λίμνης		T <sup>a</sup> (°C)	C <sup>b</sup> (μS/cm)	pH	Secchi (m)	Total Alcalinity (mval/l)	SO <sub>4</sub> (mval/l)	Cl (,val/l)	D.O. <sup>d</sup> (mg/L)	Chl-a <sup>e</sup> (mg/m)	T.P. <sup>f</sup> (μg/L)	P-PO <sub>4</sub> (μg/L)	N-NO <sub>2</sub> (μg/L)	N-NO <sub>3</sub> (μg/L)	N-NH <sub>3</sub> (μg/L)
Τριχωνίδα	Μέσο	15	247	8.1	8.5	2.6	0.48	0.51	9	2.3	17	3	1.33	41	20
	Μέγιστο	30	380	8.7	13	3	1.68	0.75	11	4.3		14	3.24	147	136
Βόλβη	Μέσο	6.8	980	7.9	0.7	4.7	0.48	3.36	8	10*	30		0	0	10
	Μέγιστο	29	1320	9.3	2	5.4	0.5	3.93	13	30			57	190	240
Βεγορίτιδα	Μέσο	18	517	8.2	3.3	3.5	0.68	0.87	8.4	0*	24	165	72	1090	326
	Μέγιστο	26	1012	9	5.5	4	1.58	2.43	15.5	15		1222	888	2270	2995
Μικρή Πρέσπα	Μέσο	21	266	8.3	1	2.5	0.12	0.21	7		28	276	8.9		109
	Μέγιστο	28	520	8.8	1.6	3	0.16	1.14	8.5			844	20.6		288
Κορωνίδα	Μέσο		1170	8.1		7.3	1.24	4.38			42				
	Μέγιστο		1660	9		8.8	1.7	5.07							
Βιστονίδα	Μέσο	4*	1200	7.8	0.2	2.6	2.3	9.72	0*	0*	42	36	0	0	0
	Μέγιστο	28	11000	9.2	1	3.6	9.6	10.8	17	197		104	120	780	1325
Μεγάλη Πρέσπα	Μέσο	16	219	8.3	6	2.1	0.1	0.18	7.5		6.4	142	4.2		39
	Μέγιστο	22	260	8.9	7	2.3	0.16	0.66	8.5			755	29.1		265
Καστοριά	Μέσο	15	239	8.2	1.2	2.8	0.13	0.36	8.2	27	39.4	31		75	35
	Μέγιστο	22	310	9.5	2.3	3	0.2	1.2	14.2	280		460		1066	364
Ιωάννινα	Μέσο	17	308	8.4		2.4	0.32	1.35	6		38		4	226	192
	Μέγιστο	28	560	9.8		3.1	0.72	6.75	14				20	499	942
Δοϊράνη	Μέσο		408	8.1		3.7	0.56	0.42			26				
	Μέγιστο		630	9.3		4.6	0.66	0.66							
Αμβρακία	Μέσο	9.2*	550	8.3		2	7.4	1.44		1*	37	5*		65	5
	Μέγιστο	26	1100	8.9		2.6	13	2.25		9		50		630	140
Λυσιμαχία	Μέσο		343	8.1		3.4	1.54	0.66			23				
	Μέγιστο		460	8.7		4.1	1.62	1.11							
Υλίκη	Μέσο		368	8.2			0.46	0.36			23	67	2.4	2.27	9
	Μέγιστο		577	8.8			0.80	1.41				566	4.5	5.22	48
Χειμαδίτιδα	Μέσο	22	480	8.1	3.2	3.2	0.80	0.6	7			498		195	514
	Μέγιστο	29	910	10.5	3.6	3.6	2.4	0.9	11			1671		338	1455
Πετρών	Μέσο	21	685	8.5	2.1	2.1	2.74	0.99	11			2257	54	336	1641
	Μέγιστο	30	1430	9.3	5.8	5.8	3.2	1.29	18			4305	95	536	2420
Παραλίμνη	Μέσο	17	427	8.2			0.5	1.02			18	17	5	114	
	Μέγιστο	23	1093	9.2			1.88	1.47				33	57	341	
Ζαζάρη	Μέσο	23	370	8.6	0.7	1.4	0.2	0.29	11			524	12.4	109	303
	Μέγιστο	28	520	10.6	1.6	2.1	0.4	1.42	17			1670	33.6	372	615

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΛΙΜΝΗ ΚΟΥΡΝΑ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε σειρά μετρήσεων της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου, pH, αγωγιμότητας, θερμοκρασία και ολικών διαλυτών στερεών στο νερό της λίμνης Κουρνά.



#### 5.1 ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

‘Κόριον, τόπος εν Κρήτη από κόρης τινός, ο πολίτης Κορήσιος και η λίμνη Κορησία και Αθηνάς ιερόν Κορησίας’. Αυτό ήταν το όνομα του χωριού στην αρχαιότητα και μέχρι σήμερα στη θέση αυτή είναι το χωριό Κουρνάς. Βρίσκεται σε υψόμετρο 200 m και απόσταση 43 km από τη πόλη των Χανίων. Από το χωριό πήρε και το όνομα της η λίμνη που ονομάστηκε Κορησία και αργότερα δημιουργήθηκε ένας θρύλος για αυτή.

Στη θέση της λίμνης του Κουρνά υπήρχε κάποτε ένα χωριό. Ένας κάτοικος του χωριού είχε μια ωραία κόρη και μια μέρα πήγαιναν μαζί στις γεωργικές δουλειές. Στο δρόμο η κόρη κουράστηκε, κάθισε σε μια πέτρα και άρχισε να χτενίζει τα μαλλιά της. Στον πατέρα της, βλέποντας την τόσο όμορφη με τα ξέπλεγα μαλλιά της, δημιουργήθηκε μια κτηνώδης επιθυμία. Η κόρη τον

παρακάλεσε την αφήσει να πει τρία λόγια και είπε: 'Βούλα και βουλολίμνα και εγώ στοιχειό στη λίμνα'. Και αμέσως ο τόπος βούλιαξε και έγινε λίμνη.



Το πρώτο όνομα της λίμνης οι αρχαίοι συγγραφείς αναφέρουν ότι ήταν Κορησία, υπήρξε μάλιστα στην περιφέρεια της ο ναός της 'Κορησίας Αθηνάς'. Στα αραβικά η λέξη Κουρνά σημαίνει λουτήρας και λίμνη. Ίσως, να μετονομάστηκε λοιπόν από Κορησία σε Κουρνά από τους Άραβες κατακτητές. Προτείνεται και η εκδοχή ότι η λέξη 'Κουρνάς' είναι παράφραση της ελληνικής λέξης κρουνός (βρύση), από τη μεγάλη πηγή το μάτι ή Αμάτι απ' όπου αναβλύζουν μεγάλες ποσότητες νερού.

Πάντως και σήμερα ακόμη η λίμνη περιβάλλεται από ένα μυστήριο που ξεκινά από το μύθο. Από τους ντόπιους θεωρείται 'άπατη' σαν άβυσσος. Ακόμα, την ονομάζουν και 'αματάτη'. Έχει ένα κυκλώπειο μάτι. Στην άκρη της λίμνης τα νερά σχηματίζουν με αποχρώσεις μπλε επάλληλους κύκλους στο κέντρο των οποίων η πηγή, ο 'ανάβολος' αναβλύζει.

## 5.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΥΠΑΓΩΓΗ

Η λίμνη του Κουρνά βρίσκεται στη βορειοανατολική πλευρά του νομού Χανίων και συγκεκριμένα στην περιοχή των υγροτόπων 'Κουρνά-Γεωργιούπολης'. Αποτελεί περιοχή της επαρχίας Αποκορώνου και διοικητικά υπάγεται στο Δήμο Γεωργιούπολης. Απέχει 39 km από τη πόλη των Χανίων και 11km από τη πόλη του Ρεθύμνου. Η περιοχή Life/Δυτικής Κρήτης 'Κουρνά-Γεωργιούπολης' περιλαμβάνει την λίμνη και τα παρόχθια συστήματα της, το τμήμα του εδάφους και τα διάφορα ρεύματα που εκβάλλουν προς το βορρά στη παραλία, το έλος, τις πηγές και τις αμμοθίνες της Γεωργιούπολης και τμήμα της βραχώδους ακτής βόρεια και δυτικά της Γεωργιούπολης [8].

Ως υγρότοπος έχει καταχωρηθεί στην Απογραφή των Ελληνικών Υγροτόπων-ΕΚΒΥ με τα εξής στοιχεία:

### **ΛΙΜΝΗ ΚΟΥΡΝΑ**

ΚΩΔΙΚΟΣ:434380000

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ: 24<sup>0</sup> 16' 26'' ΠΛΑΤΟΣ: 35<sup>0</sup> 21' 50''

ΕΚΤΑΣΗ:60 ha

ΤΥΠΟΣ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥ: εσωτερική μονίμως κατακλυσμένη λίμνη γλυκού νερού περιοχή αναφέρεται σε διεθνείς-ευρωπαϊκούς καταλόγους βιοτόπων-υγροβιότοπων και θεωρείται ως σημαντική περιοχή για την ορνιθοπανίδα ICBP-IWRB, CORINE Biotopes.

### **5.3 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

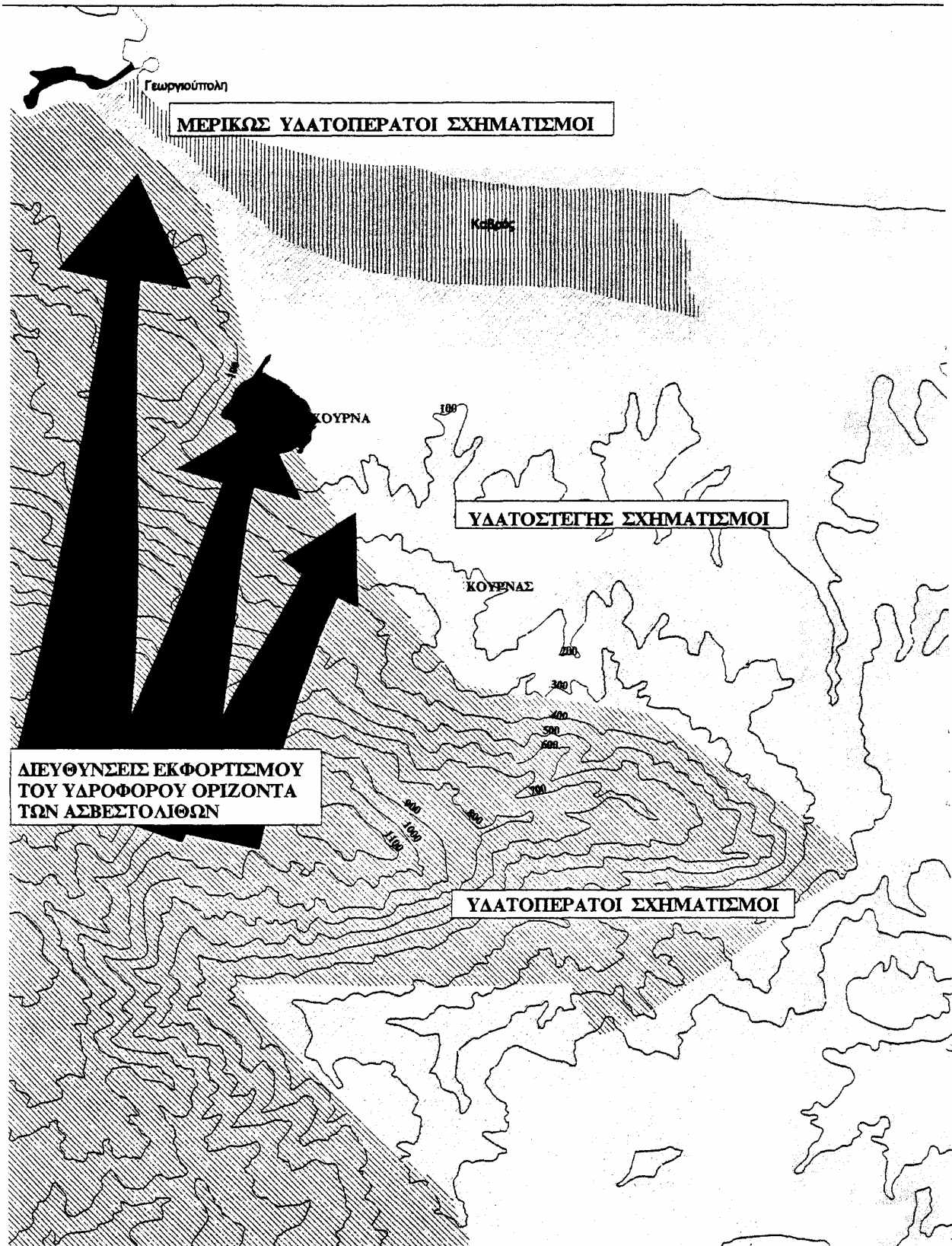
Το ανάγλυφο ολόκληρης της περιοχής περιλαμβάνει δύο μορφολογικές ζώνες. Τη παραλιακή ζώνη και την εσωτερική ορεινή ζώνη των Λευκών Ορέων.

- Η πρώτη ζώνη είναι σχεδόν επίπεδη. Ξεκινάει από 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 νεότερες προσχωματικές αποθέσεις. Στο άκρο περίπου αυτής της ζώνης είναι η λίμνη Κουρνά.
- Η εσωτερική ζώνη των Λευκών Ορέων, έχει ανώμαλη επιφάνεια με πολύ απότομες πλαγιές. Έχει σχήμα βαθουλωτού καθίσματος με άξονα από Δύση προς Ανατολή. Καλύπτεται από ασβεστόλιθους. Το ανώμαλο ανάγλυφο οφείλεται σε τεκτονικές αιτίες, αλλά και στην καρστική δράση.



Η λίμνη του Κουρνά βρίσκεται στο βάθος της πρώτης ζώνης (νότια και δυτικά) και αυτό την καθιστά ως τη μοναδική φυσική λίμνη σε νησί της Μεσογείου. Αποτελεί μια υδρολογική και βιολογική ενότητα με το υφάλμυρο δέλτα της Γεωργιούπολης-Αλμυρού, καθ' όσον δρόμος εκφόρτισης των νερών της λίμνης, είναι αυτός των τεκτονισμένων και καρστικοποιημένων ασβεστόλιθων. Ο εμπλουτισμός της λίμνης γίνεται από την ορεινή μάζα των Λευκών Ορέων, μέσω της πηγής 'αμάτι' στο Νοτιοανατολικό άκρο της. Η υδρολογική λεκάνη που ανήκει η περιοχή του σχεδίου είναι αυτή του ανατολικού Αποκόρωνα, η οποία διαιρείται σε δύο υπολεκάνες. Ανατολικά η υπολεκάνη Ασή Γωνιάς-Μουσέλα και δυτικά η υπολεκάνη Κουρνά Γεωργιούπολης, όπου και εντάσσονται ολοκληρωτικά οι αναφερόμενοι υγρότοποι. Η υπολεκάνη δέχεται ετησίως 33.000.000 m<sup>3</sup> όγκο βροχής [8].

# ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ



Σχήμα 5.2: Υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής [8].





**Σχήμα 5.3:** Υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής σε τρισδιάστατη μορφή.

#### **5.4 ΚΛΙΜΑ**

Το κλίμα της περιοχής είναι μεσογειακό, με θερμό και ξηρό καλοκαίρι και βροχερό ήπιο χειμώνα. Αυτό βρίσκεται υπό την επίδραση:

- Του Κρητικού πελάγους, όπου πνέουν βόρειοι άνεμοι ισχυροί κατά το χειμώνα και ασθενείς κατά το θέρος και το φθινόπωρο και
- Του Ιονίου πελάγους, κυρίως ως προς τις βροχοπτώσεις δεδομένου ότι εκεί καταφθάνουν τα βροχερά νέφη.

Για τη μελέτη των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν βροχομετρικά στοιχεία από τον σταθμό της Υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων που είναι εγκατεστημένο στο Μουρί (στη λεκάνη της λίμνης του Κουρνά) σε υψόμετρο 24 m. Ο σταθμός αυτός έχει γεωγραφικές συντεταγμένες πλάτος  $35^{\circ} 20'$  και μήκος  $24^{\circ} 17'$  και λειτουργεί από το 1964. Επίσης, χρησιμοποιούνται κλιματολογικά στοιχεία του σταθμού του Ινστιτούτου Υποτροπικών και Ελιάς Χανίων στους Αρμένους. Ο σταθμός αυτός βρίσκεται σε υψόμετρο 50 m με γεωγραφικό πλάτος  $24^{\circ} 9'$  και πλάτος  $35^{\circ} 25'$  και λειτουργεί από το 1978.

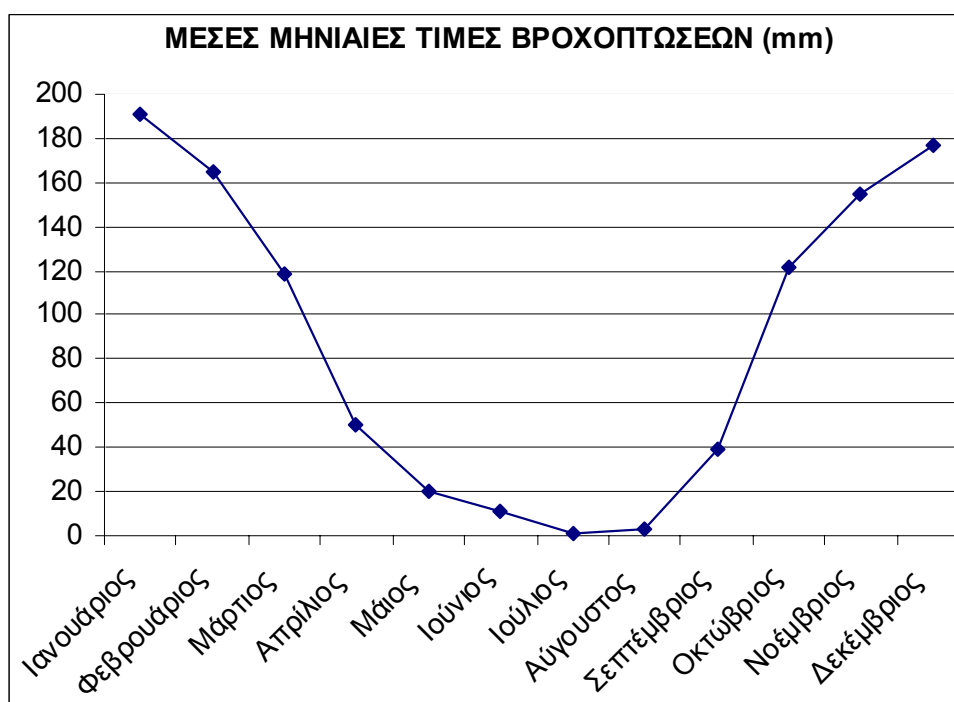
#### **5.5 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ**

Οι τιμές των βροχοπτώσεων προέκυψαν από μετρήσεις 34 ετών (1964-1998). Οι μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις σε χιλιοστά δίδονται στον Πίνακα 5.1 και στο Γράφημα 5.2. Από εκεί προκύπτει ότι στη περιοχή πέφτουν αρκετές βροχοπτώσεις. Βροχερότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος, ο

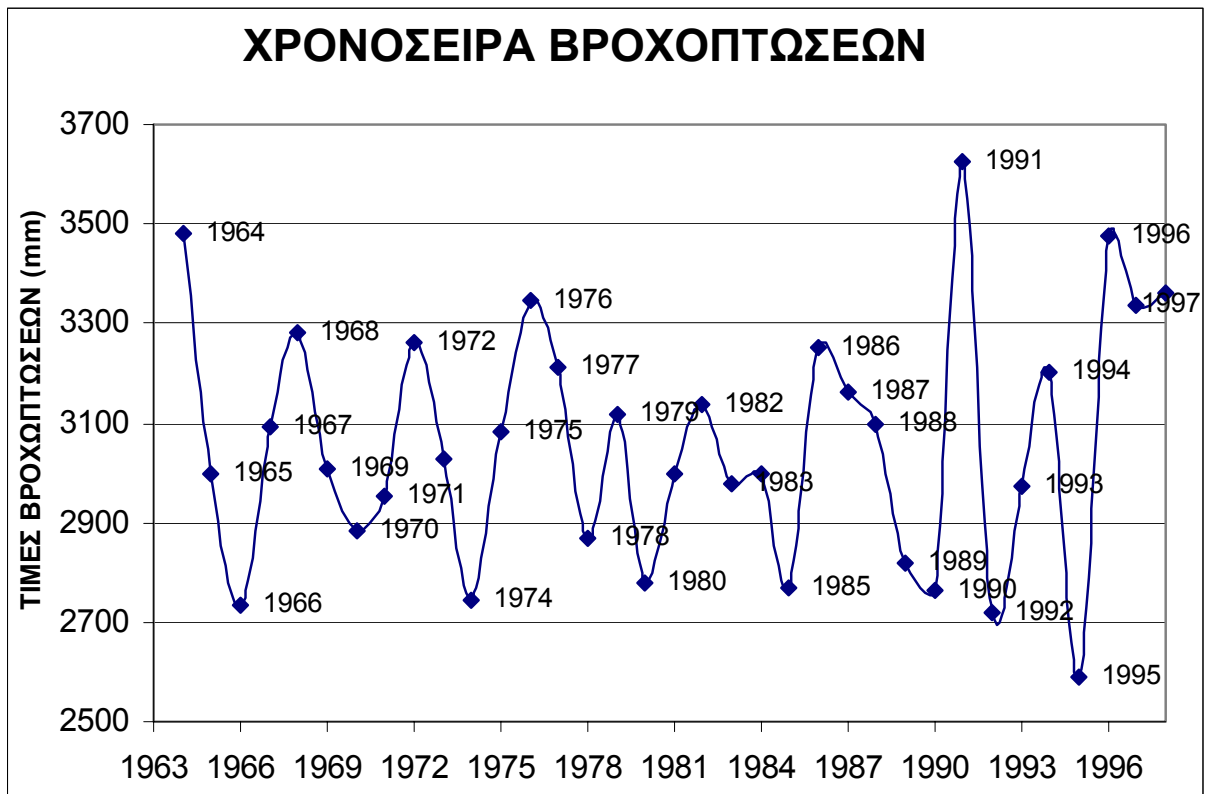
Φεβρουάριος, ο Δεκέμβριος και ο Νοέμβριος. Επίσης, τους μήνες Μάρτιο και Οκτώβριο πέφτουν αρκετά χιλιοστά βροχής. Από το Γράφημα 5.2 προκύπτει ότι βροχερότερα έτη ήταν το 1964, το 1976, το 1986, το 1991 και το 1996.

**Πίνακας 5.1:** Μηνιαίες τιμές βροχοπτώσεων

<b>ΜΗΝΕΣ</b>	<b>ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ (mm)</b>
Ιανουάριος	190,97
Φεβρουάριος	165
Μάρτιος	118,81
Απρίλιος	50,7
Μάιος	19,71
Ιούνιος	11,4
Ιούλιος	1,42
Αύγουστος	2,82
Σεπτέμβριος	39,6
Οκτώβριος	122,1
Νοέμβριος	154,4
Δεκέμβριος	176,5
Μέσες ετήσιες τιμές	190,97

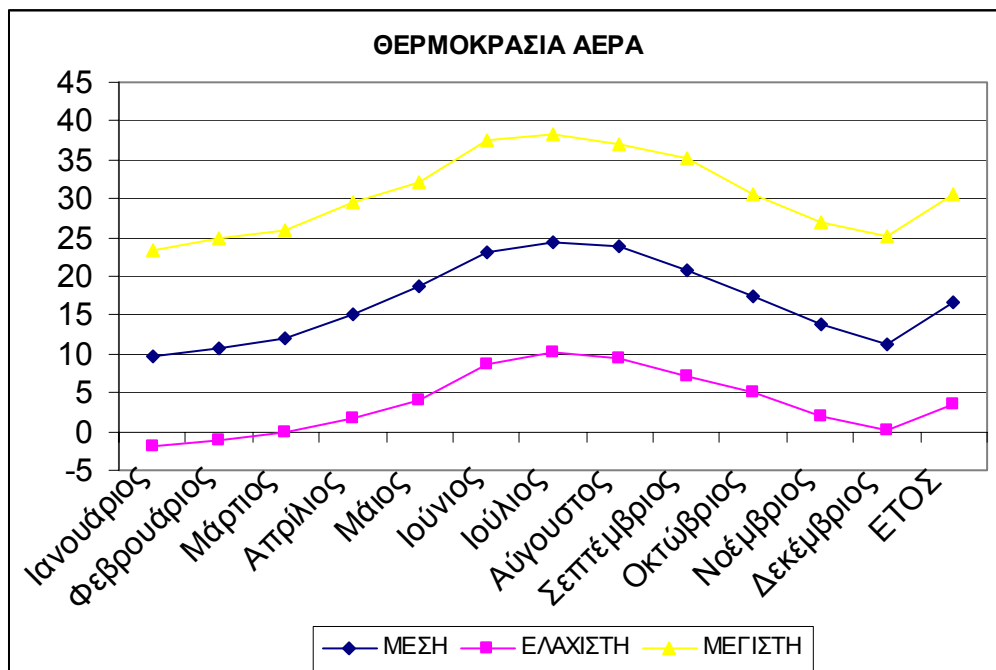


**Γράφημα 5.1:** Μέσες μηνιαίες τιμές βροχοπτώσεων [8].



Γράφημα 5.2: Χρονοσειρά βροχοπτώσεων [8]

## 5.6 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ



Γράφημα 5.3: Μηνιαία μεταβολή της θερμοκρασίας αέρα. Οι τιμές αποτελούν το μέσο όρο από τις μηνιαίες τιμές των ετών από 1978 έως 1990 [8].

Οι μέσες μηνιαίες, η μέση ετήσια, η μέση μέγιστη καθώς και η μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία αέρα, δίδονται στον Πίνακα 5.2. Τα μεγέθη προκύπτουν από την επεξεργασία στοιχείων 13 ετών, από το 1978-1990.

**Πίνακας 5.2:** Θερμοκρασίες σε ημερήσιο επίπεδο [8].

ΜΗΝΕΣ	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΕ °C			ΜΕΣΟ ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΚΟ ΕΥΡΟΣ ΣΕ °C
	ΜΕΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ	
Ιανουάριος	9,8	-1,8	23,3	25,1
Φεβρουάριος	10,8	-1,2	24,8	26
Μάρτιος	11,9	-0,2	25,8	26
Απρίλιος	15	1,8	29,5	27,7
Μάιος	18,7	3,9	32,1	28,2
Ιούνιος	23	8,6	37,4	28,8
Ιούλιος	24,4	10,3	38,2	27,9
Αύγουστος	23,8	9,5	36,9	27,4
Σεπτέμβριος	20,9	7,1	35,1	28
Οκτώβριος	17,4	5	30,5	25,5
Νοέμβριος	13,8	1,9	27	25,1
Δεκέμβριος	11,2	0,1	25,2	25,1
ΕΤΟΣ	16,7	3,5	30,5	26,7

Από τον πίνακα προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:  
Οι μέσες κατά εποχή τιμές θερμοκρασίας είναι:

Χειμώνας	10.4 °C
Άνοιξη	15.2 °C
Καλοκαίρι	23.7 °C
Φθινόπωρο	23.7 °C

Ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος και ο Μάρτιος ενώ θερμότεροι είναι ο Ιούλιος, ο Αύγουστος και ο Ιούνιος. Από τα θερμικά στοιχεία προκύπτει ότι οι θερμοκρασίες είναι πολύ ευνοϊκές για την ανάπτυξη πρώιμων και όψιμων καλλιεργειών [8].

## 5.7 ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Η περιοχή εμπίπτει στην ετήσια ισόυγρο καμπύλη των 67 % σχετικής υγρασίας. Στον Πίνακα 5.3 δίδονται οι μέσες μηνιαίες τιμές σχετικής υγρασίας.

**Πίνακας 5.3:** Μηνιαίες τιμές σχετικής υγρασίας [8].

ΜΗΝ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΕΤΟΣ
ΣΧΕΤ. ΥΓΡ. (%)	73.8	72	70	66.9	62.6	58.7	58.3	60.5	66.2	71.4	73.6	73	67

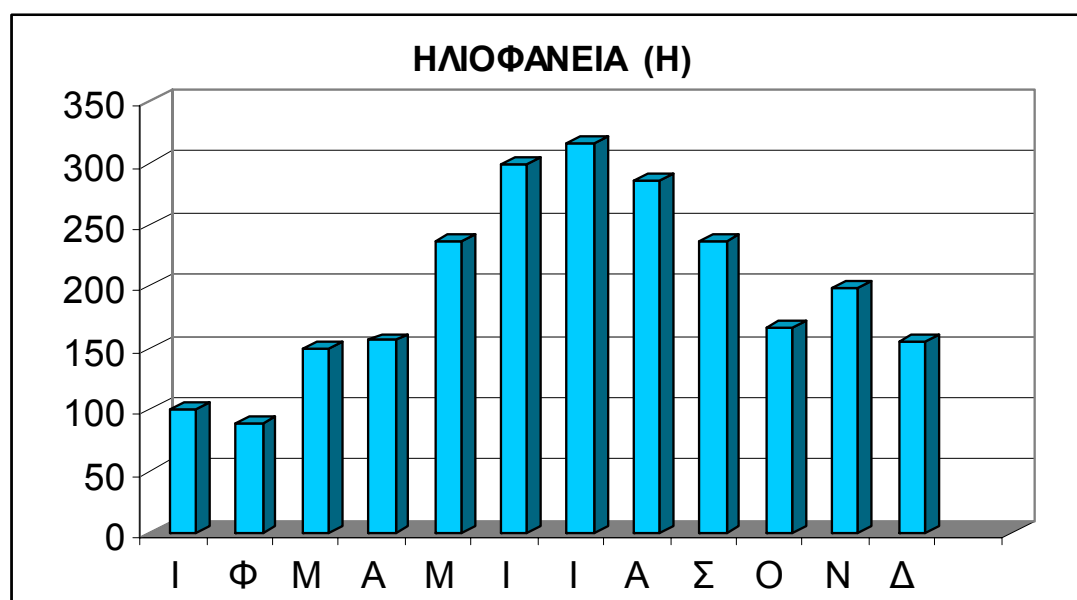
Οι χαμηλότερες τιμές της μέσης σχετικής υγρασίας, σημειώνονται τους τρεις καλοκαιρινούς μήνες. Οι μέσοι όροι των μηνών αυτών κυμαίνονται από 58-60 % και είναι τιμές πολύ καλές έως άριστες για την ανάπτυξη των καλλιεργειών και της φυσικής βλάστησης [8].

## 5.8 ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ

Στον Πίνακα 5.4 που ακολουθεί δίνεται η ηλιοφάνεια σε ώρες ανά μήνα και έτος

**Πίνακας 5.4:** Μηνιαίες τιμές ηλιοφάνειας σε ημέρες [8].

ΜΗΝΕΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΕΤΟΣ
ΗΛΙΟΦ. ΣΕ (H)	100	89	150	156	236	300	317	285	236	166	199	155	199



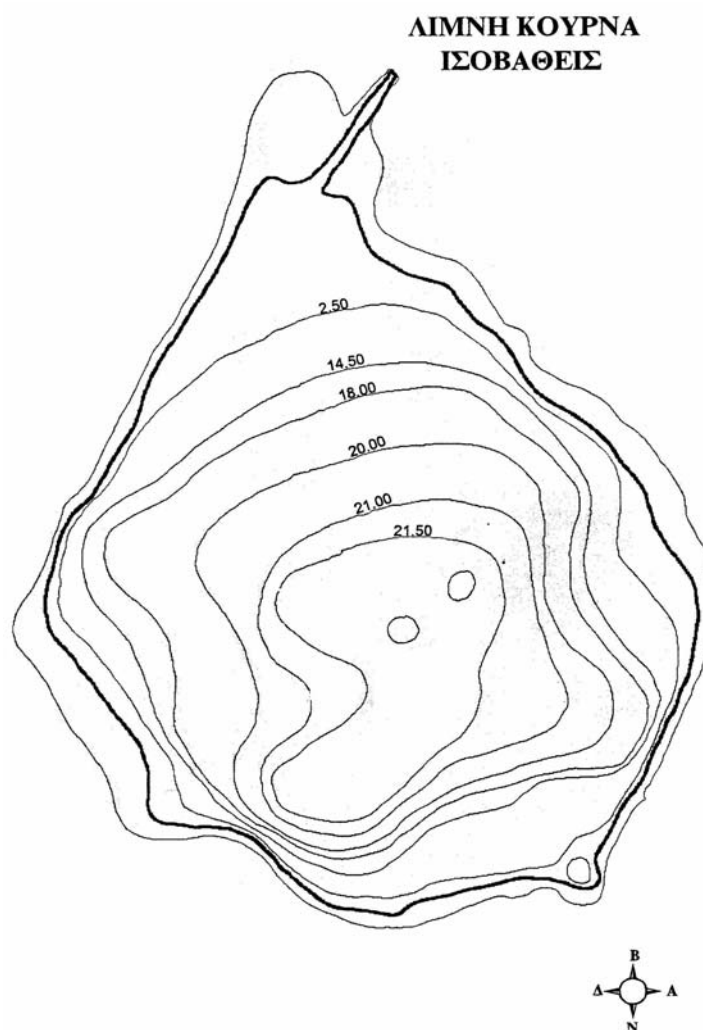
**Γράφημα 5.4:** Μηνιαία μεταβολή της ηλιοφάνειας σε ημέρες [8].

## 5.9 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΡΝΑ

Η λίμνη Κουρνά είναι η μοναδική μεγάλη φυσική λίμνη της Κρήτης. Είναι η νοτιότερη λίμνη της Ευρώπης. Τα βασικά της στοιχεία είναι:

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ: 2500 m  
 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΟΜΩΝΥΜΟ ΟΙΚΙΣΜΟ 'ΚΟΥΡΝΑ' ΒΔ: 2300 m  
 ΜΕΓΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ Β-Ν: 1080 m  
 ΜΕΓΙΣΤΟ ΠΛΑΤΟΣ Α-Δ: 880 m  
 ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΘΟΣ (θερινή στάθμη): 22.5 m  
 ΕΚΤΑΣΗ (θερινή στάθμη): 579 στρ  
 ΒΑΘΟΣ ΠΗΓΗΣ ΑΜΑΤΙ: 16.5 m  
 ΟΓΚΟΣ (θερινή στάθμη): 7.484736 m<sup>3</sup>

ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (θερινή στάθμη) ΠΕΡΙΠΟΥ: 19 m  
ΥΨΟΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗΣ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ: +3.5 m  
ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ από τη στάθμη της θάλασσας: 15-20 m



**Σχήμα 5.4:** Οι ισοβαθείς της λίμνης Κουρνά [8].

Το βαθύτερο σημείο της λίμνης βρίσκεται 3.5 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Ο πυθμένας και οι ανατολικές παρυφές αποτελούνται από νεογενή πετρώματα, κυρίως μάργες, ενώ οι δυτικές και νότιες παρυφές από σκληρούς ασβεστόλιθους. Η τροφοδοσία της λίμνης γίνεται από υπόγεια πηγή στο Νοτιοανατολικό άκρο της. Διαυγές νερό έχει η λίμνη από τις Δυτικές και Βορειοδυτικές παρυφές.

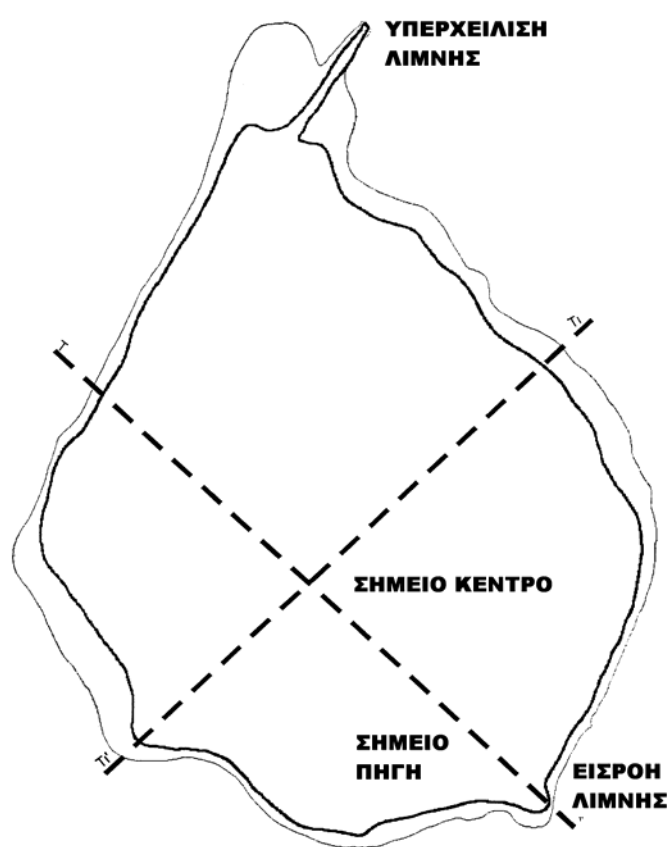
Η περιοχή της λίμνης μπορεί να χαρακτηριστεί ως τεκτονικό ρήγμα γεμισμένο με νεογενείς αποθέσεις που εξασφαλίζουν την στεγανότητα της. Στο νότιο τμήμα της λίμνης επικρατούν οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι με τεκτονικές ρήξεις στο σώμα τους και έντονη καρστική διεργασία-υδροπερατός σχηματισμός. Το υπόλοιπο τμήμα, με εξαίρεση το Δυτικό, περιβάλλεται από υδατοστεγείς σχηματισμούς.

Εκ της γεωλογικής δομής, από την ύπαρξη της θέσης του προαναφερόμενου ρήγματος ΒΒΔ-ΝΝΑ το οποίο διέρχεται εκ της θέσης 'αμάτι' εκδηλώθηκε η ανάβλυση της πηγής της λίμνης. Η εισροή του νερού γίνεται

μόνο από αυτή τη θέση. Η είσοδος γίνεται από κάτω προς τα πάνω αλλά και πλευρικά.

Η εκροή γίνεται στους δυτικούς πρόποδες του βουνού της λίμνης, όπου το νερό βρίσκει υπόγειους δρόμους εξόδου από τα ημιδιαπερατά υλικά τεκτονισμένων και καρστικών ασβεστόλιθων προς τις παραλιακές πηγές.

Η στάθμη της λίμνης εμφανίζει μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις που εξαρτώνται άμεσα από τις βροχοπτώσεις στην ορεινή ζώνη. Το μέγιστο της λίμνης διακυμαίνεται μεταξύ 21.40 και 15.00 m [8].



**Σχήμα 6.1:** Τα σημεία που πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες.

## 5.10 ΦΥΣΙΚΟ – ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ

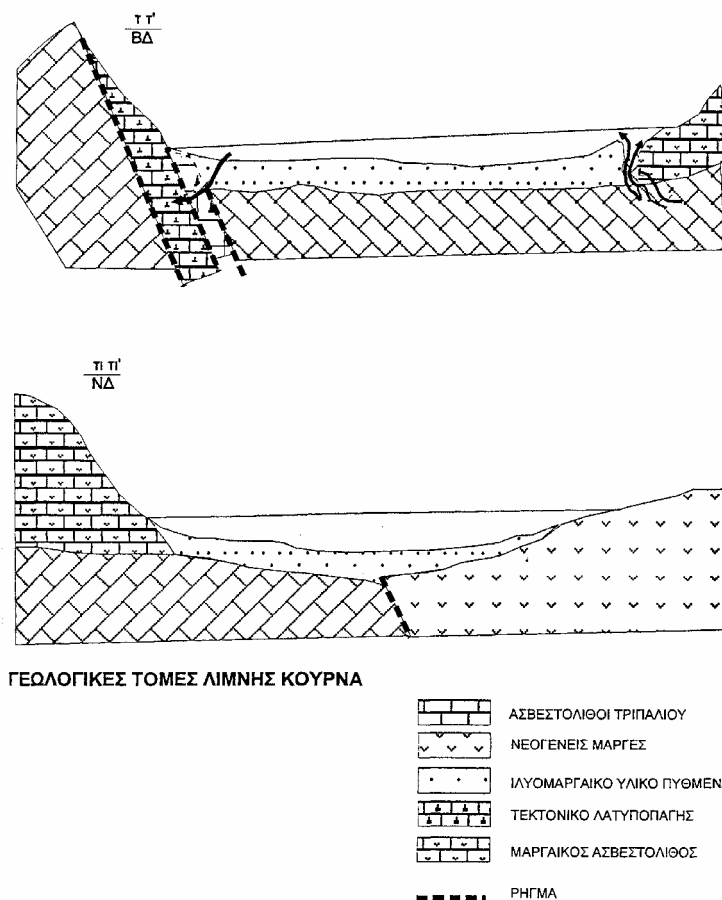
Οι μετρήσεις και οι χημικές αναλύσεις που κατά καιρούς έχουν γίνει για τα νερά της λίμνης δείχνουν σταθερότητα για τα χαρακτηριστικά τους. Σειρές δειγματοληψιών και αναλυτικών μετρήσεων-αναλύσεων του Οργανισμού Ανάπτυξης Δυτικής Κρήτης σε συνεργασία με το Πολυτεχνείο Κρήτης/ Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, δίδουν τα στοιχεία του Πίνακα 5.5. Η ποιότητα νερού της λίμνης χαρακτηρίζεται από την ποιότητα των νερών που εισρέουν σε αυτήν. Είναι επιβεβαιωμένο ότι δεν παρουσιάζονται σημαντικές διακυμάνσεις στις τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων των νερών με τη πάροδο των ετών.

Τα σημεία δειγματοληψίας είναι ΝΑ (Μάτι) και ΒΔ της λίμνης και τα αποτελέσματα είναι οι μέσες τιμές.

Από τις αναλύσεις στο εργαστήριο και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων τους προκύπτει ότι:

- Μη επικρατούμενος τύπος νερού σύμφωνα με την Υδροχημική ταξινόμηση με χρήση τριγραμμικού διαγράμματος PIPER (με βάση τα επικρατούντα ανιόντα και κατιόντα)
- Ικανοποιητικής ποιότητας σύμφωνα με την Αξιολόγηση ποσιμότητας κατά Schoeller
- Αξιολόγηση καταλληλότητας για άρδευση με βάση τον συντελεστή προσρόφησης νατρίου (SAR): Αλγεβρική τιμή 2.61 άρα κίνδυνος λόγω Na: Μικρός. Το νερό της λίμνης είναι κατάλληλο για άρδευση
- ΜΕΤΡΙΑ ΡΥΠΑΣΜΕΝΟ νερό είναι ο χαρακτηρισμός του νερού με βάση συντελεστή Revelle (ανάμιξη χερσαίου και θαλασσινού νερού-διείσδυση θαλασσινού νερού) που η τιμή του είναι 3,42

Από τις συστηματικές μετρήσεις και αναλύσεις που έγιναν στο παρελθόν, για την περιεκτικότητα σε χλωριόντα σε συνάρτηση με τη στάθμη της λίμνης, συγκλίνουν στο γεγονός ότι η ποιότητα του νερού της λίμνης ελάχιστα επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της στάθμης. Αυξομειώσεις στην περιεκτικότητα σε χλωριόντα παρουσιάζεται στη θέση της ανάβλυσης 'Αμάτι' (ετήσια 170-306 mg/L). Η περιεκτικότητα του νερού της λίμνης σε χλωριόντα κυμαίνεται μεταξύ 200-300 mg/L. Ο μηχανισμός μόλυνσης των νερών με χλωριόντα, φαίνεται να συνδέεται με τη παρουσία ενός μετώπου υφαλμύρωσης σε σημαντικό βάθος κάτω από τη θέση της πηγής 'Αμάτι'. [8]



Σχήμα 5.5: Γεωλογικές τομές της λίμνης Κουρνά [8]



**Πίνακας 5.5:** Φυσικοχημικές παράμετροι των νερών της λίμνης [8].

<b>ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	
Διαύγεια	Διαυγές
Οσμή	Ουδεμία
Γεύση	Άγευστο
<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ</b>	
Θερμοκρασία	22 °C
Αγωγιμότητα	1.540 mmhos/cm
Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)	0.77 mg/L
pH	7.85
Ma	127.4
K	4.9
Ca	108.8
Mg	44
Cl	255
HCO <sub>3</sub>	128.5
CO <sub>3</sub>	—
SO <sub>4</sub>	245

### **5.11 Η ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΡΝΑ**

Στην περιοχή του δήμου Γεωργιούπολης έχει κατασκευαστεί τα τελευταία χρόνια και λειτουργεί μεγάλο αρδευτικό έργο από τον Ο.Α.ΔΥ.Κ, από το οποίο αρδεύονται οι καλλιέργειες της περιοχής και υδρεύονται ορισμένες περιοχές. Ένα από τα υδροληπτικά κέντρα του συστήματος είναι η λίμνη Κουρνά. Από πολυετή στοιχεία μετρήσεων της στάθμης της λίμνης Κουρνά και την ανάλυση των καμπύλων διακύμανσης της, υπολογίστηκαν τα ρυθμιστικά αποθέματα του υδροφορέα της λίμνης, η παροχή εκροής και ο ετήσιος όγκος τροφοδοσίας.

Η συνολική εισροή νερού στη λίμνη υπολογίζεται σε:

- $69 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  για το μέσο υδρολογικό έτος
- $129 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  για το έτος μέγιστης στάθμης
- $41 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  για το έτος της ελάχιστης στάθμης

Η εκμετάλλευση που γίνεται με άντληση νερού της λίμνης επηρεάζει ελάχιστα την ταπείνωση της στάθμης. Οι μεγάλες απώλειες και η ταπείνωση της στάθμης της λίμνης έχουν φυσικά αίτια. Η αναπλήρωση του όγκου του νερού που αντλείται και η επαναφορά της στάθμης της λίμνης πάνω από το +15 θεωρείται εξασφαλισμένη δεδομένου ότι οι απώλειες κάτω της στάθμης +15 είναι χαμηλές, μικρότερες του  $1.1 \text{ m}^3/\text{sec}$ , αφετέρου ο ελάχιστος όγκος τροφοδότησης είναι  $41 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  περίπου.

### **5.12 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Η γεωργία αποτελεί βάση της τοπικής οικονομίας. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει ένα σχετικό δυναμισμό και σ' αυτό έχει συμβάλει η ανάπτυξη σύγχρονων αρδευτικών έργων, αυξήθηκε σημαντικά η στρεμματική απόδοση

των καλλιεργειών. Παρ' όλα αυτά η γεωργία διατηρεί τη παραδοσιακή της μορφή. Η καλλιέργεια που κυριαρχεί είναι η ελιά και λιγότερο, τα κηπευτικά και τα αμπέλια.



Η κτηνοτροφική παραγωγή της περιοχής επικεντρώνεται κυρίως στην αιγοπροβατοτροφία και διακρίνεται σε οικόσιτη και σε ποιμενική-συστηματικής εκτροφής. Τα κυριότερα κτηνοτροφικά προϊόντα είναι το γάλα και το κρέας, ενώ το βασικό στήριγμα για τους κτηνοτρόφους είναι η εξισωτική αποζημίωση που δίδεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η βοοτροφία, η χοιροτροφία, η πτηνοτροφία και η μελισσοκομία δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη ανάπτυξη. Αντιθέτως, η ανάπτυξη της τουριστικής και οικιστικής δραστηριότητας είναι αλματώδης τη τελευταία δεκαπενταετία. Η ανάπτυξη του τριτογενούς τομέα και συγκεκριμένα των δραστηριοτήτων που είναι άμεσα συνδεδεμένες με το τουρισμό και την αναψυχή, γίνεται κατά κύριο λόγο κατά μήκος της παραλίας με μεγαλύτερη συγκέντρωση στον οικισμό της Γεωργιούπολης και γύρω από τη λίμνη Κουρνά

### **5.13 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ**

Νότια και δυτικά της λίμνης ξεκινούν οι πρόποδες των Λευκών Ορέων. Βόρεια και ανατολικά της λίμνης εκτείνεται μια μικρή πεδινή περιοχή που φτάνει μέχρι τη θάλασσα. Ολόκληρη η περιοχή αυτή είναι πλούσια σε νερό που απορρέει από τα Λευκά Όρη.

Η περιοχή νοτιοδυτικά της λίμνης χρησιμοποιείται ως βοσκότοπος και έχει υποστεί πυρκαγιές αρκετές φορές κατά το παρελθόν. Κατά τα τελευταία χρόνια, τουλάχιστον σε περιοχές που βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με τη

λίμνη, δεν έχει παρατηρηθεί χρήση φωτιάς, με αποτέλεσμα η βλάστηση να έχει ανακάμψει σε σημαντικό βαθμό.

Μεγάλο μέρος της λίμνης περιβάλλεται από πυκνή παρόχθια βλάστηση, με κυρίαρχη την λυγαριά που είναι σημαντικό ενδιαίτημα για όλα τα υδρόβια και παρυδάτια ζώα, ενώ και η ίδια η λίμνη φιλοξενεί σημαντική χλωρίδα και πανίδα.

Οι επιδράσεις που δέχεται η περιοχή προέρχονται κυρίως από τον άνθρωπο. Οι δραστηριότητες του τουρισμού περιορίζουν τα ζωτικά ενδιαίτηματα σε όρια, που κάθε παραπέρα μείωση του, θα οδηγήσει αναμφίβολα σε μη αναστρέψιμες βλάβες. Το κυνήγι αποτελεί σημαντική όχληση για τα πουλιά που μεταναστεύουν στις περιοχές κοντά στη λίμνη.

#### **5.14 ΚΙΝΔΥΝΟΙ – ΑΠΕΙΛΕΣ**

Τη μεγαλύτερη απειλή για τη λίμνη αποτελούν οι αυθαίρετες κατασκευές, οι επεκτάσεις στις όχθες της λίμνης και η καταπάτηση της, η ρύπανση των νερών της λίμνης από τα υπολείμματα από λιπάσματα και γεωργικά φάρμακα των καλλιεργειών της ανατολικής όχθης. Η ρύπανση είναι δυστυχώς αναπόφευκτη, καθώς τα νερά της βροχής παρασέρνουν τα κατάλοιπα των προϊόντων αυτών προς τη λίμνη.



Επειδή το τμήμα της λεκάνης απορροής της λίμνης το οποίο καλλιεργείται είναι μικρό δεν υπάρχει σοβαρός κίνδυνος για ρύπανση λόγω γεωργίας. Το επίπεδο του ευτροφισμού στη λίμνη είναι πολύ μικρό. Οι απορροφητικοί βόθροι και τα αστικά λύματα αποτελούν δεύτερη πηγή ρύπανσης των νερών της λίμνης από τις εγκαταστάσεις που αναπτύσσονται κοντά στις όχθες. Στη δυτική και νοτιοδυτική πλευρά της λίμνης υπάρχουν κοπάδια αιγοπροβάτων. Τα τελευταία χρόνια δεν έχει χρησιμοποιηθεί η φωτιά για τη διαχείριση των βοσκοτόπων αλλά θεωρείται ότι ο κίνδυνος εξακολουθεί να υπάρχει.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

## 6.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι μετρήσεις στη λίμνη πραγματοποιήθηκαν σε μηνιαία βάση από τις 14/06/2003 έως τις 03/03/2005 σε 18 συνολικά δειγματοληψίες στα σημεία πηγή και κέντρο. Το σημείο της πηγής είναι το μοναδικό που τροφοδοτεί τη λίμνη με νερό ενώ στο σημείο του κέντρου παρατηρείται το μεγαλύτερο βάθος και πραγματοποιείται μίξη της υδάτινης μάζας και πιθανή στρωμάτωση. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν οι εξής: θερμοκρασία, αγωγιμότητα, pH, διαλυμένο οξυγόνο (mg/lit και % ποσοστό κορεσμού) και ολικά διαλυμένα στερεά. Εξ' ορισμού θεωρήθηκε ότι οι μήνες του καλοκαιριού είναι ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος, του φθινοπώρου είναι ο Σεπτέμβριος Οκτώβριος και ο Νοέμβριος και της άνοιξης είναι ο Μάρτιος, ο Απρίλιος και ο Μάιος. Τη χειμερινή περίοδο πραγματοποιήθηκε μόνο μία δειγματοληψία στις 10/12/2003.

Η καταγραφή των μετρήσεων έγινε με την χρήση του πολυοργάνου Surveyor 4 της εταιρείας Hydrolab το οποίο είναι συνδεδεμένο με ένα καλώδιο μήκους 20m στο ένα άκρο και στο άλλο συνδέεται με ένα πολυαισθητήρα. Το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα μέτρησης παραμέτρων όπως βάθος, αγωγιμότητα, pH, διαλυμένο οξυγόνο, αλατότητα, ολικά διαλυμένα στερεά και θερμοκρασία. Τις μέρες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις στη λίμνη δεν επικρατούσαν άνεμοι ούτε κυματισμός, οι συνθήκες ήταν κατάλληλες για να χρησιμοποιηθεί ποδήλατο θαλάσσης και ήταν δυνατή η κατακόρυφη βύθιση του πολυοργάνου μέτρησης.

Πριν από κάθε μέτρηση για να εξασφαλιστεί η συνεχής και αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος μέτρησης της ποιότητας νερού, είχε σχεδιαστεί ένα κανονικό πρόγραμμα βαθμονόμησης. Επιπλέον, γινόταν περιοδικός έλεγχος του εξοπλισμού συγκρίνοντας τα αποτελέσματα πριν και μετά τις βαθμονομήσεις.

Το σύστημα μέτρησης των παραμέτρων της ποιότητας νερού χρειάζεται βαθμονόμηση ανάλογα με το είδος και το ρυθμό της χρήσης, όταν λερωθούν οι αισθητήρες και όταν προσθέτουμε ή αφαιρούμε ή αλλάζουμε εξαρτήματα.

## 6.2 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΠΟΛΥΟΡΓΑΝΟΥ

### 6.2.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΔΙΑΛΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Η βαθμονόμηση γίνεται χρησιμοποιώντας το κύπελλο βαθμονόμησης ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

1. Ο πολυαισθητήρας τοποθετείται με τους αισθητήρες προς τα πάνω. Το κύπελλο βαθμονόμησης βιδώνεται και γεμίζει με νερό βρύσης μέχρι το ύψος του δακτυλίου σταθεροποίησης της μεμβράνης διαλυμένου οξυγόνου.
2. Απομακρύνονται τυχόν σταγόνες νερού από τη μεμβράνη με ένα καθαρό πανάκι.
3. Το κύπελλο βαθμονόμησης κλείνει με το κάλυμμά του και μένει 5 λεπτά για να σταθεροποιηθούν οι ενδείξεις του διαλυμένου οξυγόνου.
4. Μόλις σταθεροποιηθούν οι ενδείξεις, γίνεται εισαγωγή στο menu βαθμονόμησης (calibrate). Εκεί επιλέγετε Oxygen

5. Στη συνέχεια γίνεται επιλογή DO: %Sat ή DO:mg/l
  6. Μετά πρέπει να εισαχθεί η βαρομετρική πίεση του σημείου που βρίσκεστε (π.χ. 760 mmHg στο επίπεδο της θάλασσας).
- Η βαθμονόμηση τελειώνει.

### **6.2.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ TDS**

Για τη βαθμονόμηση πρέπει να προτιμάτε πάντα κάποιο πρότυπο κοντά στη κλίμακα την οποία πρόκειται να μετρήσετε. Απαιτούνται: απιονισμένο νερό, πρότυπο διάλυμα και το κύπελλο βαθμονόμησης με το κάλυμμα του. Ο αισθητήρας αυτός απαιτεί βαθμονόμηση δυο σημείων.

1. Ελέγχεται αν ο αισθητήρας είναι καθαρός και βιδώνεται το κύπελλο βαθμονόμησης.
2. Γεμίζει μέχρι τη μέση το κύπελλο με απιονισμένο νερό. τοποθετείται το καπάκι στο κύπελλο, αναδεύεται ο πολυαισθητήρας για να ξεπλυθεί. Επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία.
3. Στερεώνεται ο πολυαισθητήρας με τους αισθητήρες προς τα πάνω. Ξεβιδώνεται το κέλυφος του αισθητήρα και στεγνώνεται. Ξαναβιδώνεται ο πολυαισθητήρας.
4. Γίνεται επιλογή calibrate (στο πρόγραμμα) και από εκεί cond.
5. Γίνεται επιλογή ανάλογης μονάδας ή παραμέτρου μεταξύ των: mS/cm,  $\mu$ S/cm, ppt, g/l
6. Μόλις ζητηθεί να εισαχθεί η τιμή του προτύπου, δίνεται 0 και μετά ENTER. Εμφανίζεται το μήνυμα «Calibration Completed» και τελειώνει το πρώτο βήμα της βαθμονόμησης.
7. Βιδώνεται το κύπελλο βαθμονόμησης και ξεπλένονται δυο φορές οι αισθητήρες με μια μικρή ποσότητα του διαλύματος που θα χρησιμοποιηθούν.
8. Γεμίζει το κύπελλο με το πρότυπο διάλυμα μέχρι πάνω από τον αισθητήρα του διαλυμένου οξυγόνου. Απαιτείται προσοχή να μη σχηματιστούν φυσαλίδες μέσα στον αισθητήρα αγωγιμότητας και περιμένετε περίπου 3 λεπτά για να σταθεροποιηθούν οι ενδείξεις.
9. Γίνεται η επιλογή στο πρόγραμμα calibrate, μετά cond και τέλος η ίδια μονάδα και παράμετρος η οποία βαθμονομήθηκε στο μηδέν.
10. Τέλος, γίνεται εισαγωγή της τιμής του πρότυπου διαλύματος και εμφανίζεται το μήνυμα «Calibration Completed»

### **6.2.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ pH**

Η βαθμονόμηση του pH γίνεται γεμίζοντας το κύπελλο βαθμονόμησης πρώτα με το ουδέτερο διάλυμα ( $\text{pH} = 6,8 \pm 7,2$ ) και μετά με ένα διάλυμα pH κοντά στη περιοχή στην οποία βρίσκεται το pH του δείγματος. Απαιτούνται:

- Απιονισμένο νερό
- Διαλύματα με pH 4, 7 και 10
- Κύπελλο βαθμονόμησης

Από την HYDRO LAB παρέχεται ένα κιτ διαλυμάτων σε σκόνη για τη βαθμονόμηση του pH. Το κιτ αυτό περιλαμβάνει ξηρές σκόνες για τη δημιουργία διαλυμάτων με συγκεκριμένο pH και μπουκάλες των 50ml για την αραιώση με απιονισμένο νερό.

1. Βιδώνεται το κύπελλο βαθμονόμησης στον πολυαισθητήρα και ξεπλένεται δυο φορές τους αισθητήρες με απιονισμένο νερό.
2. Ξεπλένεται ο αισθητήρας με μικρή ποσότητα διαλύματος με pH 7 και στερεώνεται ο πολυαισθητήρας με τους αισθητήρες προς τα πάνω.
3. Γεμίζει το κύπελλο με το διάλυμα pH 7 μέχρι πάνω από τον αισθητήρα διαλυμένου οξυγόνου και μένει ακίνητο μέχρι να σταθεροποιηθούν οι μετρήσεις.
4. Γίνεται εισαγωγή στο menu βαθμονόμησης και κατόπιν επιλογή της ένδειξης Ions-1. Έπειτα από εκεί, pH:Units.
5. Στη συνέχεια, γίνεται εισαγωγή της τιμής 7 και πρέπει να εμφανιστεί το μήνυμα «calibration completed»
6. Ξεπλένονται οι αισθητήρες με απιονισμένο νερό δύο φορές. Μετά ξεπλένεται ο αισθητήρας pH με μικρή ποσότητα διαλύματος με pH παρόμοιο του δείγματος και επαναλαμβάνεται η διαδικασία βαθμονόμησης για το διάλυμα με pH 4 ή 10 ανάλογα με τις μετρήσεις.



**Σχήμα 6.2:** Το πολυόργανο Surveyor 4 και ο πολυαισθητήρας που διαθέτει.

#### 6.2.4 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΒΑΘΟΥΣ

Ο πολυαισθητήρας μπορεί να διαθέτει αισθητήρα βάθους 0-200 m, 0-100 m, 0-25 m, 0-10 m. Ο πρώτος αισθητήρας χρησιμεύει για την ανίχνευση των μεταβολών της στάθμης και κάνει αυτόματη διόρθωση για την

ατμοσφαιρική πίεση μέσω ενός σωλήνα εξαερισμού στο καλώδιο του αισθητήρα. Οι άλλοι τρεις χρησιμοποιούνται για κανονική μέτρηση βάθους του νερού. Γενικά ο αισθητήρας βάθους δεν χρειάζεται συντήρηση. Αν σχηματιστούν αποθέσεις στην είσοδο του, χρησιμοποιείται ένα ασθενές οξύ με μια σύριγγα και ξεπλένετε με απιονισμένο νερό.

1. Αφού αφαιρεθεί η βίδα που σφραγίζει τον αισθητήρα εισάγεται το menu της βαθμονόμησης.
2. Επιλέγεται Depth και στη συνέχεια η μονάδα μέτρησης.
3. Τέλος γίνεται εισαγωγή της τιμής 0.

### **6.2.5 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ**

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας δεν αφαιρείται και δεν απαιτεί κανενός είδους συντήρηση πέρα από το να διατηρείται καθαρός.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### 7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων στα δυο σημεία δειγματοληψίας της λίμνης, την πηγή και το κέντρο, σε γραφήματα σε σχέση με το βάθος.

Τα γραφήματα περιλαμβάνουν:

1. Την ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας, της αγωγιμότητας, του pH, του διαλυμένου οξυγόνου (mg/lit και % ποσοστό κορεσμού) και των ολικών διαλυμένων στερεών για τις οποίες πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις, πρωί, μεσημέρι και απόγευμα σε κάθε δειγματοληψία.
2. Την εποχική μεταβολή κάθε παραμέτρου καθώς και το μέσο όρο για τα δυο χρόνια. Οι μετρήσεις που παρουσιάζονται πραγματοποιήθηκαν σε κάθε δειγματοληψία κατά την πρωινή ώρα (9-10 π.μ.).

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με σκοπό να παρατηρηθούν και να παρουσιαστούν οι μεταβολές των παραμέτρων κατά τη διάρκεια της μέρας αλλά και την εποχική μεταβολή στη λίμνη του Κουρνά για βάθος 20 m.

Η στάθμη της λίμνης δεν παραμένει σταθερή κατά την διάρκεια του έτους αλλά παρουσιάζει μεταβολές μεταξύ της χειμερινής και της καλοκαιρινής περιόδου στη πηγή που οφείλεται κυρίως στην μεγάλη κατανάλωση νερού για την ύδρευση και την άρδευση της περιοχής. Ανάλογη είναι και η ετήσια μεταβολή του βάθους στο κέντρο της λίμνης.

**Εποχική μεταβολή θερμοκρασίας στην πηγή.** Στο βαθύτερο σημείο της πηγής η θερμοκρασία παρέμενε σχεδόν σταθερή στους 14.5 °C σε όλες τις δειγματοληψίες. Από την επιφάνεια της λίμνης και μέχρι το βάθος των 4m, στην πηγή, παρατηρείται εποχική μεταβολή της θερμοκρασία από 26 έως 14,5 °C η οποία οφείλεται κυρίως στην θερμική επίδραση τη ηλιακής ακτινοβολίας κατά την είσοδό της στο νερό της λίμνης. Τους καλοκαιρινούς μήνες η διαφορά θερμοκρασίας του ανώτερου και του κατώτερου στρώματος νερού είναι εντονότερη και φτάνει έως τους 16.6 °C. Την άνοιξη η μεταβολή αυτή φτάνει τους 8 °C, το φθινόπωρο είναι περίπου 9 °C και το χειμώνα οριακή 0.8 °C (Σχ. 7.2).

**Εποχική μεταβολή θερμοκρασίας στο κέντρο.** Στο βαθύτερο σημείο του κέντρου (20 m όσο ήταν το μήκος του καλωδίου του πολυοργάνου) η θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη από την πηγή έως και 3 °C την ίδια ημέρα δειγματοληψίας. Επιπλέον παρατηρήθηκε σταδιακή αύξηση από τον πυθμένα προς την επιφάνεια της λίμνης. Το Δεκέμβριο η διαφορά θερμοκρασίας είναι ελάχιστη (0.9 °C) ενώ την άνοιξη και το φθινόπωρο φτάνει τους 5 °C και το καλοκαίρι αυξάνεται στους 9 °C (Σχ. 7.2)

**Ημερήσια μεταβολή θερμοκρασίας στην πηγή.** Στο βαθύτερο σημείο της πηγής η θερμοκρασία παραμένει σταθερή για όλη τη διάρκεια της μέρας (14.5 °C). Αύξηση παρατηρείται το μεσημέρι και το απόγευμα σε κάποιες μετρήσεις. Τους φθινοπωρινούς μήνες η μεταβολή είναι πολύ μικρή (1.5 °C) το μεσημέρι στην επιφάνεια. Την άνοιξη, τα αποτελέσματα διαφοροποιούνται. Τον Απρίλιο, σημειώνεται αύξηση από 16 °C σε 18 °C, το μεσημέρι και το απόγευμα. Το Μάρτιο, δεν παρατηρείται μεταβολή κατά τη διάρκεια της μέρας. Τον Αύγουστο η αύξηση είναι ελάχιστη και δεν ξεπερνάει τους 0.6 °C (Σχ.7.1).



**Ημερήσια μεταβολή θερμοκρασία στο κέντρο.** Η διαφορά θερμοκρασίας το φθινόπωρο είναι της τάξης του  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  από  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  στον πυθμένα. Τους μήνες της άνοιξης τα αποτελέσματα διαφέρουν. Τον Απρίλιο επικρατεί η ίδια κατάσταση με τη πηγή. Τον Αύγουστο η θερμοκρασία στο βαθύτερο σημείο (20 m) είναι  $16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  διαφορά  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Σχ. 7.1)

**Εποχική μεταβολή αγωγιμότητας στη πηγή.** Στη πηγή τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ελάχιστη μείωση της αγωγιμότητας όσο ανεβαίνουμε προς την επιφάνεια. Στο βαθύτερο σημείο η αγωγιμότητα μετρήθηκε  $1,33\text{ mS/cm}$  την άνοιξη και μειώνεται κατά  $0,2\text{ mS/cm}$  στην επιφάνεια της λίμνης ενώ το φθινόπωρο οι τιμές αγωγιμότητας μειώνονται από  $1,5\text{ mS/cm}$  σε  $1,3\text{ mS/cm}$ . Την χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο παρατηρείται ότι οι τιμές της αγωγιμότητας ( $1,38$  και  $1,43\text{ mS/cm}$ ) παρουσιάζουν ελάχιστη μεταβολή ανάλογα με το βάθος  $0,2\text{ mS/cm}$  και  $0,1\text{ mS/cm}$  αντίστοιχα (Σχ. 7.4).

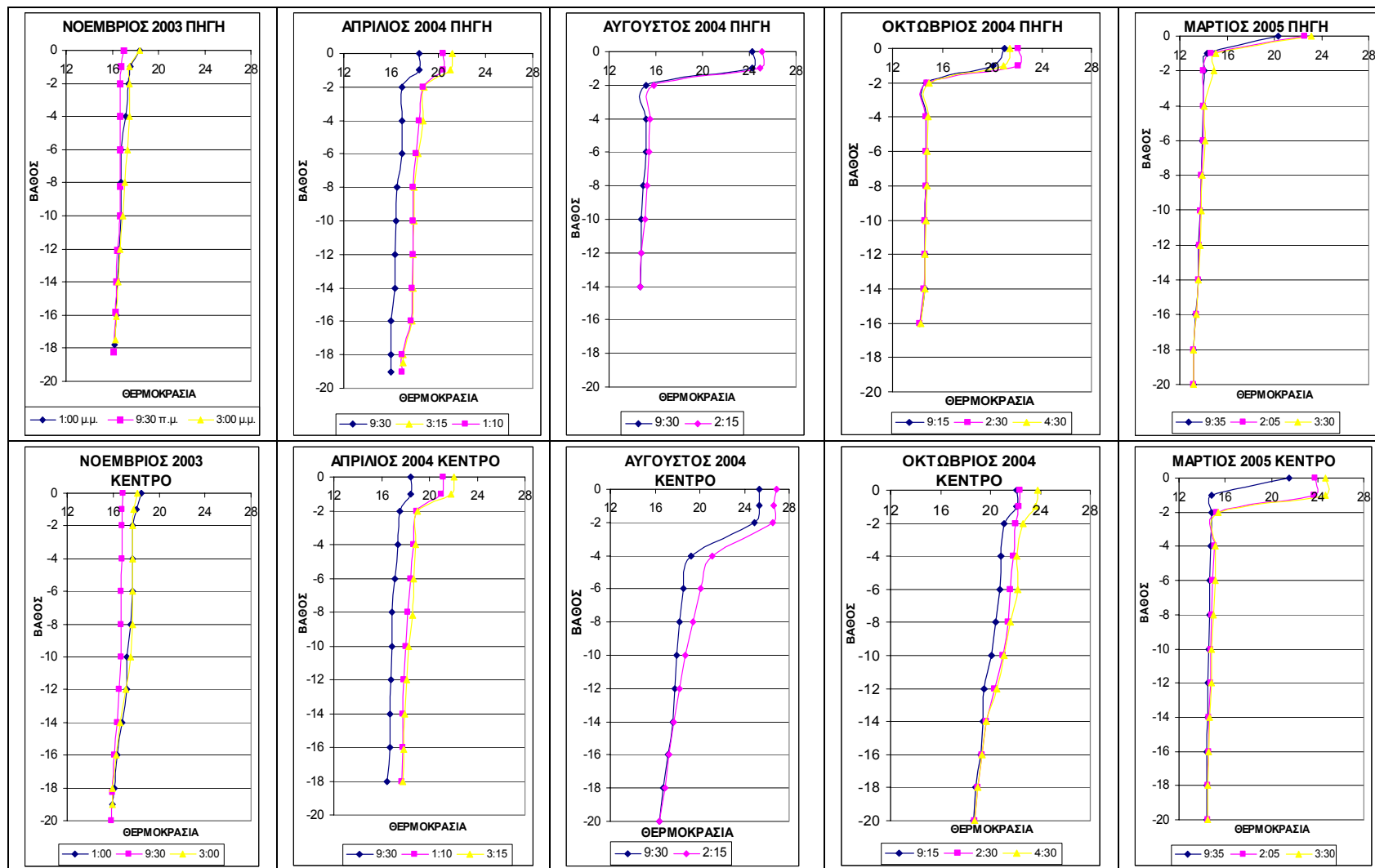
**Εποχική μεταβολή αγωγιμότητας στο κέντρο.** Στο κέντρο, όλες οι τιμές της αγωγιμότητας είναι μικρότερες από τη πηγή. Το Δεκέμβριο η αγωγιμότητα που μετρήθηκε στο κέντρο της λίμνης ήταν  $1,44\text{ mS/cm}$  και μειώθηκε κατά  $0,03\text{ mS/cm}$  στην επιφάνεια. Την άνοιξη η μείωση στην επιφάνεια της λίμνης ήταν  $0,14\text{ mS/cm}$  από  $1,31\text{ mS/cm}$  στο πυθμένα. Το φθινόπωρο η αγωγιμότητα στο πυθμένα ήταν  $1,5\text{ mS/cm}$  και η μείωση στην επιφάνεια ήταν  $0,2\text{ mS/cm}$ . Τέλος, το καλοκαίρι η μεταβολή ήταν  $0,2\text{ mS/cm}$ . (Σχ. 7.4).

**Ημερήσια μεταβολή αγωγιμότητας στη πηγή και στο κέντρο.** Κατά τη διάρκεια της μέρας, τα αποτελέσματα της αγωγιμότητας δείχνουν μηδενική μεταβολή και στα δύο σημεία. Οι γραφικές παραστάσεις έχουν όμοιες κλίσεις εκτός από τη μέτρηση του Οκτωβρίου όπου παρατηρείται αύξηση κατά τη διάρκεια της μέρας κατά  $0,15\text{ mS/cm}$  από  $1,99\text{ mS/cm}$  στο πυθμένα. Μεγάλη διαφορά παρατηρείται κατά τη μέτρηση του Μαρτίου όπου οι τιμές που μετρήθηκαν στο κέντρο είναι σχεδόν διπλάσιες από τη πηγή (Σχ. 7.3)

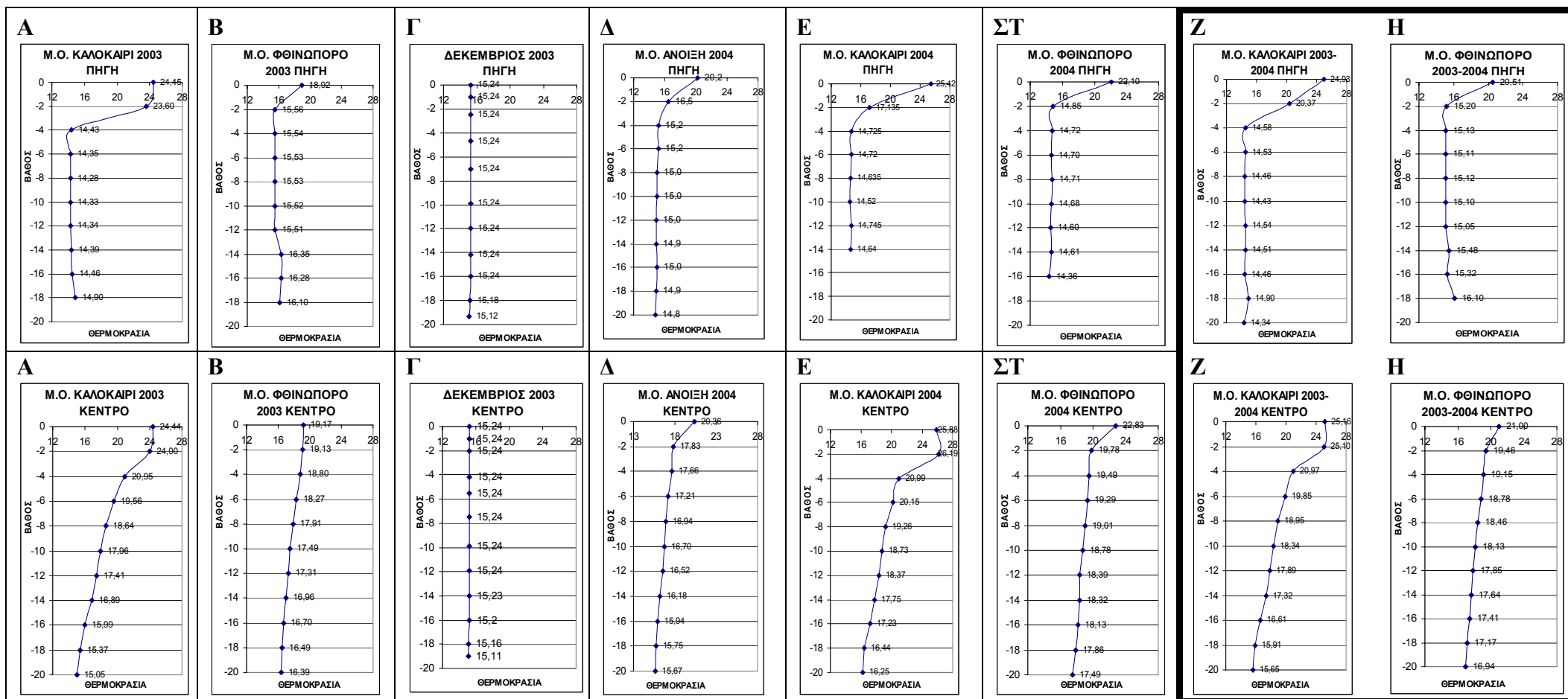
**Εποχική μεταβολή του pH στη πηγή.** Οι τιμές του pH παρουσιάζουν αύξηση όσο ανεβαίνουμε προς την επιφάνεια και στα δύο σημεία δειγματοληψίας. Συνολικά, οι τιμές του Δεκεμβρίου είναι μεγαλύτερες. Η αύξηση το Δεκέμβριο και το φθινόπωρο είναι  $0,13$  και  $0,5$  αντίστοιχα από  $7,76$  που μετρήθηκε στον πυθμένα. Το καλοκαίρι το pH της λίμνης στην επιφάνεια αυξήθηκε κατά  $0,9$  μονάδες (Σχ. 7.6).

**Εποχική μεταβολή του pH στο κέντρο.** Στο κέντρο το σύνολο των τιμών είναι μεγαλύτερο ωστόσο το χειμώνα οι μετρήσεις είναι στα ίδια επίπεδα με τη πηγή. Η αύξηση είναι σταθερή για όλο το βάθος μέχρι την επιφάνεια. Η μεταβολή το Δεκέμβριο είναι ίδια με τη πηγή. Την άνοιξη και το καλοκαίρι η μεταβολή στην επιφάνεια είναι πολύ μικρή φτάνοντας τις  $0,4$  μονάδες ( $7,14$  στο πυθμένα). Το φθινόπωρο το pH μετρήθηκε  $7,63$  στο πυθμένα και η αύξηση στην επιφάνεια ήταν  $0,8$ . (Σχ. 7.6).

**Ημερήσια μεταβολή του pH στη πηγή και στο κέντρο.** Το φθινόπωρο, προέκυψαν ίδιες τιμές σύμφωνα με το σχήμα 7,5 στο σημείο της πηγής. Οι καμπύλες συμπίπτουν και στις δυο δειγματοληψίες τον Αύγουστο που η μεταβολή το μεσημέρι στη πηγή είναι  $0,5$  μονάδες στην επιφάνεια και έως τα  $6\text{ m}$ . Στο κέντρο δεν παρουσίασε μεταβολή κατά τη διάρκεια της μέρας. Τον Απρίλιο, η μεταβολή ήταν μηδενική κατά τη διάρκεια της μέρας ενώ τον Μάρτιο παρατηρείται αύξηση στο κέντρο τις μεσημεριανές ώρες.



**Σχήμα 7.1:** Κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας στο νερό της λίμνης Κουρνά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι μετρήσεις έγιναν το πρωί (9:00-9:30), το μεσημέρι (1:00-2:00) και απόγευμα (3:00-4:00) στα σημεία πηγή και κέντρο



**Σχήμα 7.2:** (Α-ΣΤ) Εποχική μεταβολή της θερμοκρασίας στο νερό της λίμνης Κουρνά. Οι τιμές που αναφέρονται προκύπτουν από τον μέσο όρο των τιμών της θερμοκρασίας που μετρήθηκαν από 9:00 έως 10:00 πμ, στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρο, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004. (Ζ-Η) Μέσος όρος τιμών θερμοκρασίας για το καλοκαίρι και φθινόπωρο στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρο, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004

**Εποχική μεταβολή των ολικών διαλυμένων στερεών στη πηγή και στο κέντρο.** Στις μετρήσεις των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) τα αποτελέσματα δείχνουν μείωση στις μετρήσεις από τον πυθμένα ως την επιφάνεια. Στο κέντρο το σύνολο των τιμών είναι μικρότερο από τη πηγή γεγονός που παρατηρήθηκε για όλες τις εποχές. Η μεταβολή στη πηγή αν και δεν είναι ίδια για κάθε εποχή είναι ελάχιστη. Το καλοκαίρι μετρήθηκαν 0.72mg/L στο πυθμένα και ελαττώθηκαν μέχρι 0.65mg/L, το φθινόπωρο μετρήθηκαν 1.19mg/L και η μείωση ήταν 0.12mg/L στην επιφάνεια (Σχήμα 7.8). Το Δεκέμβριο η ελάττωση ήταν οριακή (από 0.9 σε 0.887mg/L). Την άνοιξη η μεταβολή στα TDS είναι από 0.9 στο πυθμένα σε 0.83mg/L. Στο κέντρο, μετρήθηκαν 0.88mg/L στο πυθμένα το καλοκαίρι και παρατηρήθηκε μείωση κατά 0.2mg/L ενώ την άνοιξη μειώθηκαν κατά 0.04mg/L. Μεγαλύτερη μεταβολή παρατηρείται το φθινόπωρο (από 0.94 σε 0.82 mg/L) και το Δεκέμβριο οι μετρήσεις και η μεταβολή είναι ίδια με τη πηγή.

**Ημερήσια μεταβολή των ολικών διαλυμένων στερεών στη πηγή και στο κέντρο.** Στις μετρήσεις των ολικών διαλυμένων στερεών κατά τη διάρκεια της μέρας, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι δεν υπήρξε μεταβολή και στα δύο σημεία της λίμνης. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί η δειγματοληψία του Οκτωβρίου στη πηγή όπου παρατηρείται απότομη μείωση κατά 0.5 mg/L 1m από την επιφάνεια στην απογευματινή μέτρηση. (Σχήμα 7.7).

**Εποχική μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου στη πηγή.** Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του διαλυμένου οξυγόνου παρουσιάζουν μικρή μεταβολή στο σύνολο τους και χαρακτηρίζουν τη λίμνη ως ορθοβαθμική λαμβάνοντας υπόψη και τις μετρήσεις της θερμοκρασίας. Η υψηλότερη τιμή του διαλυμένου οξυγόνου στη πηγή σημειώθηκε στο βαθύτερο σημείο. Η καμπύλη των γραφημάτων έχει την ίδια μορφή για όλες τις μετρήσεις εκτός από εκείνη του Ιουλίου του 2004 (Σχήμα 7.10). Το Δεκέμβρη παρατηρούνται οι μεγαλύτερες τιμές, γεγονός που οφείλεται στη χαμηλότερη θερμοκρασία του νερού. Στο κέντρο παρατηρούνται οι παρόμοιες συνθήκες ενισχύοντας χαρακτηρισμό του. Στο πυθμένα σημειώθηκε η χαμηλότερη τιμή.

Στις μετρήσεις του διαλυμένου οξυγόνου στη πηγή το καλοκαίρι παρατηρείται μείωση στην επιφάνεια περίπου 0.7mgO<sub>2</sub>/l από 8.43mgO<sub>2</sub>/l στο πυθμένα. Το φθινόπωρο η μείωση στην επιφάνεια φτάνει τα 1mgO<sub>2</sub>/l από 9.4. Την άνοιξη, το διαλυμένο οξυγόνο στην επιφάνεια αυξήθηκε κατά 0.4mgO<sub>2</sub>/l από 9.52mgO<sub>2</sub>/l στο πυθμένα και το Δεκέμβριο η μείωση ήταν μόλις 0.4mgO<sub>2</sub>/l (9.7 σε 9.3mgO<sub>2</sub>/l).

**Εποχική μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου στο κέντρο.** Στο κέντρο η μείωση ήταν 2mgO<sub>2</sub>/l από 11.42mgO<sub>2</sub>/l το Δεκέμβριο, την άνοιξη 0.6mgO<sub>2</sub>/l. Το καλοκαίρι η διαφορά έφτασε τα 2.5mgO<sub>2</sub>/l (από 10.06mgO<sub>2</sub>/l και το φθινόπωρο 3mgO<sub>2</sub>/l (Σχήμα 7.10).

**Ημερήσια μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου στη πηγή.** Στην ημερήσια μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου στη πηγή τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση στο σύνολο τους. Στις μετρήσεις του Νοεμβρίου, παρατηρείται το ίδιο προφίλ μεταβολής και στα δύο σημεία. Τον Οκτώβριο παρατηρείται υψηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου στην επιφάνεια και ακολουθεί μια μικρή πτώση για 1m για να επανέλθει πάλι στα 2m στην ίδια τιμή με το επιλίμνιο. Η μείωση το μεσημέρι είναι περίπου 2mgO<sub>2</sub>/l (από 9mgO<sub>2</sub>/l σε 7mgO<sub>2</sub>/l) ενώ το απόγευμα δεν υπάρχει επιπλέον μείωση. Τον Απρίλιο του 2004 και το Μάρτιο του 2005, η μεταβολή είναι μηδενική και τον Αύγουστο, παρατηρούνται χαμηλότερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου και η μείωση είναι 1.5mgO<sub>2</sub>/l από τη πρωινή μέτρηση (5.5mgO<sub>2</sub>/l) (Σχήμα 7.9).

**Ημερήσια μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου στο κέντρο.** Αντιστοίχως, στο κέντρο η μεταβολή την άνοιξη είναι μηδενική και τον Αύγουστο παρατηρείται ελάχιστη μείωση. Το Νοέμβριο παρατηρείται μείωση κατά 2mgO<sub>2</sub>/l το μεσημέρι από 10mgO<sub>2</sub>/l που ήταν το πρωί ενώ τον Οκτώβριο η πτώση του διαλυμένου οξυγόνου ήταν μεγαλύτερη φθάνοντας τα 3mgO<sub>2</sub>/l (Σχήμα 7.9).

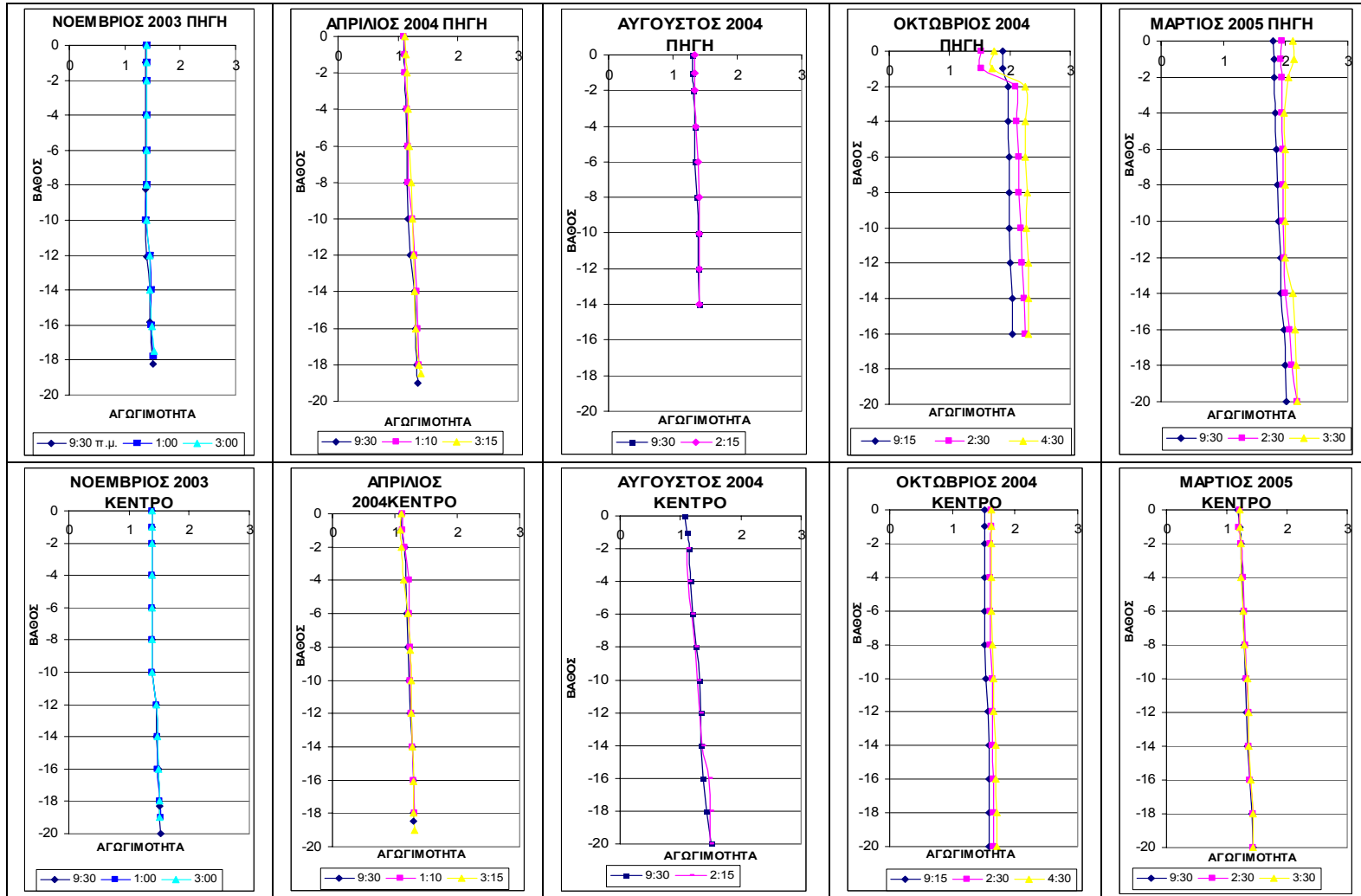
**Εποχική μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου % κορεσμού στη πηγή.** Στη πηγή παρατηρείται ελάχιστη μεταβολή το καλοκαίρι από 83 σε 85% στην επιφάνεια. Το φθινόπωρο, η αύξηση στην επιφάνεια είναι περίπου 12% από 96% στο πυθμένα, την άνοιξη 20% και το Δεκέμβριο μείωση 5% (Σχήμα 7.12).

**Εποχική μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου % κορεσμού στο κέντρο.** Στο κέντρο, έχουμε αύξηση από το πυθμένα την επιφάνεια κατά 15% από 87% το καλοκαίρι, την άνοιξη 20% και το φθινόπωρο 30%. Το Δεκέμβριο το ποσοστό κορεσμού μειώνεται από 91% στην επιφάνεια από 113% στο πυθμένα (Σχήμα 7.12).

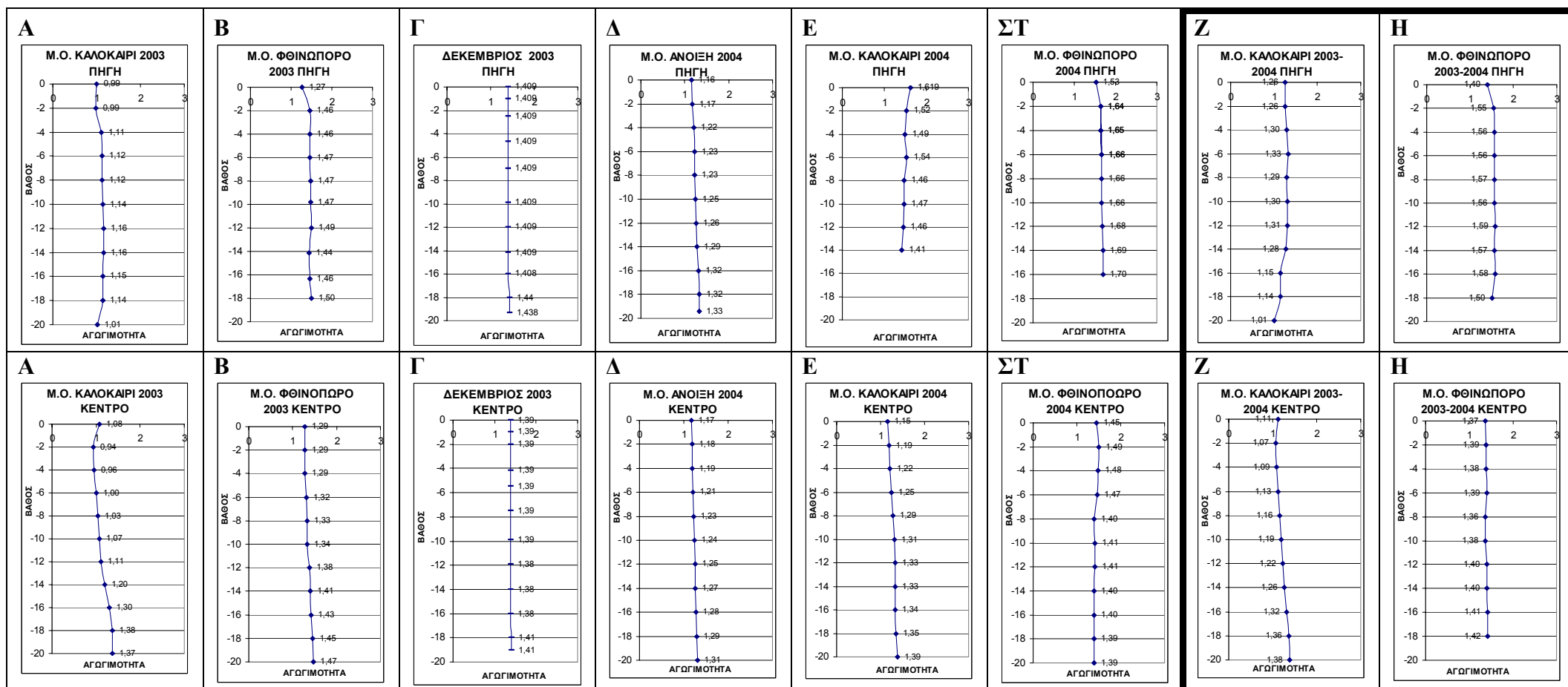
**Ημερήσια μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου % κορεσμού στη πηγή.** Τα ποσοστά κορεσμού σε οξυγόνο δείχνουν κορεσμό στη πηγή σε όλες τις μετρήσεις εκτός από τον Αύγουστο του 2003 και τον Οκτώβριο του 2004 (Σχήμα 7.11). Οι καμπύλες που προέκυψαν είναι ισοοξυγονικές εκτός από τον Ιούλιο του 2004 όπου παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση. Τα ποσοστά κορεσμού σε οξυγόνο και στα δύο σημεία παρουσιάζουν μείωση το φθινόπωρο κατά 20% το μεσημέρι από 105% που μετρήθηκε το πρωί και μηδενική μείωση το απόγευμα. Την άνοιξη δεν υπήρξε μεταβολή κατά τη διάρκεια της μέρας και τον Αύγουστο η μεταβολή είναι 10% και στα δύο σημεία

**Ημερήσια μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου % κορεσμού στο κέντρο.** Στο κέντρο αντιστοίχως, επικρατούν ίδιες συνθήκες εκτός από κάποιες περιπτώσεις το καλοκαίρι που τα ποσοστά υπερβαίνουν το σημείο κορεσμού ενώ για το υπόλοιπο έτος το σύνολο των μετρήσεων είναι στο σημείο κορεσμού. Στην επιφάνεια στο σημείο του κέντρου επιτυγχάνεται καλύτερη ανάμιξη και η διαλυτότητα είναι μεγαλύτερη. Έτσι προκύπτει μείωση του οξυγόνου τόσο σε mgO<sub>2</sub>/l όσο και σε ποσοστό κορεσμού (Σχήμα 7.11).

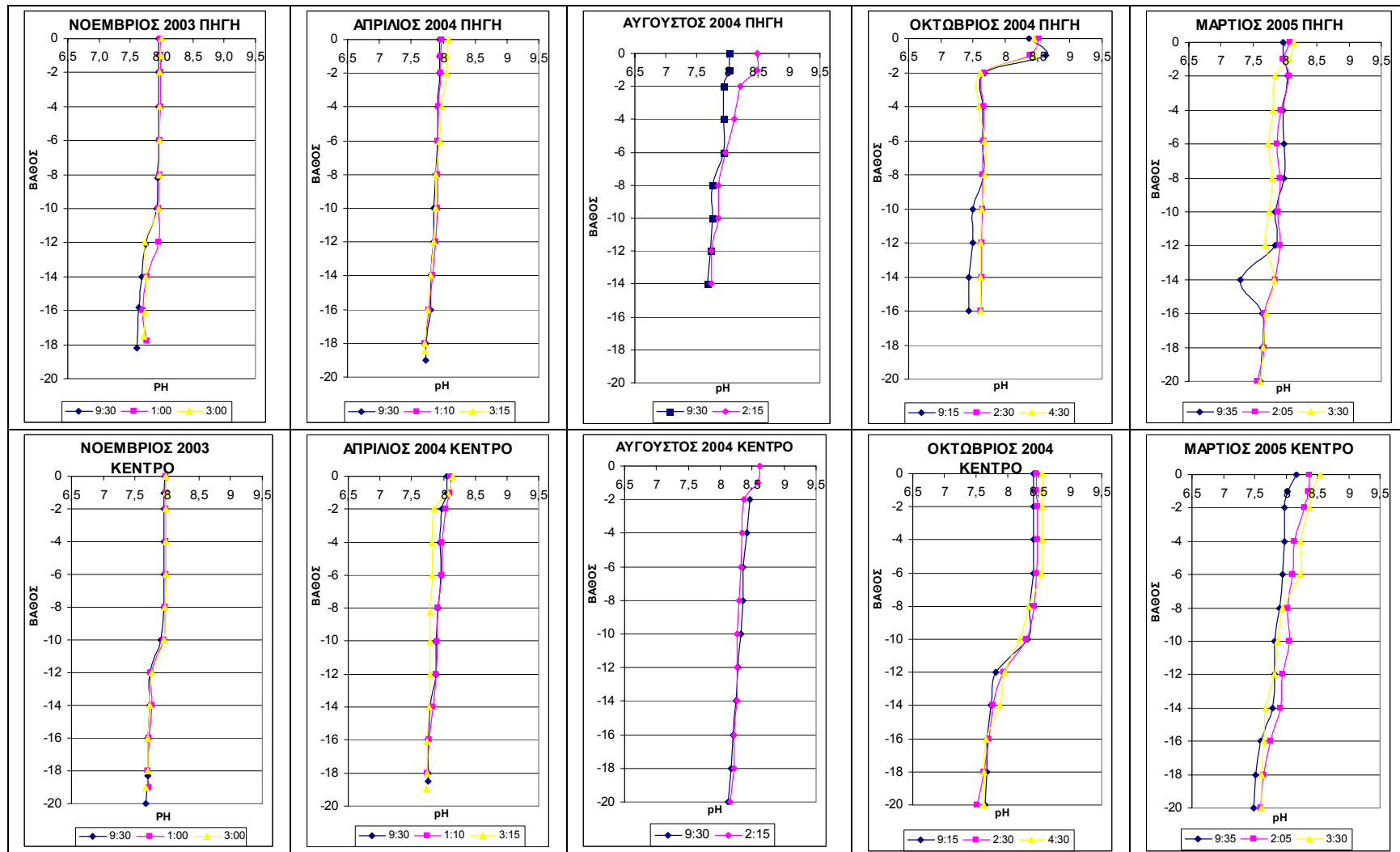
Στο σύνολο των αποτελεσμάτων του διαλυμένου οξυγόνου παρατηρούνται ορθοβαθμικές ισοοξυγονικές καμπύλες. Η γραφική παράσταση που προκύπτει από τις μετρήσεις στην λίμνη του Κουρνά μοιάζει σε μεγάλο βαθμό με την καμπύλη οξυγόνου που αφορά τη λίμνη Μεγάλη Πρέσπα [11]. Διαφορετικές καμπύλες προέκυψαν από τις δειγματοληψίες τους μήνες Αύγουστο 2003, Μάιο 2004, Ιούλιο 2004 και Αύγουστο 2004. Αντιστοιχία μπορεί να υπάρξει με τη λίμνη Κορωνεία [11] και στη Μικρή Πρέσπα [11], όπου η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου δεν παρέμεινε σταθερή αλλά μειώνεται στο πυθμένα.



**Σχήμα 7.3:** Κατακόρυφη μεταβολή της αγωγιμότητας στο νερό της λίμνης Κουρνά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι μετρήσεις έγιναν το πρωί (9:00-9:30), το μεσημέρι (1:00-2:00) και απόγευμα (3:00-4:00) στα σημεία πηγή και κέντρο

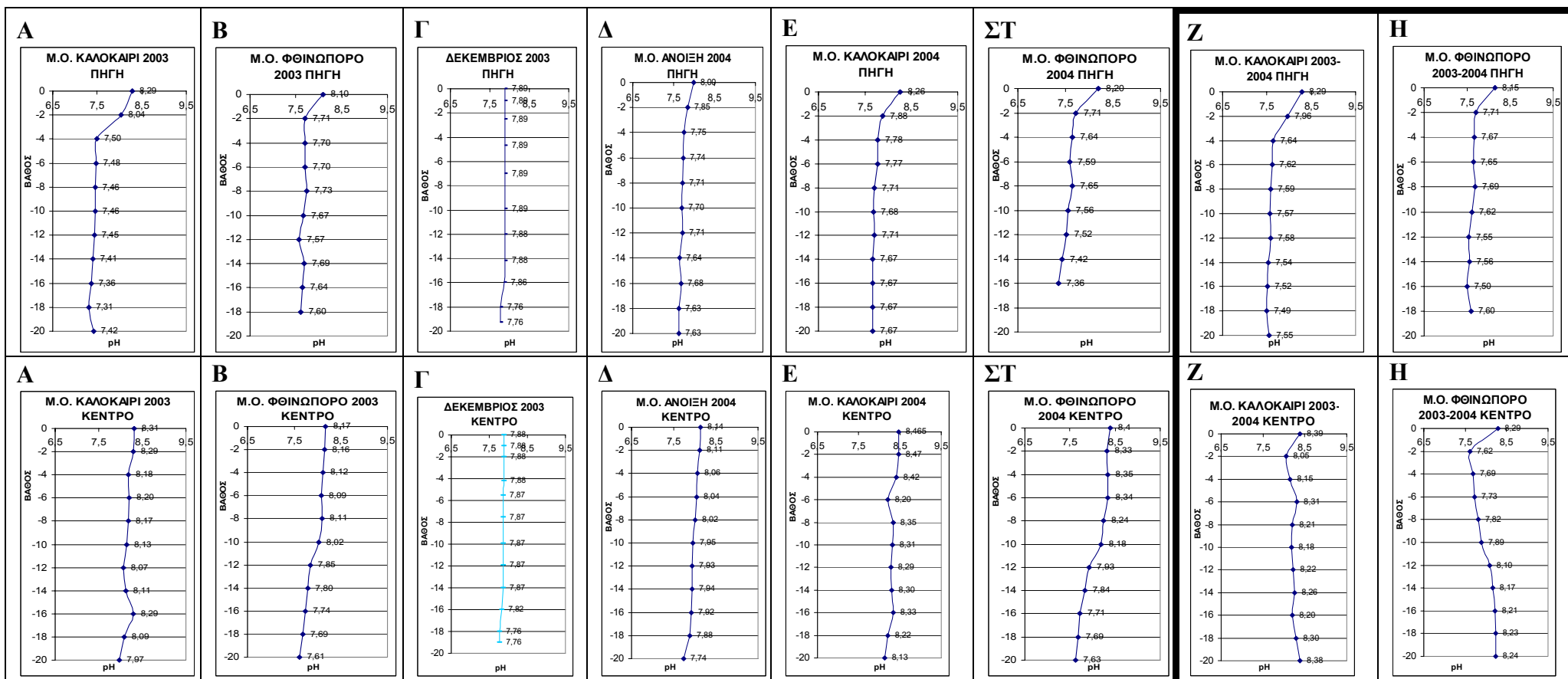


**Σχήμα 7.4:** (Α-ΣΤ) Οι καμπύλες της εποχικής μεταβολής της αγωγιμότητας στο νερό της λίμνης Κουρνά. Οι τιμές που αναφέρονται προκύπτουν από τον μέσο όρο των τιμών της αγωγιμότητας που μετρήθηκαν από 9:00 έως 10:00 πμ, στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρο, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004. (Ζ-Η) Μέσος όρος τιμών αγωγιμότητας για το καλοκαίρι και φθινόπωρο στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρο, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004

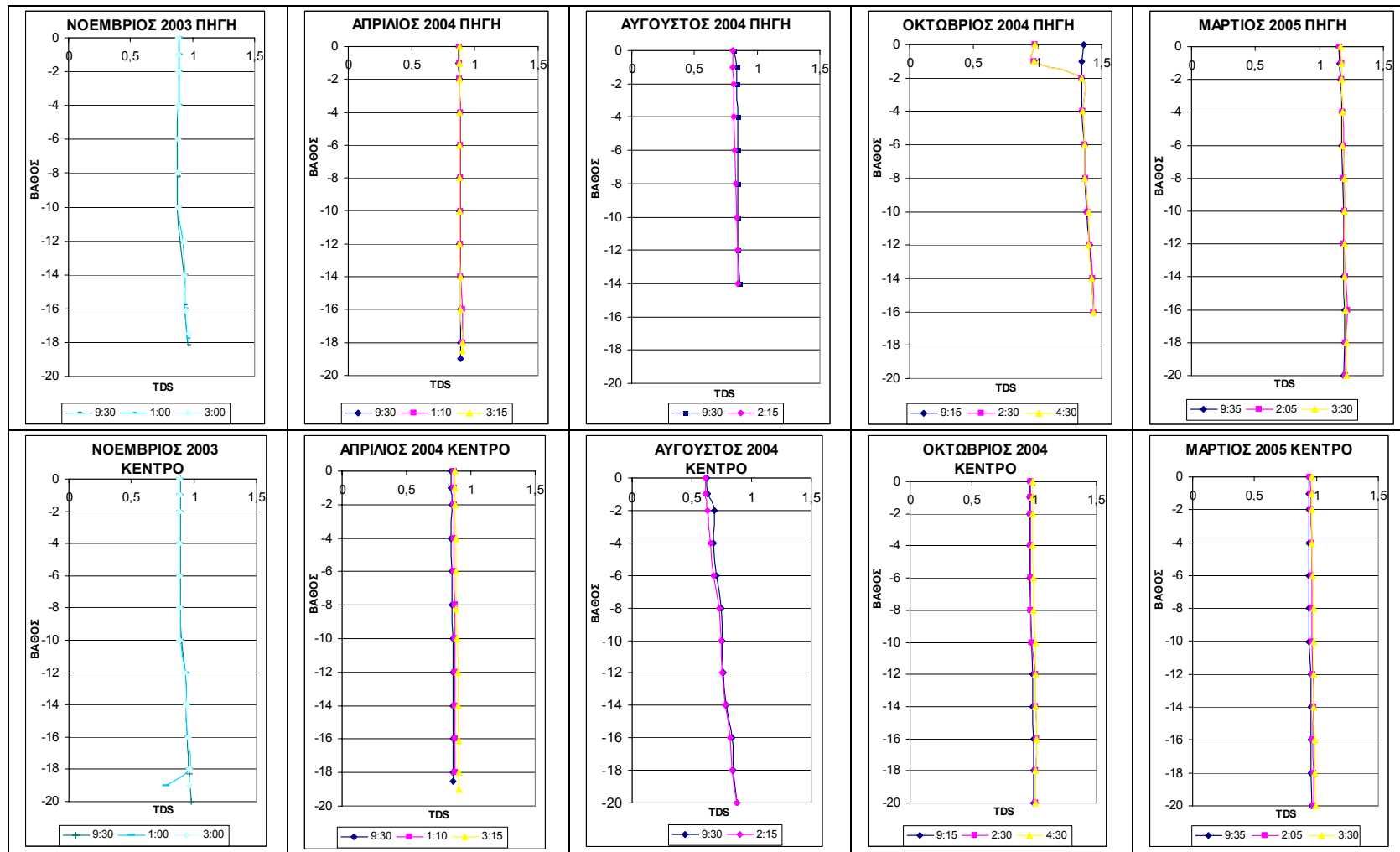


**Σχήμα 7.5:** Κατακόρυφη μεταβολή του pH στο νερό της λίμνης Κουρνά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι μετρήσεις έγιναν το πρωί (9:00-9:30), το μεσημέρι (1:00-2:00) και απόγευμα (3:00-4:00) στα σημεία πηγή και κέντρο

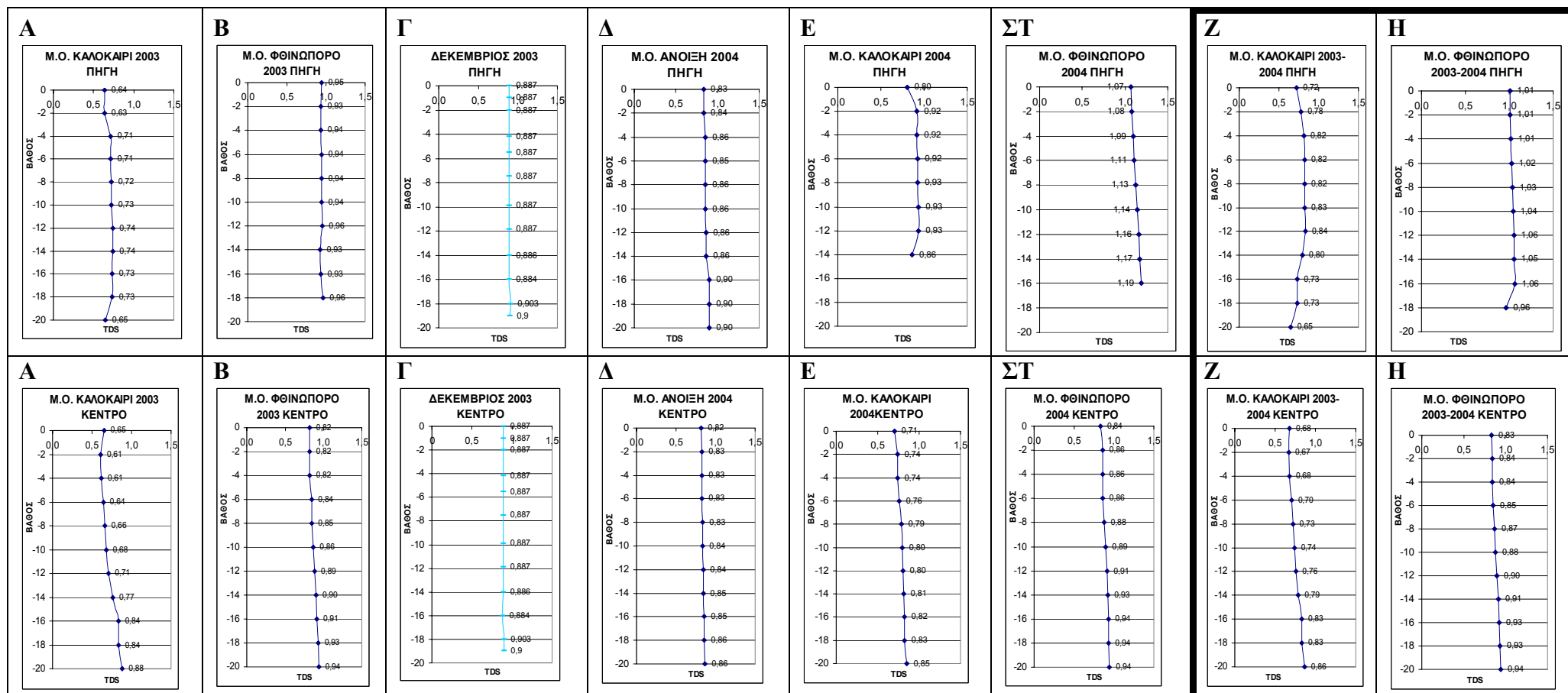




**Σχήμα 7.6:** (Α-ΣΤ) Κατακόρυφη εποχική μεταβολή του pH στο νερό της λίμνης Κουρνά. Οι τιμές που αναφέρονται προκύπτουν από τον μέσο όρο των τιμών του pH που μετρήθηκαν από 9:00 έως 10:00 πμ, στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρο, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004. (Ζ-Η) Μέσος όρος τιμών pH για το καλοκαίρι και φθινόπωρο στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρο, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004



**Σχήμα 7.7:** Κατακόρυφη μεταβολή των ολικών διαλυμένων στερεών στο νερό της λίμνης Κουρνά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι μετρήσεις έγιναν το πρωί (9:00-9:30), το μεσημέρι (1:00-2:00) και απόγευμα (3:00-4:00) στα σημεία πηγή και κέντρο

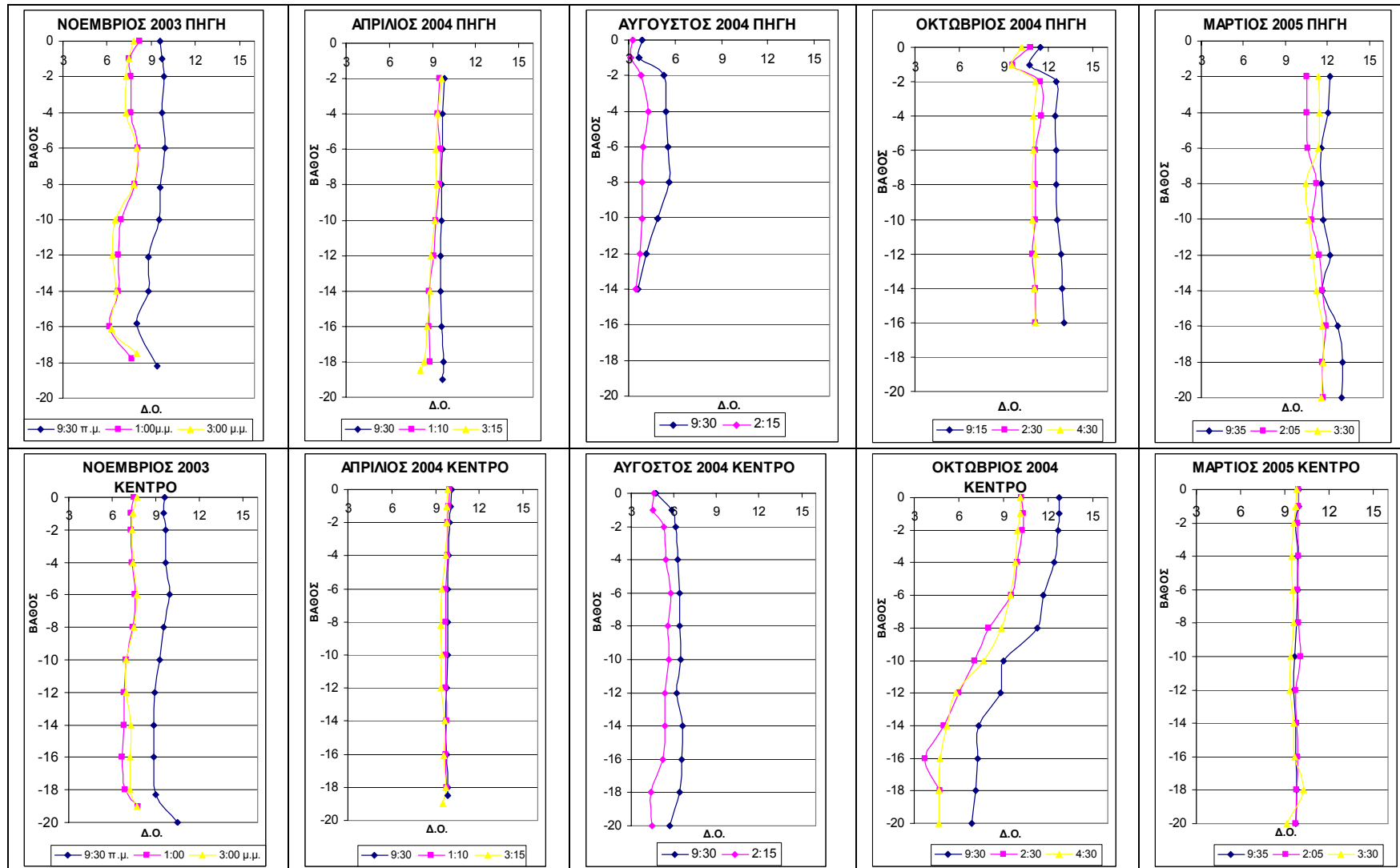


**Σχήμα 7.8** (Α-ΣΤ) Εποχική μεταβολή της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών στο νερό της λίμνης Κουρνά. Οι τιμές που αναφέρονται προκύπτουν από τον μέσο όρο των τιμών της συγκέντρωσης TDS που μετρήθηκαν από 9:00 έως 10:00 πμ, στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρο, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004. (Z-H) Μέσος όρος τιμών TDS για το καλοκαίρι και φθινόπωρο στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρο, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004

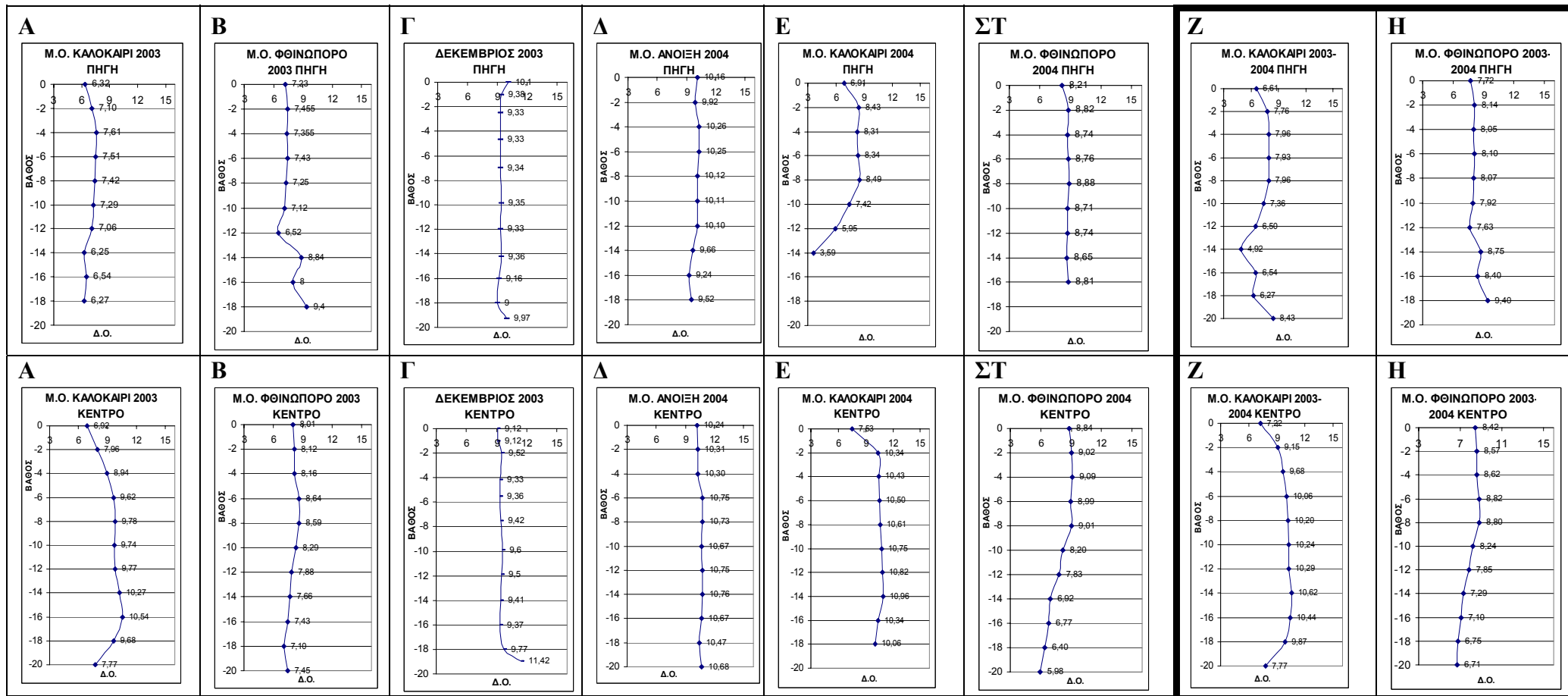
**Θερμική στρωμάτωση νερού της λίμνης Κουρνά.** Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας δείχνουν υψηλότερες τιμές σε βάθος έως 4m από την επιφάνεια της λίμνης όπως έχει αναφερθεί και για τη λίμνη Βεγορίτιδα. Η κατανομή του οξυγόνου που προκύπτει από τις καμπύλες ταυτίζεται με την ορθοβαθμική του σχήματος 3.5 σε περιόδους στρωμάτωσης [11].

Στις θέσεις πηγή και κέντρο, τους καλοκαιρινούς μήνες και των δύο ετών της μελέτης παρατηρείται απότομη μείωση 4m από την επιφάνεια και η τιμή παραμένει σταθερή στη θέση πηγή. Το φθινόπωρο του 2003 και 2004, η αντίστοιχη μείωση παρατηρείται 2m από την επιφάνεια. Στις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν το Νοέμβριο και το Δεκέμβριο του 2003 η θερμοκρασία παρέμεινε σταθερή από την επιφάνεια μέχρι βάθος 20m.

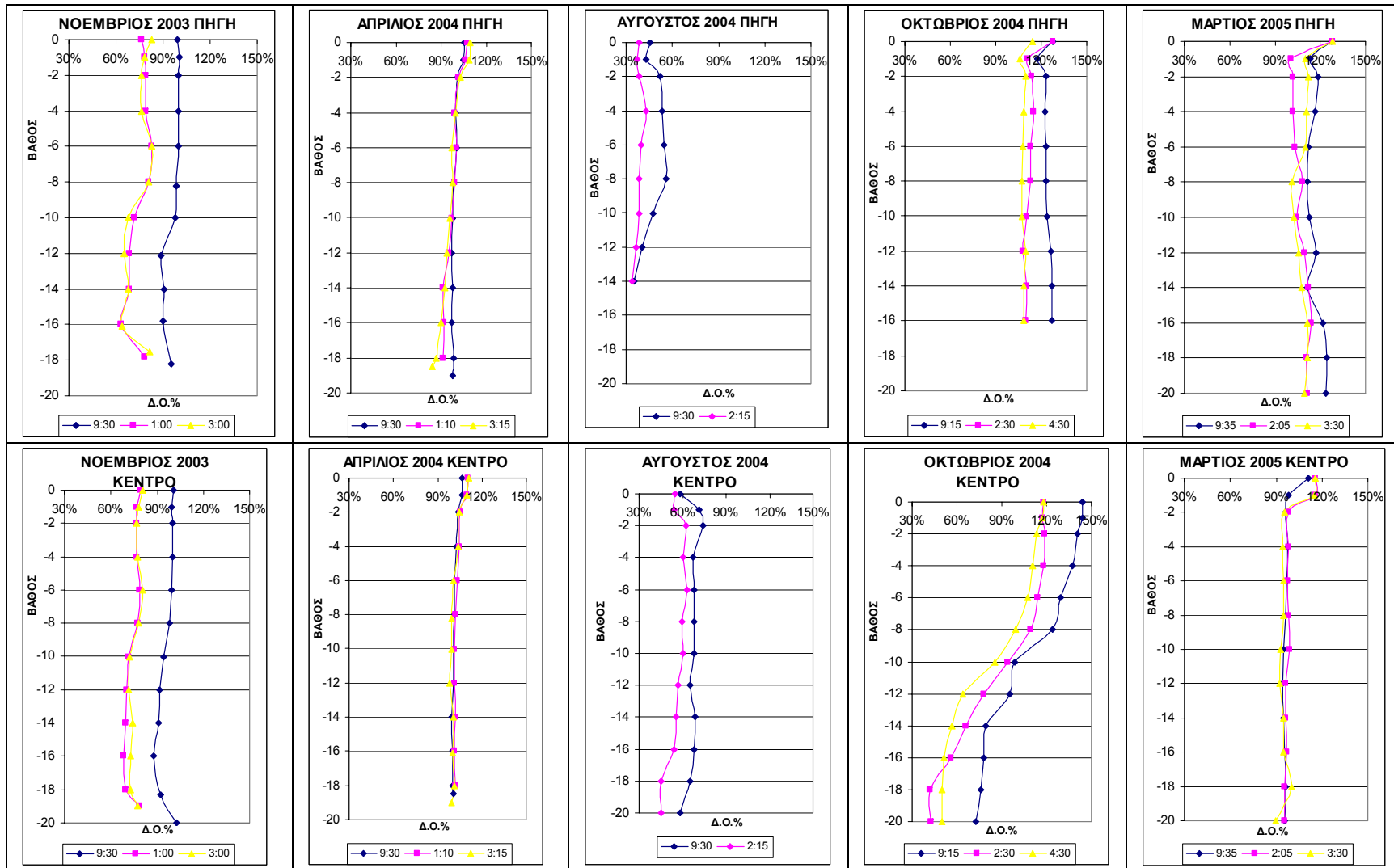
Από τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών προκύπτει ότι η λίμνη στρωματώνεται θερμικά. Η στρωμάτωση παρατηρείται μία φορά το χρόνο τους θερινούς μήνες. Η μεταβολή θερμοκρασίας εντοπίζεται 4m από την επιφάνεια της λίμνης και παρουσιάζει σταδιακή μείωση έως το πυθμένα. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και πυθμένα στη πηγή φτάνει τους 11°C και στο κέντρο τους 5°C. Στη περίπτωση της πηγής η θερμική στρωματοποίηση είναι φαινομενική καθώς η απότομη μείωση της θερμοκρασίας 2m κάτω από την επιφάνεια της λίμνης οφείλεται κυρίως στην σταθερά χαμηλή θερμοκρασία του νερού που τροφοδοτεί υπόγεια την λίμνη. Στο κέντρο της λίμνης όπου πλέον το νερό τροφοδοσίας έχει πλήρως αναμειχθεί με το υπόλοιπο νερό της λίμνης η παρατηρούμενη θερμική στρωματοποίηση είναι πιθανότερο ότι οφείλεται στην δημιουργία των τριών στρωμάτων επιλίμνιο, μεταλίμνιο και υπολίμνιο. Από τις μετρήσεις φαίνεται ότι το βάθος του επιλίμνιου είναι περίπου 2m και του μεταλίμνιου περίπου 2m. Κάτω από τα 4m από την επιφάνεια της λίμνης αρχίζει η περιοχή του υπολίμνιου με την σταθερά χαμηλότερη θερμοκρασία.



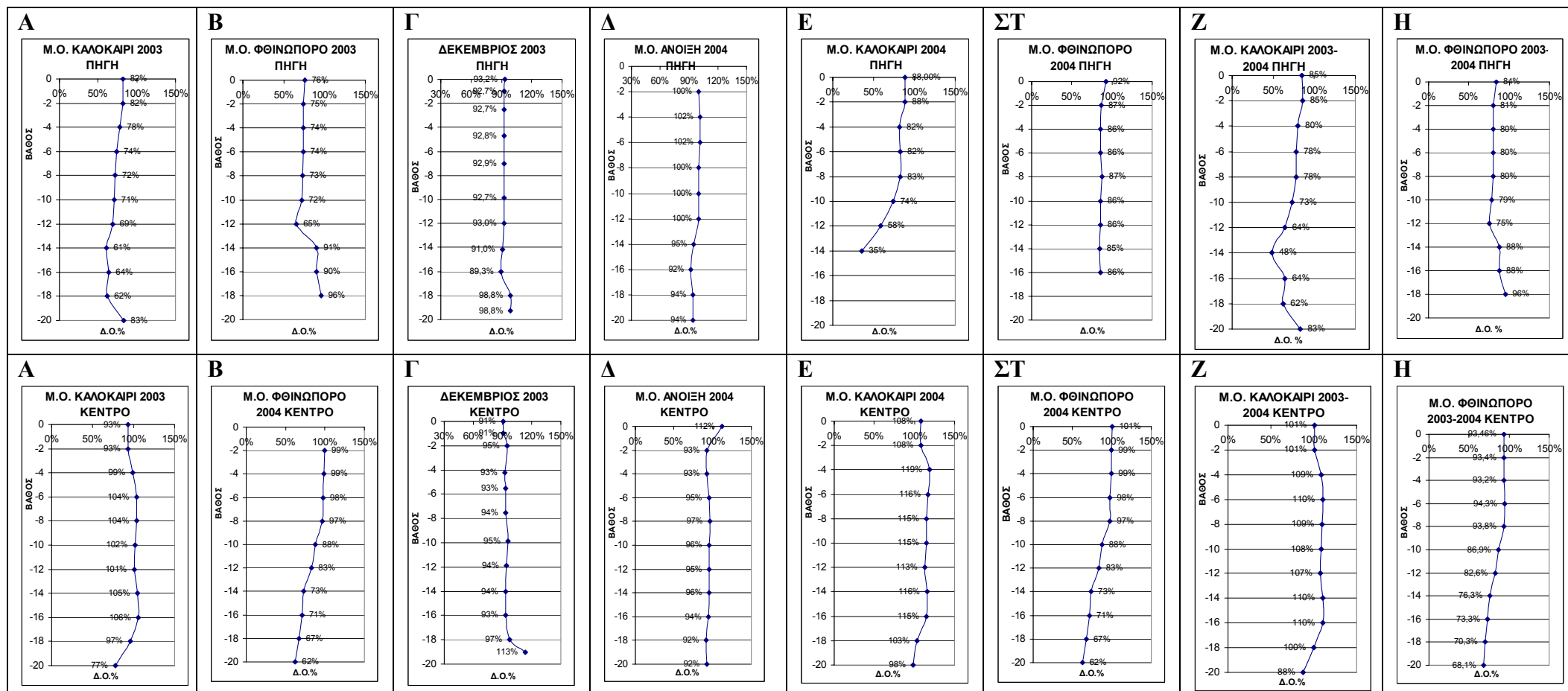
**Σχήμα 7.9:** Κατακόρυφη μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό της λίμνης Κουρνά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι μετρήσεις έγιναν το πρωί (9:00-9:30), το μεσημέρι (1:00-2:00) και απόγευμα (3:00-4:00) στα σημεία πηγή και κέντρο



**Σχήμα 7.10:** (Α-ΣΤ) Ισοθερμικές καμπύλες με την εποχική μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό της λίμνης Κουρνά. Οι τιμές που αναφέρονται προκύπτουν από τον μέσο όρο των τιμών της συγκέντρωσης οξυγόνου που μετρήθηκαν από 9:00 έως 10:00 πμ, στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρο, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004. (Ζ-Η) Μέσος όρος τιμών Δ.Ο. για το καλοκαίρι και φθινόπωρο στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρο, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004



**Σχήμα 7.11:** Κατακόρυφη μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου % κορεσμού στο νερό της λίμνης Κουρνά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι μετρήσεις έγιναν το πρωί (9:00-9:30), το μεσημέρι (1:00-2:00) και απόγευμα (3:00-4:00) στα σημεία πηγή και κέντρο



**Σχήμα 7.12:** (Α-ΣΤ) Ισοϋγονικές καμπύλες με τη εποχική μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου % κορεσμού στο νερό της λίμνης Κουρνά. Οι τιμές που αναφέρονται προκύπτουν από το μέσο όρο των τιμών του κορεσμού οξυγόνου που μετρήθηκαν από 9:00 έως 10:00 π.μ. στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρι, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004. (Z-H) Μέσος όρος τιμών Δ.Ο. για το καλοκαίρι και φθινόπωρο στα σημεία της λίμνης πηγή και κέντρο, τη περίοδο από καλοκαίρι 2003 έως φθινόπωρο 2004.



**Συγκριτική μελέτη της μεταβολής των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού 4m κάτω από την επιφάνεια της λίμνης Κουρνά μεταξύ των σημείων πηγή και κέντρο.**

Στο Σχήμα 7.13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε βάθος 4m από την επιφάνεια της λίμνης στα σημεία δειγματοληψίας πηγή και κέντρο. Περιλαμβάνονται οι παράμετροι που μετρήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών (θερμοκρασία, αγωγιμότητα, ολικά διαλυμένα στερεά, pH, διαλυμένο οξυγόνο σε mg/l και %ποσοστό κορεσμού). Το βάθος των 4m επιλέχθηκε ώστε να αποφευχθούν οι εποχικές μεταβολές ανά παράμετρο. Ο σκοπός ήταν να εντοπιστούν οι διαφορές στις τιμές των παραμέτρων στα δύο σημεία της λίμνης κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών.

Από το γράφημα που αναφέρεται στη θερμοκρασία διαπιστώνεται ότι η διαφορά έχει την μέγιστη τιμή το καλοκαίρι. Αναλυτικότερα, στη θέση πηγή το καλοκαίρι του 2003 η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και σε βάθος 4 m φτάνει τους 8 °C και το 2004 τους 8.5 °C (η θερμοκρασία νερού στα 4m ήταν 14°C). Το φθινόπωρο και για τα δύο έτη η διαφορά θερμοκρασίας, μεταξύ επιφάνειας και σε βάθος 4 m, μειώνεται στους 6 °C ενώ το χειμώνα η διαφορά είναι μηδενική και η θερμοκρασία σχεδόν συμπίπτουν για εκείνο το διάστημα. Την άνοιξη, η θερμοκρασία στο κέντρο παίρνει σταδιακά μεγαλύτερες τιμές από τη πηγή λόγω της έκθεσης στην θερμοκρασία περιβάλλοντος και την ανάμιξη του νερού.

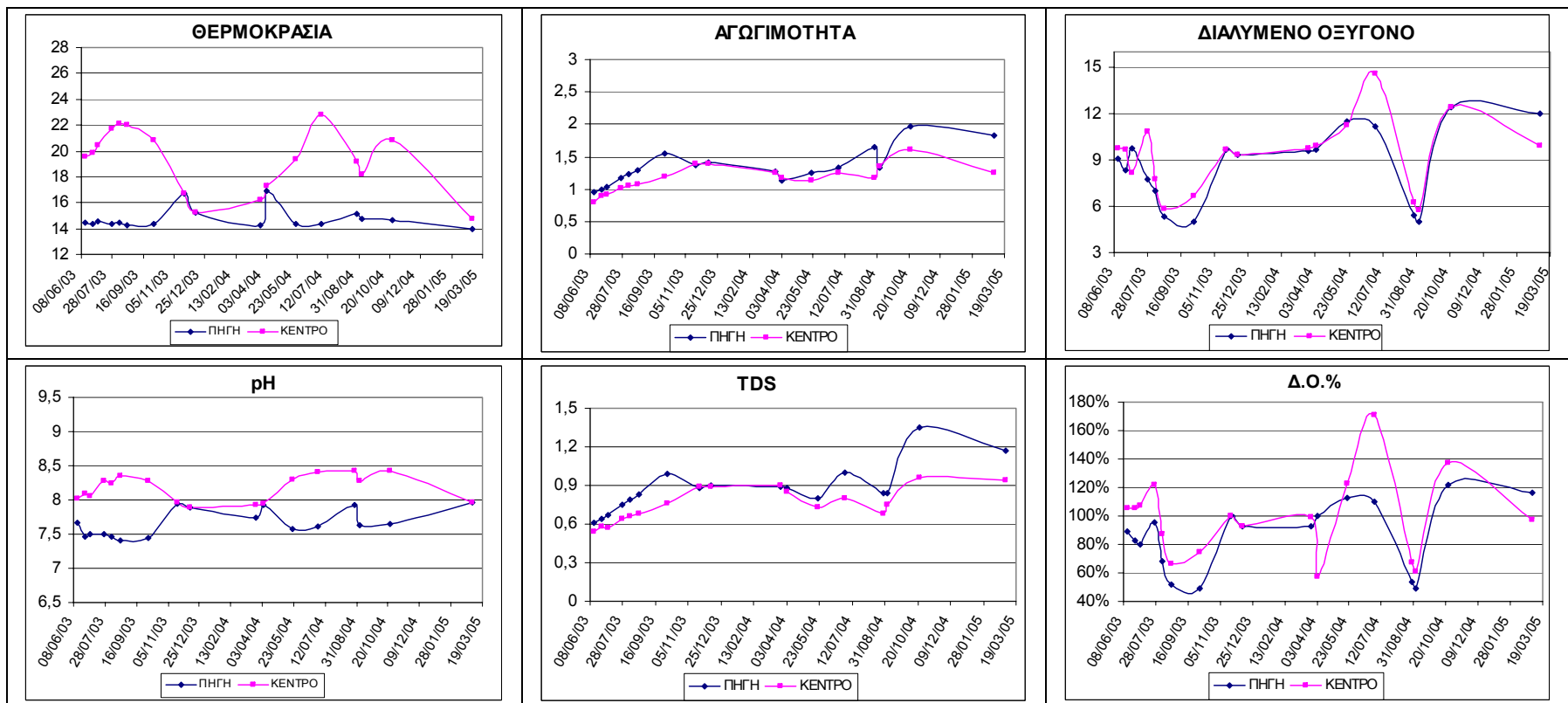
Οι καμπύλες που προκύπτουν από τις μετρήσεις του pH δείχνουν υψηλότερες τιμές στο κέντρο της λίμνης. Το χειμώνα η διαφορά είναι μηδενική, την άνοιξη σταδιακά αυξάνεται και το καλοκαίρι παίρνει τη μέγιστη τιμή (1 μονάδα περίπου), μειώνεται το φθινόπωρο για να επανέλθει στα ίδια επίπεδα το χειμώνα. Η τιμή στη πηγή είναι 7.5 περίπου και τα δυο καλοκαίρια.

Στο γράφημα 7.13 οι τιμές της αγωγιμότητας της πηγής είναι μεγαλύτερες από τις τιμές στο κέντρο. Το καλοκαίρι του 2003 η αγωγιμότητα είναι 1.2mS/cm και παρατηρείται η μέγιστη διαφορά περίπου 0.3mS/cm ενώ φθινόπωρο, και χειμώνα του 2003 η διαφορά είναι μηδενική. Το φθινόπωρο και το χειμώνα του 2004 η διαφορά φτάνει τα 0.3mS/cm. Η κατάσταση αυτή που επικρατεί είναι αποτέλεσμα της διαρκούς πλευρικής εισροής ύδατος, διαφορετικής σύστασης, στη λίμνη.

Ίδιες καμπύλες προκύπτουν από τις μετρήσεις των ολικών διαλυμένων στερεών . Η διαφορά το καλοκαίρι φτάνει τα 0.2mg/l από 0.7mg/l στη πηγή και τα δύο έτη, το φθινόπωρο και χειμώνα του 2003 είναι μηδενική και το φθινόπωρο του 2004 εμφανίζεται η μέγιστη διαφορά 0.4mg/l.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του διαλυμένου οξυγόνου παρουσιάζουν μικρές αποκλίσεις στα δύο σημεία. Το καλοκαίρι και το φθινόπωρο του 2003 η διαφορά είναι πολύ μικρή και το χειμώνα μηδενίζεται. Την επόμενη χρονιά παρατηρείται διαφορά το καλοκαίρι κατά 3mgO<sub>2</sub>/l από 11mgO<sub>2</sub>/l στη πηγή.

Τα % ποσοστά κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές στο κέντρο. Η διαφορά είναι 25%, από 95% στη πηγή, για το καλοκαίρι του 2003 και 60% για το 2004 (110% στη πηγή). Το φθινόπωρο η διαφορά και στα δύο έτη ήταν 10% (55% στη πηγή) ενώ το χειμώνα η διαφορά ήταν μηδενική.



**Σχήμα 7.13:** Μεταβολή των παραμέτρων ποιότητας του νερού της λίμνης Κουρνά σε βάθος 4m από την επιφάνεια της λίμνης την περίοδο από 08/08/2003 έως 19/03/2005.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Rukhovets L.A., Astrakhantsev G.P., Menshutkin V.V., Minina T.R., Petrova N.A., Poloskov V.N. 2003. Development of Lake Ladoga ecosystem models: modelling of the phytoplankton succession in the eutrophication process. Ecological modelling. Διαθέσιμη στην ιστοσελίδα : [www.elsevier.com/locate/ecolmodel](http://www.elsevier.com/locate/ecolmodel)
2. Antonopoulos Vassilis, Gianniou Soutana. 2003. Simulation of water temperature and dissolved oxygen distribution in Lake Vegoritis, Greece, Ecological modelling. Διαθέσιμη στην ιστοσελίδα : [www.elsevier.com/locate/ecolmodel](http://www.elsevier.com/locate/ecolmodel)
3. ANSA - ASARE O. D., MARR I. L. AND CRESSER M. S. 2000. Evaluation of modeled and measured patterns of dissolved oxygen in a freshwater lake as an indicator of the presence of biodegradable organic pollution. PERGAMON Elsevier Science. Διαθέσιμη στην ιστοσελίδα : [www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres)
4. Geoffrey S., Minhee Schladow, Hiirzeler Lee' Bernhard E., Kelly Peter. 2002. Oxygen transfer across the air-water interface by natural convection in lakes Inc, American Society of Limnology and Oceanography
5. Appropriate Water Quality Criterion for Dissolved Oxygen for the Main Stem of the Ohio River 1981. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY WASHINGTON. D. C. 20460. Διαθέσιμη στην ιστοσελίδα: [ww.epa.gov./waterscience/library/wqcriteria/doccriteriaohio](http://ww.epa.gov./waterscience/library/wqcriteria/doccriteriaohio)
6. How Low Dissolved Oxygen Conditions Affect Marine Life In Long Island Sound. Comprehensive conversation and management plan for long island sound. Διαθέσιμη στην ιστοσελίδα : [www.longislandlandsoundstudy.net](http://www.longislandlandsoundstudy.net)
7. Black earth creek and limnology minifact and analysis. Sheet 4. Dissolved oxygen in waters. Διαθέσιμη στην ιστοσελίδα : [tellus.ssec.wisc.edu/outreach/teach/ideas/kotoski/minifact\\_sheets/minifact\\_dissolved\\_oxygen](http://tellus.ssec.wisc.edu/outreach/teach/ideas/kotoski/minifact_sheets/minifact_dissolved_oxygen).
8. Διαχειριστικό σχέδιο για τη περιοχή 'Κουρνάς – Γεωργιούπολη'. Πρόγραμμα: Life – natura Δυτικής Κρήτης 95/GR/A22/GR01143/KRI. 'Διαχείριση και προστασία απειλούμενων βιοτόπων της δυτικής Κρήτης με οικοτόπους και είδη προτεραιότητας. Σεπτέμβρης 1998
9. Twort Ala, Ratnayaka Don & Bradt Malcolm J. 2000. Water Supply. Butterworth – Heinemann & Iwa Publishments
10. Κουίμτζής Θ., Φυτιάνος Κ., Σαμαρά – Κωνσταντίνου Κ. 1998. Χημεία Περιβάλλοντος Εκδόσεις University studio press

11. Τσιούρης Σωτήριος. Θέματα προστασίας περιβάλλοντος 1999. Εκδόσεις Γαρταγάνης
12. Μήτρακας Μανασσής. Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού 2001 Εκδόσεις Τζιόλα.
13. Skoulikidis N., Bertahas I., Koussouris T. The environmental state of freshwater resources in Greece (rivers and lakes) 1998. Research article Environmental Geology Springer – Verlag
14. Εγκυκλοπαίδεια Εποπτική Τόμος 9 1987 Εκδοτικός Οίκος Άτλας
15. Ζανάκη Κ. 2001. Έλεγχος ποιότητας νερού. Εκδόσεις Ίων
16. Horne Alexander, Goldman Charles. 1994. Limnology. McGraw – Hill Inc.
17. Σκληβανιώτης Μ. 1995. Βασικές παράμετροι ποιότητας του πόσιμου νερού. Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Πάτρας.
18. Αντωνόπουλος Β. 2003. Ποιότητα νερού και Ρύπανσης Υδάτινων Πόρων. Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων , Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- **ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΡΝΑ**
- **ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ** της 16ης Ιουνίου 1975 περί της απαιτούμενης ποιότητας των υδάτων επιφάνειας που προορίζονται για την παραγωγή ποσίμου ύδατος στα Κράτη μέλη
- **ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ** της 9ης Οκτωβρίου 1979 περί της συχνότητας των δειγματοληψιών και της ανάλυσης των επιφανειακών υδάτων τα οποία προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος στα κράτη μέλη.

### ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΡΝΑ

Το 1990 τροποποιήθηκε στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης ο Ν.1512/1985 σύμφωνα με το Ν.1337/1983 όπου καθορίζει τη ζώνη οικιστικού ελέγχου, κατώτατου ορίου κατάτμησης λοιπών όρων και περιορισμών δόμησης στην εκτός εγκεκριμένου σχεδίου και εκτός ορίων οικισμών προϋφισταμένων έτους 1923 περιοχή των κοινοτήτων Καλαμισίου-Αμυγδαλίου, Μάζης, Γεωργιούπολης, Κουρνά, Φυλακή, Καστέλου (Ν. Χανίων) και επισκοπής (Ν. Ρεθύμνης). Μέσα στη ΖΟΕ καθορίζονται οι περιοχές κατά τμήματα με στοιχεία 1-4, το κατώτατο όριο κατάτμησης, οι ρήσεις γης, οι όροι και οι περιορισμοί δόμησης. Η περιοχή γύρω από τη λίμνη του Κουρνά περιλαμβάνεται στα τμήματα με στοιχεία 1 και 2.

#### Α. Στη περιοχή με στοιχείο 1

1. Στη περιοχή αυτή περιλαμβάνονται εκτάσεις γεωργικής γης υψηλής παραγωγικότητας καθώς επίσης και ο βοσκοτόπος βορειοδυτικά της λίμνης Κουρνά
2. Στην περιοχή αυτή επιτρέπεται η δόμηση για χρήση
  - Κατοικίας
  - Γεωργικών αποθηκών
  - Δεξαμενών-υδατοδεξαμενών
  - Θερμοκηπίων
  - Αντλητικών εγκαταστάσεων
  - Φρεατίων
  - Ποτιστρών ζώων βάσει προδιαγραφών του υπουργείου Γεωργίας

Το 1992 τροποποιείται ο νόμος 1650/1986 όπου δημοσιεύεται στην εφημερίδα της κυβέρνησης και αφορά τα μέτρα για την προστασία του υδροβιότοπου Γεωργιούπολης-λίμνης Κουρνά και της ευρύτερης περιοχής του.

Σύμφωνα με αυτό το νόμο καθορίζονται έξι ζώνες προστασίας και ειδικών χρήσεων. Η λίμνη του Κουρνά περιλαμβάνεται στη ζώνη Α όπου κρίνεται ως ζώνη απόλυτης προστασίας. Σε αυτή τη ζώνη εντοπίζεται ο πυρήνας του υδροβιότοπου δηλαδή η λίμνη Αλμυρού, οι ποταμοχείμμοροι, τα έλη και οι πηγές Γεωργιούπολης, η λίμνη Κουρνά, τα ρέματα Μουσέλλας, Καβρός, Δελφίνος και τα λοιπά που εκβάλλουν στην ακτή της Γεωργιούπολης και η αμμώδης ακτή μήκους 7km και την επιφάνεια που δεν έχει αποδοθεί στη

δόμηση και βρίσκεται υπό κάλυψη φυσικής χλωρίδας ανατολικά του οικισμού. Είναι η περιοχή με το μεγαλύτερο οικολογικό ενδιαφέρον και απαιτεί προστασία και αποκατάσταση. Για τη διατήρηση της οικολογικής αξίας του υγροβιότοπου είναι απαραίτητη η τήρηση ορισμένων όρων και προϋποθέσεων καθώς και ορισμένων απαγορεύσεων και περιορισμών. Οι όροι αυτοί τίθενται και ως στόχοι διαχειριστικών μέτρων είναι:

- Διατήρηση και αύξηση του οικολογικού ενδιαφέροντος
- Διατήρηση και εμπλουτισμός της φυσικότητας
- Καθορισμός χρήσεων γης σε ισορροπία με το οικοσύστημα και τις κοινωνικοοικονομικές ανάγκες της περιφέρειας
- Παροχή εκπαιδευτικών και ερευνητικών δυνατοτήτων σε θέματα οικολογίας και προστασίας του περιβάλλοντος

Ακόμη απαγορεύονται ή επιτρέπονται υπό όρους τα εξής:

Απαγορεύονται:

1. Οι εκχερσώσεις ή καταλήψεις προς όφελος της γεωργίας, κτηνοτροφίας και δασοπονίας,
2. Η αλλαγή χρήσης γης όπως
  - από βοσκότοπο ή φυσική κάλυψη σε χωράφι και
  - από χωράφι σε οικισμό,
3. Οι αμμοληψίες,
4. Οι στραγγίσεις, αποξηράνσεις, αντλήσεις υδάτων για άρδευση (εφόσον δεν έχει προηγηθεί έγκριση περιβαλλοντικών όρων),
5. Έργα έγγειων βελτιώσεων γενικώς, χωρίς επαρκή αιτιολόγηση των γεωργοοικονομικών στόχων και σκοπιμοτήτων σε σχέση με τις νέες απαιτήσεις σε εισροές λίπανσης και φυτοπροστασίας, εισαγωγή νέου φυτικού υλικού, αγοραστική απορρόφηση των προϊόντων,
6. Η επέκταση, διαπλάτυνση, ασφαλτόστρωση του υπάρχοντος αγροτικού και δασικού δικτύου χωρίς καθορισμό και έγκριση περιβαλλοντικών όρων,
7. Κατασκευή χώρου στάθμευσης αυτοκινήτων μαζικής εξυπηρέτησης,
8. Το κυνήγι,
9. Ανέγερση κτισμάτων ή εγκαταστάσεων, χωρίς άδεια από τον αρμόδιο φορέα για τον υγροβιότοπο και τις πολεοδομικές υπηρεσίες και μόνο για λειτουργίες ξένες για τον βιότοπο,
10. Η απόρριψη σκουπιδιών,
11. Κατασκευή έργων μόνιμης τουριστικής υποδομής,
12. Εγκατάσταση και λειτουργία βιοτεχνικών και βιομηχανικών μονάδων,
13. Η κίνηση τροχοφόρων εκτός αυτών που έχουν άδεια από τον αρμόδιο φορέα για τον υγροβιότοπο,
14. Επέκταση και δημιουργία οικισμών,
15. Αντιπλημμυρικά έργα χωρίς άδεια από τον φορέα για τον υγροβιότοπο,
16. Η παρέκκλιση πεζών και τροχοφόρων από συγκεκριμένους δρόμους και μονοπάτια,
17. Η αφαίρεση φυτών, καρπών, ανθέων, βολβών,

18. Η συλλογή αυγών φωλεών, νεοσσών και η εξόντωση ή παρενόχληση οποιουδήποτε ζώου με οποιοδήποτε τρόπο,
19. Τα ελεύθερα σκυλιά,
20. Η χρήση φωτιάς.

Επιτρέπονται:

1. Η κτηνοτροφία με τους όρους που αναλύονται στη μελέτη διαχείρισης,
2. Η αλιεία υπό όρους που θα προσδιορίζονται από τον αρμόδιο φορέα για τον υγροβιότοπο,
3. Έργα για τη διατήρηση και βελτίωση του υγροβιότοπου όπως αυτά προβλέπονται από το διαχειριστικό σχέδιο ή από εξειδικευμένες μελέτες ανάδειξης φυσικού τοπίου,
4. Οι δασοπονικές δραστηριότητες με βάση διαχειριστικό σχέδιο που να λαμβάνει υπ' όψη τη προστασία της άγριας ζωής και αποσκοπεί στην επαύξηση και βελτίωση των υπαρχουσών δασοκαλύψεων και θαμνοκαλύψεων,
5. Οι ερευνητικές δραστηριότητες μετά από άδεια του αρμόδιου φορέα,
6. Η κατασκευή φραγμάτων κατόπιν έγκρισης από τον αρμόδιο φορέα και εφόσον συμβάλλουν στον εμπλουτισμό του οικοσυστήματος και τις διευκολύνσεις πανίδας και εποίκισμου χλωρίδας,
7. Η αναψυχή με την ήπια μορφή οικότουρισμού και επιστημονική και φυσιολατρική έννοια,
8. Κάθε είδους επεμβάσεις αποκατάστασης τοπίου και συνοδευτικές παρουσίες ατόμων, μηχανημάτων, εργοταξίων και οχημάτων.

α) Σε περίπτωση πλημμυρών ή φυσικών καταστροφών.

β) Για ορισμένες παραμέτρους που χαρακτηρίζονται με το στοιχείο (Ο) στο παράρτημα II, λόγω εξαιρετικών μετεωρολογικών ή γεωγραφικών συνθηκών.

γ) Όταν τα ύδατα επιφανείας υφίστανται φυσικό εμπλουτισμό με ορισμένες ουσίες, με αποτέλεσμα να υπερβαίνουν τα όρια που καθορίζονται για τις κατηγορίες A1, A2 και A3 στον πίνακα του παραρτήματος II.

δ) Σε περίπτωση υδάτων επιφανείας αβαθών λιμνών ή υδάτων ουσιαστικά στάσιμων για ορισμένες παραμέτρους που σημειώνονται με αστερίσκο στον πίνακα του παραρτήματος II. Η παρέκκλιση αυτή εφαρμόζεται μόνο στις λίμνες των οποίων το βάθος δεν υπερβαίνει τα 20 μέτρα, των οποίων το ύδωρ ανανεώνεται σε διαστήματα περισσότερο του έτους και στις οποίες δεν αποβάλλονται ακάθαρτα ύδατα.

"Φυσικός εμπλουτισμός" νοείται η διαδικασία κατά την οποία ένας καθορισμένος όγκος ύδατος παραλαμβάνει από το έδαφος ορισμένες ουσίες που περιέχονται σε αυτό χωρίς ανθρώπινη επέμβαση.

Σε καμία περίπτωση οι εξαιρέσεις που προβλέπονται στο εδάφιο 1 δεν δύνανται να παραβλέπουν τις επιταγές που επιβάλλονται από την ανάγκη προστασίας της δημοσίας υγείας.

## **ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ 9<sup>ης</sup> ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1979 ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΠΡΟΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΥΔΑΤΟΣ ΣΤΑ ΚΡΑΤΗ ΜΕΛΗ**

### **ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ ΕΧΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗ:**

- Τη συνθήκη περί ίδρυσης της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας
- Την πρόταση της Επιτροπής
- Τη γνώμη της συνέλευσης
- Τη γνώμη της Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής

Εκτιμώντας:

ΌΤΙ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΟ ΤΟΜΕΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΠΡΟΒΛΕΠΕΙ ΤΗΝ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ Η ΤΗΝ ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΩΣΤΕ ΝΑ ΓΙΝΟΥΝ ΣΥΓΚΡΙΣΙΜΑ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΑΝΑΛΗΦΘΕΙ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ

Ότι η οδηγία του συμβουλίου της 16<sup>ης</sup> Ιουνίου 1975 περί της απαιτούμενης ποιότητας των επιφανειακών υδάτων τα οποία προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου νερού στα κράτη μέλη, προβλέπει την υιοθέτηση μιας κοινωνικής πολιτικής σχετικά με τη συχνότητα των δειγματοληψιών και της ανάλυσης των παραμέτρων καθώς και τις μεθόδους μέτρησης.

Ότι μια δυσαρμονία ανάμεσα στις διατάξεις που ήδη εφαρμόζονται ή βρίσκονται σε στάδιο προπαρασκευής στα διάφορα κράτη μέλη, όσον αφορά τις μεθόδους μέτρησης και τη συχνότητα των δειγματοληψιών και της ανάλυσης κάθε παραμέτρου για τον καθορισμό της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων, μπορεί να δημιουργήσει άνισους όρους ανταγωνισμού και να έχει, ως εκ τούτου, άμεση επίπτωση στη λειτουργία της κοινής αγοράς. Πρέπει, επομένως, να γίνει σε αυτόν το τομέα η προσέγγιση των νομοθεσιών που προβλέπεται από το άρθρο της συνθήκης.

Ότι φαίνεται αναγκαίο να συνδυασθεί αυτή η προσέγγιση των νομοθεσιών με μια ενέργεια της Κοινότητας που θα έχει σκοπό να υλοποιήσει, με μια ευρύτερη ρύθμιση, τον ένα από τους αντικειμενικούς στόχους της Κοινότητας στο τομέα της προστασίας του περιβάλλοντος και της βελτίωσης της ποιότητας ζωής. Πρέπει, επομένως να προβλεφθούν για αυτό το λόγο ορισμένες ειδικές διατάξεις και επειδή οι εξουσίες που απαιτούνται γι' αυτό το σκοπό πρέπει να χρησιμοποιηθεί το άρθρο 235 της συνθήκης.

Ότι φαίνεται αναγκαίο, για τις αναλύσεις που πραγματοποιούν τα κράτη μέλη, να καθοριστούν κοινές πρότυπες μέθοδοι μετρήσεων για το προσδιορισμό των τιμών των παραμέτρων που ορίζουν τα φυσικά, χημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών υδάτων τα οποία προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος



Ότι για να εξασφαλιστεί ο έλεγχος της απαιτούμενης ποιότητας, είναι σκόπιμο να εφαρμοστεί μια ελάχιστη κανονική δειγματοληψία επιφανειακού ύδατος ώστε να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις των παραμέτρων που καθορίζονται στο παράρτημα II της οδηγίας της ΕΟΚ.

Ότι η ελάχιστη συχνότητα των δειγματοληψιών και της ανάλυσης κάθε παραμέτρου πρέπει να είναι τόσο υψηλότερη όσο ο όγκος του ύδατος που λαμβάνεται και ο πληθυσμός που τροφοδοτείται είναι πιο σημαντικοί και ότι πρέπει να είναι υψηλότερη όταν λόγω της χειροτέρευσης της ποιότητας του ύδατος ο κίνδυνος αυξάνει.

Ότι η τεχνική και επιστημονική πρόοδος μπορεί να κάνει αναγκαία τη γρήγορη προσαρμογή ορισμένων διατάξεων που ορίζονται στο παράρτημα της παρούσης οδηγίας ώστε να ληφθούν υπόψη ιδιαίτερα οι μεταβολές στα επίπεδα των παραμέτρων που υποδεικνύονται στο παράρτημα I της οδηγίας της ΕΟΚ ότι πρέπει, για τη διευκόλυνση της εφαρμογής των αναγκαίων μέτρων για το σκοπό αυτό, να προβλεφθεί μια διαδικασία η οποία θα εγκαθιστά μια στενή συνεργασία μεταξύ κρατών μελών της επιτροπής στα πλαίσια μιας επιτροπής για την προσαρμογή στην τεχνική και επιστημονική πρόοδο.

## **ΕΞΕΔΩΣΕ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΟΔΗΓΙΑ:**

### **1. Άρθρο 1**

Η παρούσα οδηγία τις πρότυπες μεθόδους μέτρησης και τις συχνότητες δειγματοληψιών και ανάλυσης των παραμέτρων που περιλαμβάνονται στο παράρτημα II της ΕΟΚ.

### **2. Άρθρο 2**

Με την έννοια της παρούσας οδηγίας νοείται πως:

- Πρότυπη μέθοδος μέτρησης: ο καθορισμός μιας αρχής για τη μέτρηση ή η σύντομη περιγραφή μιας λειτουργικής διαδικασίας που επιτρέπουν το προσδιορισμό των παραμέτρων που περιλαμβάνονται στο παράρτημα I της υπάρχουσας οδηγίας.
- Όριο ανίχνευσης: την ελάχιστη τιμή της υπό εξέταση παραμέτρου η οποία μπορεί να ανιχνευτεί.
- Προσέγγιση: το διάστημα στο οποίο βρίσκονται τα 95% των αποτελεσμάτων των μετρήσεων οι οποίες πραγματοποιούνται στο ίδιο δείγμα και χρησιμοποιώντας την ίδια μέθοδο.
- Ακρίβεια: η διαφορά μεταξύ της πραγματικής τιμής της υπό εξέταση παραμέτρου και της μέσης πειραματικής τιμής που λαμβάνεται.

### **3. Άρθρο 3**

1. Οι αναλύσεις των δειγματοληψιών του λαμβανομένου ύδατος αφορούν στις παραμέτρους που περιλαμβάνονται στο παράρτημα II της οδηγίας της ΕΟΚ στις οποίες έχουν δοθεί οι τιμές I ή/και G.

2. Τα κράτη μέλη χρησιμοποιούν όσο είναι δυνατό τις πρότυπες μεθόδους μέτρησης που περιλαμβάνονται στο παράρτημα I της παρούσας οδηγίας.
3. Οι τιμές για το όριο ανίχνευσης, την προσέγγιση και την ακρίβεια των μεθόδων μέτρησης που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των παραμέτρων που περιλαμβάνονται στο παράρτημα I της παρούσας οδηγίας πρέπει να τηρηθούν

#### **4. Άρθρο 4**

1. Οι ελάχιστες ετήσιες συχνότητες των δειγματοληψιών και της ανάλυσης κάθε παραμέτρου περιλαμβάνονται στο παράρτημα II της παρούσας οδηγίας. Η λήψη των δειγμάτων πρέπει, στο μέτρο του δυνατού, να κατανέμεται στο έτος κατά τέτοιο τρόπο ώστε να λαμβάνεται μια αντιπροσωπευτική εικόνα της ποιότητας του ύδατος.
2. Τα δείγματα επιφανειακού ύδατος πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά της ποιότητας του ύδατος στο τόπο λήψης, όπως καθορίζεται από την οδηγία της ΕΟΚ.

#### **5. Άρθρο 5**

**ΤΑ ΔΟΧΕΙΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ, ΟΙ ΟΥΣΙΕΣ Η ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΝΟΣ ΜΕΡΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΕΝ ΟΨΕΙ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΙΑΣ Η ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, Η ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ Η ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ Η ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥΣ ΕΝ ΟΨΕΙ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΝ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΣΕ ΘΕΣΗ ΝΑ ΜΕΤΑΒΑΛΟΥΝ ΚΑΤΑ ΤΡΟΠΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ.**

#### **6. Άρθρο 6**

1. Οι αρμόδιες αρχές των κρατών μελών καθορίζουν τις συχνότητες των δειγματοληψιών και της ανάλυσης κάθε παραμέτρου για τον ίδιο τόπο λήψης.
2. Οι συχνότητες των δειγματοληψιών και της ανάλυσης δεν μπορούν να είναι κατώτερες από τις ελάχιστες ετήσιες συχνότητες που περιλαμβάνονται στο παράρτημα II της παρούσας οδηγίας.

#### **7. Άρθρο 7**

1. Οσάκις μια έρευνα, η οποία πραγματοποιείται από τις αρμόδιες αρχές σχετικά με τα επιφανειακά ύδατα που προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος, αποκαλύπτει ότι οι τιμές που λαμβάνονται κατά τη μέτρηση των παραμέτρων είναι, σε ορισμένες περιπτώσεις, σαφώς καλύτερες από αυτές που ορίζονται από τα κράτη μέλη σύμφωνα με το παράρτημα II της οδηγίας της ΕΟΚ, η συχνότητα δειγματοληψιών και ανάλυσης μπορεί να μειωθεί για τις περιπτώσεις αυτές από το αντίστοιχο κράτος μέλος.

2. Εάν δεν υπάρχει καμία ρύπανση στις περιπτώσεις που αναφέρονται στην παράγραφο I και κανένας κίνδυνος χειροτέρευσης της ποιότητας των υδάτων και εάν η ποιότητα αυτή είναι ανώτερη από εκείνη που υποδεικνύεται στη στήλη A1 του παραρτήματος II της οδηγίας της ΕΟΚ, οι αρμόδιες αρχές μπορούν να αποφασίσουν ότι καμία τακτική ανάλυση δεν είναι αναγκαία.

## **8. Άρθρο 8**

1. Για την εφαρμογή της παρούσας οδηγίας, τα κράτη μέλη χορηγούν στην επιτροπή, μετά από αίτηση της, όλες τις κατάλληλες πληροφορίες σχετικά με:
  - τις χρησιμοποιούμενες μεθόδους ανάλυσης
  - τη συχνότητα των αναλύσεων
2. Η επιτροπή καταρτίζει σε κανονικά διαστήματα μια έκθεση σύνθεσης που βασίζεται στις πληροφορίες που έχουν συλλεγεί κατ' αυτό τον τρόπο

### **8.1. Άρθρο 9**

Για να λάβουν υπόψη κυρίως τις τροποποιήσεις στα επίπεδα των παραμέτρων του παραρτήματος II της οδηγίας της ΕΟΚ, αποφασίζονται σύμφωνα με τη διαδικασία που προβλέπεται από το άρθρο 11 της παρούσας οδηγίας οι αναγκαίες τροποποιήσεις για να προσαρμοστούν στην τεχνική πρόοδο:

- Οι πρότυπες μέθοδοι μέτρησης οι οποίες περιλαμβάνονται στο παράρτημα I της παρούσας οδηγίας
- Το όριο ανίχνευσης, η προσέγγιση και η ακρίβεια αυτών των μεθόδων
- Τα υλικά που συνιστώνται για το δοχείο

## **9. Άρθρο 10**

1. Συνίσταται για τους σκοπούς του άρθρου 9 μια επιτροπή για την προσαρμογή στην τεχνική και επιστημονική πρόοδο, η οποία ονομάζεται στο εξής «επιτροπή», που αποτελείται από αντιπροσώπους των κρατών μελών και προεδρεύεται από εκπρόσωπο της επιτροπής
2. Η επιτροπή καταρτίζει τον εσωτερικό της κανονισμό.

## **10. Άρθρο 11**

1. Στις περιπτώσεις που γίνεται αναφορά στη διαδικασία που καθορίζεται στο παρόν άρθρο η επιτροπή συγκαλείται από το πρόεδρο της, είτε με πρωτοβουλία του, είτε με αίτηση του αντιπροσώπου ενός κράτους μέλους.

2. Ο εκπρόσωπος της επιτροπής υποβάλλει στην επιτροπή ένα πρόγραμμα μέτρων που πρέπει να ληφθούν. Η επιτροπή διατυπώνει τη γνώμη της για το πρόγραμμα σε μια προθεσμία που καθορίζεται από πρόεδρο σε συνάρτηση με το επείγον του θέματος.
3. –Η επιτροπή θεσπίζει τα προβλεπόμενα μέτρα όταν είναι σύμφωνα με τη γνώμη της επιτροπής.
  - Όταν τα προβλεπόμενα μέτρα δεν είναι σύμφωνα με τη γνώμη της επιτροπής ή σε περίπτωση έλλειψης γνώμης, η επιτροπή υποβάλλει χωρίς καθυστέρηση στο συμβούλιο σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν. Το συμβούλιο αποφασίζει με αυξημένη πλειοψηφία.
  - Εάν, με την εκπνοή της προθεσμίας τριών μηνών από την υποβολή στο συμβούλιο, το τελευταίο δεν έχει αποφασίσει, τότε τα προτεινόμενα μέτρα θεσπίζονται από την επιτροπή.

#### **10.1.1. Άρθρο 12**

**ΤΑ ΚΡΑΤΗ ΜΕΛΗ ΘΕΤΟΥΝ ΣΕ ΙΣΧΥ ΤΙΣ ΑΝΑΓΚΑΙΕΣ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΕΣ, ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΘΟΥΝ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΟΔΗΓΙΑ ΣΕ ΔΥΟ ΧΡΟΝΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΙΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ. ΠΛΗΡΟΦΟΡΟΥΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΑΥΤΟ ΑΜΕΣΩΣ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ.**

#### **ΑΡΘΡΟ 13**

**Η ΠΑΡΟΥΣΑ ΟΔΗΓΙΑ ΑΠΕΥΘΥΝΕΤΑΙ ΣΤΑ ΚΡΑΤΗ ΜΕΛΗ. ΈΓΙΝΕ ΣΤΟ ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ ΣΤΙΣ 9 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1979.**

**ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ**

**Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ: D. O'MALLEY**

## Παράρτημα Ι

Πρότυπη μέθοδος μέτρησης για το προσδιορισμό των τιμών I ή/και G των παραμέτρων της οδηγίας της ΕΟΚ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΌΡΙΟ	ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	ΑΚΡΙΒΕΙΑ	ΠΡΟΤΥΠΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ ΔΟΧΕΙΟΥ
PH (μονάδα PH)	–	0,1	0,2	– Ηλεκτρομετρία η μέτρηση πραγματοποιείται επί τόπου συγχρόνως με τη δειγματοληψία χωρίς προηγούμενη επεξεργασία δείγματος	
Χρωματισμός (μετά από απλή διήθηση mg Pt/l)	5	10%	20%	– Διήθηση με μεμβράνη από ίνες γυαλιού. Φωτομετρική μέθοδος με χρήση κλίμακας λευκόχρυσου - κοβαλτίου	
Ολικά αιωρούμενα σωματίδια (mg /l)	–	5%	10%	– Διήθηση με διηθητική μεμβράνη των 0,45μm, αποξήρανση στους 105 °C και ζύγιση. – Φυγοκέντρηση (ελάχιστος χρόνος 5min μέση επιπ/ση 2800-3200 g), αποξήρανση στους 105 °C και ζύγιση.	
Αγωγιμότητα (μS/cm στους 20°C)	–	5%	10%	– Ηλεκτρομετρία	
Οσμή (στους 25°C)	–	–	–	– Με διαδοχικές αραιώσεις	Γυαλί
Θερμοκρασία (° C)	–	0,5	1	– Θερμομετρία η μέτρηση πραγματοποιείται επί τόπου συγχρόνως με τη δειγματοληψία χωρίς προηγούμενη επεξεργασία δείγματος	
Νιτρικά (ιόντα) (mg /l NO <sub>3</sub> )	2	10%	20%	– Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	
Συνολικό οργανικό εξαγωγίμο χλώριο (mg /l Cl )					
Φθοριούχα άλατα (mg /l F )	0,05	10%	20%	– Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης μετά από απόσταξη αν είναι αναγκαίο Ειδικά ιοντικά ηλεκτρόδια	
Διαλυμένος σίδηρος (mg /l Fe)	0,02	10%	20%	– Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης μετά από διήθηση με διηθητική μεμβράνη (0,45μm) – Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης μετά από διήθηση με διηθητική μεμβράνη (0,45μm)	
Μαγγάνιο (mg /l Mn )	0,01 ( <sup>2</sup> )	10%	20%	– Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης	
	0,02 ( <sup>3</sup> )	10%	20%	– Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης – Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	
Χαλκός ( <sup>10</sup> ) (mg /l Cu)	0,005	10%	20%	– Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης – Πολαρογραφία	
	0,02 ( <sup>4</sup> )	10%	20%	– Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης – Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης – Πολαρογραφία	
Ψευδάργυρος ( <sup>10</sup> ) (mg /l Zn)	0,01 ( <sup>2</sup> )	10%	20%	– Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης	
	0,1	10%	20%	– Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης – Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	
Βόριο ( <sup>10</sup> ) (mg /l B)	0,1	10%	20%	– Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης – Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	Υλικά που δεν περιέχουν

					σημαντικές ποσότητες βορίου
Νικέλιο (mg / l )					
Βηρύλλιο (mg / l Be)					
Κοβάλτιο (mg / l Co)					
Βανάδιο (mg / l V)					
Αρσενικό <sup>(10)</sup> (mg / l As)	0,002 ( <sup>2</sup> )	20%	20%	- Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης	
	0,01 ( <sup>5</sup> )			- Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης - Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	
Κάδμιο <sup>(10)</sup> (mg / l Cd)	2*10 <sup>-4</sup> ( <sup>5</sup> )	30%	30%	- Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης - Πολαρογραφία	
	0,001 ( <sup>5</sup> )				
Ολικό χρώμιο <sup>(10)</sup> (mg / l Cr)	0,01	20%	30%	- Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης - Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	
Μόλυβδος <sup>(10)</sup> (mg / l Pb)	0,01	20%	30%	- Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης - Πολαρογραφία	
Σελήνιο <sup>(10)</sup> (mg / l Se)	0,005			- Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης	
Υδράργυρος <sup>(10)</sup> (mg / l Hg)	10 <sup>-4</sup> 2*10 <sup>-4</sup>	30%	30%	- Φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης χωρίς φλόγα (εξάτμιση εν ψυχρώ)	
Βάριο <sup>(10)</sup> (mg / l Ba)	0,2	15%	30%	- Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	
Κυάνιο (mg / l CN )	0,01	20%	30%	- Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	
Θειικά (ιόντα) (mg / l SO <sub>4</sub> )	10	10%	10%	- Βαρυτομετρία - Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης - Συμπλοκομετρία EDTA	
Χλωριόντα (mg / l Cl)	10	10%	10%	- Τίτλομετρία (μέθοδος Mohr) - Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	
Τασιενεργές ουσίες (που στο κυανούν του μεθυλενίου) (mg / l θειική lauryl)	0,05	20%		- Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	
Φωσφορικά άλατα (mg / l P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,02	10%	20%	- Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	
Φαινόλες (δείκτης φαινόλης) (mg / l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	5*10 <sup>-4</sup> 0,001 ( <sup>6</sup> )	0,0005 30%	0,0005 50%	- Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης μέθοδος με 4 ανιτοαντιπυρίνη - Μέθοδος με πυρυνιτρανιλίνη	Γιαλί
Υδρογονάνθρακες διαλυμένοι ή γαλακτοποιημένοι (mg / l )	0,01 0,04 ( <sup>3</sup> )	20%	30%	- Φασματοφωτομετρία υπέρυθρος μετά από εξαγωγή με τετραχλωράνθρακα - Βαρυτομετρία μετά από εξαγωγή με πετρελαϊκό αιθέρα	Γιαλί
Πολυκυκλικό αρωματικό υδρογονάνθρακες <sup>(10)</sup> (mg / l )	4*10 <sup>-5</sup>	50%	50%	- Μέτρηση φθορισμού σε υπεριώδες μετά από χρωματογραφία σε λεπτά στρώματα Συγκριτική μέτρηση σε σχέση με ένα μείγμα 6 ουσιών προτύπων που έχουν ίδια συγκέντρωση	Γιαλί ή αλουμίνιο
Παρασιτοκτόνα σύνολο	10 <sup>-4</sup>	50%	50%	- Χρωματογραφία σε αέρια ή υγρή φάση	Γιαλί

(παραθείο εξαχλωρο-κυκλοεξάνιο διελδρίνη) <sup>(10)</sup> (mg / l )				μετά από εξαγωγή με κατάλληλα διαλυτικά και καθαρισμό. Εξακρίβωση των συστατικών του μείγματος – Ποσοτικός προσδιορισμός	
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (mg / l O <sub>2</sub> )	15	20%	20%	– Μέθοδος διχρωμικού καλίου	
Ποσοστό % κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο	5	10%	10%	– Μέθοδος Winkler – Ηλεκτροχημική μέθοδος	Γυαλί
Βιοχημική απαίτηση σε οξυγόνο(BOD <sub>5</sub> ) σε 20 °C χωρίς αζωτοποίηση (mg / l O <sub>2</sub> )	2	1,5	2	– Προσδιορισμός του διαλυμένου O <sub>2</sub> οξυγόνου πριν και μετά από επώαση 5 ημερών σε (20±1) <sup>0</sup> C και σε σκοτάδι. Πρόσθεση ουσίας που αναστέλλει την αζωτοποίηση	
Αζωτο Kjeldahl (με εξαίρεση του αζώτου των NO <sub>2</sub> και NO <sub>3</sub> ) (mg / l N)	0,3	0,5	0,5	– Ανοργανοποίηση, απόσταξη κατά τη μέθοδο Kjeldahl και προσδιορισμός του αμμωνίου με φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης ή τιτλομετρία	
Αμμώνιο (mg / l NH <sub>4</sub> )	0,01 0,1	0,03 10%	0,03 20%	– Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης	
Ουσίες που εξαγονται με χλωροφόρμιο (mg / l )		–	–	Εξαγωγή σε PH ουδέτερο με καθαρισμένο χλωροφόρμιο, εξάτμιση εν κενώ σε θερμοκρασία περιβάλλοντος , ζύγιση υπολείμματος	Γυαλί
Συνολικός οργανικός άνθρακας (mg / l C)					
Υπόλειμμα οργανικού άνθρακα μετά από κροκίδωση και διήθηση με μεμβράνη (5μm) (mg / l C)					
Ολικά/ κολοβακτηριοειδή (100 ml )	5 <sup>(2)</sup> 500 <sup>(7)</sup> 5 <sup>(2)</sup> 500 <sup>(7)</sup>			– Καλλιέργεια στους 37 °C σε ειδικό στερεό μέσο κατάλληλο γι' αυτό το σκοπό (όπως άγαρ λακτόζης με tergitol, άγαρ Endo, άγαρ με teepol 0,4%) με <sup>(2)</sup> ή χωρίς <sup>(7)</sup> διήθηση και απαρίθμηση των αποικιών. Τα δείγματα πρέπει να αραιώνονται ή κατά περίπτωση, να συμπυκνώνονται κατά τρόπο ώστε να περιέχουν μεταξύ 10 και 100 αποικίες. Στην ανάγκη, εξακρίβωση με αεριοποίηση – Μέθοδος αραιώσεως με ζύμωση σε υγρό υπόστρωμα μέσα σε τρεις τουλάχιστον σωλήνες με τρεις αραιώσεις. Μεταφορά θετικών σωλήνων σε μέσα επαλήθευσης. Απαρίθμηση κατά MPN (πιθανότερος αριθμός). Θερμοκρασία επώασης (37±1) °C	Αποστειρωμένο γυαλί
Κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή (100 ml )	2 <sup>(2)</sup> 200 <sup>(7)</sup> 2 <sup>(2)</sup> 200 <sup>(7)</sup>			– Καλλιέργεια στους 37 <sup>0</sup> C σε ειδικό στερεό μέσο κατάλληλο γι' αυτό το σκοπό (όπως άγαρ λακτόζης με tergitol, άγαρ Endo, άγαρ με teepol 0,4%) με <sup>(2)</sup> ή χωρίς <sup>(7)</sup> διήθηση και απαρίθμηση των αποικιών. Τα δείγματα πρέπει να αραιώνονται ή κατά περίπτωση, να συμπυκνώνονται κατά τρόπο ώστε να περιέχουν μεταξύ 10 και 100 αποικίες. Στην ανάγκη, εξακρίβωση με αεριοποίηση – Μέθοδος αραιώσεως με ζύμωση σε υγρό υπόστρωμα μέσα σε τρεις τουλάχιστον σωλήνες με τρεις αραιώσεις. Μεταφορά θετικών σωλήνων σε μέσα επαλήθευσης. Απαρίθμηση κατά MPN (πιθανότερος αριθμός). Θερμοκρασία επώασης (44±0,5) °C	Αποστειρωμένο γυαλί
Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (100 ml )	2 <sup>(2)</sup> 200			– Καλλιέργεια στους 37 <sup>0</sup> C σε ειδικό στερεό μέσο κατάλληλο γι' αυτό το σκοπό (παραδείγματος χάρι αζίδιο νατρίου) με <sup>(2)</sup> ή χωρίς <sup>(7)</sup> διήθηση και	Αποστειρωμένο γυαλί

	( <sup>7</sup> ) 2( <sup>2</sup> ) 200 ( <sup>7</sup> )	απαρίθμηση των αποικιών. Τα δείγματα πρέπει να αραιώνονται ή κατά περίπτωση, να συμπυκνώνονται κατά τρόπο ώστε να περιέχουν μεταξύ 10 και 100 αποικίες. Στην ανάγκη, εξακρίβωση με αεριοποίηση
Σαλμονέλες ( <sup>12</sup> )	1/5000 ml 1/1000 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Μέθοδος αραιώσεως με αζίδιο νατρίου ζελέ μέσα σε τρεις τουλάχιστον σωλήνες με τρεις αραιώσεις. Μεταφορά θετικών σωληνών σε μέσα επαλήθευσης. Απαρίθμηση κατά MPN (πιθανότερος αριθμός).</li> <li>- Συμπύκνωση με διήθηση (σε μεμβράνη ή κατάλληλο φίλτρο) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Εμβολιασμός σε μέσο προεμπλουτισμού. Εμπλουτισμός, μεταφορά σε ζελατίνη απομόνωσης – αναγνώρισης</li> </ul> </li> </ul>

(<sup>1</sup>): Τα δείγματα των επιφανειακών υδάτων που λαμβάνονται στο σημείο μέτρησης αναλύονται και μετρώνται μετά από κοσκίνισμα (συρμάτινο κόσκινο) ώστε να αφαιρεθούν τα υπολείμματα όπως ξύλο και πλαστικό

(<sup>2</sup>): Για τα ύδατα της κατηγορίας A1 και G

(<sup>3</sup>): Για τα ύδατα των κατηγοριών A2 και A3

(<sup>4</sup>): Για τα ύδατα της κατηγορίας A3

(<sup>5</sup>): Για τα ύδατα των κατηγοριών A1, A2 και A3 τιμή I

(<sup>6</sup>): Για τα ύδατα των κατηγοριών A1 τιμή I και A3

(<sup>7</sup>): Για τα ύδατα των κατηγοριών A2 και A3 τιμή G

(<sup>8</sup>): Μείγμα 6 προτύπων ουσιών για να ληφθούν υπόψη και που έχουν την ίδια συγκέντρωση : φθοριοαθένιο, 3,4-φθοριοαθένιο, βένζο 11, 12 φθοριοαθένιο βένζο 3,4, 12 βενζοπροπυλένιο ind no / 1,2,3-cd / πυρένιο

(<sup>9</sup>): Μείγμα τριών ουσιών για να ληφθούν υπόψη και που έχουν την ίδια συγκέντρωση: παραθείο, εξαχλωροκυκλοεξάνιο, διελδρίνη

(<sup>10</sup>): Αν η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε αιωρούμενα υλικά είναι υψηλή τόσο ώστε να απαιτεί μια προηγούμενη ειδική επεξεργασία αυτών των δειγμάτων οι τιμές της ακρίβειας περιλαμβάνονται στη στήλη του παραρτήματος αυτού θα μπορούν κατ' εξαίρεση να ξεπεραστούν και να αποτελέσουν ένα αντικειμενικό στόχο. Τα δείγματα αυτά πρέπει να επεξεργασίας ώστε η ανάλυση να καλύψει τη μεγαλύτερη ποσότητα προς μέτρηση.

(<sup>11</sup>): Επειδή η μέθοδος αυτή δεν είναι σε τρέχουσα χρήση σε όλα τα κράτη μέλη δεν είναι εξασφαλισμένη η προσέγγιση στην τιμή του ορίου ανίχνευσης που είναι αναγκαίο για τον έλεγχο των τιμών της οδηγίας της ΕΟΚ

(<sup>12</sup>): Απουσία σε 5000 ml (A1 και G) και απουσία σε 1000 ml (A2, G)



### 10.1.1.1. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Ελάχιστη ετήσια συχνότητα των δειγματοληψιών και της ανάλυσης κάθε παραμέτρου της οδηγίας της ΕΟΚ

Πληθυσμός	A1(●)			A2(●)			A3(●)		
	I (●●)	II (●●)	III (●●)	I (●●)	II (●●)	III (●●)	I (●●)	II (●●)	III (●●)
≤10.000	(●●●)	(●●●)	(●●●)	(●●●)	(●●●)	(●●●)	2	1	(●●●) (1)
>10.000 σε ≤30.000	1	1	(●●●)	2	1	(●●●)	3	1	1
>30.000 σε ≤100.000	2	1	(●●●)	4	2	1	6	2	1
>100.000	3	2	(●●●)	8	4	1	12	4	1

(●): Ποιότητα των επιφανειακών νερών, παράρτημα ΙΙ της οδηγίας της ΕΟΚ

(●●): Ταξινόμηση των παραμέτρων ανάλογα με τη συχνότητα

(●●●): Συχνότητα προς προσδιορισμό από τις αρμόδιες εθνικές αρχές

(1): Δεδομένου ότι αυτά τα επιφανειακά ύδατα προορίζονται για τη παραγωγή του πόσιμου ύδατος, συνίσταται στα κράτη μέλη να προχωρήσουν σε μια τουλάχιστον ετήσια δειγματοληψία των υδάτων αυτής της κατηγορίας (A3, III ≤10.000)

### ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

I	II	III
<b>Παράμετροι</b>		
1. ΡΗ	10. Διαλυμένος σίδηρος	8. Φθοριούχα
2. Χρωματισμός	11. Μαγγάνιο	14. Βόριο
3. Ολικά αιωρούμενα σωματίδια	12. Χαλκός	19. Αρσενικό
4. Θερμοκρασία	13. Ψευδάργυρος	20. Κάδμιο
5. Αγωγιμότητα	27. Θειικά	21. Ολικό χρώμιο
6. Οσμή	29. Τασιενεργοί ουσίες	22. Μόλυβδος
7. Νιτρικά	31. Φαινόλες	23. Σελήνιο
28. Χλωριώντα	38. Αζωτο Kjeldahl	24. Υδράργυρος
30. Φωσφορικά	43. Ολικά κολοβακτηριοιδή	25. βάριο
35. COD	44. κοπρανώδη κολοβακτηριοιδή	26. Κυάνιο
36. Διαλυμένο οξυγόνο		32. Υδρογονάνθρακες διαλυμένοι ή γαλακτοποιημένοι
37. BOD <sub>5</sub>		33. Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες
39. Αμμώνιο		34. παρασιτοκτόνα – σύνολο
		40. Ουσίες που εξαγονται με χλωροφόρμιο
		45. Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι
		46. Σαλμονέλες

