

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ &  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**



**Διπλωματική Εργασία**

**«Διαχρονική ποιοτική και ποσοτική μελέτη της  
λίμνης Κορώνειας»**

**Επιμέλεια : Καναράκης Ιωάννης**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Κούγκολος Α.**

**Βόλος, Φεβρουάριος 2012**

Στην οικογένεια μου  
στην Ευαγγελία

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η λίμνη Κορώνεια την δεκαετία του '70 ήταν μία από τις έντεκα πιο παραγωγικές λίμνης της Ελλάδας με έκταση 50 km<sup>2</sup> και μέσο βάθος 5 m. Από τις αρχές της δεκαετίας του '80 όμως άρχισε η υποβάθμιση της, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Κύριες αιτίες αυτής της κατάστασης είναι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης. Ο μεγάλος αριθμός ανεξέλεγκτων γεωτρήσεων, οι αλόγιστες αντλήσεις νερού για άρδευση καθώς και η ρύψη αποβλήτων στην λίμνη έχουν συντελέσει στην δημιουργία της σημερινής κατάστασης. Το μέσο βάθος της λίμνης σήμερα είναι κάτω από ένα μέτρο ενώ η επιφάνεια της, έχει περιοριστεί στα 30 km<sup>2</sup> από 47.5 km<sup>2</sup> το 1970. Μετά από είκοσι χρόνια φθίνουσας πορείας, η κατάσταση της λίμνης δείχνει να είναι μη αναστρέψιμη, με τον κίνδυνο να εξαφανιστεί μία από τις κάποτε μεγαλύτερες λίμνες της Ελλάδας.

Λέξεις κλειδιά : Κορώνεια, υποβάθμιση, υδατικό ισοζύγιο, ποιότητα υδάτων, επιπτώσεις

## ABSTRACT

### Quantitative and qualitative study of lake Koronia over time

During the '70s lake Koronia was one of the eleven most productive lakes of Greece, covering an area of 50km<sup>2</sup> and an average depth of 5 m. The decline of the lake first started during the '80s and has not stop ever since. The main cause of this situation are the human activities in the wider area of the lake. The numerous uncontrolled drillings, the unreasonable extraction of water for watering crops as well as the throwing of waste in the lake, led to the current situation. Today, the average depth of the lake is below one meter and the lake's surface has dropped from 47.5 km<sup>2</sup> in 1970 to 30 km<sup>2</sup> today. After twenty years of decline, the state of the lake seems to be irreversible and the danger of extinction of one lake that used to be among the eleven largest in Greece, is nearby.

Key words : Koronia, decline, water balance, water quality, consequences

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας με θέμα την διαχρονική ποιοτική και ποσοτική μελέτη της λίμνης Κορώνειας, αποτελεί τη συνισταμένη προσπάθεια πολλών ανθρώπων, χωρίς τη βοήθεια των οποίων δεν θα μπορούσε να έρθει εις πέρας. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Αθανάσιο Κούγκολο για την καθοδήγηση και τις συμβουλές που μου παρείχε καθώς και την Βίκυ Μανάκου για την πολύτιμη βοήθεια της. Τον καθηγητή του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κ. Γεώργιο Ζαλίδη για τις πολύτιμες πληροφορίες αλλά και υλικό το οποίο μου προσέφερε. Παράλληλα το προσωπικό του Φορέα Διαχείρισης των λιμνών Κορώνειας - Βόλβης για την συνεργασία του και τη βοήθεια του στην συλλογή σημαντικών στοιχείων. Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου και συμφοιτητές μου για τη στήριξη και ενθάρρυνση που μου επέδειξαν. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου καθώς και τον αδερφό μου για την υποστήριξη που μου παρείχαν στα χρόνια διάρκειας των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ .....	12
1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ .....	12
1.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	12
1.3 ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ .....	13
1.3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ .....	16
1.3.2 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ .....	16
1.3.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ .....	17
1.4 ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ .....	18
1.5 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ .....	25
2. ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ .....	27
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ .....	27
2.1.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ .....	29
2.1.2 ΕΞΑΤΜΙΣΗ .....	31
2.1.3 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ .....	32
2.1.4 ΕΙΣΡΟΕΣ ΚΑΙ ΕΚΡΟΕΣ ΑΠΟ ΚΑΙ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ .....	36
2.2 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ .....	36
2.2.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ .....	36
2.2.2 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ .....	37
2.2.3 ΕΞΑΤΜΙΣΗ .....	40
2.2.4 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ .....	41
2.2.5 ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΛΙΜΝΗ .....	43
2.2.6 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΕΚΡΟΗ ΑΠΟ ΤΗ ΛΙΜΝΗ .....	44
2.2.7 ΕΙΣΡΟΕΣ ΚΑΙ ΕΚΡΟΕΣ ΑΠΟ ΚΑΙ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ .....	44
2.2.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ .....	45
3 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .....	48
3.1 Γενικά .....	48
3.1.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ .....	49
3.1.2 ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ - ΧΡΩΜΑ .....	50
3.1.3 ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ .....	51
3.1.4 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ .....	52
3.1.5 ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ - ΦΩΣΦΟΡΟΣ - ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ .....	53
3.1.6 ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ BOD - COD .....	57
3.1.7 ΡΗ - ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ - ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ .....	59
3.1.8 ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ .....	60
3.2 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ .....	60
3.2.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ .....	63
3.2.2 ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ - ΧΡΩΜΑ .....	64
3.2.3 ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ .....	66
3.2.4 ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ - ΦΩΣΦΟΡΟΣ - ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ - BOD <sub>5</sub> .....	68
3.2.5 ΡΗ - ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ .....	71
3.2.6 ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ .....	74
3.3 ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ .....	76
3.3.1 ΓΕΩΡΓΙΑ .....	76
3.3.2 ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ .....	81
3.3.3 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ - ΒΙΟΤΕΧΝΙΕΣ .....	81

3.3.4 ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ .....	85
4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΒΙΟΤΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	87
4.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΧΛΩΡΙΔΑ.....	87
4.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΑΝΙΔΑ .....	89
4.2.1 ΙΧΘΥΟΠΑΝΙΔΑ .....	89
4.2.2 ΟΡΝΙΘΟΠΑΝΙΔΑ .....	91
4.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ .....	93
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....	95
ΠΗΓΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	99

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 : ΜΕΣΟ ΒΑΘΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ (M).....	22
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 : ΑΠΟΡΡΟΪΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ CN, ΓΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΓΗΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ, ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ .....	33
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 : ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ CN ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	35
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3 : ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ (DS) .....	37
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4 : ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ (P) .....	40
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5 : ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ (E) .....	41
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6 : ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ (RO).....	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7 : ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΙΜΝΗ (RS).....	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8 : ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ .....	45
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΛΙΜΝΩΝ ΤΟΥ ΟΟΣΑ .....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΛΙΜΝΩΝ ΤΟΥ ΟΟΣΑ .....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΛΙΜΝΩΝ ΚΑΤΑ ΗΟΕΛΛ ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ 343 ΛΙΜΝΕΣ .....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 : ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΕ ΟΛΙΚΟ ΦΩΣΦΟΡΟ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ .....	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 : ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ ΤΑ ΕΤΗ 1985-1991.....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 : ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ ΤΑ ΕΤΗ 1992-1998.....	62

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7 : ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ - ΒΟΛΒΗΣ ΤΟ ΕΤΟΣ 2009.....	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 : ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ - ΒΟΛΒΗΣ ΤΟ ΕΤΟΣ 2010.....	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 : ΕΤΗΣΙΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΚΥΡΙΟΤΕΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (ΤΟΝΟΙ/ΕΤΟΣ).....	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2009, 2010.....	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11 : ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΔΙΝΗ ΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ (2000).....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12: ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000.....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.13 : ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΑΓΚΑΔΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 1995.....	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.14 : ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΑΓΚΑΔΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 1995.....	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15 : ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΑΓΚΑΔΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000.....	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16 : ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.17 : ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΛΑΓΚΑΔΑ.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 : ΕΙΔΗ ΨΑΡΙΩΝ ΠΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΚΑΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ.....	89

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ**

Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. : Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων

Α.Π.Θ. : Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΙΓΜΕ : Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών

Υ.Ε.Β. : Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων

ΕΣΕΠΠ : Ειδικό Σώμα Ελεγκτών Προστασίας Περιβάλλοντος

ΚΥΑ : Κοινή Υπουργική Απόφαση

ΦΕΚ : Φύλλα Εφημερίδας της Κυβερνήσεως

N.E.H : National Engineering Handbook

SCS : Soil Conservation Service

ΥΠ.ΓΕ : Υπουργείο Γεωργίας

BOD : Biochemical Oxygen Demand

COD : Chemical Oxygen Demand

Ε.Γ.Σ.Λ. : Ένωση Γεωργικών Συνεταιρισμών Λαγκαδά

Π.Κ.Μ. : Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας



## Ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι λίμνες είναι σημαντικότερα οικοσυστήματα με πολλαπλές χρήσεις και ωφέλειες για τον άνθρωπο και το φυτικό και ζωικό κόσμο. Συνήθως βρίσκονται στα χαμηλότερα σημεία της λεκάνης απορροής τους, τα νερά της οποίας συγκεντρώνουν. Κοντά τους αναπτύσσονται συχνά μεγάλοι οικισμοί, οι κάτοικοι των οποίων χρησιμοποιούν τα νερά των λιμνών για διάφορες χρήσεις (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία, αναψυχή) και τις ίδιες τις λίμνες ως αποδέκτες των λυμάτων τους (αστικών, βιομηχανικών, γεωργικών, κτηνοτροφικών). Το αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων αυτών είναι να αντιμετωπίζουν προβλήματα ρύπανσης και ελάττωσης του υδατικού δυναμικού τους πολλές λίμνες στον κόσμο.

Αρκετές ελληνικές λίμνες εμφανίζουν τα τελευταία χρόνια τέτοια προβλήματα, με τα οποία έχουν ασχοληθεί και ασχολούνται πολλοί επιστήμονες. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της λίμνης Βεγορίτιδας που παρουσιάζει μεγάλα ποσοτικά, ποιοτικά και οικολογικά προβλήματα. Το σημαντικότερο από αυτά είναι η μεγάλη μείωση του όγκου της σε ποσοστό περίπου 65% αυτού που είχε στις αρχές τις δεκαετίας του '50. Το ελλειμματικό ισοζύγιο του νερού της οφείλεται τόσο σε ανθρωπογενείς, όσο και σε φυσικές αιτίες. Στις ανθρωπογενείς αιτίες περιλαμβάνονται τα έργα υδροληψίας νερού από τη λίμνη για την κάλυψη των υδροηλεκτρικών και αρδευτικών αναγκών στην περιοχή της Έδεσσας, καθώς και οι αντλήσεις νερού για υδρευτική, αρδευτική και θερμοηλεκτρική χρήση. Στις φυσικές αιτίες περιλαμβάνεται η ύπαρξη καταβόθρων στα ασβεστολιθικά πετρώματα του πυθμένα της λίμνης, μέσω των οποίων το νερό της διαρρέει προς τον υπόγειο υδροφόρα με τον οποίο βρίσκεται σε επικοινωνία. Παράλληλα η λίμνη παρουσιάζει χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου στο μεταλίμνιο και το υπολίμνιο, μειωμένη διαφάνεια και παρόλο που δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων, βρίσκεται στη φάση της μετάβασης από την ολιγοτροφική στην μεσοτροφική κατάσταση (Πυρινή, 2011)

Ένα ακόμη παράδειγμα ελληνικής λίμνης που έχει υποβαθμιστεί είναι αυτό της λίμνης Καστοριάς, στις όχθες της οποίας είναι χτισμένη η ομώνυμη πόλη. Το γεγονός αυτό δίνει ιδιαίτερη σπουδαιότητα στη λίμνη (οικονομική και κοινωνική, παράλληλα με την οικολογική), όμως ταυτόχρονα συμβάλλει στην υποβάθμιση της, κυρίως μέσω των αστικών λυμάτων που καταλήγουν στη λίμνη. Η λίμνη της

Καστοριάς είναι ευτροφική και εμφανίζει έντονη ανάπτυξη υδρόβιων μακροφύτων και κυανοπράσινων φυκών. Η ευτροφική κατάσταση της λίμνης, οι χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου και η μείωση των τόπων αναπαραγωγής των ψαριών συντέλεσαν στην ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση της ιχθυοπαραγωγής της (Κουσουρήs κ.α., 1991).

Μία ακόμη λίμνη που αντιμετωπίζει σοβαρότατα προβλήματα είναι η λίμνη Κορώνεια. Η λίμνη Κορώνεια (ή Αγ. Βασιλείου ή Λαγκαδά) βρίσκεται στην Κεντρική Μακεδονία και σε απόσταση 20km περίπου από την πόλη της Θεσσαλονίκης. Μαζί με τη λίμνη Βόλβη αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους υγροτόπους της χώρας μας που προστατεύονται από τη διεθνή σύμβαση RAMSAR.

Τα τελευταία 20 χρόνια όμως και κυρίως από το 1985 και μετά, ο πολύτιμος αυτός φυσικός πόρος υποβαθμίζεται τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Έτσι ενώ το μέσο βάθος της λίμνης το 1970 ήταν 5m, το 1987 μειώθηκε στα 4m και το 1996 έπεσε κάτω από το 1 m. Το 2002 η λίμνη αποξηράνθηκε σχεδόν τελείως. Σήμερα η κατάσταση της λίμνης είναι εξαιρετικά ασταθής με περιόδους πλήρους ξηρασίας ενώ άλλες περιόδους το βάθος της ξεπερνάει το 1 m. Το ίδιο άσχημη είναι και η ποιοτική της κατάσταση με το pH της να ξεπερνάει το 10 το 1998 ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) τα 6000μS/cm και αυτές οι υψηλές τιμές παρατηρούνται και σήμερα. Με τις τιμές των βαρέων μετάλλων ιδιαίτερα αυξημένες, το νερό της λίμνης κρίνεται ακατάλληλο για οποιαδήποτε χρήση. Αποτέλεσμα όλων αυτών, ήταν ο μαζικός θάνατος του ιχθυοπληθυσμού της λίμνης το 1995 και η θανά 30.000 πτηνών, μεταξύ τους και σπάνιων το 2004 (Ζαλίδης κ.α, 2004).

Τα προβλήματα της λίμνης απασχόλησαν και απασχολούν τους αρμόδιους φορείς. Με σκοπό την ανάκαμψη της Κορώνειας έχουν γίνει πολλές μελέτες και έχουν διατυπωθεί επίσης πολλές προτάσεις. Χαρακτηριστικά μπορούν να αναφερθούν οι μελέτες του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ (1986 και 1996), τα ερευνητικά προγράμματα που εκπονήθηκαν από το επιστημονικό προσωπικό του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (1978, 1981). Η μελέτη της Αναπτυξιακής Εταιρίας Ν. Θεσσαλονίκης (1995), το Master Plan του 1998 και το αναθεωρημένο Master Plan του 2004.

Η οικολογική καταστροφή που συντελείται σε έναν τόσο σημαντικό υγρότοπο έχει προβληθεί πολλές φορές από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, ενώ έχει ευαισθητοποιήσει τους κατοίκους της περιοχής, οι οποίοι έχουν προβεί κατά καιρούς σε αποκλεισμό της εθνικής οδού Θεσσαλονίκης - Καβάλας. Παρόλο όμως το

ενδιαφέρον της κοινής γνώμης και των αρμόδιων φορέων, τα μέτρα που έχουν προταθεί ή θεσπιστεί κατά καιρούς δεν εφαρμόζονται. Πολλές βιομηχανίες λειτουργούν χωρίς άδεια, άλλες δεν έχουν βιολογικό σταθμό επεξεργασίας λυμάτων ή αν έχουν δεν τον λειτουργούν λόγω κόστους. Οι εκτάσεις που αποκαλύπτονται από την πτώση της στάθμης της λίμνης καταπατώνται, ενώ τα πρόστιμα στους καταπατητές είναι πολύ μικρά ως ανύπαρκτα. Ακόμη, η άντληση από τους υπόγειους υδροφορείς γίνεται ανεξέλεγκτα (Knight et al., 1998).

Σκοπός αυτής της πτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη της διαχρονικής μεταβολής της ποσοτικής και ποιοτικής κατάστασης της λίμνης Κορώνειας. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου της λίμνης κατά την περίοδο 1985-1995 καθώς εκτιμήθηκε ότι στην δεκαετία αυτή η υποβάθμιση που υπέστη η λίμνη είναι η μεγαλύτερη από κάθε άλλη περίοδο καθώς επίσης δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία για την μελέτη πιο πρόσφατης δεκαετίας. Εξετάζονται επίσης οι επιπτώσεις της υποβάθμισης του υγροτόπου στους οργανισμούς (φυτικούς και ζωικούς).

## 1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ

### 1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ

Η λίμνη Κορώνεια η οποία απέχει 12 χιλιόμετρα από την πόλη της Θεσσαλονίκης έχει πάρει το όνομα της από την Κορωνίδα μητέρα του Ασκληπιού. Η Κορώνεια μαζί με την λίμνη Βόλβη είναι υπολείμματα της παλιάς Μυγδονίας λίμνης και η περιοχή στην οποία βρίσκονται ονομάζεται λεκάνη της Μυγδονίας. Υπολογίζεται ότι η έκταση της Μυγδονίας λίμνης ήταν περίπου 650 km<sup>2</sup> και σχηματίστηκε όταν λόγω τεκτονικών διεργασιών σταμάτησε η επικοινωνία της Λεκάνης Μυγδονίας με την Λεκάνη του Στρυμονικού κόλπου και η ενδιάμεση περιοχή καλύφθηκε με ύδατα. Με το πέρασμα των ετών σταδιακά τα νερά της Μυγδονίας λίμνης πέρασαν στον Στρυμονικό κόλπο και στην κοιλάδα της Ρεντίνας και έτσι σήμερα υπάρχουν σαν υπολείμματα της Λίμνης Μυγδονίας, η Κορώνεια και η Βόλβη (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ,1996).

Η λεκάνη της Μυγδονίας, μέσα στην οποία βρίσκονται σε κεντρική θέση οι λίμνες Κορώνεια και Βόλβη, αποτελεί ένα επίμηκες βύθισμα που διαχωρίζει τη Χερσόνησο της Χαλκιδικής από τον κεντρικό κορμό της Μακεδονίας. Η λεκάνη αυτή περιβάλλεται από ορεινά συγκροτήματα, οι πρόποδες των οποίων αποτελούν τις πλευρές της και είναι περιμετρικά κλειστή με μοναδική επικοινωνία προς τη θαλάσσια περιοχή του Στρυμονικού κόλπου δια μέσω της κοιλάδας της Ρεντίνας που βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα. Τα δύο τμήματα που την αποτελούν είναι το δυτικό που συνιστά την υπολεκάνη του Λαγκαδά και στην οποία βρίσκεται και η λίμνη Κορώνεια και το ανατολικό που συνιστά την υπολεκάνη της Βόλβης όπου βρίσκεται η λίμνη Βόλβη (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ,1996), (Myloropoulos et al., 2007).

### 1.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στη σημερινή εποχή η Ελλάδα καθώς και όλη η Ευρώπη βιώνει μία μεγαλύτερη από κάθε άλλη φορά οικολογική και περιβαλλοντική κρίση. Έτσι η Ευρωπαϊκή Ένωση με σκοπό να αντιμετωπίσει την παραπάνω κρίση εξέδωσε την οδηγία 92/43 για την διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας χλωρίδας και πανίδας. Έτσι ιδρύθηκε το δίκτυο προστατευόμενων περιοχών Natura

2000. Στην Ελλάδα υπάρχουν πάνω από 300 περιοχές που έχουν ενταχθεί στο δίκτυο και με σκοπό την διαχείριση τους ιδρύθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.) 27 φορείς διαχείρισης.

Ο Φορέας Διαχείρισης λιμνών Κορώνειας - Βόλβης είναι υπεύθυνος για την προστασία και διαχείριση του Εθνικού Πάρκου Κορώνειας Βόλβης και Μακεδονικών Τεμπών. Η περιοχή αρμοδιότητας του εκτίνεται σε όλη την υδρολογική λεκάνη της Μυγδονίας που η έκταση της ανέρχεται σε 2.120.000 στρέμματα. Οι βασικότεροι στόχοι του Φορέα Διαχείρισης είναι :

- Η διατήρηση των φυσικών πόρων, της βιοποικιλότητας και γενικότερα η προστασία του συνόλου των ιδιαίτερων αξιών της περιοχής
- Η περιβαλλοντική εκπαίδευση, η ενημέρωση, ευαισθητοποίηση των χρηστών, των φορέων και κατοίκων της περιοχής με στόχο τη διαμόρφωση περιβαλλοντικής συνείδησης
- Η προσέλκυση επισκεπτών και η προβολή και ανάδειξη των αξιών της προστατευόμενης περιοχής
- Η αειφόρος χρήση των οικοσυστημάτων της προστατευόμενης περιοχής
- Η διάχυση των ωφελειών της βιώσιμης διαχείρισης στους κατοίκους της προστατευόμενης περιοχής
- Η ανάπτυξη συνεργασιών με ερευνητικά κέντρα, πανεπιστημιακά ιδρύματα και Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις (<http://www.foreaskv.gr/>)

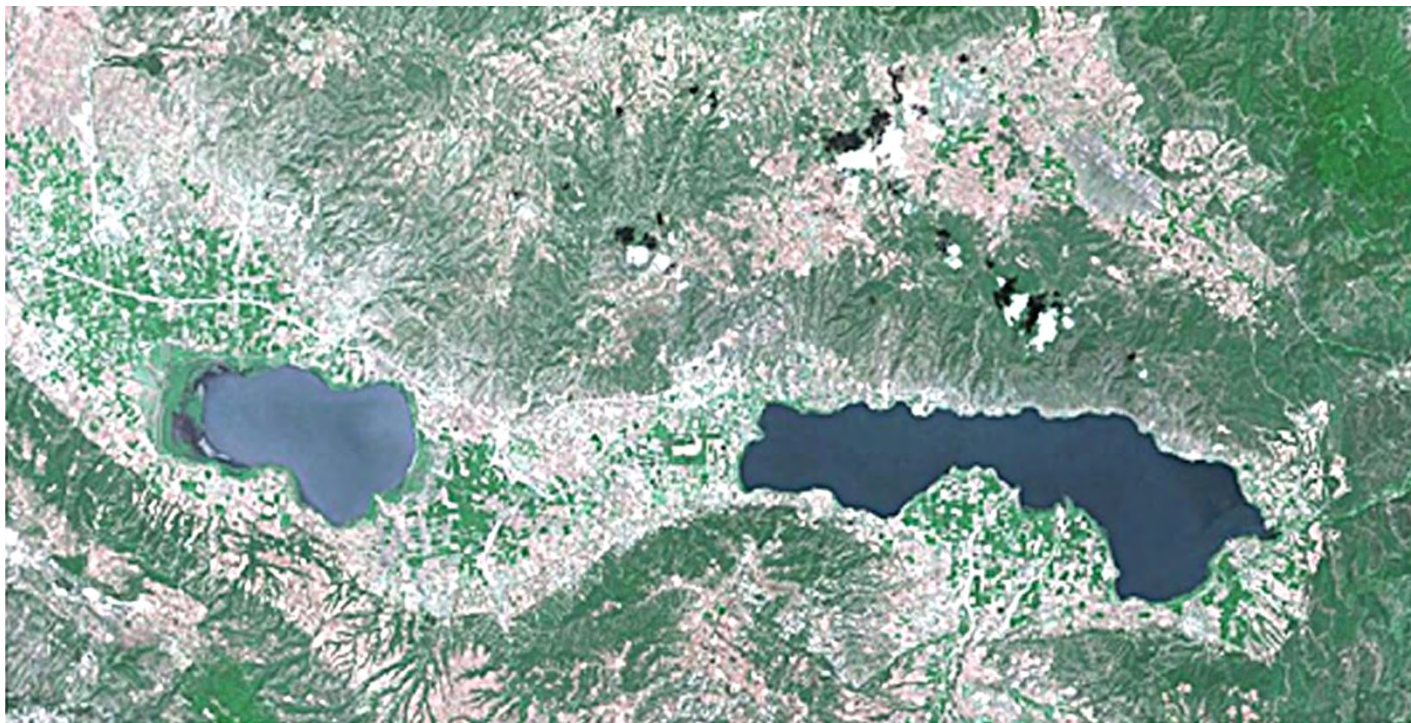
Την ευθύνη για τη διαχείριση των υδάτων, την παρακολούθηση και την εφαρμογή μέτρων για την ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της λεκάνης απορροής έχει η Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.

### 1.3 ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Η λεκάνη απορροής της Κορώνειας ταυτίζεται με την υπολεκάνη του Λαγκαδά, των αποστραγγισμένων νερών της οποίας τελικός αποδέκτης είναι η λίμνη. Οριοθετείται στα βόρεια από τις νοτιοδυτικές λοφοσειρές του ορεινού συγκροτήματος του Βερτίσκου και στα νότια από τις πλαγιές και τα υψώματα των βορινών τμημάτων του όρους Χορτιάτη μέχρι την κορυφή Κισσός και έχει έκταση περίπου 884 km<sup>2</sup>. Τα δυτικά της όρια δεν είναι σαφή και αποτελούνται από μία σειρά

χαμηλών λόφων και κοιλωμάτων μέσου ύψους 200-300m, όπου βρίσκεται και ο ορεινός όγκος της Καμήλας, ο οποίος διαχωρίζει την λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας από αυτή του Γαλλικού ποταμού. Τα ανατολικά όρια είναι επίσης ασαφή, αφού ένα σύστημα λόφων και λοφίσκων, κατά μήκος του άξονα Στίβου - Σχολαρίου, διαχωρίζει τις λεκάνες απορροής των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης.

Στο νότιο τμήμα της και προς τα ανατολικά της λεκάνης απορροής βρίσκεται η λίμνη Κορώνεια. Μία εύφορη πεδινή έκταση εκτείνεται στα δυτικά της λίμνης στην οποία βρίσκεται και η κωμόπολη του Λαγκαδά. Το τραχύ ανάγλυφο χαρακτηρίζει την νότια, καθώς και το ανατολικό τμήμα της βόρειας πλευράς, σε αντίθεση με τη βόρεια πλευρά, όπου το ανάγλυφο είναι ομαλότερο (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, 1986), (Knight et al., 1998).



Εικόνα 1 : Δορυφορική λήψη της λεκάνης Μυγδονίας  
Πηγή : Ζαλίδης, 2010

### 1.3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Όπως προαναφέρθηκε, η λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας αποτελεί το δυτικό τμήμα της λεκάνης Μυγδονίας, η οποία είναι ένα εκτεταμένο τεκτονικό βύθισμα το οποίο σχηματίστηκε στη διάρκεια του Νεογενούς και μέχρι σήμερα είναι ενεργό.

Η λεκάνη απορροής της Κορώνειας καταλαμβάνει ένα τμήμα της περιοχής των ορίων της Σερβομακεδονικής μάζας και της ζώνης του Αξιού. Επίσης υπάρχουν ίχνη αρχαίων λιμναίων αποθέσεων και αυτό οφείλεται στο ότι η λίμνη Κορώνεια είναι υπόλειμμα της παλιάς λίμνης Μυγδονίας.

Η υπολεκάνη Λαγκαδά από τεκτονικής πλευράς χωρίζεται με ένα έξαρμα από την υπολεκάνη της Βόλβης. Η τεκτονική λεκάνη του Λαγκαδά αποτελείται από ένα γεωλογικό κέρατο κατά τον άξονα Καμήλας - Λουτρών Λαγκαδά και από δύο τεκτονικές τάφρους μία σε κάθε πλευρά. Από τις δύο τάφρους η μικρότερη βρίσκεται μεταξύ των Λουτρών και των προβουνίων του Βερτίσκου, ενώ η μεγαλύτερη μεταξύ των Λουτρών Λαγκαδά και των προβουνίων του Χορτιάτη (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, 1996).

### 1.3.2 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Τα γεωλογικά κλιματικά και ορεογραφικά δεδομένα, όπως επίσης και η βλάστηση είναι παράγοντες που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την διαμόρφωση των εδαφών της λεκάνης απορροής της λίμνης. Τα περισσότερα εδάφη της λεκάνης προέρχονται από την αποσάθρωση πυριγενών και κυρίως μεταμορφωσιγενών πετρωμάτων, όπως χαλαζιτών και σχιστόλιθων (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 1996).

Τα εδάφη αυτά χαρακτηρίζονται από το σκοτεινό τους χρώμα και κάποιες φορές είναι όξινα. Το βάθος τους φτάνει συνήθως τα 10-50 cm, ενώ αυτό περιορίζεται ακόμη περισσότερο όταν βρίσκονται σε κορυφές που είναι και τα ψηλότερα σημεία. Σε αντίθεση όταν βρίσκονται σε πλαγιές, το βάθος τους μεγαλώνει λόγω της συσσώρευσης υλικών από τις υπερκείμενες θέσεις. Προχωρώντας βαθύτερα, το πέτρωμα εμφανίζεται κατακερματισμένο και αποσαθρωμένο. Ακόμη κολουβιακά εδάφη εμφανίζονται αρκετά βαθύτερα σε περιοχές που η κλίση της επιφάνειας είναι μικρή, όπως στις εκβολές των ρεμάτων. Όλα αυτά τα εδάφη έχουν σύσταση αμμοπηλώδη έως πηλώδη με δομή κοκκώδη και ψυχαλωτή. Επίσης έχουν



καλές συνθήκες στράγγισης ενώ μπορεί να είναι από όξινα έως πολύ όξινα (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 1996), (Ζαλίδης κ.α, 2004).

### 1.3.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Στη λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας υπάρχει ένα δίκτυο υδατορευμάτων τα οποία αυλακώνουν και αποστραγγίζουν τη λεκάνη, το οποίο είναι ιδιαίτερα πυκνό. Το πάχος αυτού του υδροφόρου συστήματος είναι μικρό στα κράσπεδα της λεκάνης και σταδιακά μεγαλώνει όσο πλησιάζει στο κέντρο της. Η έκταση του, υπολογίζεται σε 260 km<sup>2</sup>. Σε μέτρηση η οποία πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) το 1995 διαπιστώθηκε ότι η παροχή νερού από τα κυριότερα ρέματα της λεκάνης προς αυτή ξεπερνάει τα 100 Mm<sup>3</sup> ανά έτος (Myloroulos et al., 2007).

Τα κυριότερα υδατορεύματα τα οποία διασχίζουν τη λεκάνη απορροής είναι αρχικά το ρέμα Μπογδάνου το οποίο συγκεντρώνει τα νερά της περιοχής νότια του χωριού Λαχανά, διέρχεται ανατολικά του χωριού Άσσηρος και δυτικά του Λαγκαδά και τέλος εκβάλλει περίπου στο μέσο της δυτικής πλευράς της λίμνης Κορώνειας. Το μεγάλο ρέμα Κολχικού το οποίο διέρχεται από το χωριό Κολχικό, συγκεντρώνει τα νερά της περιοχής των χωριών Όσσας και Κρυονερίου και εκβάλλει στο δυτικό τμήμα της βόρειας πλευράς της λίμνης. Τα ρέματα Αγίας Παρασκευής και Πλατανάρα διέρχονται από τα χωριά Βασιλούδι και Γερακαρού αντίστοιχα, συγκεντρώνουν τα ύδατα της βορειοανατολικής πλευράς του Χορτιάτη και τέλος αφού συνενωθούν σε ένα ρέμα, εκβάλλουν στο νοτιοανατολικό άκρο της λίμνης. Η περιφερειακή τάφρος Καβαλαρίου – Ασσήρου συγκεντρώνει τα νερά της περιοχής της Ασσήρου, διέρχεται από τα χωριά Ηράκλειο, Περιβολάκι, Καβαλάρι και εκβάλλει στη δυτική πλευρά της λίμνης.

Όσον αφορά τα υπόγεια νερά της λεκάνης απορροής, υπάρχουν δύο υδροφόρα συστήματα, ο φρεάτιος υδροφορέας και ο βαθύς υπό-πίεση υδροφορέας.

Ο φρεάτιος υδροφορέας αρχίζει από την επιφάνεια του εδάφους και έχει πλάτος περίπου 40 – 60μ. περίπου. Αποτελείται από άμμους, χαλίκια και κάποια μικρότερα στρώματα αργίλου. Ο εμπλουτισμός του γίνεται με διαρροές από κοίτες ποταμών σε εποχές υψηλών βροχοπτώσεων αλλά κυρίως με απευθείας κατείδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Ο παραπάνω υδροφορέας βρίσκεται σε

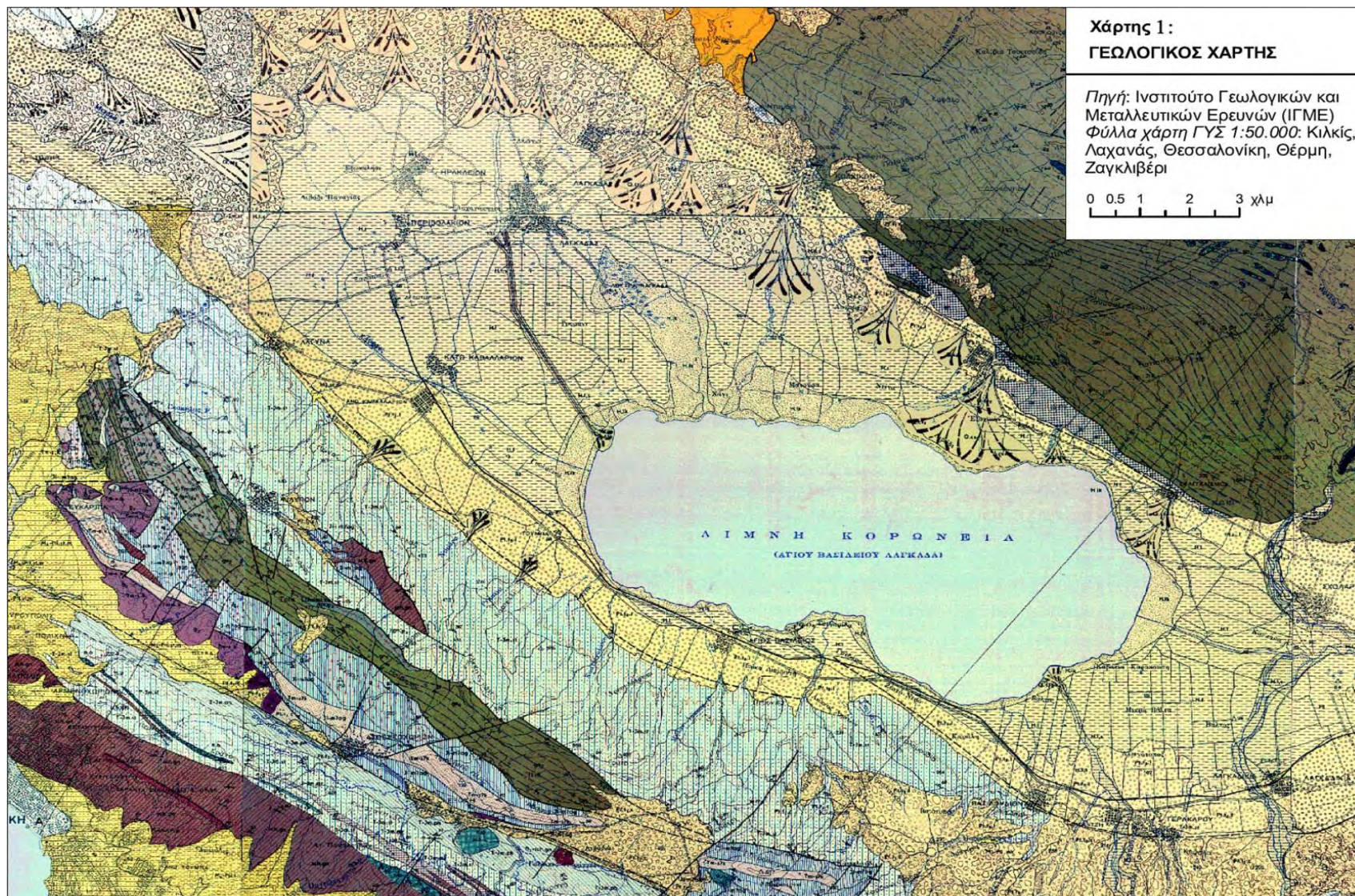
άμεση υδραυλική επικοινωνία με τη λίμνη, έτσι η υδρολογική εξέλιξη της Κορώνειας επηρεάζεται άμεσα και σε μεγάλο βαθμό από αυτόν.

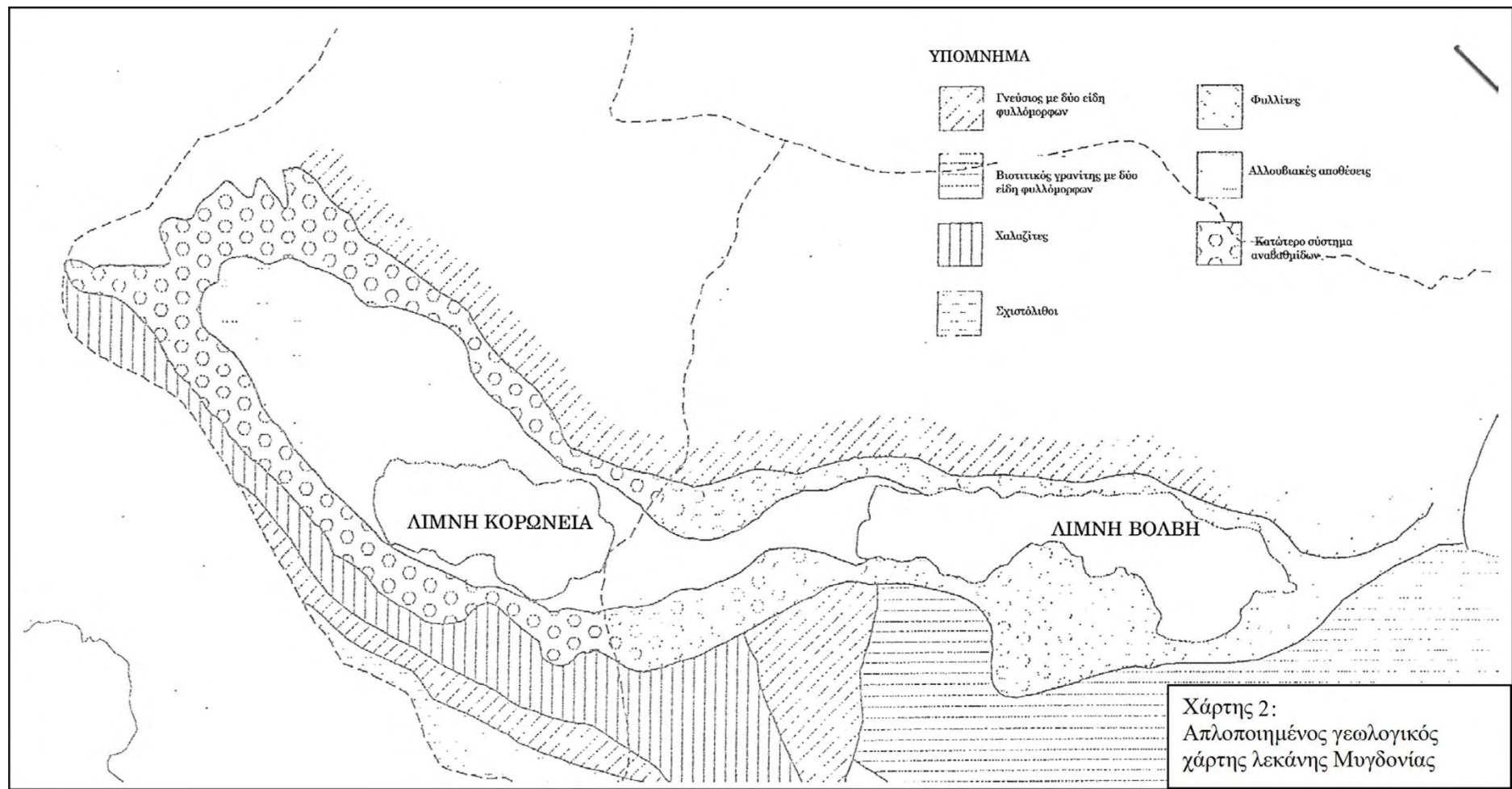
Ο βαθύς υπό-πίεση υδροφορέας αρχίζει από βάθος περίπου 60μ. και το πάχος κυμαίνεται κοντά στα 150μ. Τον χωρίζει ένα ρηχό αργιλικό ημιδιαπερατό στρώμα από το ρηχό υδροφορέα. Η τροφοδοσία του με νερό γίνεται κυρίως με ύδατα τα οποία κατεισδύουν απευθείας από την επιφάνεια. Άμεση επικοινωνία του νερού του υδροφορέα με την λίμνη δεν υπάρχει. Από υδρογεωλογικές και ισοτοπικές μετρήσεις που έχουν γίνει στην περιοχή διαπιστώθηκε ότι το νερό του βαθέος υδροφορέα είναι πάνω από 50 χρόνια και δεν επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τον ρηχό υδροφορέα (Ζαλίδης κ.α, 2004).

#### 1.4 ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ

Η λίμνη Κορώνεια έχει ελλειψοειδές σχήμα. Οι ακτές της είναι ομαλές με περιφέρεια αργιλοαμμώδους και ιλυώδους σύστασης, με περιορισμένης έκτασης αμμώδη και χαλικώδη τμήματα (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 1986).

Η λίμνη δεν έχει φυσική εκροή και επικοινωνεί με τη λίμνη Βόλβη μέσω τεχνητής τάφρου (τάφρος Δερβενίου). Η Βόλβη βρίσκεται 11 km ανατολικά της Κορώνειας και η υψομετρική διαφορά της μέσης ελεύθερης στάθμης των δύο λιμνών το 1970 ήταν 38 m, με την Κορώνεια να βρίσκεται ψηλότερα από τη Βόλβη καθώς αυτή η υψομετρική διαφορά υφίσταται και ακολουθείται στις πεδινές εκτάσεις των λιμνών. Η τεχνητή τάφρος αποστράγγισης της Κορώνειας





Πηγή : Ζαλίδης κ.α., 2004

προς τη Βόλβη κατασκευάστηκε τη δεκαετία του '30 από την Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων (Υ.Ε.Β.) με σκοπό να κρατάει σταθερή τη στάθμη της Κορώνειας στα 75 m απόλυτο υψόμετρο, ώστε να αποστραγγιστούν τα έλη που υπήρχαν στα δυτικά της λίμνης και να αποδοθούν στην καλλιέργεια.

Πριν ανοιχτεί η τεχνητή τάφρος, στις αρχές του αιώνα, η Κορώνεια είχε στο δυτικό τμήμα της εκτεταμένα έλη που πλημμύριζαν εποχιακά και έφταναν 1 km ανατολικά από το χωριό Καβαλάρι. Επιφανειακή επικοινωνία της λίμνης με τη Βόλβη δεν υπήρχε και η Κορώνεια βρισκόταν σε μία κατάσταση ισορροπίας, με τις υπόγειες ροές προς τη Βόλβη, που βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο, να εξισορροπούν το πλεόνασμα των βροχοπτώσεων. Τα πλημμυρικά νερά αποθηκεύονταν προσωρινά στα έλη και σταδιακά διηθούνταν προς τους υπόγειους υδροφορείς μέσω των χαλαρών, υδροπερατών σχηματισμών του πυθμένα. Με τη διάνοιξη όμως της τάφρου τα έλη αποστραγγίστηκαν, οι υπόγειοι υδροφορείς άρχισαν να στερούνται σταδιακά αυτήν την ποσότητα νερού και η απόλυτη στάθμη του νερού σταθεροποιήθηκε στα 75 m, με ένα μέσο βάθος της λίμνης περίπου 5 m (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. , 1996).

Η στάθμη της λίμνης διατηρήθηκε σ' αυτήν την τιμή περίπου μέχρι και τα μέσα της δεκαετίας του '70. Η μείωση άρχισε στα τέλη της δεκαετίας του '70 με αποτέλεσμα στα μέσα της δεκαετίας του '80 το μέσο βάθος να είναι στα 3 m ενώ δέκα χρόνια αργότερα το 1995 να κυμαίνεται από 0.9 - 1 m. Από το 1995 και μετά το μέσο βάθος της λίμνης ήταν κάτω από 1 m, μέχρι το 2002 όπου για πρώτη φορά στα χρονικά η λίμνη αποξηράνθηκε σχεδόν τελείως. Τις χρονιές που ακολούθησαν και λόγω των υψηλών βροχοπτώσεων η λίμνη ανέκτησε κάποιο από τον όγκο του νερού της, με το βάθος της όμως να παραμένει κάτω του 1 m. Η κατάσταση της λίμνης τα τελευταία έτη είναι πολύ ασταθής καθώς το καλοκαίρι του 2008 αποξηράνθηκε ξανά, αλλά τους μήνες που ακολούθησαν ανέκτησε τον όγκο νερού της και το μέσο βάθος της ξεπέρασε το 1 m (Kungolos et al., 1998), (Ζαλίδης, 2010).

Σε άμεση συνάρτηση με τη στάθμη της λίμνης βρίσκεται η επιφάνεια και ο όγκος της. Η επιφάνεια της λίμνης από 50 km<sup>2</sup> το 1955 και 47.5 km<sup>2</sup> το 1970, το 1995 μειώθηκε στα 35 km<sup>2</sup> ενώ το 2002 η λίμνη κάλυπτε επιφάνεια 10 km<sup>2</sup>. Η λίμνη σήμερα έχει επιφάνεια περίπου 30 km<sup>2</sup>. Παρόμοια μείωση παρουσιάζει και ο όγκος της που από 245 Mm<sup>3</sup> το 1955 και 220 Mm<sup>3</sup> το 1979, το 1986 είχε μειωθεί στα 130 Mm<sup>3</sup> ενώ το 1996 στα 20 Mm<sup>3</sup>. Το έτος 2003 ο όγκος της λίμνης ανερχόταν στα 58 Mm<sup>3</sup>, ενώ η σημερινή του κατάσταση παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις ανά περιόδους του χρόνου, με μήνες απόλυτης ξηρασίας μέχρι και ιδιαίτερα βροχερούς

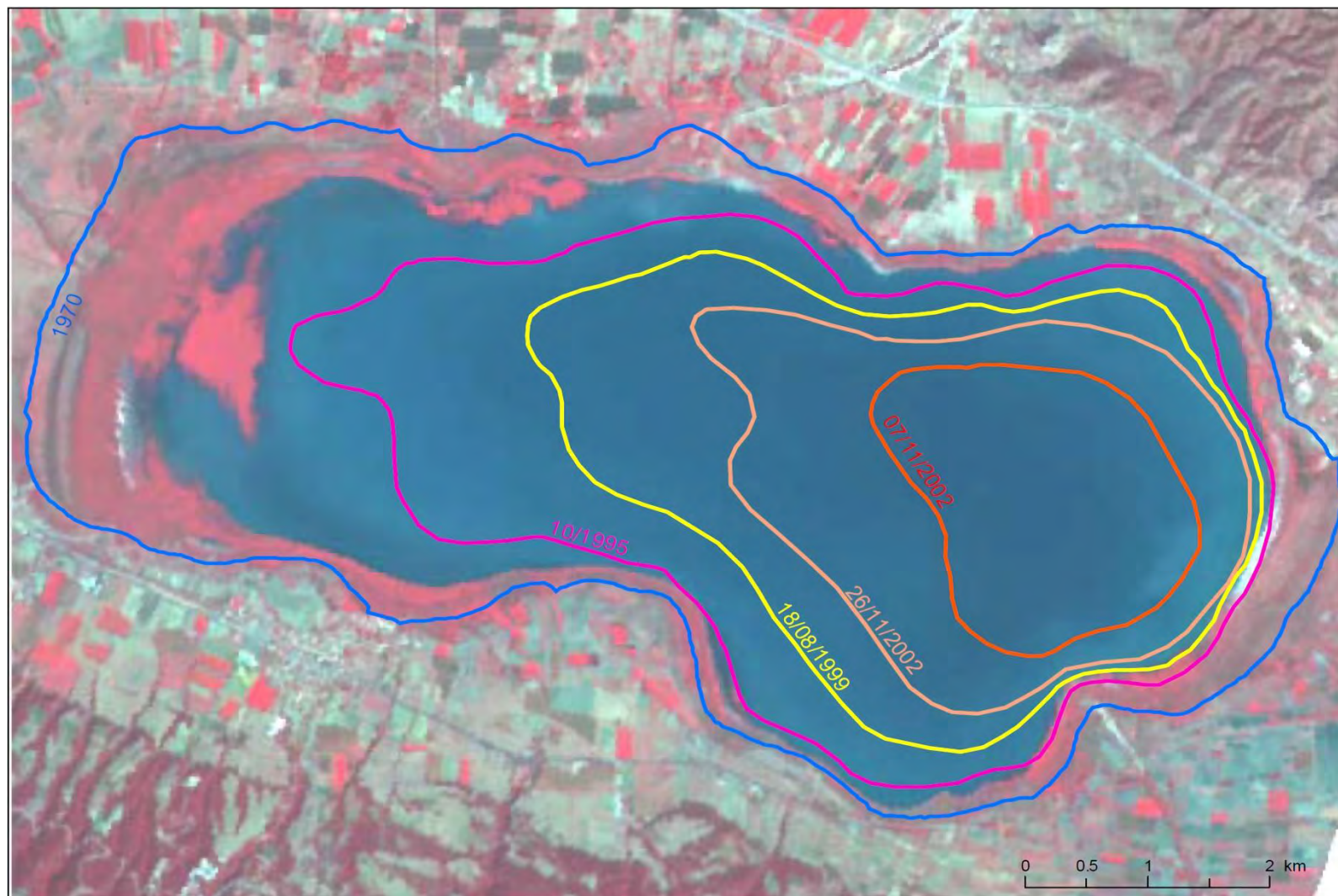
μήνες με όγκο νερού που ξεπερνάει τα 20 Mm<sup>3</sup>. Μέσα σε διάστημα 25 ετών (1970-1995) η σημαντικότερη μείωση της υδάτινης επιφάνειας είχε ως αποτέλεσμα την μετατόπιση της παρόχθιας υδάτινης ζώνης προς το εσωτερικό της και την αποκάλυψη 15 km<sup>2</sup> παρόχθιων εκτάσεων. Την ίδια χρονική περίοδο ο όγκος της λίμνης παρουσίασε μία μείωση, σε ποσοστό 90 % περίπου (Kungolos et al., 1998), (Ζαλίδης κ.α., 2004).

Στον παρακάτω πίνακα 1.1 παρουσιάζονται οι τιμές του μέσου βάθους της λίμνης από το 1985 ως το 2002.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 : ΜΕΣΟ ΒΑΘΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ (Μ)

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
<b>1985</b>	3.26	3.06	-	3.14	3.08	3.05	2.88	2.66	-	2.40	2.36	2.61
<b>1986</b>	2.73	2.74	3.33	3.44	3.43	3.14	4.11	3.96	3.79	3.73	3.76	3.71
<b>1987</b>	3.71	3.86	3.99	4.30	4.35	4.31	4.21	4.14	-	-	3.83	3.84
<b>1988</b>	4.04	4.04	4.08	4.19	4.18	4.06	3.97	3.70	-	3.46	3.42	3.56
<b>1989</b>	3.66	3.66	3.68	3.66	3.66	3.67	3.68	3.53	3.43	3.40	3.26	3.26
<b>1990</b>	3.24	3.34	3.34	3.31	3.23	3.21	3.08	-	-	-	-	-
<b>1991</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>1992</b>	-	-	-	2.52	2.54	2.51	2.52	2.50	2.23	2.11	2.09	2.16
<b>1993</b>	2.16	2.18	2.19	2.21	2.11	2.11	1.98	1.74	1.68	1.66	1.66	1.69
<b>1994</b>	1.74	1.75	1.76	1.78	1.80	1.69	-	-	1.31	1.26	1.21	1.18
<b>1995</b>	1.21	1.31	1.44	1.41	-	1.24	1.16	1.09	1.00	-	0.83	1.01
<b>1996</b>	1.20	1.37	1.56	1.67	1.70	1.58	-	-	-	-	0.76	0.78
<b>1997</b>	0.74	0.79	0.81	-	0.72	0.68	0.64	0.62	0.69	0.71	-	-
<b>1998</b>	-	-	-	0.58	0.61	0.59	0.55	-	-	0.60	-	-
<b>1999</b>	-	0.55	0.57	0.52	0.41	0.39	-	-	-	-	0.35	0.36
<b>2000</b>	-	-	-	0.30	0.29	0.29	-	-	-	0.28	0.27	-
<b>2001</b>	-	-	0.25	0.23	-	-	-	-	0.25	0.27	-	-
<b>2002</b>	-	0.28	0.24	0.20	0.15	0.10	0	0	0	0	0	0

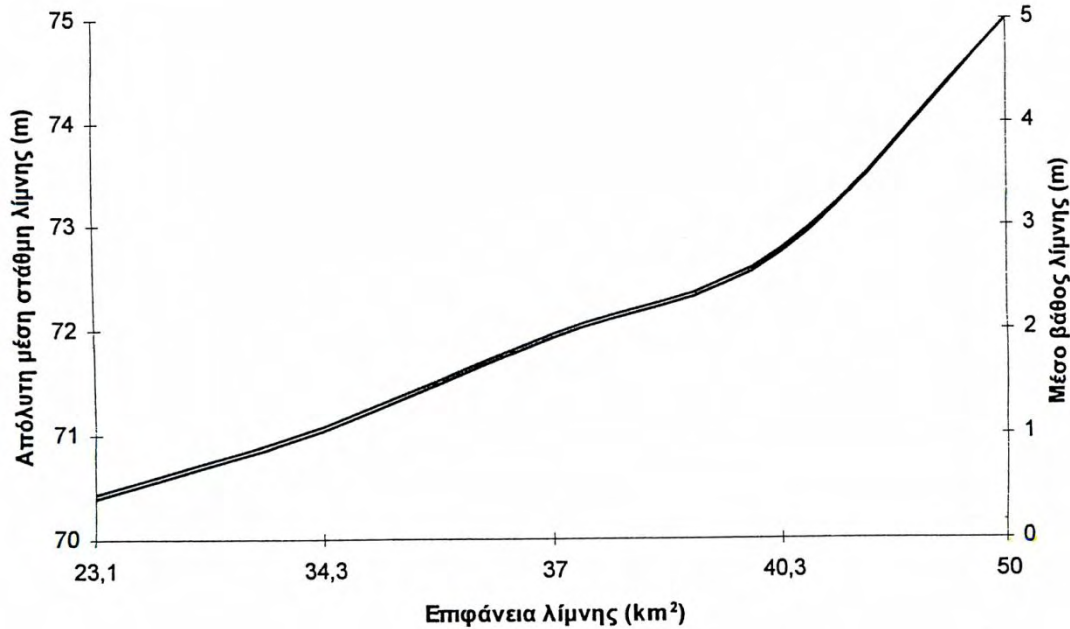
Πηγή : Υ.Ε.Β. , ίδια επεξεργασία



Εικόνα 2 : Μεταβολή της έκτασης της λίμνης Κορώνειας μεταξύ 1977 - 2003

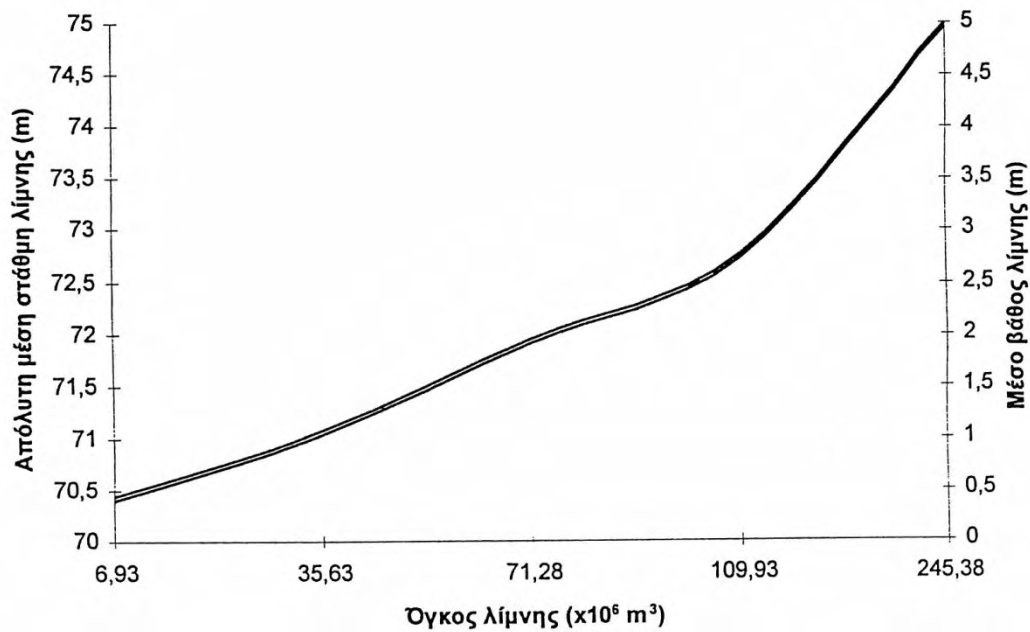
Πηγή : Ζαλίδης, 2010

Σχήμα 1.1 : Καμπύλη επιφάνειας - βάθους της λίμνης Κορώνειας



Πηγή : Ζαλίδης, 2010

Σχήμα 1.2 : Καμπύλη όγκου - βάθους της λίμνης Κορώνειας



Πηγή : Ζαλίδης, 2010



## 1.5 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Η λίμνη Κορώνεια αλλά και γενικότερα η λεκάνη απορροής της διέπεται από ένα διευρυμένο πλαίσιο προστασίας, το οποίο αποτελείται από νόμους, κανονισμούς, συμβάσεις και διατάγματα που έχουν θεσπιστεί από την ελληνική κυβέρνηση αλλά και την ευρωπαϊκή ένωση. Η ισχύουσα νομοθεσία περιλαμβάνει : Α) Νόμους και διατάγματα που έχουν εκδοθεί από την ελληνική Κυβέρνηση, Β) Κανονισμούς για το περιβάλλον που έχουν εκδοθεί από τη Νομαρχία, Γ) Διεθνείς Συμβάσεις.

### **Α) Νόμοι και διατάγματα που έχουν εκδοθεί από την ελληνική Κυβέρνηση**

Νόμος 849/78 : Ο νόμος αυτός είναι σχετικός με τις μορφές τοπικών οργανισμών και την παροχή διοικητικών υπηρεσιών

Νόμος 1626/82 : Αυτός ο νόμος παρέχει κίνητρα για την ανάπτυξη βιομηχανιών, χωρίς να διακρίνει μεταξύ τύπων βιομηχανιών ή περιοχών.

Νόμος 1650/86 : Σκοπός του παρόντος νόμου είναι η θέσπιση θεμελιωδών κανόνων και η καθιέρωση κριτηρίων και μηχανισμών για την προστασία του περιβάλλοντος, την αποτροπή της υποβάθμισης του, τη διασφάλιση της ανθρώπινης υγείας και τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας των φυσικών οικοσυστημάτων.

Νόμος 1739/87 : Ο νόμος αυτός θέτει σαν στόχο του τη χάραξη της εθνικής υδατικής πολιτικής που θα στηρίζεται στην ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων.

Νόμος 2242/94 : Αυτός ο νόμος είναι σχετικός με τη δημιουργία ενός σώματος περιβαλλοντικών επιθεωρητών (ΕΣΕΠΠ), ο στόχος του οποίου είναι η προστασία του περιβάλλοντος και ο εντοπισμός περιοχών που υπόκεινται σε υποβάθμιση ή βρίσκονται σε κίνδυνο.

ΚΥΑ 69269/5835/90 : Καθορίζει τα περιεχόμενα των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τις κατηγορίες έργων ως προς τη διαδικασία της περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

ΚΥΑ 6919 (ΦΕΚ 248/2004) : Σύμφωνα με αυτή την ΚΥΑ οι λιμναίες, χερσαίες και υδάτινες περιοχές του υγροτοπικού συστήματος των λιμνών Βόλβης - Κορώνειας και των Μακεδονικών Τεμπών χαρακτηρίζονται ως "Εθνικό Πάρκο Υγρότοπων των λιμνών Βόλβης - Κορώνειας και των Μακεδονικών Τεμπών" και καθορίζονται ζώνες προστασίας και επιτρεπόμενες χρήσεις και δραστηριότητες καθώς και οι περιορισμοί δόμησης. Σκοπός της ΚΥΑ είναι η προστασία, διατήρηση και διαχείριση της φύσης και του τοπίου, ως φυσικής κληρονομιάς και πολύτιμου εθνικού φυσικού πόρου στις λιμναίες, χερσαίες και υδάτινες περιοχές του υγροτοπικού συστήματος των λιμνών

Βόλβης - Κορώνειας και Μακεδονικών Τεμπών, που διακρίνονται για τη μεγάλη βιολογική, οικολογική, αισθητική, επιστημονική, γεωμορφολογική και παιδαγωγική τους αξία, με το χαρακτηρισμό της ως "Εθνικό Πάρκο Υγρότοπων των λιμνών Βόλβης - Κορώνειας και των Μακεδονικών Τεμπών". Σύμφωνα με αυτήν την ΚΥΑ μέσα στην περιοχή προστασίας ορίζονται συγκεκριμένες ζώνες προστασίας, στις οποίες επιτρέπονται διαφορετικές δραστηριότητες.

### **B) Κανονισμοί για το περιβάλλον που έχουν εκδοθεί από την Νομαρχία**

Κανονισμός 22374/94 : Αυτός ο κανονισμός συσχετίζεται με τη διαχείριση των βιομηχανικών αλλά και αστικών αποβλήτων που απορρίπτονται σε φυσικές τοπογραφικές ταπεινώσεις και καθορίζει τους μέγιστους ρυθμούς χρήσης νερού εντός της Νομαρχίας.

Κανονισμός 3344/95 : Είναι σχετικός με την ποιότητα των υγρών αποβλήτων και με τον όγκο χρήσης του νερού.

Κανονισμός 99/7827/96 : Με αυτόν τον κανονισμό γίνεται διάνοιξη τοποθεσιών υγειονομικής ταφής και διάθεσης απορριμμάτων.

### **Γ) Διεθνείς Συμβάσεις**

Σύμβαση Ραμσάρ για την προστασία των διεθνούς ενδιαφέροντος υγροτόπων, ιδία ως υγροβιοτόπων. (όπως κυρώθηκε με το Ν.Δ. 191/1974)

Σύμβαση για τη διατήρηση της βιολογικής ποικιλότητας (όπως κυρώθηκε με το Ν. 2204/94).

Σύμβαση της Βόννης για τη διατήρηση της άγριας ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος (όπως κυρώθηκε με το Ν.1335/83).

Σε ότι αφορά το καθεστώς προστασίας, μέχρι σήμερα η περιοχή των λιμνών Κορώνειας - Βόλβης έχει χαρακτηριστεί ως :

- Υγρότοπος διεθνούς σημασίας σύμφωνα με τη σύμβαση Ραμσάρ
- Ζώνη Ειδικής Προστασίας - SPA σε εφαρμογή της οδηγίας 79/409/ΕΟΚ
- Προτεινόμενος Τόπος Κοινοτικής Σημασίας σε εφαρμογή της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ
- Εθνικό Πάρκο Υγροτόπων των λιμνών Κορώνειας - Βόλβης και των Μακεδονικών Τεμπών (ΚΥΑ 6919, ΦΕΚ 248/5.3.2004) (Ζαλίδης κ.α., 2004).

## 2. ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

### 2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Ο βέλτιστος και πιο αξιόπιστος τρόπος για να μελετηθεί η ποσοτική κατάσταση μίας λίμνης είναι ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου για κάποιο χρονικό διάστημα. Το υδατικό ισοζύγιο μιας λίμνης εκφράζεται από μία γενική σχέση, η οποία εξισώνει τις συνολικές εισροές στη λίμνη με τις συνολικές εκροές και την μεταβολή στον αποθηκευμένο όγκο νερού της λίμνης. Αυτή η σχέση γράφεται ως εξής (Γιαννόπουλος, 2010) :

$$P + RO + GWin = E + RT + RS + GWout \pm DS \quad (2.1)$$

Στην παραπάνω σχέση το P είναι το νερό της βροχής που πέφτει απευθείας στην λίμνη, RO είναι οι επιφανειακές εισροές νερού από τα υδατορεύματα που εκβάλλουν στη λίμνη και την απευθείας επιφανειακή απορροή και GWin είναι οι εισροές νερού από τους υπόγειους υδροφορείς. Με E συμβολίζεται η εξάτμιση νερού από την επιφάνεια της λίμνης, RT είναι η επιφανειακή εκροή, η οποία είτε γίνεται με φυσικούς τρόπους είτε με τεχνητούς και RS είναι οι αντλήσεις νερού από τη λίμνη. GWout είναι οι απώλειες της λίμνης προς τους υπόγειους υδροφορείς και τέλος DS είναι η μεταβολή στον αποθηκευμένο όγκο νερού της λίμνης η οποία μπορεί να είναι είτε θετική με πρόσημο +, είτε αρνητική και έτσι το πρόσημο είναι - (Γιαννόπουλος, 2010).

Το πιο σύνηθες είναι ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου σε ετήσια βάση έτσι ώστε να υπάρχει μία γενική εικόνα για τις μεταβολές που συντελούνται στην κατάσταση της λίμνης από έτος σε έτος. Βέβαια σε κάποιες περιπτώσεις, όταν για παράδειγμα στόχος είναι ο υπολογισμός της μηνιαίας μεταβολής του όγκου DS είναι χρήσιμη η μελέτη του υδατικού ισοζυγίου ανά μήνα ή και εποχιακά.

Μία λίμνη για παράδειγμα μπορεί να έχει προβλήματα τα οποία να οφείλονται σε διάφορες αιτίες όπως οι αντλήσεις νερού, η μείωση των βροχοπτώσεων στην περιοχή, οι απώλειες υδάτων μέσω των υπόγειων νερών κλπ. Με την παραπάνω εξίσωση και τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου για κάποιο χρονικό διάστημα (κάποια έτη) είναι δυνατόν να βρεθεί η κυριότερη αιτία ποσοτικής υποβάθμισης της

λίμνης και έτσι να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. Επίσης μέσω του υδατικού ισοζυγίου είναι δυνατό να εκτιμήσουμε κάποια από τις συνιστώσες του η οποία είναι δύσκολο να μετρηθεί, όπως είναι οι υπόγειες εκροές, αν γνωρίζουμε όλες τις υπόλοιπες.

Η χρησιμότητα του υδατικού ισοζυγίου είναι ιδιαίτερα υψηλή καθώς μπορεί να βοηθήσει στο να προσδιοριστεί ο βαθμός της αποτελεσματικότητας των μέτρων, τα οποία έχουν ληφθεί για μία λίμνη, η οποία αντιμετωπίζει προβλήματα. Για παράδειγμα, η περίπτωση τεχνικού εμπλουτισμού μίας λίμνης από γειτονικούς ποταμούς με σκοπό την αύξηση της στάθμης της. Είναι πιθανό όμως αυτό το νερό να χάνεται είτε μέσω υπογείων εκροών, είτε λόγω εξάτμισης. Έτσι μέσω του υδατικού ισοζυγίου μπορούμε να διαπιστώσουμε την αποτελεσματικότητα του παραπάνω μέτρου (Παπαζαφειρίου, 1991).

Χρήσιμα στοιχεία μπορούν να προκύψουν επίσης για τη δυνατότητα δημιουργίας τεχνητών λιμνών σε συγκεκριμένες περιοχές και οι οποίες πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς, όπως άρδευση, ύδρευση, αναψυχή κ.α.

Πολλές μελέτες παγκοσμίως χρησιμοποιούν τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου για τον προσδιορισμό και τη λύση προβλημάτων ποσοτικών ή ακόμη και ποιοτικών που εμφανίζονται σε λίμνες. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται το παρακάτω παράδειγμα :

Οι Crapper et al. στηριζόμενοι στο υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής της λίμνης Gogan της Αυστραλίας, πρότειναν έναν αλγόριθμο υπολογισμού του νερού απορροής το οποίο φτάνει στη λίμνη. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας στην εξίσωση υδατικού ισοζυγίου ως εισροές τη βροχόπτωση και τις υπολογισμένες με τον αλγόριθμο τιμές της επιφανειακής απορροής και ως εκροές την εξάτμιση από την επιφάνεια της λίμνης, βρήκαν τις μεταβολές στον όγκο του νερού της λίμνης και από εκεί τις μεταβολές της στάθμης. Έπειτα κάνανε σύγκριση των υπολογισμένων μεταβολών στάθμης με τις πραγματικές (μετρημένες) και τα αποτελέσματα ήταν πολύ ικανοποιητικά γεγονός που σημαίνει ότι ο αλγόριθμος λειτουργεί σωστά (Crapper et al, 1996).

### 2.1.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Αυτογραφικά όργανα είναι τα όργανα που μπορούν να μετρήσουν την ποσότητα της βροχόπτωσης σε μία περιοχή. Με σκοπό τα αποτελέσματα των αυτογραφικών οργάνων να είναι αξιόπιστα, η εγκατάστασή τους γίνεται σε επιλεγμένα σημεία της υπό μελέτη περιοχής.

Το μέσο ύψος βροχής που πέφτει σε μία περιοχή μπορεί να βρεθεί με κάποια από τις μεθόδους ανάλυσης βροχομετρικών δεδομένων, οι πιο διαδομένες από τις οποίες είναι οι παρακάτω:

α) Μέθοδος του αριθμητικού μέσου όρου.

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο αθροίζονται τα ύψη βροχής τα οποία μετρήθηκαν σε όλους τους σταθμούς της υπό μελέτης περιοχής και το άθροισμα αυτών διαιρείται με τον αριθμό των σταθμών. Έτσι αν  $n$  είναι ο αριθμός των σταθμών και  $P_1, P_2, \dots, P_n$  είναι τα ύψη της βροχής τα οποία μετρήθηκαν σε κάθε σταθμό για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο, τότε το μέσο ύψος βροχής  $P_m$  της περιοχής για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο δίνεται από την σχέση (Παπαμιχαήλ, 2001) :

$$P_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2.2)$$

Η μέθοδος αυτή έχει το μειονέκτημα ότι δεν δίνει την κατανομή της βροχής αλλά μόνο το μέσο ύψος βροχής της περιοχής. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση που η περιοχή μελέτης είναι σχετικά ομοιόμορφη και το δίκτυο το βροχομετρικών σταθμών είναι πυκνό. Στην περίπτωση που το ανάγλυφο της περιοχής είναι ανώμαλο και οι βροχομετρικοί σταθμοί λίγοι σε αριθμό και όχι συμμετρικά κατανεμημένοι, δεν συνίσταται η εφαρμογή της.

β) Μέθοδος των πολυγώνων του Thiessen

Στη μέθοδο αυτή οι βροχομετρικοί σταθμοί της περιοχής τοποθετούνται σε ένα χάρτη και ενώνονται μεταξύ τους με ευθείες γραμμές. Στα μέσα αυτών των γραμμών χαράσσονται καινούριες κάθετες γραμμές που συναντώνται μεταξύ τους και σχηματίζουν πολύγωνα γύρω από κάθε σταθμό. Το ύψος βροχής που μετρήθηκε σε κάθε σταθμό θεωρείται ότι είναι το ύψος που έπεσε στο πολύγωνο που το περιβάλλει και το μέσο ύψος βροχής ( $P_m$ ) της περιοχής δίνεται από τον παρακάτω τύπο (Παπαμιχαήλ, 2001) :

$$P_m = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n P_i \alpha_i \quad (2.3)$$

όπου  $A$  είναι το εμβαδό ολόκληρης της περιοχής,  $P_1, P_2, \dots, P_n$  τα ύψη βροχής που μετρήθηκαν σε κάθε ένα από τους σταθμούς που βρίσκονται μέσα ή και γύρω από την περιοχή και  $a_1, a_2, \dots, a_n$  είναι τα εμβαδά των πολυγώνων που περιβάλλουν αντίστοιχα τους σταθμούς μέσα στα όρια της περιοχής.

Στη μέθοδο αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σταθμοί που βρίσκονται γύρω από την περιοχή, πλεονεκτεί έναντι της προηγούμενης του αριθμητικού μέσου όρου γιατί σε κάθε σταθμό αντιστοιχεί μία αντιπροσωπευτική έκταση, όμως δεν λαμβάνει υπόψη της την επίδραση του ανάγλυφου του εδάφους (Γιαννόπουλος, 2010).

γ) Μέθοδος των ισοβρόχων καμπυλών.

Κατά τη μέθοδο αυτή πάνω σε ένα χάρτη της περιοχής στον οποίο φαίνεται και η τοπογραφική της διαμόρφωση, τοποθετούνται οι θέσεις των βροχομετρικών σταθμών. Στή θέση κάθε σταθμού τοποθετούνται τα ύψη βροχής τα οποία παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου της οποίας γίνεται η ανάλυση. Έπειτα χαράσσονται οι ισόβροχες καμπύλες που ενώνουν σημεία ίσου ύψους βροχής. Κατά τη χάραξη τους παίρνεται επιπλέον υπόψη η τοπογραφία της περιοχής, τα χαρακτηριστικά της βροχής, η τυχόν σχέση ανάμεσα στο ύψος βροχής και στο υψόμετρο κ.α. Για τον υπολογισμό του μέσου ύψους βροχής βρίσκονται τα εμβαδά των ζωνών που περικλείονται ανάμεσα σε διαδοχικές ισόβροχες καμπύλες. Τα εμβαδά αυτά πολλαπλασιάζονται με το μέσο όρο του ύψους βροχής των ισοβρόχων καμπυλών που τα περικλείουν. Τα γινόμενα που προκύπτουν προσθέτονται και το άθροισμα διαιρείται με το εμβαδό ολόκληρης της περιοχής. Η σχέση που δίνει το μέσο ύψος βροχής ( $P_m$ ) που έπεσε σε μία περιοχή, σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο είναι (Παπαμιχαήλ, 2001) :

$$P_m = \frac{1}{2A} \sum_{i=1}^n (P_i + P_{i+1}) a_{i,i+1} \quad (2.4)$$

όπου  $A$  είναι το εμβαδό ολόκληρης της περιοχής,  $P_1, P_2, \dots, P_n$  το ύψος βροχής των  $n$  ισόβροχων καμπυλών που χαράχθηκαν στην περιοχή,  $(P_1+P_2)/2, (P_2 +P_3)/2, \dots, (P_{n-1}+P_n)/2$  τα μέσα ύψη βροχής που αντιστοιχούν σε κάθε ζώνη και  $a_{1,2}, a_{2,3}, \dots, a_{n-1,n}$  είναι τα εμβαδά των ζωνών ανάμεσα σε διαδοχικές ισόβροχες.

Στη μέθοδο αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σταθμοί εκτός της περιοχής, ενώ είναι πιο ολοκληρωμένη από τις προηγούμενες δύο καθώς λαμβάνει

υπόψη την τοπογραφία της περιοχής, τα χαρακτηριστικά της βροχής κ.α. Απαιτεί όμως τη γνώση μεγάλου αριθμού στοιχείων της υπό μελέτης περιοχής.

Ο υπολογισμός της βροχόπτωσης (P) που πέφτει απευθείας στην επιφάνεια μίας λίμνης γίνεται με τη χρησιμοποίηση των βροχομετρικών δεδομένων των γειτονικών της λίμνης μετεωρολογικών σταθμών, τα οποία επεξεργάζονται με την πιο κατάλληλη, ανάλογα με την περίπτωση, μέθοδο από τις 3 που παρουσιάζονται παραπάνω. Το ύψος βροχής που προκύπτει μετά την επεξεργασία αυτή για την περιοχή της λίμνης πολλαπλασιάζεται με την επιφάνεια της λίμνης και έτσι προκύπτει η συνολική βροχόπτωση στην επιφάνεια της (Παπαμιχαήλ, 2001).

### 2.1.2 ΕΞΑΤΜΙΣΗ

Η εξάτμιση (E) από μία ελεύθερη υδάτινη επιφάνεια όπως μία λίμνη, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι η θερμοκρασία και η ηλιακή ακτινοβολία. Ένας παράγοντας που παίζει επίσης σπουδαίο ρόλο στην εξάτμιση, αντικαθιστώντας τον υγρό αέρα πάνω από την υδάτινη επιφάνεια με ξηρότερο, είναι ο άνεμος. Επίσης σημαντικοί παράγοντες είναι η ατμοσφαιρική πίεση, η αλατότητα του νερού και η φύση της εξατμιζόμενης επιφάνειας.

Οι μέθοδοι που υπάρχουν για τον υπολογισμό της εξάτμισης από την επιφάνεια μίας λίμνης είναι πολλές, όπως του υδατικού ισοζυγίου, του ισοζυγίου ενέργειας και της μεταφοράς μάζας, οι οποίες όμως απαιτούν μεγάλο όγκο στοιχείων τα οποία τις περισσότερες φορές δεν είναι διαθέσιμα. Οι πιο εύχρηστες μέθοδοι είναι αυτές που χρησιμοποιούν κλιματολογικά δεδομένα. Μητέρα όλων αυτών των εξισώσεων θεωρείται η εξίσωση του Penman.

Οι μέθοδοι υπολογισμού που βασίζονται σε κλιματολογικά δεδομένα μπορούν να χωριστούν, σε αυτές που απαιτούν αρκετές παραμέτρους, όπως των Kohler and Parmele που χρειάζονται τη γνώση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του ανέμου και της ηλιακής ακτινοβολίας, και σε αυτές που απαιτούν λιγότερες και μετρήσιμες παραμέτρους. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν του Stewart and Rouse και των Priestley and Taylor, οι οποίες χρησιμοποιούν στοιχεία θερμοκρασίας και ακτινοβολίας, του Thornthwaite που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τη γεωγραφική θέση και την εποχή, του Linacre που απαιτεί μόνο τη θερμοκρασία και πολλές ακόμη. Τα διαθέσιμα στοιχεία που υπάρχουν για την υπό μελέτη περιοχή καθορίζουν το ποια από τις παραπάνω μεθόδους θα χρησιμοποιηθεί (Τσακίρης, 1995).

Τέλος μία ακόμη μέθοδος για τον υπολογισμό της εξάτμισης από μία υδάτινη επιφάνεια είναι το εξατμισήμετρο. Τα πλεονεκτήματα του εξατμισήμετρου είναι ότι είναι αρκετά οικονομική μέθοδος με ικανοποιητικά αποτελέσματα, προϋποθέτει όμως την εγκατάσταση του οργάνου στην υπό μελέτη περιοχή. Υπάρχουν διάφοροι τύποι εξατμισήμετρων, ενώ οι ενδείξεις τους ανάλογα με τον τύπο τους, πολλαπλασιάζονται με ένα συντελεστή του οργάνου μικρότερο της μονάδας, ώστε να δώσουν την πραγματική τιμή της εξάτμισης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το όργανο, λόγω της μικρής του επιφάνειας δίνει μεγαλύτερες τιμές εξάτμισης. Έτσι αν  $K$  είναι ο συντελεστής του εξατμισήμετρου και  $E_{εξ}$  η ένδειξη, τότε η εξάτμιση ( $E$ ) από την υδάτινη επιφάνεια δίνεται από τον τύπο (Τσακίρης, 1995) :

$$E=K \cdot E_{εξ} \quad (2.5)$$

Η τιμή του συντελεστή  $K$  διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του οργάνου και το εύρος της τιμής του κυμαίνεται από 0.60 μέχρι 0.80, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις η τιμή που χρησιμοποιείται είναι το 0.70.

### 2.1.3 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ

Οι επιφανειακές εισροές σε μία λίμνη (RO) προέρχονται από τα υδατορεύματα που εκβάλλουν σε αυτή και από την απευθείας επιφανειακή απορροή.

Η επιφανειακή απορροή είναι το μέρος εκείνο του νερού μιας βροχής που μέσω της κίνησης του πάνω στην επιφάνεια του εδάφους καταλήγει στα υδατορεύματα και από εκεί στα χαμηλότερα σημεία της λεκάνης απορροής. Το υπόλοιπο νερό της βροχής εξατμίζεται, συγκρατείται από τα φυτά, διηθείται στο έδαφος, αποθηκεύεται σε αυτό και συγκρατείται από τις κοιλότητες του. Σαν τμήμα της απορροής μπορεί να θεωρηθεί και νερό που διήθησε, αλλά μέσω υπόγειων ρευμάτων κατέληξε στην κοίτη των υδατορευμάτων. Η απορροή που προκαλείται από μία βροχή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η ένταση και η διάρκεια της, ο τύπος του εδάφους και η υγρασιακή του κατάσταση, το ανάγλυφο της περιοχής, το είδος και η ανάπτυξη της βλάστησης όπως και η κατανομή της, η επέμβαση του ανθρώπου στην λεκάνη απορροής κ.α. (Τερζίδης και Καραμούζης, 1995).

Όταν για μία λεκάνη απορροής δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία απορροής από μετρήσεις, τότε για την εκτίμηση της μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποια μέθοδος υπολογισμού με βάση τη βροχόπτωση και τις συνθήκες της λεκάνης απορροής. Για



τον υπολογισμό της απορροής που προκαλεί μία βροχόπτωση υπάρχουν πολλές μέθοδοι. Αρκετά διαδομένη είναι αυτή της Soil Conservation Service που δίνει τον όγκο απορροής Q σε mm από την παρακάτω εξίσωση (Mishra et al. 2003) :

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (2.6)$$

όπου P είναι η βροχόπτωση σε mm και S είναι η μέγιστη ικανότητα συγκρατήσεως υγρασίας ή αποθηκευτικότητας που περιλαμβάνει και την αρχική συγκράτηση υγρασίας Ia που θεωρείται ότι είναι  $Ia = 0.2 \cdot S$ .

Το S μπορεί να εκφραστεί σε συνάρτηση ενός απορροϊκού συντελεστή CN (Curve Number) μέσα από τη σχέση (Mishra et al. 2003) :

$$CN = \frac{25400}{S + 254} \leftrightarrow S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2.7)$$

Ο συντελεστής CN εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, τη χρήση και τη διαχείριση της γης, το είδος της καλλιέργειας και των καλλιεργητικών συνθηκών και από την προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση του εδάφους. Υπάρχουν πίνακες για τις τιμές του CN και του S οι οποίοι έχουν δημοσιευτεί για πρώτη φορά στο National Engineering Handbook ( NEH-4) το 1956. Στον πίνακα 2.1 δίνονται οι απορροϊκοί συντελεστές CN, για περιπτώσεις διαφορετικής χρήσης γης, διαχείρισης υδρολογικών συνθηκών και εδαφικών τύπων και για προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση τύπου II (Mishra et al. 2003)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 : ΑΠΟΡΡΟΪΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ CN, ΓΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΓΗΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ, ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ

Περιγραφή			Υδρολογικός Τύπος Εδάφους			
Χρήσεις Γης	Διαχείρισης	Υδρολογικών Συνθηκών	A	B	C	D
Ανοιχτά διαστήματα, αλάνες, πάρκα κ.α						
καλές συνθήκες : Φυτοκάλυψη $\geq 70\%$ της επιφάνειας			39	61	74	80
κακές συνθήκες: Φυτοκάλυψη 50-70% της επιφάνειας			49	69	79	84
Χέρσες εκτάσεις			77	86	91	94
Γραμμικές καλλιέργειες	Ευθείες γραμμές	Φτωχές	72	81	88	91
	Ευθείες γραμμές	Καλές	67	78	85	89
	Κατά τις ισοκλινείς	Φτωχές	70	79	84	88
	Κατά τις ισοκλινείς	Καλές	65	75	82	86
	Σε αναβαθμούς	Φτωχές	66	74	80	82

	Σε αναβαθμούς	Καλές	62	71	78	81
Χαμηλά δημητριακά	Ευθείες γραμμές	Φτωχές	65	76	84	88
	Ευθείες γραμμές	Καλές	63	75	83	87
	Κατά τις ισοκλινείς	Φτωχές	63	74	82	85
	Κατά τις ισοκλινείς	Καλές	61	73	81	84
	Σε αναβαθμούς	Φτωχές	61	72	79	82
	Σε αναβαθμούς	Καλές	59	70	78	81
Καλλιέργειες ψυχανθών ή σε εναλλαγή με λιβάδια	Ευθείες γραμμές	Φτωχές	66	77	85	89
	Ευθείες γραμμές	Καλές	58	72	81	85
	Κατά τις ισοκλινείς	Φτωχές	64	75	83	85
	Κατά τις ισοκλινείς	Καλές	55	69	78	83
	Σε αναβαθμούς	Φτωχές	63	73	80	83
	Σε αναβαθμούς	Καλές	51	67	76	80
Βοσκότοποι		Φτωχές	68	79	86	89
		Μέτριες	49	69	79	84
		Καλές	39	61	74	80
	Κατά τις ισοκλινείς	Φτωχές	47	67	81	88
	Κατά τις ισοκλινείς	Μέτριες	25	59	75	83
	Κατά τις ισοκλινείς	Καλές	6	35	70	79
Λιβάδια		Καλές	30	58	71	78
Δάση ή δασώδης περιοχή		Φτωχές	45	66	77	83
		Μέτριες	36	60	73	79
		Καλές	25	55	70	77
Οπωρώνες			59	74	82	86

Πηγή : Mishra et al. 2003

Η Soil Conservation Service (SCS) έχει αναπτύξει τρεις τύπους προηγούμενης υγρασιακής κατάστασης του εδάφους (Antecedent soil Moisture Condition, AMC), που ορίζονται ως τύποι I, II και III. Η προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση επιδρά σημαντικά στον όγκο, όσο και στον ρυθμό απορροής. Έτσι στην κατάσταση I, τα εδάφη είναι ξηρά, αλλά η υγρασία τους δεν βρίσκεται στο σημείο μόνιμης μάρανσης και οι καλλιεργητικές εργασίες γίνονται με αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η κατάσταση II αντιπροσωπεύει τη μέση υγρασιακή κατάσταση και τέλος στην κατάσταση III το έδαφος είναι υγρό, από μεγάλη η μικρή βροχόπτωση και χαμηλές θερμοκρασίες που έχουν παρουσιαστεί τις τελευταίες πέντε ημέρες.

Ακόμη στον παραπάνω πίνακα 2.1 αναφέρονται τέσσερις διαφορετικοί τύποι εδαφών, οι A, B, C, D. Σύμφωνα με την SCS τα χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν σε κάθε τύπο εδάφους είναι τα παρακάτω:

Τύπος A : Βαθεία αμμώδη, βαθειά πηλώδη, συσσωματούμενα ιλυώδη εδάφη.

Τύπος Β : Ρηχά πηλώδη, πηλοαμμώδη εδάφη.

Τύπος C : Αργιλοπηλώδη, ρηχά αμμοπηλώδη, εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες, εδάφη πλούσια σε άργιλλο.

Τύπος D : Εδάφη τα οποία διογκώνονται όταν υγραίνονται, έχουν δηλαδή υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλλο και κάποια αλατούχα εδάφη.

Στον πίνακα 2.1 αναφέρονται οι τιμές του CN σε εδάφη με προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση τύπου II. Ο παρακάτω πίνακας 2.2 δίνει τις προσαρμοσμένες τιμές του CN για τους τύπους I και III (Mishra et al. 2003).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 : ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ CN ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

CN ΤΥΠΟΥ II	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΣ CN ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΟ	
	I	III
100	100	100
95	87	99
90	78	98
85	70	97
80	63	94
75	57	91
70	51	87
65	45	83
60	40	79
55	35	75
50	31	70
45	27	65
40	23	60
35	19	55
30	15	50
25	12	45
20	9	39
15	7	33
10	4	26
5	2	17
0	0	0

Πηγή : Mishra et al. 2003

#### 2.1.4 ΕΙΣΡΟΕΣ ΚΑΙ ΕΚΡΟΕΣ ΑΠΟ ΚΑΙ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ

Οι υπόγειες εισροές (GWin) ή εκροές (GWout) νερού σε μία λίμνη εξαρτώνται από τη στάθμη των υπόγειων υδροφορέων, η οποία επηρεάζεται από τις βροχοπτώσεις, τα χαρακτηριστικά των υδροφορέων και τις αντλήσεις νερού.

Η μελέτη της ροής του υπόγειου νερού γίνεται συνήθως με την εγκατάσταση κάποιων πιεζόμετρων περιμετρικά της λίμνης, με τη βοήθεια των οποίων βρίσκεται η θέση της στάθμης του νερού στους υπόγειους υδροφορείς. Αν η στάθμη του νερού στους υπόγειους υδροφορείς είναι χαμηλότερη από τη στάθμη της λίμνης, τότε νερό θα φεύγει από τη λίμνη προς τους υδροφορείς, ενώ στην αντίθετη περίπτωση το νερό θα εισέρχεται στη λίμνη από τους υδροφορείς (Τερζίδης και Καραμούζης, 1995).

### 2.2 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η λίμνη Κορώνεια τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει σοβαρά ποσοτικά αλλά και ποιοτικά προβλήματα. Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται μία προσπάθεια υπολογισμού του υδατικού ισοζυγίου της λίμνης για την δεκαετία, από το 1985 ως και το 1995. Μία δεκαετία στην οποία άρχισαν τα πρώτα σημαντικά προβλήματα της λίμνης και έτσι κρίθηκε σημαντικότερο να εξεταστεί εκείνη η χρονική περίοδος καθώς διαπιστώθηκε ότι η φθίνουσα πορεία της λίμνης σε όλους τους τομείς ξεκίνησε την παραπάνω δεκαετία. Έτσι έγινε προσπάθεια προσδιορισμού των ακριβών αιτιών οι οποίες συνέβαλλαν ώστε να φτάσει η λίμνη στο σημείο που είναι σήμερα. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να σημειώσουμε ότι τα δεδομένα για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου ήταν πολύ περιορισμένα καθώς δεν υπάρχουν συστηματικές μετρήσεις βροχοπτώσεων και άλλων σημαντικών στοιχείων κάτι που αποτέλεσε και το σημαντικότερο πρόβλημα της παρούσας διατριβής.

#### 2.2.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Η ετήσια μεταβολή του αποθηκευμένου όγκου νερού της λίμνης (DS) μπορεί να εκτιμηθεί με τη βοήθεια της σχέσης βάθους - όγκου της λίμνης που δίνεται στο σχήμα 1.2. Από τον πίνακα 1.1 παίρνουμε το μέσο βάθος του μήνα Ιανουαρίου κάθε

έτους. Από τις τιμές αυτές και το σχήμα 1.2 βρίσκεται ο όγκος του νερού της λίμνης για αυτούς τους μήνες. Η διαφορά της τιμής του όγκου του νερού του Ιανουαρίου κάθε έτους από την τιμή του Ιανουαρίου του επόμενου έτους δίνει το DS. Όταν το DS είναι θετικό, αυτό σημαίνει πως έχουμε αύξηση του όγκου της λίμνης στο τέλος του έτους, ενώ όταν είναι αρνητικό μείωση.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η μεταβολή του όγκου DS της λίμνης από το 1985 ως το 1995. Στο ίδιο πίνακα φαίνεται και το ετήσιο μέσο βάθος της λίμνης, το οποίο μαζί με το σχήμα 1.1 χρησιμεύει στην εύρεση της μέσης ετήσιας επιφάνειας της λίμνης που θα χρειαστεί παρακάτω.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3 : ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ (DS)

Έτος	Μέσο Βάθος Λίμνης (m)	Όγκος Λίμνης (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )		Μέσο Ετήσιο Βάθος Λίμνης (m)	Μέση Ετήσια Επιφάνεια Λίμνης (στρ)
	Ιανουάριος	Ιαν.	DS		
1985	3.26	143.30	-33.40	2.84	40700
1986	2.73	109.90	60.20	3.49	43000
1987	3.71	170.10	19.60	4.04	45600
1988	4.04	189.70	-23.50	3.86	44900
1989	3.66	166.20	-26.20	3.55	43900
1990	3.24	140.00	-25.09	3.07	41600
1991	2.80	114.91	-18.02	2.74	40200
1992	2.45	96.89	-14.29	2.39	38800
1993	2.16	82.60	-19.60	1.95	37200
1994	1.74	63.00	-20.10	1.54	35800
1995	1.21	42.90	-0.40	1.16	34400
1996	1.20	42.50			

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

### 2.2.2 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

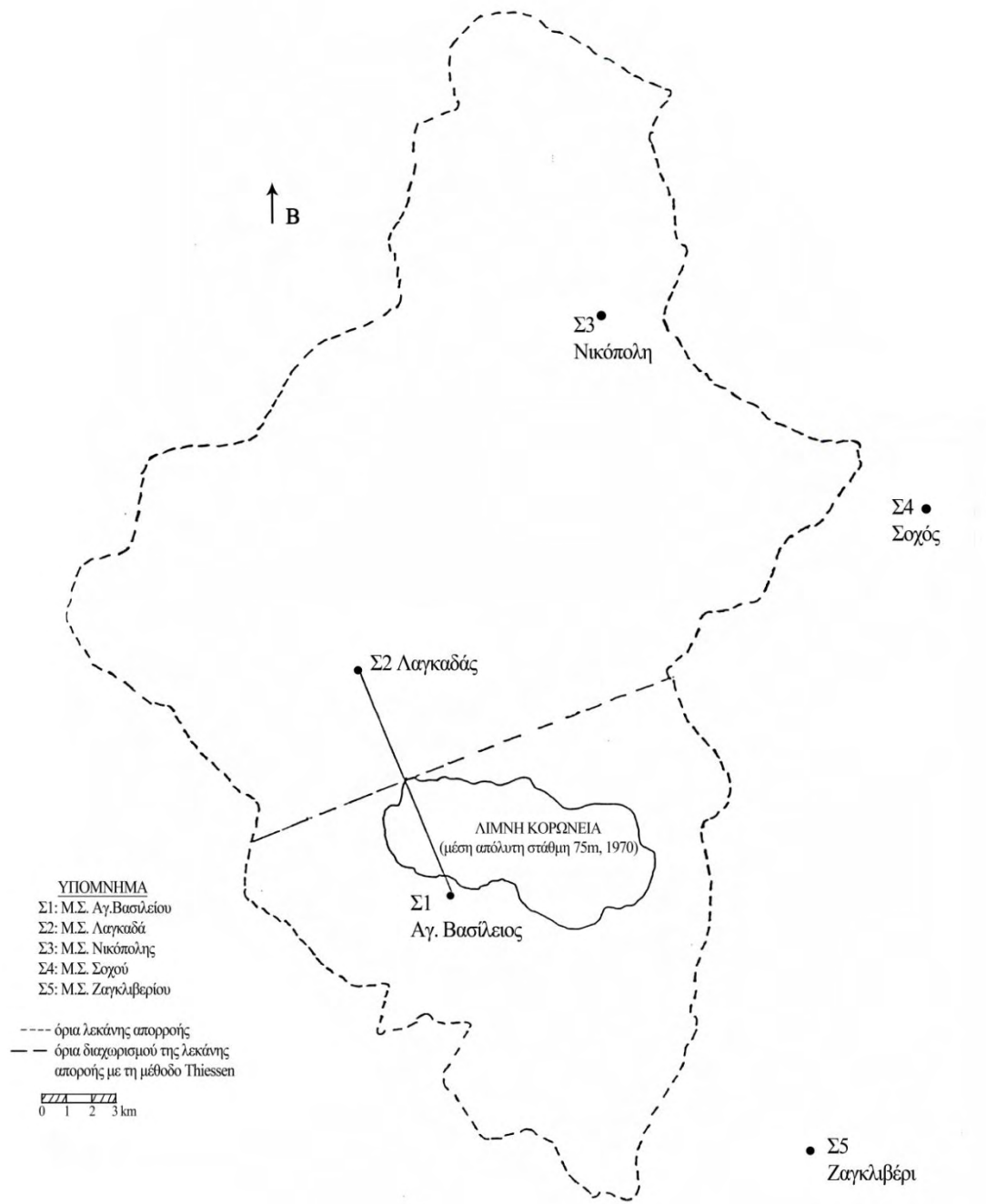
Στη λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας εδώ και αρκετά χρόνια δεν λειτουργεί κανένας μετεωρολογικός σταθμός. Παλιότερα υπήρχαν αρκετοί σταθμοί του Υπουργείου Γεωργίας (ΥΠ.ΓΕ.) και της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ), αλλά η λειτουργία τους έχει σταματήσει από το 1968. Από τότε και μέχρι σήμερα έχουν εγκατασταθεί και λειτουργήσει περιστασιακά μόνο κάποιοι σταθμοί από κρατικούς ή ιδιωτικούς φορείς.

Στην περιοχή της λεκάνης Μυγδονίας μέχρι και το 1995 λειτουργούσαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί Αγ. Βασιλείου, Λαγκαδά, Νικοπόλεως, Ζαγκλιβερίου και

Σοχού. Τα στοιχεία των μετρήσεων προέρχονται από τη «Μελέτη Υδάτων Λεκάνης Μυγδονίας» της Αναπτυξιακής Εταιρίας Ν. Θεσσαλονίκης (1995) ενώ στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία των σταθμών Αγ. Βασιλείου και Λαγκαδά, τα οποία υπάρχουν στα παραρτήματα Π.1 και Π.2.

Από τους πίνακες αυτούς φαίνεται ότι ο πιο βροχερός μήνας και στους δύο σταθμούς είναι ο Νοέμβριος και τον ακολουθεί ο Μάιος. Ο πιο ξηρός μήνας είναι ο Αύγουστος για τον σταθμό του Αγ. Βασιλείου και ο Σεπτέμβριος για το σταθμό Λαγκαδά. Για την ανάλυση των βροχομετρικών δεδομένων των σταθμών Αγ. Βασιλείου και Λαγκαδά χρησιμοποιείται η μέθοδος των πολυγώνων του Thiessen. Πάνω στο χάρτη της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας οι δύο μετεωρολογικοί σταθμοί του Λαγκαδά και του Αγ. Βασιλείου, των οποίων τα δεδομένα πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, ενώνονται με μία ευθεία γραμμή. Στο μέσο αυτής της ευθείας φέρεται η κάθετος που χωρίζει τη λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας, η οποία έχει συνολική έκταση  $883.7\text{km}^2$ , σε δύο τμήματα. Το ένα έχει έκταση  $271.5\text{km}^2$  και αντιστοιχεί στο σταθμό του Αγ. Βασιλείου, ενώ το δεύτερο με έκταση  $612.2\text{km}^2$ , αντιστοιχεί στο σταθμό Λαγκαδά.

Σχήμα 2.1 : Διαχωρισμός της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας με την μέθοδο του Thiessen



Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Στο σχήμα 2.1 παρουσιάζεται ο διαχωρισμός της λεκάνης απορροής, όπου και φαίνεται ότι η λίμνη Κορώνεια ανήκει ολόκληρη στο τμήμα του σταθμού του Αγ. Βασιλείου και έτσι η βροχή που πέφτει κάθε χρόνο στην επιφάνεια της λίμνης βρίσκεται εάν πολλαπλασιαστεί η ετήσια βροχόπτωση σε mm του σταθμού του Αγ. Βασιλείου με την αντίστοιχη μέση επιφάνεια της λίμνης σε στρέμματα (παράγραφος 2.2.1. πίνακας 2.3). Σημειώνεται ότι τα mm βροχής αντιστοιχούν σε  $m^3$  βροχής ανά στρέμμα επιφάνειας.

Η βροχόπτωση που πέφτει απ' ευθείας στην επιφάνεια της λίμνης ανά έτος, από το 1985-1995 παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 2.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4 : ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ (Ρ)

Έτος	Ετήσια βροχόπτωση Μ.Σ. Αγ. Βασιλείου (mm= $m^3$ /στρ)	Μέση ετήσια επιφάνεια λίμνης (στρ)	Βροχόπτωση στην επιφάνεια της λίμνης ( $10^6 m^3$ )
1985	341.65	40700	13.90
1986	460.95	4300	19.82
1987	642.75	45600	29.31
1988	464.60	44900	20.86
1989	342.00	43900	15.01
1990	353.45	41600	14.70
1991	378.75	40200	15.23
1992	329.75	38800	12.79
1993	359.65	37200	13.38
1994	368.80	35800	13.20
1995	450.65	34400	15.50

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

### 2.2.3 ΕΞΑΤΜΙΣΗ

Στην περιοχή της λίμνης Κορώνειας μετρήσεις με εξατμισήμετρο έχουν γίνει στο μετεωρολογικό σταθμό του Αγ. Βασιλείου για το χρονικό διάστημα 1970-1979. Τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων προέρχονται από τη μελέτη της Αναπτυξιακής Εταιρίας Ν. Θεσσαλονίκης (1995) και δίνονται στον πίνακα Π.3 του παραρτήματος. Τα στοιχεία εξάτμισης του πίνακα αυτού είναι διορθωμένα με τον συντελεστή του εξατμισήμετρου από την Αναπτυξιακή Εταιρία, ο συντελεστής όμως δεν αναφέρεται. Για την εκτίμηση της εξάτμισης από την επιφάνεια της λίμνης θα χρησιμοποιηθεί η ετήσια μέση τιμή των μετρήσεων από το 1970-1979 η οποία όπως φαίνεται στον πίνακα Π.3 είναι 1102.6 mm (ή  $m^3$ /στρέμμα). Αυτή η τιμή αν πολλαπλασιαστεί με τη μέση ετήσια επιφάνεια της λίμνης για τα έτη από το 1985-



1995 προκύπτει ο ετήσιος όγκος νερού σε  $m^3$  που απομακρύνεται από τη λίμνη με εξάτμιση. Τα αποτελέσματα αυτής της διαδικασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 2.5 Η χρησιμοποίηση μιας σταθερής τιμής για την εξάτμιση περιέχει σίγουρα κάποιο βαθμό σφάλματος, αφού οι συνθήκες που την επηρεάζουν αλλάζουν από χρόνο σε χρόνο. Στην προκειμένη περίπτωση όμως και με δεδομένη την έλλειψη στοιχείων δεν μπορεί να γίνει κάτι καλύτερο ή να χρησιμοποιηθεί κάποια από τις μεθόδους υπολογισμού της εξάτμισης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5 : ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ (Ε)

Έτος	Μέση ετήσια εξάτμιση Μ.Σ. Αγ. Βασιλείου (mm= $m^3$ /στρ)	Μέση ετήσια επιφάνεια λίμνης (στρ)	Εξάτμιση από την Επιφάνεια της λίμνης ( $10^6 m^3$ )
1985	1102.60	40700	44.87
1986	1102.60	43000	47.41
1987	1102.60	45600	50.28
1988	1102.60	44900	49.51
1989	1102.60	43900	48.40
1990	1102.60	41600	45.87
1991	1102.60	40200	44.32
1992	1102.60	38800	42.78
1993	1102.60	37200	41.02
1994	1102.60	35800	39.47
1995	1102.60	34400	37.93

Πηγή : Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης, 1995, Ιδία επεξεργασία

#### 2.2.4 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 2.1.3 οι επιφανειακές εισροές νερού σε μία λίμνη προέρχονται από τα υδατορεύματα που εκβάλλουν σε αυτή και από την απευθείας επιφανειακή απορροή. Για τα υδατορεύματα της λεκάνης απορροής της Κορώνειας, που συνθέτουν ένα πυκνό υδρογραφικό δίκτυο, δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία παροχών. Σύμφωνα όμως με τους Παπακωνσταντίνου κ.α., (1995) από το 1991 και μετά η λίμνη δεν τροφοδοτείται από το φυσικό υδρογραφικό δίκτυο, γιατί η παροχή των υδατορευμάτων διηθείται όλη σχεδόν στο έδαφος και εμπλουτίζει το αβαθές υδροφόρο σύστημα. Έντονη παροχή εμφανίζουν τα υδατορεύματα στα σημεία που δέχονται λύματα από οικισμούς ή βιομηχανίες. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του χείμαρρου Μπογδάνα, ο οποίος μέχρι πριν από το δήμο Λαγκαδά έχει πολύ μικρή ως μηδενική παροχή, ενώ λίγο μετά από το Λαγκαδά, αφού έχει δεχτεί τα αστικά του απόβλητα καθώς και λύματα από βιομηχανίες της περιοχής,

παρουσιάζει παροχή γύρω στα  $200\text{m}^3/\text{hr}$ . Το νερό αυτό καταλήγει στη λίμνη, όμως αντί να την εμπλουτίζει την επιβαρύνει. αφού είναι πολύ κακής ποιότητας με  $\text{pH} = 10.85$  και ηλεκτρική αγωγιμότητα  $5900 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

Για τη λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία απορροής από μετρήσεις. Για την εκτίμηση της χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της SCS για τις μηνιαίες τιμές βροχής, αν και η χρήση της προορίζεται για μεμονωμένες βροχοπτώσεις. Όπως ήδη αναφέρθηκε στις παράγραφο 2.2.2 η λεκάνη απορροής της Κορώνειας έχει χωριστεί σε δύο τμήματα. Το ένα έχει έκταση  $612.2 \text{ km}^2$  και αντιστοιχεί στο σταθμό του Λαγκαδά και το δεύτερο αντιστοιχεί στο σταθμό του Αγ. Βασιλείου με επιφάνεια  $271.5 \text{ km}^2$ .

Η εξίσωση (2.6) χρησιμοποιείται με την εξής μορφή :

$$Q = \frac{\left\{ \frac{(P_1 - 0.2S_1)A_1 + (P_2 - 0.2S_2)A_2}{A_1 + A_2} \right\}^2}{\frac{(P_1 - 0.8S_1)A_1 + (P_2 - 0.8S_2)A_2}{A_1 + A_2}}$$

όπου  $P_1$  και  $P_2$  είναι η μηνιαία βροχόπτωση στους σταθμούς Λαγκαδά και Αγ. Βασιλείου αντίστοιχα,  $S_1$  και  $S_2$  είναι η αποθηκευτικότητα των τμημάτων των σταθμών Λαγκαδά και Αγ. Βασιλείου αντίστοιχα,  $A_1=612.2\text{km}^2$  και  $A_2=(271.5-A) \text{ km}^2$ , όπου  $A$  είναι η μέση ετήσια επιφάνεια της λίμνης σε  $\text{km}^2$  που αντιστοιχεί στον συγκεκριμένο μήνα. Αθροίζοντας τα  $Q$  για όλους τους μήνες ενός έτους βρίσκουμε την ετήσια απορροή που εισέρχεται στη λίμνη.

Οι τιμές  $P_1$  και  $P_2$  παίρνονται από τους πίνακες Π.1 και Π.2 του παραρτήματος, ενώ οι τιμές  $S_1$  και  $S_2$  βρίσκονται με βάση την παράγραφο 2.1.3 και με τη βοήθεια των παρακάτω στοιχείων : Και στα δύο τμήματα που χωρίστηκε η λεκάνη απορροής τα εδάφη είναι κυρίως πηλοαμμώδη, οπότε κατατάσσονται στην κατηγορία Β, ενώ θεωρείται ότι ανήκουν στη μέση υγρασιακή κατάσταση ΙΙ. Το τμήμα της λεκάνης που αντιστοιχεί στο σταθμό του Λαγκαδά καλύπτεται κυρίως από βοσκότοπους με μέτριες υδρολογικές συνθήκες, αλλά και χαμηλά δημητριακά σε ευθείες γραμμές με καλές υδρολογικές συνθήκες. Το τμήμα που αντιστοιχεί στον σταθμό του Αγ. Βασιλείου καλύπτεται κυρίως από χαμηλά δημητριακά με καλές υδρολογικές συνθήκες και σε ευθείες γραμμές. Για τα παραπάνω χαρακτηριστικά με

τη βοήθεια του πίνακα 2.1 βρίσκουμε ότι  $CN_1=72$  και  $CN_2=75$ , οπότε από τη σχέση (2.7) προκύπτει ότι  $S_1=98.8$  και  $S_2=84.6$ .

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω δημιουργείται ο πίνακας 2.6, ενώ πρέπει να σημειώσουμε ότι αν  $P < 0.2S = I_a$  τότε η βροχόπτωση δεν προκαλεί απορροή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6 : ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ (RO)

Έτος	Όγκος απορροής Q (mm=m <sup>3</sup> /στρ)	Επιφάνεια λεκάνης απορροής (στρ)	Επιφανειακές εισροές νερού στη λίμνη (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
1985	81.60	843000	68.78
1986	58.60	840700	49.26
1987	96.40	838100	80.80
1988	73.70	838800	61.82
1989	17.30	839800	14.53
1990	51.60	842100	43.45
1991	17.40	843500	14.68
1992	23.30	844900	19.69
1993	49.50	846500	41.90
1994	37.50	847900	31.80
1995	63.60	849300	54.02

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

### 2.2.5 ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΛΙΜΝΗ

Η κακή ποσοτική και ποιοτική κατάσταση στην οποία βρισκόταν η λίμνη το 1995 δεν επέτρεπε αντλήσεις νερού για οποιοδήποτε σκοπό. Παλιότερα αντλούνταν νερό για το μόνο συλλογικό αρδευτικό δίκτυο που υπάρχει στην περιοχή και είναι του Ευαγγελισμού και κάποιες μικρές ποσότητες για άρδευση από ένα κοινοτικό αντλιοστάσιο στο χωριό Βασιλούδι, για τις οποίες όμως δεν υπάρχουν στοιχεία. (Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης, 1995).

Το αρδευτικό δίκτυο της κοινότητας Ευαγγελισμού άρχισε να λειτουργεί το 1988 και σταμάτησε το 1994 εξαιτίας των προβλημάτων νερού της λίμνης. Από το 1988 ως το 1992 λειτουργούσε κάθε μέρα για 8-12 ώρες, δηλαδή 10 ώρες την ημέρα κατά μέσο όρο. Το 1993 λειτουργούσε τέσσερις φορές την εβδομάδα και για 8 ώρες την ημέρα, ενώ το 1994 λειτουργούσε τρεις φορές την εβδομάδα για 8 ώρες την ημέρα επίσης. Όλες τις χρονιές η κατανάλωση ήταν 500m<sup>3</sup>/hr και η χρονική διάρκεια λειτουργίας τέσσερις μήνες, όμως τον τέταρτο μήνα χρησιμοποιούνταν περιστασιακά. Έτσι μπορεί να θεωρηθεί μία διάρκεια 100 περίπου ημερών το χρόνο από το 1988-1992, 57 ημερών το 1993 και 43 ημερών το 1994. Άρα με βάση αυτά τα στοιχεία

δημιουργήθηκε ο πίνακας 2.7 που δίνει τις αντλήσεις νερού από τη λίμνη (RS) σε  $m^3$  (Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης, 1995).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7 : ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΙΜΝΗ (RS)

Έτος	Ώρες λειτουργίας δικτύου (hr)	Παροχή δικτύου ( $m^3/hr$ )	Αντλήσεις νερού από τη λίμνη ( $10^6 m^3$ )
1985	-	-	-
1986	-	-	-
1987	-	-	-
1988	1000	500	0.50
1989	1000	500	0.50
1990	1000	500	0.50
1991	1000	500	0.50
1992	1000	500	0.50
1993	456	500	0.23
1994	354	500	0.17
1995	-	-	-

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

#### 2.2.6 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΕΚΡΟΗ ΑΠΟ ΤΗ ΛΙΜΝΗ

Η επιφανειακή εκροή μπορεί να είναι φυσική μέσω ρεμάτων ή τεχνητή μέσω τάφρων ή εκχειλιστών. Η Κορώνεια δεν έχει φυσική εκροή. Υπάρχει όμως μία τεχνητή τάφρος αποστράγγισης προς τη Βόλβη που έχει ως σκοπό να κρατάει τη στάθμη της λίμνης σταθερή στα 75m απόλυτο υψόμετρο (περίπου 5m μέσο βάθος). Το μέσο βάθος της Κορώνειας κατά την χρονική περίοδο 1985-1995 ήταν συνέχεια μικρότερο από 5m, έτσι δεν υπήρξε επιφανειακή εκροή και  $RT=0$ . (Knight et al., 1998).

#### 2.2.7 ΕΙΣΡΟΕΣ ΚΑΙ ΕΚΡΟΕΣ ΑΠΟ ΚΑΙ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ

Σχετικά με τις εισροές ή εκροές νερού στη λίμνη από και προς του υπόγειους υδροφορείς δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία. Αν η στάθμη του νερού στους υπόγειους υδροφορείς γύρω από τη λίμνη είναι χαμηλότερα από τη στάθμη της λίμνης, τότε το νερό θα φεύγει από τη λίμνη προς τους υπόγειους υδροφορείς με αποτέλεσμα απώλειες νερού από την Κορώνεια. Στην αντίθετη περίπτωση νερό θα πηγαίνει από τα υπόγεια στρώματα προς τη λίμνη και θα την εμπλουτίζει. Η στάθμη

των υπόγειων υδροφορέων εκτός από τις βροχοπτώσεις και τα χαρακτηριστικά των υδροφορέων, εξαρτάται και από τις αντλήσεις νερού που γίνονται για άρδευση, ύδρευση και βιομηχανική χρήση. Δυστυχώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τις ποσότητες του νερού που αντλούνται στην λεκάνη απορροής της λίμνης. Μέχρι το 1989 η διάνοιξη των γεωτρήσεων γίνονταν ανεξέλεγκτα, από το 1989 και μετά απαιτείται ειδική άδεια για κάθε νέα γεώτρηση. Σύμφωνα με υπολογισμούς της Υ.Ε.Β μέχρι το 1996 υπήρχαν πάνω από 2000 γεωτρήσεις οι περισσότερες από τις οποίες ήταν παράνομες και χρησιμοποιούνταν για άρδευση καλλιεργειών.

Θέτοντας  $\Delta GW = GW_{out} - GW_{in}$ , γνωρίζοντας όλους τους άλλους παράγοντες τους υδατικού ισοζυγίου και με τη χρήση της εξίσωσης (2.1) μπορούμε για κάθε έτος να βρούμε το  $\Delta GW$ , το οποίο αν είναι θετικό σημαίνει ότι υπάρχουν απώλειες νερού από τη λίμνη προς τους υπόγειους υδροφορείς. Κάτι τέτοιο αναμένεται άλλωστε, αφού σύμφωνα με εκτιμήσεις υπάρχει μία πτώση της στάθμης των υπόγειων νερών τα τελευταία χρόνια και συγκεκριμένα τις χρονιές από το 1990 και μετά. Αξίζει να σημειωθεί ότι από το 1989 και μετά απαγορεύεται η διάνοιξη γεωτρήσεων σε ακτίνα 500m γύρω από τη λίμνη (Ζαλίδης κ.α., 2004).

## 2.2.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Σύμφωνα με όσα ειπώθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, η εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου (2.1) μπορεί να γραφτεί :

$$P + RO = E + RS + \Delta GW \pm DS$$

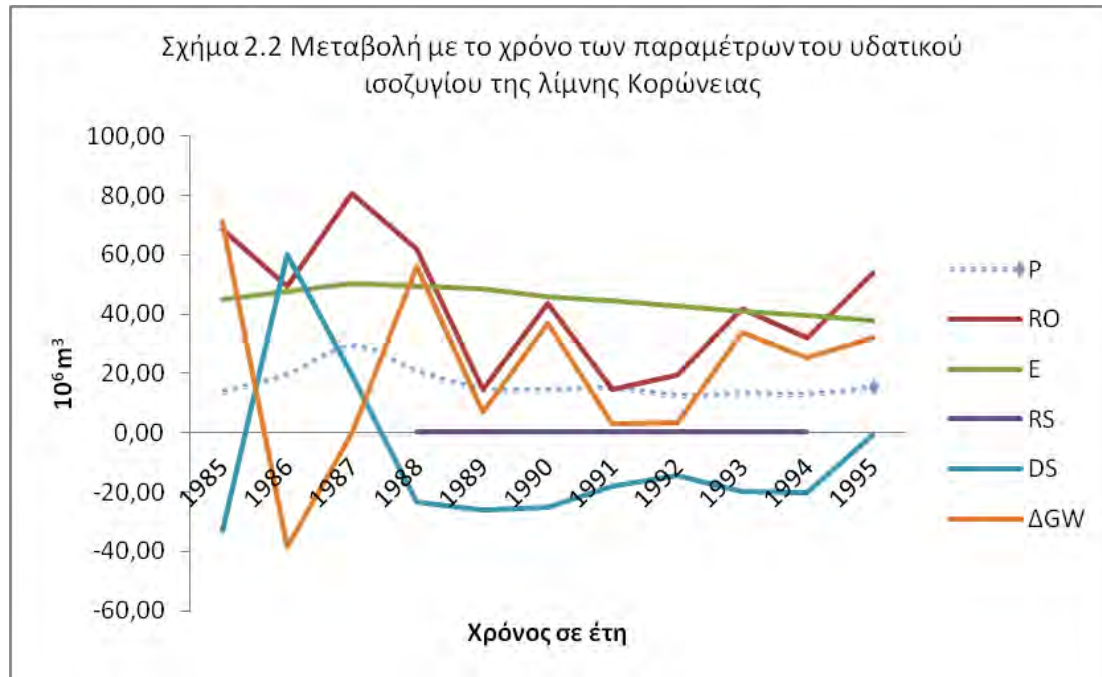
Με την βοήθεια των πινάκων 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, και 2.7 δημιουργείται ο πίνακας 2.8 στον οποίο σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση υπολογίζεται το  $\Delta GW$ . Τα στοιχεία του πίνακα 2.8 παρουσιάζονται και με τη μορφή διαγράμματος στο σχήμα 2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8 : ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Έτος	Εισροές		Εκροές		DS (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	ΔGW (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
	P (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	RO (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	E (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	RS (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )		
1985	13.90	68.78	44.87	-	-33.40	71.21
1986	19.82	49.26	47.41	-	60.20	-38.53
1987	29.31	80.80	50.28	-	19.60	40.23
1988	20.86	61.82	49.51	0.50	-23.50	56.17
1989	15.01	14.53	48.40	0.50	-26.20	6.84
1990	14.70	43.45	45.87	0.50	25.09	36.87

1991	15.23	14.68	44.32	0.50	-18.02	3.11
1992	12.79	19.69	42.78	0.50	-14.29	3.49
1993	13.38	41.90	41.02	0.23	-19.60	33.63
1994	13.20	31.80	39.47	0.17	-20.10	25.46
1995	15.50	54.02	37.93	-	-0.40	31.99

Πηγή : Ιδία επεξεργασία



Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Οι τιμές του πίνακα 2.8 είναι ενδεικτικές της κατάστασης που επικρατούσε στην λίμνη Κορώνεια από το 1985 ως το 1995, αλλά όχι απόλυτα σωστές λόγω κάποιων παραδοχών που έγιναν. Παρατηρείται λοιπόν μία συνεχής μείωση του αποθηκευμένου όγκου νερού της λίμνης (DS) με εξαίρεση δύο χρονιές, το 1986 και 1987. Η εισροή από βροχόπτωση δεν παρουσιάζει κάποιες αξιοσημείωτες μεταβολές από έτος σε έτος σε αντίθεση με την απορροή, της οποίας οι τιμές εξαρτώνται πολύ από την ραγδιαιότητα της βροχής, αλλά και έχουν υπολογιστεί με κάποιες παραδοχές.

Ο υπολογισμός του ΔGW δείχνει ότι εκτός από μία χρονιά, το 1986, η λίμνη χάνει νερό προς τους υπόγειους υδροφορείς και μάλιστα τα περισσότερα χρόνια, μεγάλες ποσότητες. Σ' αυτό έχουν συντελέσει κυρίως οι πολλές γεωτρήσεις στην υδρολογική λεκάνη της Κορώνειας, που αντλούν νερό ανεξέλεγκτα και υποβιβάζουν έτσι την στάθμη των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων.

Έτσι το τελικό συμπέρασμα που εξάγεται σύμφωνα με όλα τα παραπάνω στοιχεία, είναι ότι η συνεχής ποσοτική υποβάθμιση της λίμνης είναι μάλλον αποτέλεσμα υπεραντλήσεων και όχι τυχόν δυσμενών κλιματολογικών συνθηκών.

## 3 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ποιοτική κατάσταση του νερού μιας λίμνης εξαρτάται από την ποσότητα και το είδος των αιωρούμενων ή εν διαλύσει υλικών και των οργανισμών που περιέχει στον όγκο του. Οι ουσίες αυτές μπορεί να είναι οργανικές, ανόργανες, αέρια, μικροοργανισμοί, ιχθυοστοιχεία, μέταλλα, θρεπτικά στοιχεία, συνθετικές ουσίες, ραδιενεργά υλικά κ.α. Εκτός όμως από την περιεκτικότητα σε διάφορες ουσίες, η ποιότητα του νερού μιας λίμνης επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως για παράδειγμα η θερμότητα του. Θα μπορούσαμε να πούμε πως οι κύριοι παράγοντες που επιδρούν στην ποιοτική κατάσταση των υδάτων μίας λίμνης, είναι η βροχή, η γεωλογία και η ανθρώπινη διαχείριση του νερού και της λεκάνης απορροής της.

Ο χαρακτηρισμός της ποιότητας του νερού όσον αφορά την ποιότητα του είναι πολύ δύσκολος και εξαρτάται από τη χρήση του. Στη φύση χημικώς καθαρό νερό δεν υπάρχει. Ακόμη και το νερό της βροχής περιέχει αιωρούμενες και διαλυμένες διάφορες ουσίες. Έτσι ο χαρακτηρισμός καθαρό για την ποιότητα του νερού είναι πολύ γενικός και σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από το που θα χρησιμοποιηθεί αυτό. Θα μπορούσαμε να πούμε πως καθαρό νερό ορίζεται αυτό το οποίο δεν περιέχει κάποια ουσία ή μικροοργανισμό σε μεγάλη ποσότητα ώστε να το καθιστά ακατάλληλο για μία ή περισσότερες χρήσεις. Οποιαδήποτε ουσία εμποδίζει την κανονική χρήση του νερού για ορισμένο σκοπό θεωρείται ρύπος του νερού. Τα κριτήρια ποιότητας του νερού αφορούν πλήθος ουσιών και χρήσεων και συνεχώς αναθεωρούνται με την πρόοδο της επιστήμης και των ερευνών (Αντωνόπουλος, 2003).

Η ποιότητα του νερού μίας λίμνης καθορίζεται με βάση ορισμένες παραμέτρους που είτε είναι ουσίες, είτε ομάδες ουσιών και η περιεκτικότητά τους στο νερό, είτε φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού, τα οποία επηρεάζονται και επηρεάζουν το χρώμα του, τη θερμοκρασία του και την οσμή του. Πολύ σημαντικό για μία λίμνη είναι η τυχόν μεταβολή της οικολογικής της ισορροπίας από την προσθήκη διαφόρων ουσιών στο νερό της, αφού κάθε υδατοσυλλογή στηρίζει ένα μεγάλο αριθμό φυτικών και ζωικών οργανισμών των οποίων η επιβίωση βασίζεται στις λεπτές ισορροπίες που υπάρχουν μεταξύ τους και



σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο, που στην προκειμένη περίπτωση είναι το νερό (Παπαζαφειρίου και Αντωνόπουλος, 1991).

Για να προσδιοριστεί η ποιότητα μίας λίμνης γίνονται μετρήσεις ορισμένων παραμέτρων σε δείγματα του νερού της, οι σημαντικότερες από τις οποίες, παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

### 3.1.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του νερού μίας λίμνης είναι η θερμοκρασία του. Η θερμοκρασία επηρεάζει τη διαλυτότητα και την καταβύθιση των ανόργανων και οργανικών ουσιών, αλλά και την ανάπτυξη όλων των μορφών υδρόβιας ζωής. Ακόμη και μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας του νερού μπορούν να επηρεάσουν τα υδρόβια ζώα και φυτά.

Η θερμοκρασία μίας λίμνης επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες, όπως το γεωγραφικό πλάτος, το υψόμετρο, το βάθος της, την εποχή του έτους, τα διαλυμένα άλατα, τα ρεύματα που δημιουργούνται από τους ανέμους που πνέουν στην περιοχή ή και από κάποια θερμική ή χημική ρύπανση. Ο αέρας επιδρά καθοριστικά στην κατανομή της θερμοκρασίας στη μάζα του νερού της λίμνης (Αντωνόπουλος, 2003).

Το νερό έχει μεγάλη ειδική θερμότητα, έτσι αργεί πολύ να ανταποκριθεί στις μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του νερού να μεταβάλλεται εποχιακά πολύ δυσκολότερα και βραδύτερα σε σύγκριση με τη θερμοκρασία του αέρα. Σε περιοχές όμως όπως οι εύκρατες, όπου εποχιακά η θερμοκρασία του αέρα παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, το νερό των λιμνών παρουσιάζει και αυτό διακυμάνσεις θερμοκρασίας, οι οποίες ανάλογα με την εποχή του χρόνου μπορούν να δημιουργήσουν το φαινόμενο της ανάμιξης (κυκλοφορίας) του νερού ή της στρωματοποίησης της θερμοκρασίας του. Κατά το φαινόμενο της ανάμιξης, η λίμνη λόγω της κυκλοφορίας του νερού έχει σχεδόν ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλο το βάθος της. Αντίθετα κατά το φαινόμενο της στρωματοποίησης το επιφανειακό στρώμα του νερού της λίμνης είναι τόσο θερμό και επομένως ελαφρύ, ώστε ο άνεμος δεν μπορεί να προκαλέσει ικανοποιητική μηχανική ανάμιξη. Το αποτέλεσμα είναι να μην υπάρχει ανταλλαγή νερού ανάμεσα στην επιφάνεια και στα βαθύτερα στρώματα. Έτσι το επιφανειακό στρώμα νερού, ως ένα ορισμένο βάθος, παραμένει θερμότερο από το κατώτερο. Το καλοκαίρι είναι η εποχή που συνήθως συμβαίνει η στρωματοποίηση αυτή και είναι πιο έντονη τις ζεστές

ημέρες. Το χειμώνα συμβαίνει το αντίθετο, το επιφανειακό στρώμα νερού της λίμνης να είναι ψυχρότερο από τα κατώτερα. Γενικά το φαινόμενο της στρωματοποίησης εξαρτάται από την μορφολογία της λίμνης ενώ σε ρηχές λίμνες παρατηρείται ανάμιξη του νερού καθ' όλη την διάρκεια του έτους (Gao and Merrick, 1996)

Η θερμοκρασία μίας λίμνης είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας καθώς σχετίζεται άμεσα με την παραγωγικότητα της. Μία άνοδος της θερμοκρασίας της θα μπορούσε να προκαλέσει αύξηση στους ρυθμούς ανακύκλωσης των στοιχείων και κατά συνέπεια στην πρωτογενή παραγωγικότητα της.

### 3.1.2 ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ - ΧΡΩΜΑ

Η διαφάνεια και το χρώμα μίας λίμνης, είναι δύο σημαντικές φυσικές ιδιότητες διότι καθορίζουν το βαθμό διαπερατότητας του από το φως. Το φως έχει καθοριστικό ρόλο στις ζωικές δραστηριότητες όπως επίσης και στη λειτουργία της φωτοσύνθεσης και την ανάπτυξη των βιοκοινοτήτων της λίμνης. Οι πιο σημαντικές βιολογικές και φυσικές διαδικασίες του υδάτινου οικοσυστήματος έχουν ως «κινητήρια δύναμη» το φως καθώς αυτό προσπίπτει στους παραγωγικούς οργανισμούς του υδάτινου οικοσυστήματος, δεσμεύεται από αυτούς και έτσι αποτελεί τον αρχικό παράγοντα της παραγωγικότητας.

Η εποχή του έτους, οι καιρικές συνθήκες, το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής είναι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα του ηλιακού φωτός που πέφτει στην επιφάνεια μίας λίμνης. Ένα μέρος αυτού (5-10% συνήθως), ανακλάται από την επιφάνεια της λίμνης ενώ το υπόλοιπο διεισδύει σ' αυτήν. Το πόσο φως θα φτάσει σ' ένα συγκεκριμένο βάθος της λίμνης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως οι διαλυμένες ουσίες, οργανικές ή ανόργανες, τα αιωρούμενα στο νερό σωματίδια, τα φύκη κ.α. Όσο αυξάνει η συγκέντρωση των παραπάνω παραγόντων, τόσο περιορίζεται η διείσδυση του φωτός στο νερό και μειώνεται η βιολογική δραστηριότητα των οργανισμών της λίμνης (Παπαμιχαήλ, 2001)

Η διαφάνεια μίας λίμνης εξαρτάται από την περιεκτικότητα του νερού σε αιωρούμενα και διαλυμένα υλικά. Η σχέση μεταξύ της διαύγειας του νερού και των διαλυμένων οργανικών ουσιών είναι παραβολική. Ο πιο σύνηθες τρόπος για να υπολογιστεί η διαφάνεια είναι η τεχνική του δίσκου Secchi. Με τη μέθοδο αυτή μετρείται το βάθος του νερού στο οποίο παύει να είναι ορατός, από τη σκιαζόμενη πλευρά του σκάφους, ένας δίσκος διαμέτρου 20 εκατοστών ο οποίος ρίχνεται στη

λίμνη. Το βάθος αυτό μπορεί να είναι από λίγα εκατοστά σε πολύ θολές λίμνες, μέχρι και 40 μέτρα σε πολύ διαφανείς. Η τιμή Secchi μειώνεται όσο αυξάνονται τα διαλυμένα υλικά σε μία λίμνη. Σε λίμνες με μεγάλη παραγωγικότητα ο δίσκος Secchi μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατά προσέγγιση εκτίμηση της περιεκτικότητας φυτοπλαγκτόν, αφού μεγάλη ανάπτυξη του πλαγκτόν έχει ως αποτέλεσμα μικρές τιμές διαύγειας (Τσακίρης, 1995)

Το χρώμα του νερού μίας λίμνης οφείλεται σε κολλοειδείς ή διαλυμένες ουσίες απειροελάχιστου μεγέθους. Τα σωματίδια αυτά είτε είναι ζωικά ή φυτικά και αποτελούν το πλαγκτόν, είτε είναι μόρια ανόργανων ουσιών που κατακρημνίζονται αργά προς το βυθό. Όσο περισσότεροι μικροοργανισμοί βρίσκονται στο νερό, τόσο το χρώμα του παίρνει πράσινες, κιτρινοπράσινες και καφέ αποχρώσεις. Έτσι βάση του χρώματος μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για τη φυσική και βιολογική κατάσταση μίας λίμνης, καθώς και για την ύπαρξη ή μη ανεπιθύμητων διαλυμένων και αιωρούμενων ουσιών (Τσακίρης, 1995)

### 3.1.3 ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

Το οξυγόνο είναι απαραίτητο στοιχείο όλων των αερόβιων υδρόβιων οργανισμών και συνεπώς είναι η βασικότερη παράμετρος των λιμνών. Η διαλυτότητα του στο νερό εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα και την πίεση. Αύξηση της θερμοκρασίας ή της αλατότητας του νερού έχει ως αποτέλεσμα μείωση της διαλυτότητας, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η ατμοσφαιρική πίεση, τόσο μεγαλύτερη είναι και η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό.

Το οξυγόνο σε μία λίμνη προέρχεται από τη φωτοσύνθεση των υδρόβιων φυτών (φυτοπλαγκτόν και μακρόφυτα) και από την ατμόσφαιρα μέσω αναμίξεως και αναδεύσεως εξαιτίας των ρευμάτων και των κυμάτων. Οι κυριότερες αιτίες απώλειας οξυγόνου είναι η αναπνοή των φυτικών και ζωικών οργανισμών της λίμνης και η αερόβια αποικοδόμηση της νεκρής οργανικής ουσίας. Η ταυτόχρονη δράση των πηγών εμπλουτισμού και απώλειας καθορίζει το διαλυμένο οξυγόνο (D.O) σε μία λίμνη και κατ' επέκταση το βαθμό κορεσμού της σε οξυγόνο. Νερό κορεσμένο σε οξυγόνο θεωρείται εκείνο που όταν είναι καθαρό, σε 15.2°C και 0 υψόμετρο, περιέχει 10mg O<sub>2</sub> ανά λίτρο (Τερζίδης και Καραμούζης, 1995).

Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει την περιεκτικότητα μίας λίμνης σε οξυγόνο είναι η τροφική της κατάσταση. Το τροφικό επίπεδο είναι ένα πολύ

σημαντικό χαρακτηριστικό για κάθε υδατοσυλλογή και χαρακτηρίζεται από τη δραστηριότητα των αυτότροφων οργανισμών του συστήματος. Έτσι μία λίμνη με βάση το τροφικό της επίπεδο, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ολιγοτροφική, μεσοτροφική, ευτροφική. Μικρές ποσότητες οξυγόνου παρατηρούνται σε λίμνες οι οποίες είναι ευτροφικές και έχουν μεγάλη πρωτογενή παραγωγικότητα και κατά συνέπεια μεγάλες ποσότητες νεκρής οργανικής ουσίας οι οποίες δεσμεύουν το οξυγόνο (Κούγκολος, 2005).

Η κατανομή του οξυγόνου σε μία λίμνη διαφέρει ανάλογα με την εποχή και το βάθος της. Υψηλότερες θερμοκρασίες, ειδικότερα τους καλοκαιρινούς μήνες, έχουν ως συνέπεια τη μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου σε σχέση με το χειμώνα. Επίσης μείωση του διαλυμένου οξυγόνου παρατηρείται και με το βάθος. Αυτό το φαινόμενο υπάρχει περισσότερο σε ευτροφικές λίμνες όπου υπάρχει μεγάλη ποσότητα νεκρής οργανικής ουσίας στον πυθμένα τους και έτσι δεσμεύεται οξυγόνο για την οξείδωση της.

Από την ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου σε μία λίμνη, μπορούμε να αντλήσουμε πληροφορίες για το βιόκοσμο της, την παραγωγικότητα αλλά και την πορεία αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας. Για παράδειγμα, η ευαισθησία των ψαριών στις χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου διαφέρει ανάλογα με το είδος και το στάδιο ανάπτυξης τους. Ανάλογα λοιπόν, με τη συγκέντρωση του οξυγόνου σε μία λίμνη μπορούν να προβλεφθούν τα είδη ψαριών που θα υπάρχουν ή δεν θα υπάρχουν σε αυτή (Κούγκολος, 2005).

#### 3.1.4 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) που είναι διαλυμένο στο νερό της λίμνης είναι άμεσα συνδεδεμένο με τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης των παραγωγών υδρόβιων οργανισμών, για την οποία είναι και απαραίτητο. Παράλληλα επιδρά και στο pH και στην αλκαλικότητα του νερού.

Πηγές εμπλουτισμού διοξειδίου του άνθρακα για μία λίμνη είναι η αναερόβια αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας, η αναπνοή των υδρόβιων οργανισμών, τα υπόγεια νερά και η ατμόσφαιρα. Οι απώλειες του  $\text{CO}_2$  οφείλονται στη φωτοσύνθεση των παραγωγών οργανισμών, στο σχηματισμό ανθρακικών ενώσεων ως δομικών υλικών του σώματος ορισμένων οργανισμών (π.χ. οστρακοειδή), στις απώλειες προς την ατμόσφαιρα εξαιτίας της ανάμιξης, του κυματισμού, αλλά και της δημιουργίας

φυσαλίδων και στην εξάτμιση που είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ρηχές λίμνες (Τσακίρης, 1995).

Η ποσότητα του CO<sub>2</sub> σε μία λίμνη εξαρτάται άμεσα από τον αριθμό φυτών ή των ζώων της, αφού τα ζώα κατά την αναπνοή τους εκλύουν διοξείδιο του άνθρακα. Τα φυτά εκλύουν επίσης διοξείδιο του άνθρακα το οποίο όμως καταναλώνουν με τη φωτοσύνθεση. Το καλοκαίρι συνήθως που η φωτοσυνθετική δραστηριότητα είναι έντονη παρατηρούνται μικρές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> στις λίμνες σε σχέση με το χειμώνα (Τσακίρης, 1995).

### 3.1.5 ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ - ΦΩΣΦΟΡΟΣ - ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ

Το άζωτο, καθώς αποτελεί δομικό στοιχείο των πρωτεϊνών, είναι ένα από τα βασικά στοιχεία της ζωής. Σε μία λίμνη αλλά και γενικότερα στο φυσικό περιβάλλον, υπάρχει σε διάφορες μορφές, οι οποίες βρίσκονται σε μια δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ τους δημιουργώντας έτσι τον κύκλο του αζώτου. Οι κυριότερες από αυτές τις μορφές είναι το μοριακό άζωτο (N<sub>2</sub>), τα νιτρικά (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), τα νιτρώδη (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) η αμμωνία (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ή NH<sub>3</sub>) και οι οργανικές αζωτούχες ενώσεις (αμινοξέα, νουκλεοτίδια, πρωτεΐνες). Η αμμωνιακή και νιτρική μορφή του αζώτου είναι κυρίως προσλήψιμη από τους αυτότροφους οργανισμούς τόσο των υδάτινων, όσο και των χερσαίων οικοσυστημάτων (Αντωνόπουλος, 2003).

Μία λίμνη εμπλουτίζεται με άζωτο από τη βροχή, από τη βιολογική δέσμευση από τα κυανοπράσινα φύκη και τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια και από τα επιφανειακά και υπόγεια νερά της λεκάνης απορροής. Κυριότερες αιτίες απώλειας αζώτου είναι τα νερά εκροής από τη λίμνη και οι πτητικές αζωτούχες ενώσεις που δημιουργούνται κατά τη διαδικασία της απονιτροποίησης.

Η σχέση μεταξύ του αζώτου και της πρωτογενής παραγωγικότητας είναι στενή καθώς αυτό είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη της υδρόβιας ζωής. Τους καλοκαιρινούς μήνες η έντονη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των υδρόβιων φυτικών οργανισμών είναι η αιτία για τη μείωση της συγκέντρωσης των αζωτούχων ενώσεων μίας λίμνης. Οι εποχιακές μεταβολές στη συγκέντρωση των αζωτούχων ενώσεων είναι πιο έντονες όταν η λίμνη δέχεται εισροές από καλλιεργούμενες περιοχές. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται αύξηση των νιτρώδων και νιτρικών την άνοιξη και τις αρχές του φθινοπώρου, δηλαδή την περίοδο βροχοπτώσεων. Σε καθαρές λίμνες οι συγκεντρώσεις του αμμωνιακού αζώτου είναι χαμηλές καθώς αυτό χρησιμοποιείται

από τους φυτικούς οργανισμούς, έτσι αν σε μία λίμνη παρατηρηθεί υψηλή συγκέντρωση αμμωνίας με ταυτόχρονη παρουσία απορρυπαντικών σημαίνει πως δέχεται εισροές με αστικά λύματα.

Οι γεωργικές εισροές καθώς και τα αστικά και βιομηχανικά λύματα μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα ευτροφισμού και τοξικότητας στη λίμνη. Υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας μπορούν να αποβούν θανατηφόρες για τα ψάρια της λίμνης, ενώ υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών προκαλούν προβλήματα στην υγεία των ζώων αλλά και των ανθρώπων, αν το νερό της λίμνης χρησιμοποιηθεί για πόση (Αντωνόπουλος, 2003), (Tsiouris et al., 2002).

Ο φώσφορος είναι ένα από τα πολύ σημαντικά στοιχεία για την ανάπτυξη των υδρόβιων φυτών, αφού αποτελεί δομικό στοιχείο των κυττάρων με τη μορφή διαφορετικών ενώσεων, με πιο σπουδαία τα ορθοφωσφορικά. Οι συγκεντρώσεις των ανόργανων μορφών του φωσφόρου (κυρίως με τη μορφή ορθοφωσφορικών) είναι μέχρι και δέκα φορές μικρότερες απ' ό,τι των οργανικών ενώσεων σε μια λίμνη. Η βακτηριακή αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας είναι ο πιο σημαντικός μηχανισμός μετατροπής του ενωμένου οργανικού φωσφόρου σε φωσφορικά.

Μία λίμνη εμπλουτίζεται με φώσφορο κυρίως από τα επιφανειακά νερά και έπειτα από την ατμόσφαιρα και τα υπόγεια νερά. Η μείωση του φωσφόρου οφείλεται σε εκροές νερού από τη λίμνη και στην απομάκρυνση αλιευμάτων και υδρόβιων φυτών. Τα ιζήματα των λιμνών έχουν μεγάλη ικανότητα συγκράτησης φωσφόρου και συχνά περιέχουν από 50 ως και 500 φορές μεγαλύτερη ποσότητα φωσφόρου από το νερό της λίμνη. Η συγκέντρωση του φωσφόρου στις λίμνες παρουσιάζει εποχιακές διακυμάνσεις και εμφανίζεται μειωμένη την περίοδο έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Λίμνες που δέχονται αστικά και βιομηχανικά λύματα έχουν μεγάλες ποσότητες φωσφόρου. Έτσι η παραγωγικότητα αυτών των λιμνών είναι ιδιαίτερα αυξημένη ενώ μπορούν να προκύψουν και προβλήματα ευτροφισμού (Παπαμιχαήλ, 2001).

Ο ευτροφισμός είναι ένα φαινόμενο που σχετίζεται άμεσα με τη συγκέντρωση του αζώτου αλλά και του φωσφόρου σε μία λίμνη. Έτσι ο ευτροφισμός μπορεί να ορισθεί ως ο εμπλουτισμός των υδάτων με θρεπτικά συστατικά, κυρίως άζωτο και φώσφορο, οποίος επιταχύνει την ανάπτυξη των αλγών και των ανωτέρων φυτών και προκαλεί ανεπιθύμητες παρενέργειες στην ισορροπία των οργανισμών μέσα στο νερό καθώς και στην ποιότητα του νερού. (Κούγκολος, 2005).

Ο ευτροφισμός των λιμνών είναι μία φυσική διεργασία, μέσω της οποίας κάθε λιμναίο οικοσύστημα θα εξελιχθεί σε χερσαίο, μετά από αιώνες. Αυτή η φυσική πορεία όμως μπορεί να επιταχυνθεί από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που προκαλούν άμεση αύξηση της εισροής θρεπτικών στοιχείων στη λίμνη, κυρίως φωσφόρου και αζώτου. Οι κύριες ανθρωπογενείς πηγές αυτών των θρεπτικών στοιχείων είναι τα λιπάσματα (νιτρικά και φωσφορικά), τα απορρυπαντικά (φωσφορικά) και η ρύπανση από λύματα και υγρά απόβλητα τα οποία περιέχουν νιτρικά, αμμωνιακά και φωσφορικά άλατα. Αυτός ο εμπλουτισμός της λίμνης με θρεπτικά στοιχεία προκαλεί μεταβολή της βιολογικής της ισορροπίας και των οικολογικών της συνθηκών και έντονη αύξηση της πρωτογενής παραγωγικότητας της. Σε αρχικό στάδιο αυτό είναι ευνοϊκό γιατί η λίμνη γίνεται πιο παραγωγική και αυξάνεται και ο ιχθυοπληθυσμός της. Σταδιακά όμως αναπτύσσεται πυκνός πληθυσμός φυκών και έτσι κατά την αποικοδόμηση τους δεσμεύουν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζουν πρόβλημα τα ψάρια. Η μεγάλη βιομάζα μπορεί να προκαλέσει διακύμανση του οξυγόνου της λίμνης από τον υπερκορεσμό στη διάρκεια της ημέρας εξαιτίας της φωτοσύνθεσης μέχρι την πλήρη εξαφάνιση του κατά τη διάρκεια της νύχτας. Μαζικός θάνατος ψαριών έχει παρατηρηθεί σε λίμνες με μεγάλο πρόβλημα ευτροφισμού. (Κούγκολος, 2005).

Την περίοδο του καλοκαιριού σε εύτροφες λίμνες παρουσιάζεται το φαινόμενο της άνθισης κατά το οποίο αυξάνονται ταχύτατα μικροσκοπικά φύκη και έχουν σαν συνέπεια την αλλαγή του χρώματος του νερού. Ο ευτροφισμός μαζί με το φαινόμενο της άνθισης έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ιχθυοπαραγωγή εξαιτίας της δημιουργίας ανοξικών συνθηκών και της παραγωγής τοξικών αερίων (μεθανίου, αμμωνίας) κατά την αναερόβια αποικοδόμηση της οργανικής ύλης. Ορισμένα είδη κυανοφυκών εκκρίνουν τοξικές ουσίες που δεν βλάπτουν μόνο τα ψάρια, αλλά και ολόκληρη την τροφική δομή του οικοσυστήματος. Οι χρήσεις της λίμνης περιορίζονται, αφού το νερό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόση, ενώ υποβαθμίζεται και η αξία της για αναψυχή αφού τα φύκη περιορίζουν τη διαφάνεια του νερού και του δίνουν ένα σκοτεινό πράσινο χρώμα.

Για να διαπιστωθεί ο βαθμός ευτροφισμού μίας λίμνης χρησιμοποιούνται τέσσερις βασικοί παράγοντες, η χλωροφύλλη, το βάθος του δίσκου Secchi, ο ολικός φώσφορος, και το διαλυμένο οξυγόνο. Για τον προσδιορισμό της τροφικής κατάστασης μίας λίμνης έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορα συστήματα κατάταξης με βάση διάφορες μετρήσιμες παραμέτρους όπως ο ολικός φώσφορος της

λίμνης, το ανόργανο άζωτο, η τιμή Secchi αλλά και τα επίπεδα χλωροφύλλης.. Στους παρακάτω πίνακες 3.1, 3.2, και 3.3 παρουσιάζονται τρία συστήματα κατάταξης των λιμνών σε διάφορες τροφικές κατηγορίες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΛΙΜΝΩΝ ΤΟΥ ΟΟΣΑ

ΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	P(μg/L)	Χλωρόφ.(μg/L) Μέση Τιμή	Ανόργανο N (μg/L)
Υπερολιγοτροφική	< 4	< 1	< 200
Ολιγοτροφική	< 10	< 2.5	200-400
Μεσοτροφική	10-30	2.5-8.0	300-600
Ευτροφική	30-100	8.0-25	600-1500
Υπερευτροφική	> 100	> 25	> 1500

Πηγή : Vollenweider, 1968

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΛΙΜΝΩΝ ΤΟΥ ΟΟΣΑ

ΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	P(μg/L)	Χλωρόφ.(μg/L) Μέση Τιμή	Χλωρόφ.(μg/L) Μέγιστη	Secchi (m) Μέση Τιμή	Secchi (m) Ελάχιστο
Υπερολιγοτροφική	< 4	< 1	< 0.5	> 12	> 6
Ολιγοτροφική	< 10	< 2.5	< 8.0	> 6	> 3
Μεσοτροφική	10-30	2.5-8.0	8-25	3-6	3-5
Ευτροφική	30-100	8.0-25	35-75	3.0-1.5	1.5-0.5
Υπερευτροφική	> 100	> 25	> 75	< 1.5	< 0.7

Πηγή : Vollenweider, 1968

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΛΙΜΝΩΝ ΚΑΤΑ ΗΟΕΛΛ ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ 343 ΛΙΜΝΕΣ

ΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	Αμμωνιακά (mg/L)	Νιτρώδη (mg/L)	Νιτρικά (mg/L)	Φωσφορικά (mg/L)
Ολιγοτροφική	< 0.3	< 0.5	< 1.0	< 1.0
Μεσοτροφική	0.3-2.0	0.5-5.0	1.0-5.0	1.0-3.0
Υπερευτροφική	> 2.0	> 5.0	> 5.0	> 3.0

Πηγή : Vollenweider, 1968

Εξαιτίας της μεγάλης σημασίας του φωσφόρου για την τροφική κατάσταση μιας λίμνης έχουν γίνει προσπάθειες συσχέτισης της τροφικής κατάστασης με τη μέση συγκέντρωση φωσφόρου στη λίμνη ή και με την ετήσια φόρτιση της λίμνης με φώσφορο.

Στον παρακάτω πίνακα 3.4 παρουσιάζεται η μέση ετήσια επιτρεπόμενη φόρτιση με φώσφορο σε σχέση με το μέσο βάθος της λίμνης.



ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 : ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΕ ΟΛΙΚΟ ΦΩΣΦΟΡΟ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ

Μέσο Βάθος (m)	Επιτρεπόμενη Φόρτιση (gr/m <sup>2</sup> /ετος)		Μέγιστη ή Επικίνδυνη Φόρτιση (gr/m <sup>2</sup> /ετος)	
	N	P	N	P
5	1.0	0.07	2.0	0.13
10	1.5	0.10	3.0	0.20
50	4.0	0.25	8/0	0.50
100	6.0	0.40	12.0	0.80
150	7.5	0.50	15.0	1.00
200	9.0	0.60	18.0	1.20

Πηγή : Αντωνόπουλος, 2003

### 3.1.6 ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ BOD - COD

Κάθε υδάτινο οικοσύστημα όπως μια λίμνη, περιέχει οργανική ουσία σε διαλυμένη ή αδιάλυτη μορφή. Η διαλυμένη μορφή είναι πολύ περισσότερη. Η οργανική ουσία αποτελεί πηγή θρεπτικών στοιχείων και σχετίζεται άμεσα με την περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο, ενώ παρουσιάζεται με πολλές χημικές μορφές. Οι οργανικές ουσίες μίας λίμνης μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες : τις χουμικές και τις μη χουμικές ουσίες. Οι μη χουμικές είναι μικρομοριακές ενώσεις (π.χ. υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη) που αποικοδομούνται εύκολα. Οι χουμικές ουσίες είναι μακρομοριακές ενώσεις, που αποικοδομούνται δύσκολα και προσδίδουν στο νερό ένα κίτρινο χρώμα.

Η οργανική ουσία αποικοδομείται αερόβια καταναλώνοντας μεγάλες ποσότητες οξυγόνου και αναερόβια. Η αποικοδόμηση υπό αερόβιες συνθήκες είναι πολύ ταχύτερη απ' ό,τι υπό αναερόβιες. Σε ολιγοτροφικές λίμνες όλη σχεδόν η οργανική ουσία αποικοδομείται αερόβια, σε αντίθεση με τις ευτροφικές λίμνες που περιέχουν μεγάλες ποσότητες οργανικής ουσίας.

Σε μία λίμνη η οργανική ουσία προέρχεται από τους οργανισμούς που ζουν σ' αυτή και από τη μεταφορά οργανικών υλών της λεκάνης απορροής με τα νερά που εισέρχονται σ' αυτή. Έτσι με αυτόν τον τρόπο μπορούν να καταλήξουν στη λίμνη απόβλητα οικισμών, κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων και βιομηχανιών, που είναι πλούσια σε οργανικές ύλες, κάτι που αποτελεί μία από τις σπουδαιότερες ανθρωπογενείς αιτίες που προκαλούν ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου μίας λίμνης. Οι περισσότερες ουσίες που προκαλούν ελάττωση του οξυγόνου περιέχουν

πολύ άνθρακα, όπως άλλωστε και οι οργανικές. Η διάθεση αποβλήτων πλούσια σε οργανική ουσία, σε μία λίμνη, έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη μείωση του οξυγόνου της και δημιουργία αναερόβιων συνθηκών τελικά. Κατά την αποικοδόμηση υπό αναερόβιες συνθήκες της οργανικής ουσίας εκλύονται δύσσομες ουσίες, όπως μεθάνιο και υδρόθειο που βλάπτουν τους ζωικούς πληθυσμούς της λίμνης, αλλά και ενοχλούν τους γειτονικούς αστικούς πληθυσμούς (Αντωνόπουλος, 2003), (Κούγκολος, 2005).

Για την εκτίμηση της ποιοτικής υποβάθμισης μιας λίμνης που δέχεται απόβλητα πλούσια σε οργανικές ύλες και ταυτόχρονα για τη μέτρηση της ζήτησης του οξυγόνου προσδιορίζεται το BOD (Biochemical Oxygen Demand). Το BOD είναι η πιο διαδεδομένη παράμετρος για τη μέτρηση οργανικής ρύπανσης και φορτίου σε επιφανειακά νερά και απόβλητα αντίστοιχα. Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) ορίζεται ως η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου από μικροοργανισμούς σε αερόβιες συνθήκες. Η παραπάνω οξείδωση στην πραγματικότητα διαρκεί 20 ημέρες. Για πρακτικούς λόγους όμως έχει επικρατήσει ο προσδιορισμός του BOD<sub>5</sub> δηλαδή στις πέντε ημέρες. Στη διάρκεια των πέντε ημερών οξειδώνεται περίπου το 60-70% των οργανικών ουσιών. Όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή του BOD τόσο πιο υποβαθμισμένο ποιοτικά είναι το νερό της λίμνης και οι χρήσεις του περιορίζονται. Το BOD του καθαρού νερού είναι 1 ppm, ενώ νερό με BOD πάνω από 5 ppm είναι ανεπιθύμητο για πολλές χρήσεις. Χαρακτηριστικά να πούμε ότι αστικά απόβλητα και απόβλητα κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων έχουν BOD που κυμαίνεται από 100-10000. Η είσοδος τέτοιων λυμάτων σε μια λίμνη μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα (Κούγκολος, 2005).

Επειδή όλες οι οργανικές ουσίες και ειδικά αυτές που περιέχονται σε βιομηχανικά απόβλητα δεν είναι βιολογικά αποικοδομήσιμες υπάρχει και η έννοια της χημικής απαιτήσεως οξυγόνου (COD) για την περιγραφή της ποιότητας του νερού. Το COD είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου σε CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O από ισχυρό οξειδωτικό μέσο (διχρωμικό κάλιο ή σπανιότερα υπερμαγγανικό κάλιο) και σε όξινες συνθήκες. Κατά τον προσδιορισμό του COD οξειδώνονται όλες σχεδόν οι οργανικές ουσίες, ανεξάρτητα από το αν είναι βιολογικά διασπάσιμες ή όχι (Κούγκολος, 2005).

### 3.1.7 PH - ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ - ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Το PH μίας λίμνης εκφράζει τη συγκέντρωση της σε ιόντα υδρογόνου ( $H^+$ ). Οι περισσότερες υδατοσυλλογές έχουν pH μεταξύ 6 και 9. Το pH μίας λίμνης εξαρτάται από το ελεύθερο  $CO_2$ , τα ανόργανα και οργανικά οξέα και τα άλατα ισχυρών οξέων. Οι τιμές του pH εμφανίζονται υψηλότερες κατά τη θερινή περίοδο εξαιτίας της αυξημένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των υδρόβιων φυτικών οργανισμών.

Χαμηλές τιμές του pH μίας λίμνης μπορούν να προκληθούν από την πτώση σ' αυτή βροχής εμπλουτισμένης με  $SO_2$ , το οποίο μπορεί να έχει είτε φυσική (ηφαίστεια) είτε ανθρωπογενή προέλευση (ορυχεία, ορυκτά καύσιμα). Νερό με τιμή pH κάτω από 4, μπορεί να προκαλέσει το θάνατο σε φυτικούς αλλά και σε ζωικούς οργανισμούς. Μεγάλες τιμές pH σε μία λίμνη μπορούν να προκληθούν από τον εμπλουτισμό της με οργανικά άλατα ή ως αποτέλεσμα του μεταβολισμού των φυκών της, όταν αυτά βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες. Το παραπάνω μπορεί να επιφέρει σημαντικές αλλοιώσεις στα είδη και την ποσότητα των διαφόρων οργανισμών της λίμνης (Κούγκολος, 2005)

Στενή σχέση με το pH μίας λίμνης έχει η αλκαλικότητα της. Με τον όρο αλκαλικότητα εννοούμε την ποσότητα και το είδος των ουσιών που είναι υπεύθυνες για την ανύψωση του PH πάνω από την τιμή 7. Συνήθως εκφράζεται σε  $CaCO_3/lit$ .

Η αλατότητα μίας λίμνης είναι η περιεκτικότητα της σε διαλυτά άλατα και μετριέται σαν ολικά διαλυμένα στερεά (total dissolved solids, TDS) που εκφράζονται σε mg/lit ή mg/kg νερού ή σαν ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) εκφρασμένη σε mmhos/cm ή μmhos/cm στους  $25^{\circ}C$ . Μεγάλη σημασία για την ποσότητα του νερού δεν έχει μόνο η ποσότητα, αλλά και το είδος των αλάτων. Νερό με μεγάλη περιεκτικότητα σε άλατα είναι για παράδειγμα ακατάλληλο για άρδευση, ειδικά αν υπάρχουν μεγάλες ποσότητες αλάτων νατρίου. Νερό με  $EC > 3000$  μmhos/cm μπορεί να δημιουργήσει μεγάλα προβλήματα στις αρδευόμενες από αυτό καλλιέργειες.

Η αλατότητα μίας λίμνης είναι στενά συνδεδεμένη με τα υδρολογικά της χαρακτηριστικά και εξαρτάται από το υδρογραφικό δίκτυο, τα πετρώματα, τα εδάφη και τις ανθρώπινες δραστηριότητες της λεκάνης απορροής της. Σχετίζεται άμεσα με το μέσο βάθος της λίμνης και τον όγκο του νερού της. Μείωση του όγκου του νερού θα έχει ως αποτέλεσμα αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων, αν και η συνολική τους ποσότητα μπορεί να παραμείνει σχεδόν η ίδια (Παπαζαφειρίου και Αντωνόπουλος, 1991).

### 3.1.8 ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Τα βαρέα μέταλλα είναι στοιχεία ιδιαίτερα τοξικά για τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς όταν η συγκέντρωσή τους υπερβεί ορισμένα όρια. Τα σημαντικότερα από άποψη ρύπανσης είναι ο υδράργυρος, ο μόλυβδος, το αρσενικό, το κάδμιο, το χρώμιο, το νικέλιο, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος. Από αυτά μόνο τα τελευταία δύο αποτελούν θρεπτικά στοιχεία για τους οργανισμούς. Εξαιτίας της ευρύτατης χρησιμοποίησής τους στη βιομηχανία και την ύπαρξή τους σε πολλά γεωργικά φάρμακα και λιπάσματα έχουν αποκτήσει μεγάλη σημασία και ενδιαφέρον στη ρύπανση των λιμνών (Ανθεμίδης κ.α., 1997).

Οι σημαντικότερες πηγές των βαρέων μετάλλων είναι τα βιομηχανικά απόβλητα (ιδίως των μεταλλουργείων, χυτηρίων κλπ), οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στην γεωργία, τα πετρώματα και ορυκτά, τα ηφαίστεια και τα υπολείμματα καύσεως ορυκτών καυσίμων. Η διαλυτότητα των βαρέων μετάλλων στο νερό αυξάνει με τη μείωση του pH του, ενώ η σειρά τοξικότητάς τους εξαρτάται από το είδος του φυτικού ή ζωικού οργανισμού. Η ύπαρξή τους σε μία λίμνη, εκτός από τις δυσμενείς επιπτώσεις που μπορεί να έχει στους οργανισμούς της, είναι δυνατό μέσω της τροφικής αλυσίδας να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα τόσο σε οργανισμούς των χερσαίων οικοσυστημάτων όσο και στον άνθρωπο (Τσακίρης, 1995).

## 3.2 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ

Η ποιοτική κατάσταση της λίμνης Κορώνειας είχε αρχίσει να μελετάται μετά το 1980 και η συστηματική της μελέτη συνεχίστηκε μέχρι και το έτος 1997. Το 1981 οι Μουρκίδης και Τσιουρής μέτρησαν διάφορες ποιοτικές παραμέτρους των λιμνών Κορώνειας και Καστοριάς. Το 1984 ο Κιλικίδης κ.α., παρουσίασαν τα αποτελέσματα της έρευνας που έγινε στις λίμνες Κορώνεια, Δοϊράνη και Βιστωνίδα. Το 1989 ο Ζαρκανέλλας στην περιβαλλοντική του μελέτη για τη λίμνη παραθέτει μετρήσεις για την οργανική ουσία, τα βαρέα μέταλλα και το διαλυμένο οξυγόνο της. Στη μελέτη της Λυμπεροπούλου το 1994, παρουσιάζονται μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων που έγιναν από το Υπουργείο Γεωργίας για τα έτη 1989-1993. Μετρήσεις για τον

προσδιορισμό της ποιοτικής κατάστασης της Κορώνειας έγιναν το 1995 από την Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης όπως και επίσης το ίδιο έτος έγιναν από επιστήμονες του ΙΓΜΕ. Οι συστηματικές μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων σταματάνε το 1998 και μελέτες μετά από αυτό το έτος χρησιμοποιούν στοιχεία των προηγούμενων ετών. Το Master Plan των Knight - Piesold. and Karavokyris & Partners, (1998) χρησιμοποίησε στοιχεία των προηγούμενων ετών, το ίδιο και το Αναθεωρημένο Master Plan των Ζαλίδης κ.α., (2004). Καινούριες μετρήσεις για την ποιότητα των υδάτων της λίμνης Κορώνειας και την πορεία των φυσικοχημικών της παραμέτρων έγιναν το 2007 από τη Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (2008) και από τα τέλη του 2009 μέχρι και το 2010 με το έργο «Υπηρεσίες Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων Παρακολούθησης Περιβαλλοντικών Παραμέτρων και Συστήματος Λήψης Αποφάσεων στη Λίμνη Κορώνεια» από τον Ζαλίδης (2010). Τα αποτελέσματα όλων των παραπάνω μελετών από το 1985 ως και το 1997 και τα πιο καινούρια του 2009 ως 2010 παραθέτονται στους παρακάτω πίνακες και αξιολογούνται στις παρακάτω παραγράφους. Ακόμη πραγματοποιείται και μία σύγκριση της ποιοτικής κατάστασης των τελευταίων ετών μεταξύ των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 : ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ ΤΑ ΕΤΗ 1985-1991

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
EC (μmhos/cm)	1460	1414	1431	1515	1634	1852	2176
pH	8.70	8.45	8.30	8.30	8.30	8.50	8.72
Cl <sup>-</sup> (ppm)	199.0	190.0	191.9	201.5	231.0	285.5	320.8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	35.2	55.6	62.4	127.8	133.0	140.8	181.0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	419.8	413.8	433.1	442.0	491.7	483.9	478.4
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	47.5	34.5	22.5	31.0	16.2	64.0	66.9
Na <sup>+</sup> (ppm)	247.6	244.0	244.8	280.6	296.9	418.6	429.1
Mg <sup>+</sup> (ppm)	39.4	36.8	34.9	43.6	48.1	40.8	38.0
Ca <sup>2+</sup> (ppm)	17.0	17.0	22.0	17.0	19.6	16.0	18.9
D.O (ppm)	9.5	9.0	10.0	11.2	10.6	9.4	10.9
D.O %	83.2	80.0	85.8	97.7	90.9	86.4	102.4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	<0.44	0.60	0.67	<0.44	1.04	1.45	2.45
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	0.069	0.016	0.064	0.008	0.010	0.006	0.018

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	0.275	0.275	0.224	0.311	0.303	0.120	0.158
P (ppm)	0.099	0.086	0.071	0.152	0.105	0.173	0.149

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 : ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ ΤΑ ΕΤΗ 1992-1998

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
EC (μmhos/cm)	2496	3037	3683	4246	5535	6127	8186
pH	8.81	8.73	8.88	8.83	9.21	9.34	10.32
Cl <sup>-</sup> (ppm)	388.8	488.4	671.7	837.7	1234.2	1125.6	2043.7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	193.6	176.0	244.8	279.2	342.6	356.7	504.6
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	486.0	589.7	588.6	613.0	-	-	-
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	101.5	148.0	163.5	214.5	-	-	-
Na <sup>+</sup> (ppm)	506.4	620.2	795.8	952.6	1134.5	1024.4	1747.3
Mg <sup>+</sup> (ppm)	38.8	36.0	30.6	32.6	38.4	39.2	39.6
Ca <sup>2+</sup> (ppm)	18.3	21.3	21.0	16.3	18.4	18.8	19.1
D.O (ppm)	10.7	10.5	7.6	8.5	3.08	1.88	1.01
D.O %	100.4	102.5	67.0	69.5	25.2	15.4	8.3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	<0.44	-	-	-	-	-	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	0.072	-	-	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	0.355	-	-	-	-	-	-
P (ppm)	0.126	-	-	-	-	-	-

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7 : ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ - ΒΟΛΒΗΣ ΤΟ ΕΤΟΣ 2009

	Κορώνεια	Βόλβη
EC (μmhos/cm)	18290	974.47
pH	9.47	8.51
Cl <sup>-</sup> (ppm)	3871	94.63
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	3192.70	42.44
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	-	-
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	-	-
Na <sup>+</sup> (ppm)	3489.20	138.82

Mg <sup>+</sup> (ppm)	241.90	25.26
Ca <sup>2+</sup> (ppm)	87.20	16.40
D.O (ppm)	-	10.02
D.O %	-	97.81
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	7.04	0.76
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	-	0.018
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	-	-
P (ppm)	0.2	0.048

Πηγή : Ζαλίδης, 2010

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 : ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ - ΒΟΛΒΗΣ ΤΟ ΕΤΟΣ 2010

	Κορώνεια	Βόλβη
EC (μmhos/cm)	4942	1034.21
pH	8.90	8.54
Cl <sup>-</sup> (ppm)	1269	108.94
SO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (ppm)	1115	52.25
HCO <sub>3</sub> (ppm)	-	-
CO <sub>3</sub> (ppm)	-	-
Na <sup>+</sup> (ppm)	1226.11	170.30
Mg <sup>+</sup> (ppm)	131.36	31.36
Ca <sup>2+</sup> (ppm)	43.21	28.49
D.O (ppm)	11.16	9.80
D.O %	108.9	95.66
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	1.56	0.25
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	-	-
P (ppm)	0.20	0.083

Πηγή : Ζαλίδης, 2010

### 3.2.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Σε μετρήσεις που έγιναν στη λίμνη την περίοδο 1980 - 1981 από τους Μουρκίδη και Τσιουρή (1981), διαπίστωσαν ότι η θερμοκρασία της κυμαινόταν από 2.3°C μέχρι και 24 °C. Επίσης διαπίστωσαν ότι η Κορώνεια παγώνει αρκετά συχνά

κατά τη διάρκεια του χειμώνα, πάγωμα όμως που διαρκεί 4 με 5 βδομάδες. Τους καλοκαιρινούς μήνες δεν παρατηρήθηκε θερμική στρωματοποίηση λόγω του μικρού βάθους της.

Οι Κιλικίδης κ.α, (1984) από τον Νοέμβριο του 1982 ως και τον Οκτώβρη του 1983 μέτρησαν τη θερμοκρασία της λίμνης από 6 °C μέχρι και 24 °C τους καλοκαιρινούς μήνες. Επίσης δεν παρατηρήθηκε θερμική στρωματοποίηση και η εποχιακή διακύμανση της θερμοκρασίας στη λίμνη ήταν σε κανονικά επίπεδα.

Οι επόμενες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στη λίμνη ήταν από την Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης (1995) και τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο. Οι τιμές της θερμοκρασίας ήταν 26, 29 και 17.5 °C αντίστοιχα. Πρέπει να σημειώσουμε πως μέσα σε μία δεκαετία οι τιμές της θερμοκρασίας της λίμνης τους καλοκαιρινούς μήνες έχουν ανέβει αισθητά γεγονός που αποτέλεσε επικίνδυνο παράγοντα για τους υδρόβιους οργανισμούς.

Οι τελευταίες και πιο πρόσφατες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του έργου «Υπηρεσίες Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων Παρακολούθησης Περιβαλλοντικών Παραμέτρων και Συστήματος Λήψης Αποφάσεων στη Λίμνη Κορώνεια», την περίοδο από τον Ιούλιο 2009 μέχρι και τον Ιούλιο του 2010. Η χαμηλότερη θερμοκρασία ήταν 10.8 °C το Φεβρουάριο του 2010 ενώ η υψηλότερη 28.9 °C τον Ιούλιο του ίδιου χρόνου. Η τόσο υψηλή θερμοκρασία της λίμνης τον Ιούλιο δικαιολογείται σε ένα βαθμό λόγω του πολύ περιορισμένου υδατικού της όγκου. Σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες, ακόμη και να υπήρχαν, δεν θα μπορούσαν να επιβιώσουν υδρόβιοι οργανισμοί.

### 3.2.2 ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ - ΧΡΩΜΑ

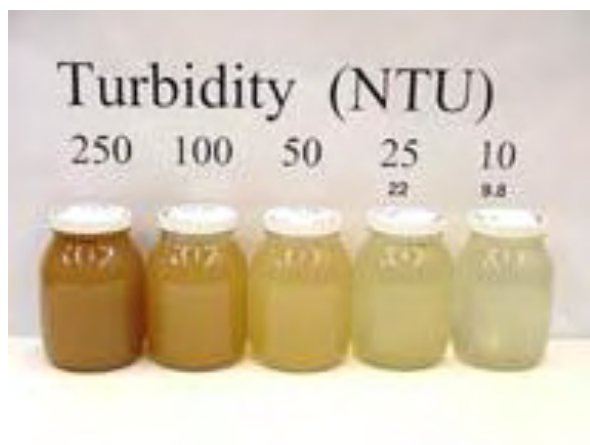
Η διαφάνεια της λίμνης είχε μετρηθεί την περίοδο από το 1981 ως το 1983 από τους Κιλικίδη κ.α. (1984). Από τις μετρήσεις που έγιναν η μέση τιμή Secchi για το 1981 και 1982 ήταν 0.60m ενώ για το 1983 0.41m. Από τις παραπάνω μετρήσεις φαίνεται ότι η διαφάνεια της λίμνης είναι πολύ περιορισμένη και αυτό οφείλεται στα εν αιωρήσει οργανικά και ανόργανα σωματίδια και στη μεγάλη παραγωγή φυτοπλαγκτόν. Οι ακραίες τιμές Secchi που παρατηρήθηκαν ήταν 0.2m και 0.8m, με τις μικρότερες τιμές να εμφανίζονται το καλοκαίρι, την περίοδο που εμφανίζεται και το φαινόμενο της άνθισης στη λίμνη. Εξαιτίας της μικρής της διαφάνειας το φως δεν



μπορεί να διεισδύσει στη λίμνη και έτσι δημιουργούνται προβλήματα για τους οργανισμούς της.

Στις μετρήσεις που έγιναν τις χρονιές 2009 και 2010 από τον Ζαλίδης (2010) στα πλαίσια του έργου «Υπηρεσίες Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων Παρακολούθησης Περιβαλλοντικών Παραμέτρων και Συστήματος Λήψης Αποφάσεων στη Λίμνη Κορώνεια», χρησιμοποιήθηκε άλλη μέθοδος για τη μέτρηση της θολερότητας στη λίμνη, το θολερόμετρο ή νεφελόμετρο. Οι τιμές που διαπιστώθηκαν διακυμάνθηκαν από 36 NTU (Nephelometric Turbidity Units) μέχρι και 131.70 NTU το μήνα Ιούλιο με τη μέση τιμή στα 70 NTU το χρόνο. Αντιστοιχία ανάμεσα στην τιμή Secchi και σε NTU δεν υπάρχει για να γίνει ακριβής σύγκριση της θολερότητας της λίμνης για το 1983 και σήμερα. Χαρακτηριστικό όμως είναι ότι η τιμή της θολερότητας του πόσιμου νερού κυμαίνεται από 1 ως 5 NTU.

Σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν την ίδια περίοδο (2009-2010) για τη λίμνη Βόλβη η ελάχιστη τιμή παρατηρήθηκε στα 8.2 NTU ενώ η μέγιστη στα 100 NTU. Η μέση τιμή θολερότητας για τα 2 έτη ήταν 16.5 NTU. Καταλαβαίνουμε λοιπόν από τα παραπάνω ότι οι τιμές θολερότητας της λίμνης Κορώνειας είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα και το νερό της υποβαθμισμένο σε μεγάλο βαθμό σε σχέση και με της λίμνης Βόλβης.



Εικόνα 3 : Χρώμα νερού σε διάφορες θολερότητες  
Πηγή : <http://www.water.ncsu.edu>

### 3.2.3 ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

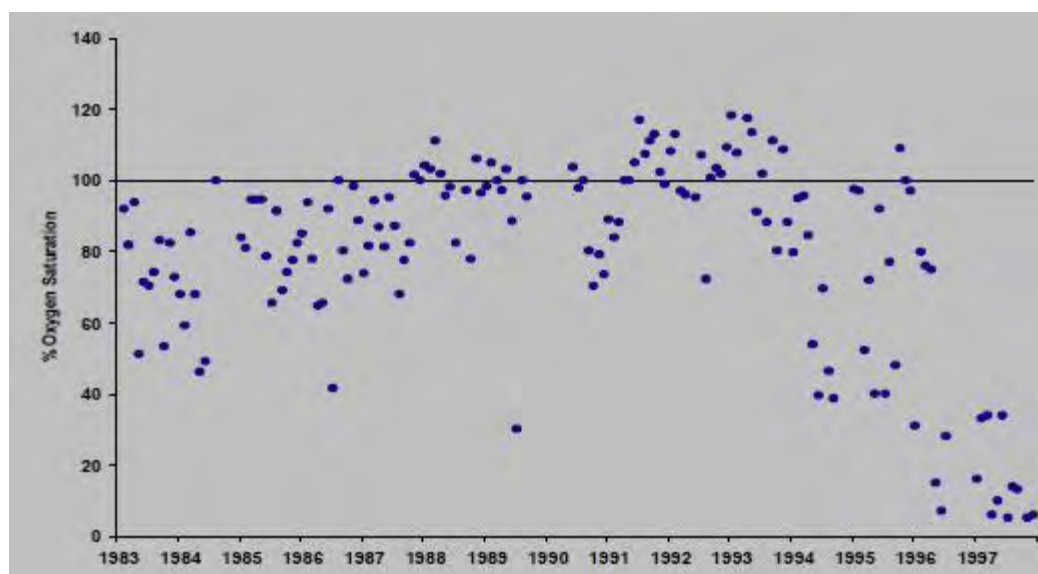
Όπως φαίνεται και από τους πίνακες 3.5 , 3.6 και 3.7 , η λίμνη εκτός από τις χρονιές 1994-1998 δεν παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα έλλειψης οξυγόνου. Βέβαια εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου (D.O.) στους παραπάνω πίνακες αναφέρονται στο συγκεκριμένο βάθος και ώρα που λήφθηκε το δείγμα του νερού και δεν μπορούν έτσι να δώσουν μία εικόνα κατανομής του οξυγόνου, σε σχέση με το βάθος της λίμνης και την ώρα της ημέρας.

Οι Μουρκίδης και Τσιουρής (1981) στις μετρήσεις που έκαναν το 1980 και το 1981 διαπίστωσαν ότι κατά τους χειμερινούς μήνες η κατακόρυφη κατανομή του οξυγόνου στην Κορώνεια ήταν σχεδόν ομοιόμορφη, με βαθμούς κορεσμού (D.O. %) που κυμαίνονταν από 78-110%. Αντίθετα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και τον Σεπτέμβριο εξαιτίας της συσσώρευσης μεγάλων ποσοτήτων νεκρής οργανικής ουσίας (φυτικής) και τη χρησιμοποίηση του οξυγόνου για την αποικοδόμηση της, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου έπεφτε σε χαμηλές τιμές και η κατακόρυφη κατανομή του έπαυε να είναι ομοιόμορφη με βαθμούς κορεσμού που κυμαίνονται από 18-142%. Τον μήνα Ιούλιο παρατηρούνταν καταστάσεις ανοξίας στην περιοχή του πυθμένα και μέχρι ένα μέτρο πάνω από αυτόν, ενώ τα επιφανειακά νερά ήταν υπερκορεσμένα, εξαιτίας της εντατικοποίησης της φωτοσύνθεσης.

Το Ιούνιο και Ιούλιο του 1987 πραγματοποίησε μετρήσεις στη λίμνη ο Ζαρκανέλλας (1989) με δείγματα από σταθμούς που κάλυπταν όλη την επιφάνεια της λίμνης και διαπίστωσε ότι η Κορώνεια παρουσιάζει περιοδικότητα όσον αφορά την περιεκτικότητα των νερών της σε οξυγόνο. Αργά την άνοιξη κοντά στον πυθμένα εμφανίζονται φαινόμενα υπερκορεσμού, με βαθμούς κορεσμού που κυμάνθηκαν από 79.6-97.6%. Σ' όλα τα άλλα βάθη τα νερά ήταν κορεσμένα αμέσως πάνω από τον πυθμένα, μέχρι πολύ υπερκορεσμένα, που συναντήθηκαν όχι στα επιφανειακά νερά αλλά σ' αυτά με βάθος περίπου στο ένα μέτρο. Στη δειγματοληψία του Ιουλίου όμως σ' όλους τους σταθμούς το οξυγόνο ήταν ελλειμματικό κάτω από το βάθος των 2.5m, με τα νερά σ' ολόκληρη την επιφάνεια του πυθμένα να είναι ουσιαστικά ανοξικά, αφού οι συγκεντρώσεις οξυγόνου ήταν κάτω από 1 ppm. Πάνω από τα 2.5m όμως τα νερά ήταν κορεσμένα ή υπερκορεσμένα σε οξυγόνο.

Απ' όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως η συγκέντρωση του οξυγόνου στη λίμνη, με εξαίρεση τα έτη 1994 μέχρι 1998 είναι σε καλά επίπεδα. Κατά τους θερινούς μήνες όμως παρουσιάζονται καταστάσεις ανοξίας στη περιοχή του πυθμένα

και 1-2m πάνω από αυτόν. Τέτοιες εποχιακές μεταβολές της κατανομής του οξυγόνου με υπολίμνιο αναερόβιο ή και ανοξικό είναι ενδεικτικές της κατάστασης ευτροφισμού των λιμνών. Το 1995 ιδιαίτερα, η μείωση του βάθους της λίμνης συνοδεύτηκε από αύξηση της συγκέντρωσης των διαλυμένων ουσιών και των οργανικών υλών και μείωση του διαλυμένου οξυγόνου σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Ελλείπει επαρκούς ποσότητας οξυγόνου η αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας, που είναι συσσωρευμένη στον πυθμένα, γίνεται κατά ένα μέρος αναεροβίως, με αποτέλεσμα τη δημιουργία τοξικών αερίων για τους ζωικούς οργανισμούς της λίμνης, όπως το υδρόθειο ( $H_2S$ ). Το παραγόμενο υδρόθειο όταν δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για την οξείδωση του διασκορπίζεται σε όλο τον όγκο της λίμνης, ειδικά όταν πνέουν δυνατοί άνεμοι, και μπορεί να προκαλέσει το θάνατο ψαριών. Αποτέλεσμα όλων αυτών ήταν η μεγάλη οικολογική καταστροφή της λίμνης Κορώνειας το Σεπτέμβριο του 1995 με το μαζικό θάνατο ψαριών. Ενδεικτικό είναι ότι τα περισσότερα ψάρια έχουν σοβαρές δυσκολίες να συμπληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο σε νερά με τιμές διαλυμένου οξυγόνου κάτω από 4 ppm, ενώ δεν μπορούν να επιζήσουν σε κάτω από 2 ppm (Ζαλίδης κ.α., 2004).



Εικόνα 4 : Ποσοστό διαλυμένου οξυγόνου % (D.O %)

Πηγή : Ζαλίδης κ.α., 2004

Η Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (2008) σε μετρήσεις που έκανε στα πλαίσια της έκθεσης «Στοιχεία Ποιότητας Επιφανειακών Υδάτων Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, Ετήσια Έκθεση 2007», διαπίστωσε ότι

η μέση τιμή του διαλυμένου οξυγόνου ήταν στα 189 ppm στο πρώτο σημείο δειγματοληψίας ενώ στα 175 ppm στο δεύτερο. Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου βρίσκονται σε πολύ υψηλά επίπεδα και σε συνδυασμού με τον μικρό όγκο του νερού της, δείχνουν ότι είναι ποιοτικά αρκετά υποβαθμισμένη.

Οι πιο πρόσφατες μετρήσεις για το διαλυμένο οξυγόνο της λίμνης προέρχονται από το έργο «Υπηρεσίες Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων Παρακολούθησης Περιβαλλοντικών Παραμέτρων και Συστήματος Λήψης Αποφάσεων στη Λίμνη Κορώνεια» του Ζαλίδης (2010), το έτος 2010 καθώς το 2009 δεν ήταν δυνατή η μέτρηση του. Η μέση τιμή του διαλυμένου οξυγόνου για τους μήνες από Φεβρουάριο μέχρι Ιούλιο είναι 11.35 ppm, με την ελάχιστη τιμή να μετρήθηκε τον Απρίλιο σε 10.50 ppm, ενώ η μέγιστη το Φεβρουάριο με 12.25 ppm. Από τις παραπάνω μετρήσεις φαίνεται ότι το διαλυμένο οξυγόνο των υδάτων της λίμνης είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα, χωρίς πάλι όμως να μπορούμε να εξάγουμε πλήρη συμπεράσματα διότι δεν είναι γνωστές οι συνθήκες της δειγματοληψίας και σε ποιο βάθος μετρήθηκε η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου. Την ίδια χρονική περίοδο τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου της λίμνης Βόλβης δεν έχουν μεγάλη διαφορά με τη μέση τιμή για το έτος 2010 να φτάνει τα 10.40 ppm και το εύρος τιμών να κυμαίνεται από 8 ως 12.25 ppm.

#### 3.2.4 ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ - ΦΩΣΦΟΡΟΣ - ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ - BOD<sub>5</sub>

Συστηματικές μετρήσεις αζωτούχων ενώσεων (νιτρικών, νιτρώδων, αμμωνιακών) υπάρχουν για τη λίμνη Κορώνεια μέχρι και το 1988. Για τις επόμενες χρονιές υπάρχουν τέσσερις ή και λιγότερες μετρήσεις για κάθε χρονιά. Μέχρι το 1988 οι τιμές των νιτρικών και νιτρώδων είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα, ενώ αυξημένες παρουσιάζονται οι τιμές των αμμωνιακών, κάτι που μπορεί να οφείλεται σε εισροές αστικών λυμάτων στη λίμνη. Οι περιστασιακές μετρήσεις που έγιναν μετά το 1988 έδειξαν ότι οι τιμές των νιτρώδων και των αμμωνιακών κινούνται στα ίδια επίπεδα, τα νιτρικά όμως παρουσίασαν μεγάλη αύξηση. Σε δειγματοληψία τον Ιανουάριο του 1993 η τιμή τους ξεπερνούσε τα 10 mg/L. Μ' αυτές τις συγκεντρώσεις των αζωτούχων ενώσεων και με βάση τα κριτήρια του πίνακα 3.3 η λίμνη χαρακτηρίζεται ολιγοτροφική ως μεσοτροφική (Ζαρκανέλας, 1989), (Λυμπεροπούλου, 1994).

Παράλληλα με τις μετρήσεις αζωτούχων ενώσεων έγιναν και μετρήσεις ολικού φωσφόρου, του οποίου οι τιμές δεν παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις από

έτος σε έτος και είναι σταθερά σε υψηλά επίπεδα. Οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις του φωσφόρου κυμαίνονται στα 0.1 mg/L (100 µg/L). Έτσι σύμφωνα με τα κριτήρια της τροφικής κατάστασης (πίνακες 3.1 και 3.2) η Κορώνεια χαρακτηρίζεται από ευτροφική ως υπερτροφική.

Συστηματικές μετρήσεις χλωροφύλλης για τη λίμνη δεν υπάρχουν. Οι μόνες, έγιναν από τον Κιλικίδη κ.α. (1984), με τιμές 68-2858 µg/L τα έτη 1982 και 1983. Αυτές οι συγκεντρώσεις είναι ιδιαίτερα υψηλές, γεγονός που δηλώνει ότι η λίμνη από τότε είχε σοβαρά προβλήματα ευτροφισμού. Το 1995 στα πλαίσια της «Μελέτης Υδάτων Μυγδονίας» η Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης (1995) υπολόγισε προσεγγιστικά την ετήσια ποσότητα ρύπων στη λίμνη Κορώνεια από τις κυριότερες πηγές ρύπανσης. Τα αποτελέσματα αυτών των υπολογισμών φαίνονται στον πίνακα 3.9.

Ο πίνακας 3.9 δημιουργήθηκε από μετρήσεις της ποιότητας των υγρών αποβλήτων των βιομηχανιών και των κτηνοτροφικών μονάδων της περιοχής, του δικτύου αποχέτευσης του Δήμου Λαγκαδά καθώς και από πληροφορίες από τις βιομηχανίες και τις κτηνοτροφικές μονάδες. Οι ρύποι που εισέρχονται στην Κορώνεια μέσω της επιφανειακής απορροής και οι οποίοι οφείλονται στις γεωργικές δραστηριότητες της λεκάνης απορροής της, εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας τις μέσες τιμές βροχόπτωσης της περιόδου 1970-1990 και θεωρώντας ως λεκάνη απορροής τις γύρω καλλιεργούμενες εκτάσεις (έκταση 312km<sup>2</sup>). Το ποσοστό επιφανειακής απορροής λήφθηκε ίσο με 20%, ενώ οι συγκεντρώσεις των ρύπων στα νερά απορροής βασίστηκαν σε μετρήσεις που έγιναν σε αγρό της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κορώνειας τα έτη 1991 και 1992.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 : ΕΤΗΣΙΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΚΥΡΙΟΤΕΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (ΤΟΝΟΙ/ΕΤΟΣ)

	Βαφεία	ΑΓΝΟ	Ε.Γ.Σ.Λ.	Κτηνοτ.	Αστικά	Απορροές	Σύνολο
BOD <sub>5</sub>	241	479	560	24	65	-	1369
NH <sub>4</sub> - N	6.6	28.7	-	4.4	12.1	4.8	56.6
NH <sub>3</sub> - N	13.1	1.9	-	-	-	2.8	17.8
Συνολ. N	19.7	30.6	-	4.4	12.1	7.6	74.4
PO <sub>4</sub> - P	10.2	4.2	-	0.8	3.0	0.5	18.7
OP	3.2	5.4	-	-	-	-	8.6
Συνολ. P	13.4	9.6	-	0.8	3.0	0.5	27.3

Πηγή : Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης, 1995 , ίδια επεξεργασία

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 3.9 οι εισροές στη λίμνη του συνολικού αζώτου και φωσφόρου είναι 74.4 και 27.3 τόνοι/έτος. Διαιρώντας τις τιμές αυτές με τη μέση επιφάνεια της λίμνης (πίνακας 2.5) που είναι 34400 στρ. βρίσκονται οι ετήσιες ποσότητες ολικού αζώτου και φωσφόρου που πέφτουν στην Κορώνεια σε  $\text{gr/m}^2/\text{έτος}$  και που για το ολικό άζωτο (N) είναι  $2.16 \text{ gr/m}^2/\text{έτος}$  και για τον ολικό φώσφορο (P) είναι  $0.79 \text{ gr/m}^2/\text{έτος}$ . Η φόρτιση των λιμνών με άζωτο και φώσφορο αποτελεί δείκτη για την τροφική κατάσταση τους. Το μέσο βάθος της λίμνης το 1995 ήταν 1.17m και έτσι σε συνδυασμό με τον πίνακα 3.4 βλέπουμε ότι τα επίπεδα αζώτου αλλά και φωσφόρου στη λίμνη ήταν πολύ πάνω από τα επιτρεπτά όρια αλλά ακόμη πιο πάνω και από τα μέγιστα όρια επικινδυνότητας.

Το 2007 πραγματοποιήθηκαν τέσσερις δειγματοληψίες στη λίμνη από την Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών αλλά και νιτρικών ιόντων ήταν αυξημένες με τιμές από 0.6 ως 3.3 mg/L για τα αμμωνιακά και 1-7 mg/L για τα νιτρικά αντίστοιχα. Οι παραπάνω μετρήσεις είναι άλλη μία απόδειξη του βαθμού υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων εξαιτίας των λυμάτων που δέχεται αλλά και σε συνδυασμό με τον μικρό όγκο του.

Οι πιο πρόσφατες και συστηματικές μετρήσεις για τη λίμνη έγιναν τις χρονιές 2009 και 2010 από τον Ζαλίδης (2010) στα πλαίσια του έργου «Υπηρεσίες Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων Παρακολούθησης Περιβαλλοντικών Παραμέτρων και Συστήματος Λήψης Αποφάσεων στη Λίμνη Κορώνεια». Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των νιτρώδων δεν ποσοτικοποιήθηκαν στο όριο αναφοράς της μεθόδου έτσι δεν έχουμε εικόνα των νιτρώδων τα τελευταία δύο χρόνια. Τα νιτρικά, στους 7 μήνες που έγινε η δειγματοληψία καθώς στα τέλη του 2009 δεν ήταν δυνατή, λόγω της σχεδόν αποξήρανσης της λίμνης, διακυμάνθηκαν από 0.79 μέχρι και 11.62 mg/L. Η μέση τιμή τους ήταν στα 3.9 mg/L. Τον Οκτώβρη του 2009 τα νιτρικά ήταν στα 11.62 mg/L τιμή πολύ υψηλή που υποδηλώνει ότι ακόμη και σήμερα η λίμνη δέχεται εισροές αποβλήτων. Μετά τη σχεδόν πλήρη αποξήρανση της τα τέλη του 2009, οι τιμές των νιτρικών επιστρέφουν σε χαμηλότερα επίπεδα και τον Μάιο Ιούνιο και Ιούλιο είναι στα 2.03, 1.8 και 0.79 mg/L αντίστοιχα.

Οι τιμές του ολικού φωσφόρου στη λίμνη την ίδια περίοδο κινούνται σε σταθερά ψηλά επίπεδα με μέση τιμή τα 0.2 mg/L (ή 200  $\mu\text{g/L}$ ). Αυτή η πολύ υψηλή τιμή του φωσφόρου σε συνδυασμό με την τιμή της χλωροφύλλης η οποία επίσης είναι υψηλή, με μέση τιμή 15.2  $\mu\text{g/L}$  και μέγιστη τα 24.2  $\mu\text{g/L}$ , κατατάσσουν τη λίμνη στην

κατηγορία της ευτροφικής ή ακόμη καλύτερα υπέρευτροφικής. Αρκεί να αναφέρουμε ότι τα επίπεδα του φωσφόρου της λίμνης Βόλβης την ίδια χρονική περίοδο είχαν τιμές από 0.03 ως και 0.2 mg/L αλλά με τη μέση τιμή του να διαμορφώνεται στα 0.06 mg/l. Όπως και τα επίπεδα χλωροφύλλης είναι πολύ χαμηλότερα με τις τιμές της να έχουν εύρος από 5.2 ως 16.1  $\mu\text{g/L}$  και την μέση τιμή της στα 8.9  $\mu\text{g/L}$ .

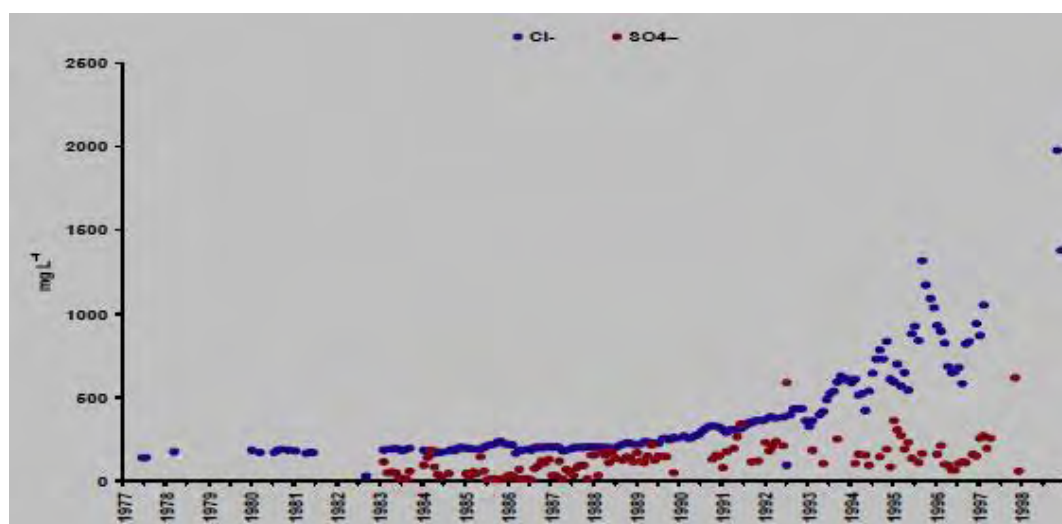
Σε δειγματοληψία το 1997 στη λίμνη η τιμή του  $\text{BOD}_5$ , δηλαδή η βιοχημική ζήτηση οξυγόνου των νερών της. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο το  $\text{BOD}_5$  ορίζεται ως η ποσότητα οξυγόνου που είναι απαραίτητη για τη βιοαποικοδόμηση των οργανικών ουσιών που περιέχονται σ' ένα λίτρο δείγματος σε μία περίοδο πέντε ημερών. Η τιμή του διακυμάνθηκε από 16-37 mg/L τιμές χαμηλές, όμως το COD ήταν 900 - 1342 mg/L. Η τόσο μεγάλη διαφορά της τιμής του  $\text{BOD}_5$  και του COD οφείλεται στις μη βιοαποικοδομήσιμες ενώσεις που περιέχονται στα βιομηχανικά λύματα τα οποία καταλήγουν στην λίμνη. Στις δειγματοληψίες που έγιναν το 2009 και το 2010 μετρήθηκε το  $\text{BOD}_5$  της λίμνης και κυμαίνεται από 184 ως 323 mg/L. Οι τιμές αυτές είναι ιδιαίτερα υψηλές και καθιστούν το νερό της λίμνης ακατάλληλο για κάθε χρήση. Ακόμη και σήμερα το σοβαρό πρόβλημα της υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων της λίμνης από βιομηχανικά απόβλητα παραμένει (Kungolos et al., 1998), (Ζαλίδης κ.α., 2004), (Ζαλίδης, 2010).

### 3.2.5 PH - ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Το pH της λίμνης Κορώνειας παρουσιάζεται πολύ υψηλό (πάνω από 8) όλες τις χρονιές από το 1985 μέχρι και το 2010 (σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία που υπάρχουν). Τον Δεκέμβρη του 1995 η τιμή του pH έφτασε το 10.10 ενώ τον Ιανουάριο του 1998 το 10.8. Σε μετρήσεις που έγιναν το 2007 η τιμή του pH της λίμνης είναι από 9.1 ως 9.8 ενώ τις χρονιές 2009 και 2010 η τιμή του είναι σταθερά πάνω από 8.5. Αυτές οι τιμές είναι ενδεικτικές ενός πολύ υποβαθμισμένου οικοσυστήματος, ακατάλληλου να στηρίξει μορφές ζωής όπως ψάρια και πουλιά. Τα ψάρια ειδικά είναι πολύ ευαίσθητα στις υψηλές τιμές του pH και τις μεταβολές του.

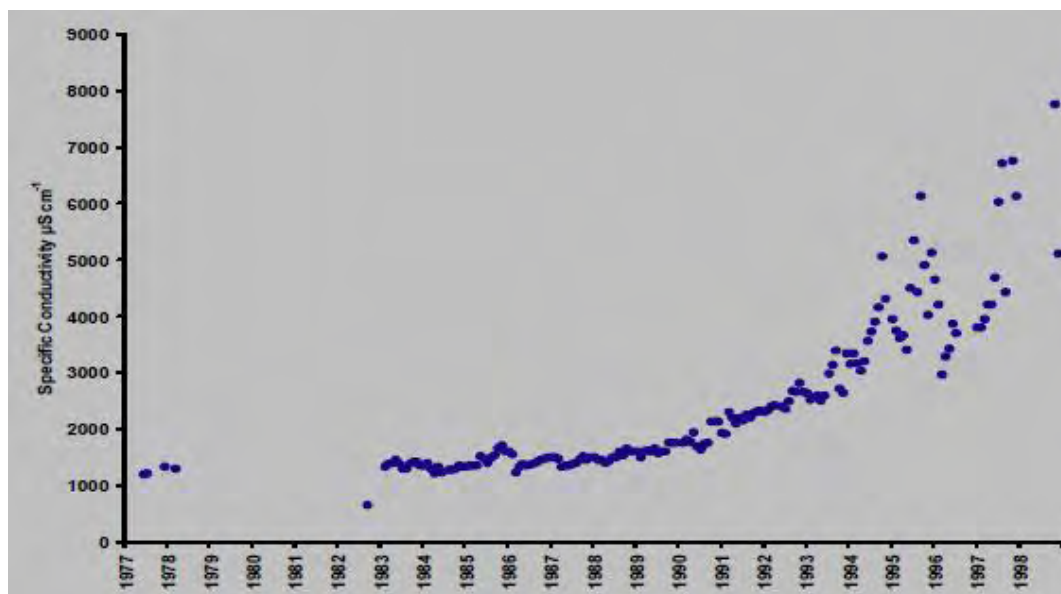
Η αλατότητα της λίμνης όπως και το pH είναι πολύ αυξημένη από το 1992 και μετά. Το 1998 η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) στην λίμνη ξεπέρασε τα 8000  $\mu\text{mhos/cm}$ . Σε δειγματοληψία του 2007 η τιμή της ήταν ακόμη μεγαλύτερη και ξεπερνούσε τα 11000  $\mu\text{mhos/cm}$  ενώ το 2009 ξεπέρασε τα 18000  $\mu\text{mhos/cm}$ . Το 2010 η τιμή της EC στη λίμνη έπεσε στα 4000  $\mu\text{mhos/cm}$ . Νερό με τέτοια τιμή EC είναι

ακατάλληλο σχεδόν για οποιαδήποτε χρήση. Αρκεί να σημειωθεί ότι νερό με EC > 3000  $\mu\text{hos/cm}$  θα πρέπει να αποφεύγεται να χρησιμοποιείται ακόμη και για άρδευση. Παρόμοια πορεία με την EC ακολουθούν όπως είναι φυσικό οι συγκεντρώσεις των Cl, και Na. Μετά το 1994 οι συγκεντρώσεις τους ξεπέρασαν τα 1000 ppm ενώ το 2007 μετρήθηκαν πάνω από 3000 ppm. Τον Ιούλιο του 2009 οι συγκεντρώσεις των Cl και Na ήταν 4254 και 3643 ppm αντίστοιχα ενώ το 2010 συνέχισαν να έχουν πολύ υψηλές τιμές με συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 1000 ppm. Οι πολύ αυξημένες συγκεντρώσεις των αλάτων και κατά συνέπεια και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας της λίμνης δεν σημαίνουν απαραίτητα ότι αυξήθηκαν οι εισροές αποβλήτων στη λίμνη, αλλά το πιο πιθανό είναι να οφείλονται στη μεγάλη μείωση του βάθους και του όγκου του νερού της λίμνης (Ζαλίδης κ.α., 2004), (Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, 2008), (Ζαλίδης, 2010).



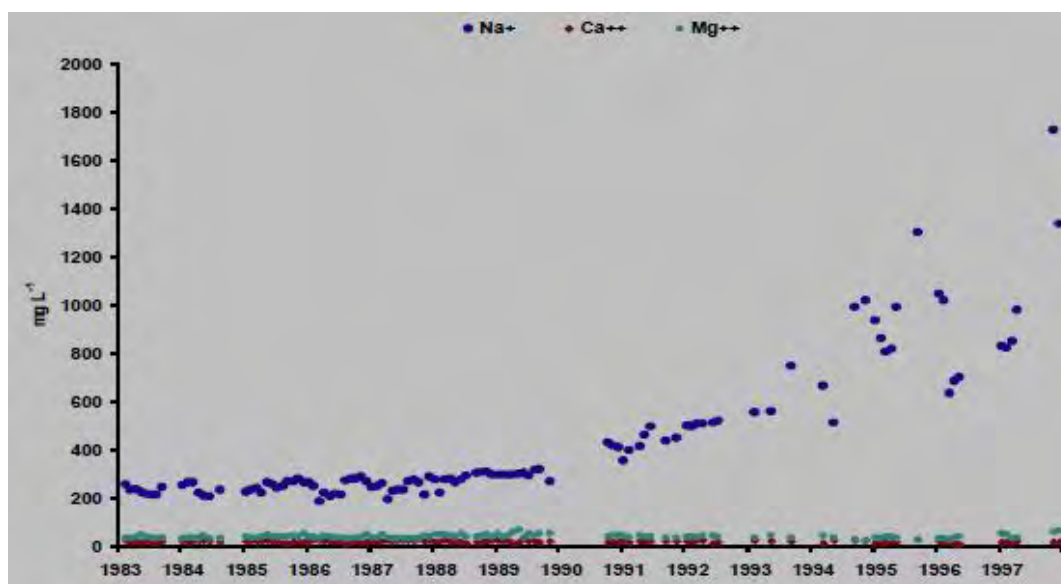
Εικόνα 5 : Συγκέντρωση Θεϊκών και Χλωριούχων ιόντων στη λίμνη Κορώνεια  
Πηγή : Ζαλίδης κ.α., 2004





Εικόνα 6 : Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) της λίμνης Κορώνειας 1977-1998

Πηγή : Ζαλίδης κ.α., 2004

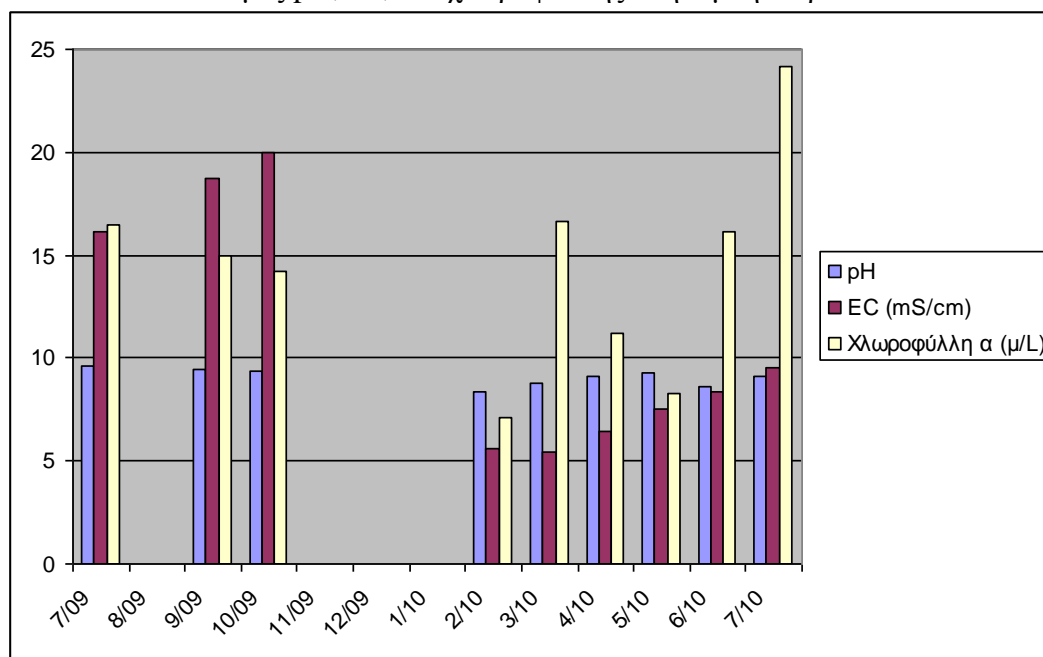


Εικόνα 7 : Συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου (Na<sup>+</sup>), ασβεστίου (Ca<sup>2+</sup>) και μαγνησίου (Mg<sup>2+</sup>) της λίμνης Κορώνειας 1983-1998

Πηγή : Ζαλίδης κ.α., 2004

Για καλύτερη ανάγνωση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των ετών 2009 και 2010 δημιουργήθηκε το παρακάτω σχήμα 3.1.

Σχήμα 3.1  
Τιμές pH, Ec, και χλωροφύλλης στη λίμνη Κορώνεια



Πηγή : Ζαλίδης, 2010

### 3.2.6 BAPEA ΜΕΤΑΛΛΑ

Μετρήσεις της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων στο νερό της Κορώνειας έχουν γίνει το 1983 από τους Κιλικίδη κ.α (1984) και το 1992 και 1995 από το ΙΓΜΕ. Επίσης το 1987 έγιναν μετρήσεις από το Ζαρκανέλλα (1989) στο ίζημα του πυθμένα της λίμνης. Οι τελευταίες και πιο πρόσφατες μετρήσεις έγιναν τα έτη 2009 και 2010 στα πλαίσια του έργου «Υπηρεσίες Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων Παρακολούθησης Περιβαλλοντικών Παραμέτρων και Συστήματος Λήψης Αποφάσεων στη Λίμνη Κορώνεια».

Κατά τις μετρήσεις των ετών 1982 και 1983 οι τιμές του μολύβδου (Pb) κυμάνθηκαν από 0.001-0.002 ppm, του καδμίου (Cd) από 0.053-0.292 ppm, ενώ οι συγκεντρώσεις των άλλων βαρέων μετάλλων, χαλκού (Cu), κοβαλτίου (Co), μαγγανίου (Mn) και αρσενικού (As) ήταν κάτω του ορίου ανιχνεύσεως. Είχαν ανιχνευτεί επίσης οργανοχλωριομένα παρασιτοκτόνα σε συγκεντρώσεις 50-185 ppb, κάτι που σημαίνει ότι η λίμνη ρυπαίνεται με γεωργικά απόβλητα. Σε μετρήσεις του ΙΓΜΕ η συγκέντρωση του αρσενικού ήταν 56 ppb το 1992 και 50 ppb το 1995 και του καδμίου 1 ppb το 1995. Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων Mn, Pb, Cu, Zn, και Ni ήταν  $\leq 10$  ppb, κάτι που μπορεί να οφείλεται στις υψηλές τιμές pH του νερού. Οι

υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου τόσο το 1995, όσο και το 1983, σε συνδυασμό με την απουσία ψευδαργύρου, υποδηλώνουν μη γηγενή προέλευση του καδμίου, που σημαίνει ότι η λίμνη δέχεται βιομηχανικά απόβλητα. Οι μετρήσεις που έγιναν για βαρέα μέταλλα στο ίζημα του πυθμένα της Κορώνειας (1987), έδωσαν συγκεντρώσεις που κυμαίνονταν για το χαλκό από 0.235-0.314 ppb, για το μαγγάνιο από 0.365-0.463 ppb και για το χρώμιο από 0.67-1.09 ppb. (Ανθεμίδης κ.α., 1997)

Στις τελευταίες και πιο πρόσφατες μετρήσεις που έγιναν στη λίμνη το 2009 και 2010 οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων ήταν αρκετά μειωμένες. Βέβαια αυτό είναι λογικό εξαιτίας της υψηλής τιμής του pH στη λίμνη. Σε υψηλές τιμές pH με συνδυασμό υψηλού οργανικού φορτίου (TOC) τα βαρέα μέταλλα συμπλοκοποιούνται και καθιζάνουν ως αδιάλυτα. Ωστόσο αξιοσημείωτες είναι οι υψηλές συγκεντρώσεις του σιδήρου (Fe) με τιμές άνω των 120 mg/l (Ζαλίδης, 2010).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2009, 2010

Παράμετρος	Μονάδα	Συγκέντρωση Μετάλλων	
		2009	2010
Κοβάλτιο (Co)	μg/L	n.d.	n.d.
Χαλκός (Cu)	μg/L	6,312	5,260
Αρσενικό (As)	μg/L	4,125	3,948
Κάδμιο (Cd)	μg/L	0,204	0,185
Μαγγάνιο (Mn)	μg/L	4,987	4,581
Μόλυβδος (Pb)	μg/L	n.d.	n.d.
Σίδηρος (Fe)	μg/L	134,8	124,50
Υδράργυρος (Hg)	μg/L	0,010	0,009
Χρώμιο (Cr)	μg/L	0,003	0,002

Πηγή : Ζαλίδης, 2010

### 3.3 ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ

#### 3.3.1 ΓΕΩΡΓΙΑ

Η περιοχή γύρω από την Κορώνεια παρουσιάζει έντονο γεωγραφικό χαρακτήρα, αφού καλλιεργείται σχεδόν όλη η διαθέσιμη για τη γεωργία έκταση της λεκάνης απορροής της. Σε αυτό συμβάλλουν το ήπιο κλίμα που δημιουργεί η λίμνη αλλά και οι δυνατότητες άρδευσης των καλλιεργειών.

Από την συνολική έκταση της λεκάνης απορροής της λίμνης καλλιεργούνται εντατικά κυρίως οι πεδινές εκτάσεις, οι οποίες και βρίσκονται περιμετρικά της Κορώνειας. Από την πεδινή έκταση της λεκάνης που καλύπτει 350km<sup>2</sup> χρησιμοποιούνται για τη γεωργία περίπου 238km<sup>2</sup> (ποσοστό 68%). Την υπόλοιπη έκταση καταλαμβάνουν η λίμνη, οικισμοί, δασικές εκτάσεις, εκτάσεις για βιομηχανία και κτηνοτροφία και οι αποκαλυφθείσες εκτάσεις από την πτώση της στάθμης της λίμνης (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, 1996).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ανά είδος η έκταση και η παραγωγή των καλλιεργούμενων 238km<sup>2</sup>.

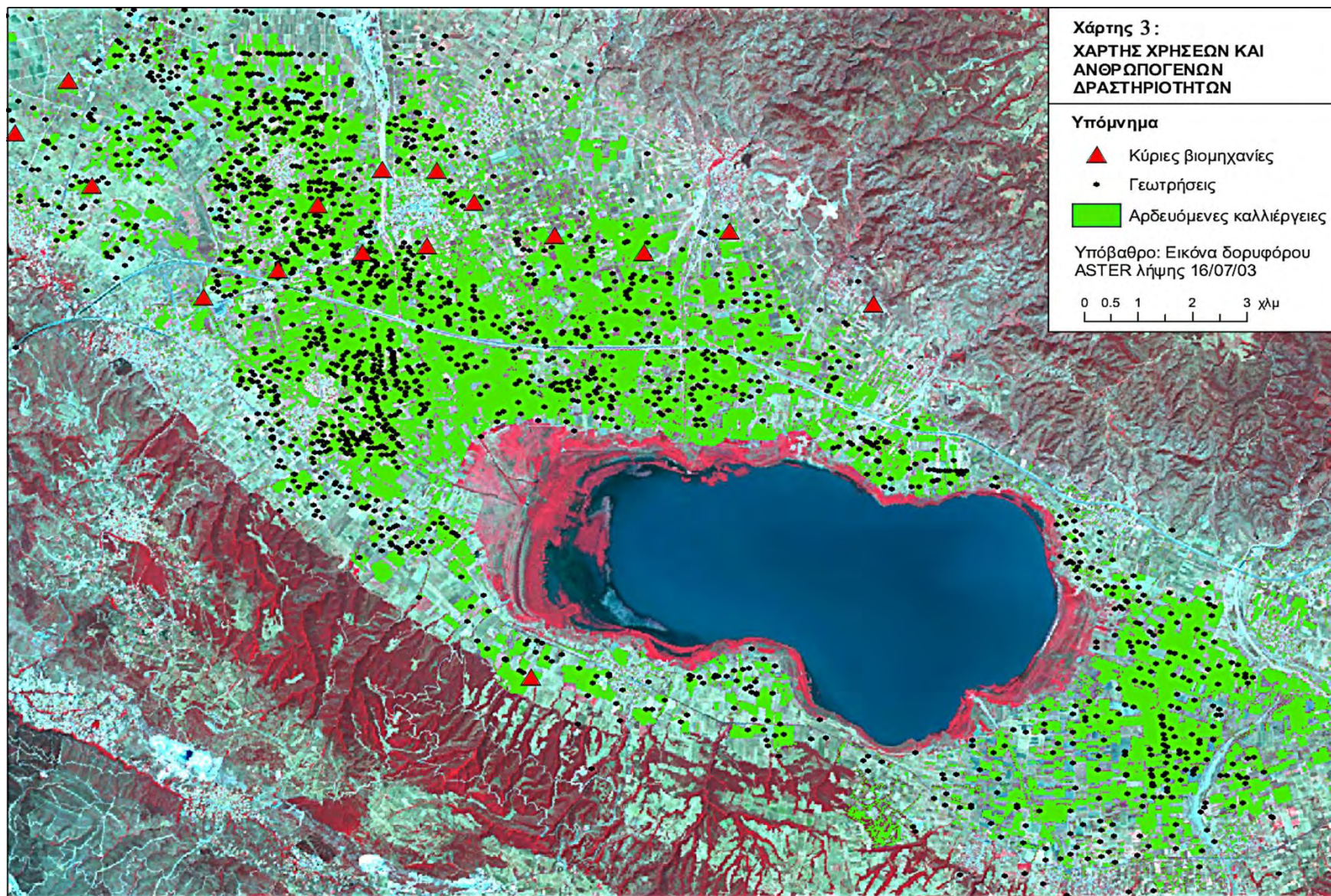
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11 : ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΔΙΝΗ ΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ (2000)

Είδος καλλιέργειας	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τόνοι)
Σιτάρι μαλακό	115718	32422
Σιτάρι σκληρό	42429	10208
Κριθάρι-Βρώμη-Σίκαλη	12425	2237
Μηδική	26225	34990
Καπνός ανατολικού τύπου	5124	816
Καπνός μπέρκλεϋ	676	166
Καλαμπόκι	9312	9446
Υπόλοιπες καλλιέργειες	26318	49788
Σύνολο	238227	140073

Πηγή : ΕΛ. ΣΤΑΤ. 2001

Ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό των πεδινών καλλιεργουμένων εκτάσεων του παραπάνω πίνακα αρδεύονται από τις πολυάριθμες γεωτρήσεις της περιοχής, οπότε γίνεται εντατική εκμετάλλευση τους με ταυτόχρονη χρήση γεωργικών φαρμάκων και λιπασμάτων.





Πηγή : Ζαλίδης, 2010

Στην ευρύτερη περιοχή της Κορώνειας χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων για τις καλλιέργειες, μέρος των οποίων καταλήγουν στη λίμνη μέσω των επιφανειακών αλλά και υπόγειων νερών. Όσο πιο εντατικές είναι οι καλλιέργειες αυτές, τόσο αυξάνονται οι ποσότητες των λιπασμάτων και έτσι και των ρυπαντικών φορτίων που καταλήγουν στη λίμνη. Επίσης είναι γεγονός ότι πολλοί γεωργοί χρησιμοποιούν μεγαλύτερες ποσότητες φαρμάκων και λιπασμάτων από αυτές που χρειάζονται, χωρίς να παίρνουν παράλληλα μέτρα για την ασφαλή εφαρμογή και αφομοίωση τους. Έτσι το αποτέλεσμα είναι να αυξάνουν οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών και άλλων στοιχείων στα απορρέοντα νερά και κατά συνέπεια στη λίμνη. Αυτό οδηγεί στην ενίσχυση του φαινομένου του ευτροφισμού μέχρι και του σημείου να παρατηρηθούν θάνατοι ψαριών και πουλιών.

Απόδειξη όλων των παραπάνω είναι ο παρακάτω πίνακας όπου μετρήθηκαν το έτος 2000 τα συνολικά ρυπαντικά φορτία από τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης Κορώνειας. Επίσης σε μία σύγκριση με τη λίμνη Βόλβη που υπάρχει στον ίδιο πίνακα, φαίνεται ότι δεύτερη δέχεται πολύ μικρότερες ποσότητες ρυπαντικών φορτίων από τη λίμνη Κορώνεια. Έτσι και η ποιοτική κατάσταση της λίμνης Βόλβης είναι σε πολύ καλύτερα επίπεδα από της Κορώνειας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12: ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000

ΚΟΡΩΝΕΙΑ	ΕΚΠΛΥΣΗ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ, - ΑΖΩΤΟ Τόννοι							ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ, - ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ Τόννοι							ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ - ΚΑΛΙΟ Τόννοι						
	Μαλακό σιτάρι	Σκληρό σιτάρι	Καλα- μπόκι	τριφύλλι	Ντομάτες	λαχα- νικά	N Τον./	Μαλακό σιτάρι	Σκληρό σιτάρι	Καλα- μπόκι	τριφύλλι	ντομάτες	λαχα- νικά	N Τον./	Μαλακό σιτάρι	Σκληρό σιτάρι	Καλα- μπόκι	τριφύλ- λι	ντομάτες	λαχα- νικά	N Τον./
Αγ.Βασίλειος	12.05	1.62	5.58	4.28	0.27	1.09	24.88	29.2	3.92	0	5.33	0.79	3.17	42.41	0	0	0	0	0.79	3.17	3.96
Καβαλλάρι	8.25	4.79	7.92	20.18	0.77	3.07	44.97	20	11.6	0	25.16	2.24	8.94	67.93	0	0	0	0	2.24	8.94	11.18
Λαγκαδάς	11.39	3.25	5.09	19.32	2.7	10.78	52.52	27.6	7.88	0	24.08	7.85	31.42	98.83	0	0	0	0	7.85	31.42	39.27
Κολχικό	10.07	6.01	11.77	2.28	2.06	8.24	40.42	24.4	14.56	0	2.84	6	24.01	71.81	0	0	0	0	6	24.01	30.01
Ανάληψη	2.21	1.01	4.28	3.38	0.16	0.64	11.66	5.36	2.45	0	4.21	0.47	1.67	14.36	0	0	0	0	0.47	1.87	2.33
Ευαγγελισμός	3.63	1.16	0.36	0.17	0.51	2.05	7.88	8.8	2.8	0	0.22	1.49	5.97	19.27	0	0	0	0	1.49	5.97	7.46
Λητή	6.27	6.01	0.9	5.18	0.05	0.24	18.85	15.2	14.58	0	6.45	0.18	0.7	37.09	0	0	0	0	0.18	0.7	0.88
Λαγυνά	5.73	0.17	1.35	2.42	0.05	0.21	9.92	13.88	0.4	0	3.01	0.15	0.62	18.08	0	0	0	0	0.15	0.62	0.77
Μελισσοχώρι	8.75	9.57	0.45	1.38	0.03	0.12	20.3	21.2	23.2	0	1.72	0.09	0.35	46.58	0	0	0	0	0.09	0.35	0.44
Λαγκαδίκια	3.3	2.38	7.43	1.21	0.41	1.62	18.34	8	5.76	0	1.51	1.18	4.73	21.18	0	0	0	0	1.18	4.73	5.92
Γερακαρού	561	4.13	5.58	2.42	0.82	2.49	20.85	13.6	10	0	3.01	1.82	7.27	35.7	0	0	0	0	1.82	7.27	9.09
Βασιλούδι	7.28	1.98	0.67	0.51	0	0	10.42	17.6	4.8	0	0.64	0	0	23.04	0	0	0	0	0	0	0
Περιβολάκι	0	0	0	0	1.94	7.77	9.72	0	0	0	0	5.66	22.65	28.31	0	0	0	0	5.66	22.65	28.31
Ηράκλειο	0	0	0	4.49	0.76	3.05	8.3	0	0	0	5.59	2.22	8.89	16.7	0	0	0	0	2.22	8.89	11.11
Χρυσαιγή	10.94	2.81	0	0.24	0	0	13.99	26.53	6.8	0	0.3	0	0	33.63	0	0	0	0	0	0	0
Άσσυρος	31.8	18.98	0.23	0.29	0	0	51.29	77.08	48	0	0.37	0	0	123.45	0	0	0	0	0	0	0
Δρυμός	22.28	19.8	0	2.59	0.23	0.92	45.81	54	48	0	3.23	0.87	2.68	108.57	0	0	0	0	0.67	2.68	3.34
<b>Σύνολο</b>	<b>149.51</b>	<b>83.63</b>	<b>61.69</b>	<b>70.32</b>	<b>10.57</b>	<b>42.3</b>	<b>407.62</b>	<b>362.45</b>	<b>202.73</b>	<b>0</b>	<b>87.65</b>	<b>30.81</b>	<b>123.3</b>	<b>806.8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>30.81</b>	<b>123.3</b>	<b>154.1</b>
<b>ΒΟΛΒΗ</b>																					
Προφήτης	8.04	2.64	6.3	2.59	0.96	3.84	24.36	19.48	8.4	0	3.23	2.79	11.18	43.08	0	0	0	0	2.79	11.18	13.97
Στίβος	2.48	1.82	4.1	0.69	0.59	2.36	12.02	6	4.4	0	0.86	1.72	6.86	19.84	0	0	0	0	1.72	6.86	8.58
Σχολάρι	6.93	0.39	11.7	1.38	0.56	2.28	23.22	16.8	0.94	0	1.72	1.65	6.58	27.69	0	0	0	0	1.65	6.58	8.23
νικομηδινό	3.3	1.98	0.83	1.38	0.19	0.74	8.22	8	4.81	0	1.72	0.54	2.16	17.23	0	0	0	0	0.54	2.16	2.71
Περιστερώνας	11.55	3.63	2.25	1.21	0.68	2.72	22.04	28	8.8	0	1.51	1.98	7.92	48.21	0	0	0	0	1.98	7.92	9.9
N. Απολλωνία	17	7.43	24.75	3.45	1.27	5.07	58.95	41.2	18	0	4.3	3.69	14.77	81.98	0	0	0	0	3.69	14.77	18.46
Απολλωνία	3.8	2.81	17.1	1.04	1.37	5.5	31.61	9.2	6.8	0	1.29	4	16.02	37.31	0	0	0	0	4	16.02	20.02
N.Μάδυτος	5.12	4.54	9	0.14	0.33	1.33	20.45	12.4	11	0	0.17	0.97	3.87	28.41	0	0	0	0	0.97	3.87	4.84
Μοδι	2.23	0.83	1.13	0.41	0.5	2	7.09	5.4	2	0	0.52	1.46	5.83	15.2	0	0	0	0	1.46	5.83	7.28
Βόλβη	0.33	6.11	5.13	1.21	0.93	3.73	17.44	0.8	14.8	0	1.51	2.72	10.88	30.7	0	0	0	0	2.72	10.88	13.6
Νυμφόπετρα	1.95	2.74	10.58	1.55	0.66	2.63	20.1	4.72	8.64	0	1.94	1.91	7.66	22.87	0	0	0	0	1.91	7.88	9.57
<b>Σύνολο</b>	<b>62.7</b>	<b>34.89</b>	<b>92.65</b>	<b>15.04</b>	<b>8.04</b>	<b>32.16</b>	<b>246.49</b>	<b>152</b>	<b>84.59</b>	<b>0</b>	<b>18.75</b>	<b>23.43</b>	<b>93.72</b>	<b>372.49</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23.43</b>	<b>93.72</b>	<b>117.2</b>

Πηγή : Ζαλίδης κ.α., 2004



Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η γεωργία έχει σημαντική ευθύνη για τη μείωση του όγκου του νερού της λίμνης, εξαιτίας των μεγάλων ποσοτήτων νερού που χρησιμοποιούνται για άρδευση από τις πολυάριθμες γεωτρήσεις που υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή. Ακόμη η μεγάλη ποσότητα ρύπων που προέρχεται από τις γεωργικές δραστηριότητες ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για την ποιοτική υποβάθμιση της λίμνης (Ζαλίδης κ.α., 2004).

### 3.3.2 ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ

Στη λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας εκτρέφονται κυρίως αιγοπρόβατα και βοοειδή. Σύμφωνα με στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας για το έτος 1996 σε 18 κοινότητες της λεκάνης απορροής εκτρέφονται γύρω στις 40000 αιγοπρόβατα, 14000 βοοειδή και 242000 πουλερικά, ενώ παράγονται 34 εκατ. λίτρα γάλακτος και 2.5 εκατ. αυγά. Στην περιοχή του Λαγκαδά άλλωστε βρίσκεται και το εργοστάσιο γαλακτοβιομηχανίας ΑΓΝΟ.

Η παραγωγή ζωοτροφών στη λεκάνη απορροής όπως σιτηρά, μηδική, καλαμπόκι κ.α. επαρκεί για να συντηρήσει ένα αξιόλογο ζωικό κεφάλαιο και την ενσταυλισμένη κτηνοτροφία, η οποία όπως και η ελεύθερη βόσκηση μπορούν να προκαλέσουν πρόβλημα ρύπανσης στη λίμνη με την εκφόρτιση σ' αυτήν των αποβλήτων των ζώων μέσω των νερών απορροής.

Η κτηνοτροφία έχει μικρή συμμετοχή στο ρυπαντικό φορτίο της Κορώνειας, την οποία επιβαρύνει κυρίως με αμμωνιακό άζωτο μέσω των ζωικών λυμάτων. Η επιβάρυνση αυτή μπορεί να αποφευχθεί αν τα ζωικά απόβλητα αντί να ρίχνονται σε χείμαρρους ή απ' ευθείας στη λίμνη, επεξεργάζονται ή χρησιμοποιούνται ως λίπασμα και γίνεται παράλληλα έλεγχος της ελεύθερης κτηνοτροφίας στις ευαίσθητες παραλίμνιες περιοχές (Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας, 2009)

### 3.3.3 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ - ΒΙΟΤΕΧΝΙΕΣ

Στη λεκάνη απορροής τη λίμνης Κορώνειας έχει αναπτυχθεί τις προηγούμενες δύο δεκαετίες μία έντονη βιομηχανική δραστηριότητα, χωρίς την ύπαρξη όμως κάποιου συγκεκριμένου χωροταξικού σχεδιασμού. Αυτή τη στιγμή λειτουργούν πολλές βιομηχανίες και βιοτεχνίες, οι οποίες εκτείνονται κατά μήκος της εθνικής

οδού Θεσσαλονίκης-Καβάλας και των επαρχιακών οδών Θεσσαλονίκης προς Λαγκαδά, Λητή και Άσσηρο.

Οι περισσότερες από τις βιομηχανικές μονάδες που λειτουργούν είναι βαφεία και οι μεγάλες μονάδες γαλακτοβιομηχανίας του ΑΓΝΟ και του κονσερβοποιείου της Ένωσης Γεωργικών Συνεταιρισμών Λαγκαδά (Ε.Γ.Σ.Λ.). Υπάρχει ακόμη ένας σημαντικός αριθμός βιοτεχνικών μονάδων, όπως κεραμοποιεία, μαρμαράδικα, μονάδες μεταλλικών κατασκευών (σωληνουργεία, γαλβανιστήρια) επιπλαποιεία και μονάδες παραγωγής τροφίμων (αποξηραντήριο οπωροκηπευτικών, γαλακτοκομείο), που βρίσκονται διεσπαρμένα στην περιοχή της λίμνης (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 1996).

Όλες αυτές οι μονάδες εκτός από τις μεγάλες ποσότητες νερού που καταναλώνουν, προκαλούν τεράστιο πρόβλημα ρύπανσης στη λίμνη Κορώνεια, όπου καταλήγουν τα απόβλητα τους είτε απ' ευθείας είτε μέσω χειμάρρων. Οι περισσότερες δε διαθέτουν εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού ή αν έχουν δεν τις λειτουργούν λόγω μεγάλου κόστους. Σε παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται στοιχεία από μετρήσεις που έγιναν στις κυριότερες βιομηχανίες της περιοχής κατά το έτος 1995 αλλά και το έτος 2000. Το θετικό συμπέρασμα που μπορούμε να εξάγουμε είναι ότι η ποσότητα των αποβλήτων μέσα σε 5 χρόνια έχει μειωθεί σε ένα βαθμό αλλά ακόμη είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα. Το 1996 η ποσότητα των αποβλήτων ξεπερνούσε τα 25.000m<sup>3</sup>/ημέρα ενώ το 2000 έπεσε στα 17.000m<sup>3</sup>/ημέρα. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών των αποβλήτων καταλήγει στην Κορώνεια (Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης, 1995).

Το ρυπαντικό φορτίο τόσο των βαφείων, όσο και της γαλακτοβιομηχανίας και του κονσερβοποιείου είναι πολύ υψηλό. Τη μεγαλύτερη ευθύνη για την ρύπανση της λίμνης φέρουν οι βιομηχανίες. Το κονσερβοποιείο παράγει απόβλητα πλούσια σε βιοαποικοδομήσιμες (φορτία BOD) και μη (φορτία COD) οργανικές ουσίες, λίπη, έλαια και αιωρούμενα στερεά. Πλούσια σε οργανικές ουσίες είναι και τα απόβλητα του ΑΓΝΟ, που περιέχουν και πολύ μεγάλες ποσότητες αμμωνιακών και οργανικού φωσφόρου. Οι πιο ρυπογόνες βιομηχανίες είναι τα βαφεία. Εκτός από σημαντικές ποσότητες ενώσεων αζώτου, φωσφόρου και οργανικών φορτίων, περιέχουν χλώριο και τοξικές ουσίες (βαρέα μέταλλα και χρώματα). Τα απόβλητα των βαφείων πολλές φορές χλωριώνονται για την εξόντωση των μικροοργανισμών και αυτή είναι ίσως μία αιτία για τη μεγάλη συγκέντρωση χλωριούχων ιόντων στη λίμνη Κορώνεια (Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας, 2009).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.13 : ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΑΓΚΑΔΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 1995.

ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ m <sup>3</sup> /ημέρα
ΜΑΧΙΜ	ΔΡΥΜΟΣ	ΒΑΦΕΙΟ	8000
ΑΣΤΗΡ	ΔΡΥΜΟΣ	ΒΑΦΕΙΟ	70
ΒΟΥΛΙΝΟΣ	ΑΓ.ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	ΒΑΦΕΙΟ	3000
PROTEX	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	ΒΑΦΕΙΟ	2000
ΝΟΒΑΚΝΙΤ	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	ΒΑΦΕΙΟ	750
ΚΥΚΝΟΣ	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	ΒΑΦΕΙΟ	2000
ΕΥΡΩΒΑΦΗ	ΑΣΣΗΡΟΣ	ΒΑΦΕΙΟ	300
ΕΚΤΩΡ	ΚΟΛΧΙΚΟ	ΒΑΦΕΙΟ	1500
ΟΥΡΑΝΙΟ ΤΟΞΟ	ΚΟΛΧΙΚΟ	ΒΑΦΕΙΟ	1500
ΧΡ.ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ &ΣΙΑ Ε.Ε.	ΠΕΡΙΒΟΛΑΚΙ	ΒΑΦΕΙΟ	1300
ΑΓΝΟ	ΚΑΒΑΛΑΡΙ	ΓΑΚΑΚΤΟΒΙΟ- ΜΗΧΑΝΙΑ	2500
ΕΝΩΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΩΝ	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	ΚΟΝΣΕΡΒΟ- ΠΟΙΕΙΑ	4500
ΕΤΕΝΑ ΕΛΛΑΣ	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	ΑΠΟΞΗΡΑΝΤΗ- ΡΙΟ ΟΠΩΡ/ΚΩΝ	300
Δ.ΠΕΣΣΕΙΔΗΣ	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	ΓΑΛΑΚΤΟΚΟ- ΜΕΙΟ	120
ΠΥΡΑΜΙΣ Α.Ε.	ΔΡΥΜΟΣ	ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΑ ΣΚΕΥΗ	300
ΝΙΚΟΛΑΪΔΗ	ΔΡΥΜΟΣ	ΣΩΛΗΝΟΥ- ΡΓΕΙΟ	30-50
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>28200</b>

Πηγή : Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ 1996, Ιδία επεξεργασία

Το ίδιο έτος η Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης (1995) έκανε μετρήσεις στα απόβλητα του ΑΓΝΟ και των σημαντικότερων βαφείων της περιοχής. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα των αποβλήτων των βαφείων είναι πολύ υψηλή. Καταλήγοντας τα απόβλητα αυτά στην Κορώνεια επεξεργασμένα σε μικρό βαθμό ή και πολλές φορές καθόλου προκάλεσαν την άνοδο της ηλεκτρικής αγωγιμότητας της λίμνης σε τόσο υψηλά επίπεδα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.14 : ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΑΓΚΑΔΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 1995

	ΑΓΝΟ	ΒΟΥΛΙΝΟΣ	ΕΚΤΩΡ	PROTEX	MAXIM	ΕΥΡΩΒΑΦΗ
T( <sup>0</sup> C)	25.5	25	32	26	29	26
pH	7.3	9.8	8.2	7.3	9.0	10.2
D.O(ppm)	0.2	3.9	7.4	7.1	1.8	5.0
EC(μS/cm)	1700	4600	2800	5200	7500	8500
COD(ppm)	460	350	216	232	509	395
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	8.7	16.7	2.3	17.9	-	19.3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	21.0	1.4	2.5	0.96	2.6	-
SO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (ppm)	-	237	85	398	434	400
Cl <sup>-</sup> (ppm)	70	780	400	920	1760	1900
SS (ppm)	19	37	15	20	48	33
o-PO <sub>4</sub> (ppm)	11.6	6.6	4.5	6.5	-	-
BOD <sub>5</sub> (ppm)	270	37	94	25	40	43
P <sub>ολ</sub> (ppm)	8.9	2.7	3.1	3.7	2.5	1.7

Πηγή : Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης, 1995

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15 : ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΑΓΚΑΔΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000

ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (m <sup>3</sup> /ημέρα)
MAXIM	ΔΡΥΜΟΣ	2400
ΑΣΤΗΡ	ΔΡΥΜΟΣ	70
ΒΟΥΛΙΝΟΣ	ΑΓ.ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	3000
PROTEX	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	2000
ΚΥΚΝΟΣ	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	2000
ΝΟΒΑΚΝΙΚ	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	750
ΕΥΡΩΒΑΦΗ	ΑΣΣΗΡΟΣ	300
ΕΚΤΩΡ	ΚΟΛΧΙΚΟ	1500
ΟΥΡΑΝΙΟ ΤΟΞΟ	ΚΟΛΧΙΚΟ	1500
ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ	ΠΕΡΙΒΟΛΑΚΙ	1300
ΑΓΝΟ	ΚΑΒΑΛΑΡΙ	1800
Ε.Γ.Σ.Λ.	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	9000m <sup>3</sup> /χρόνο
ΕΤΕΝΑ ΕΛΛΑΣ	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	300

ΠΕΣΣΕΞΙΔΗΣ	ΛΑΓΚΑΔΑΣ	120
ΠΥΡΑΜΙΣ	ΔΡΥΜΟΣ	300
ΝΙΚΟΛΑΪΔΗ	ΔΡΥΜΟΣ	40
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>17.380</b>

Πηγή : Ζαλίδης κ.α., 2004, Ιδία επεξεργασία

Παρόλη την καταστροφική επίδραση που ασκούν οι βιομηχανίες στον ιδιαίτερα σημαντικό υγρότοπο της Κορώνειας υπάρχει αδυναμία στον έλεγχο τους, ώστε να λειτουργούν με βάση την ισχύουσα νομοθεσία, δηλαδή να διαθέτουν βιολογικό καθαρισμό και το ρυπαντικό φορτίο των αποβλήτων τους να βρίσκεται μέσα στα επιτρεπόμενα όρια. Έλεγχος της ρύπανσης από τις βιομηχανίες γίνεται μόνο σε έκτακτες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα το φθινόπωρο του 1995 όταν υπήρξε σημαντικότερη πτώση της στάθμης της λίμνης και μαζικός θάνατος ψαριών και πουλιών. Τα πρόστιμα που επιβάλλονται κατά καιρούς είναι ιδιαίτερα μικρά και όχι αρκετά για να συντείνουν τις βιομηχανίες. Επίσης αντιφατικό είναι το γεγονός ότι σε μία τόσο ευαίσθητη οικολογικά περιοχή ισχύουν οι αναπτυξιακοί νόμοι 1626/82 και 1892/90, οι οποίοι δίνουν σχετικά κίνητρα για την εγκατάσταση βιομηχανιών και βιοτεχνιών δίπλα σε έναν υγρότοπο που προστατεύεται από την διεθνή σύμβαση Ramsar.

### 3.3.4 ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ

Στη λεκάνη απορροής της Κορώνειας υπάρχουν αρκετές κοινότητες και ο δήμος Λαγκαδά, που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την λίμνη. Ο αριθμός των κατοίκων στο σύνολο είναι σχετικά σταθερός με την πάροδο των ετών και παρουσιάζει και αύξηση. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η κομόπολη του Λαγκαδά βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από την Θεσσαλονίκη. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα πληθυσμιακά στοιχεία για τους δήμους που περιβάλλουν την λίμνη και έρχονται σε αλληλεπίδραση με αυτήν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16 : ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Δήμος	1991	%	2001	%	Μεταβολή 1991-2001
Λαγκαδά	14.723	67,39	16.836	69,41	+2.113
Κορώνειας	4.423	20,25	4.286	17,67	-137
Εγνατίας	2.700	12,36	3.134	12,92	+434

<b>Σύνολο</b>	<b>21.846</b>	<b>100,00</b>	<b>24.256</b>	<b>100,00</b>	<b>+2.410</b>
---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Πηγή : Ζαλίδης κ.α., 2004

Τα προβλήματα που δημιουργούνται στη λίμνη από τους οικισμούς οφείλονται στο ότι αποτελεί για πολλούς από αυτούς, και ιδίως για το δήμο Λαγκαδά που έχει και το μεγαλύτερο αριθμό πληθυσμού, τον τελικό αποδέκτη των αστικών αποβλήτων τους. Από μετρήσεις που έχουν γίνει από την Αναπτυξιακή Εταιρία το 1995, τα αστικά απόβλητα επιβαρύνουν τη λίμνη κυρίως με αμμωνιακό άζωτο, κάτι που είναι αναμενόμενο άλλωστε, αλλά και με φωσφορικά τα οποία προέρχονται από διάφορα απορρυπαντικά. Στον παρακάτω πίνακα 3.17 παρουσιάζονται οι μετρήσεις ποιότητας που έκανε η Αναπτυξιακή Εταιρία το 1995 στα υγρά απόβλητα του δικτύου αποχέτευσης του δήμου Λαγκαδά, τα νερά του οποίου καταλήγουν μέσω ενός χειμάρρου στην Κορώνεια (Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης, 1995)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.17 : ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΛΑΓΚΑΔΑ.

T (°C)	24	COD (ppm)	343	Cl (ppm)	700
pH	7,7	NO <sub>3</sub> (ppm)	24,2	SS (ppm)	68
D.O (ppm)	2,9	NH <sub>4</sub> (ppm)	5,7	o-PO <sub>4</sub> (ppm)	5,1
EC (μS/cm)	4000	SO <sub>4</sub> (ppm)	189	BOD <sub>5</sub>	77

Πηγή : Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης, 1995

Παρά τη σοβαρή επιβάρυνση που προκαλούν τα αστικά λύματα στη λίμνη ενισχύοντας το φαινόμενο του ευτροφισμού, ο βιολογικός καθαρισμός του δήμου Λαγκαδά δεν λειτουργούσε μέχρι πρόσφατα. Ο λόγος ήταν, ότι ενώ είχε ολοκληρωθεί το έργο από το 2002, δεν είχε προβλεφθεί η σύνδεση του με το αποχετευτικό δίκτυο της πόλης. Από τον Οκτώβριο του 2011 τέθηκε σε λειτουργία με απώτερο σκοπό και τη σωτηρία της λίμνης.

## 4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΒΙΟΤΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

### 4.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΧΛΩΡΙΔΑ

Η λίμνη της Κορώνειας μαζί με την έκταση που απλώνεται περιμετρικά της λίμνης και σε απόσταση 500μ. από την ακτή της, συνθέτουν ένα σπάνιο υγροτοπικό σύστημα που συγκροτείται από μία αξιολογη σε φυτικά είδη χλωρίδα.

Οι κυριότερες υγροτοπικές ζώνες βλάστησης της Κορώνειας, οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαδοχική ζωνώδη ανάπτυξη είναι :

α) Τα υδρόβιο πλευστόφυτα (*Lemnetea*), δηλαδή τα φυτικά είδη που επιπλέουν στην επιφάνεια της λίμνης και εντοπίζονται κυρίως στα παρόχθια τμήματα. Σχηματίζουν χαρακτηριστικής φυσιογνωμίας ελεύθερα επιπλέουσες φυτοσυστάδες που έχουν έλλειψη σταθερότητας.

β) Τα υφυδατικά και εφυδατικά βενθόφυτα (*Potamogetonetea*). Είναι είδη που φύονται στο βυθό και όλα τα μέρη τους αναπτύσσονται μέσα στο νερό ή κάποια επιπλέουν στην επιφάνεια. Τα υφυδατικά είδη είναι αυτά που αναπτύσσουν το μεγαλύτερο μέρος των στελεχών τους μέσα στο νερό, ενώ στα εφυδατικά είδη κάποια στελέχη τους όπως φύλλα, άνθη και άλλα αναδύονται από την επιφάνεια του νερού ή επιπλέουν σ' αυτό. Τα τελευταία χρόνια τα βενθόφυτα εκλείπουν από την Κορώνεια, ενώ παλιότερες βιογραφικές αναφορές επισημαίνουν την έντονη παρουσία τους στη λίμνη. Το σοβαρό βιολογικό πρόβλημα της εξαφάνισής τους οφείλεται τόσο στην υπερθέρμανση του βυθού και την έλλειψη οξυγόνου, όσο και στην καταστροφή τους από ελικοφόρες ψαρόβαρκες και τα δίχτυα των ψαράδων, αφού τα βενθόφυτα είναι από τη φύση τους χαλαρά και ευαίσθητα.

γ) Τα ελόφυτα (*Phragmitetea*), δηλαδή οι καλαμώνες. Αναπτύσσονται περιφερειακά στα παρόχθια τμήματα, σε πυκνούς σχηματισμούς που το ύψος τους συχνά ξεπερνάει τα 4μ. Η ανάπτυξη των καλαμώνων ευνοείται περισσότερο σε προσχωσιγενείς τόπους, στις περιοχές που εκβάλλουν αποστραγγιστικά κανάλια, ρέματα κ.α. Τα κυριότερα είδη ελοφύτων που συναντώνται στην Κορώνεια είναι : *Phragmites australis* (αγριοκάλαμο), *Scirpus lacustris* (Σύφα) και *Typha angustifolia* (ψαθί). Στο εσωτερικό τμήμα της ζώνης των καλαμώνων επικρατεί το *Phragmites*

australis, ενώ προοδευτικά προς το κέντρο και το εξωτερικό της ζώνης διεισδύουν και μετέχουν στη σύνθεση και τα άλλα ελοφυτικά είδη.

δ) Η ημιυδρόβια ελοφυτική - λιβαδική βλάστηση (*Juncetea maritimi - molinio - arrhenatheretea*). Είναι τα λεγόμενα υγρά λιβάδια, τα οποία είναι ποικίλης φυσιογνωμίας και χλωριδικής σύνθεσης βλάστηση, όπου κυριαρχούν ποώδη φυτά με επικρατέστερα είδη τις χαρακτηριστικές θυσανωτές συστάδες των βούρλων (*juncus*). Η ημιυδρόβια αυτή ζώνη διαδέχεται τη ζώνη των καλαμώνων και χωρίζεται σε δύο υποζώνες : Σε μία εσωτερική που βρίσκεται προς την πλευρά της λίμνης και όπου κυριαρχούν τα είδη *juncus* και φυτά της ζώνης των καλαμώνων και σε μια εξωτερική όπου επικρατεί μιας ευρείας έκτασης ποώδη βλάστηση.

ε) Υγρόφιλες δενδρώδεις συστάδες (*platanus orientalis, salix, populus*) και σχηματισμοί υγρόφιλων θάμνων (*tamarix parviflora, vitex agnuscastus, cimatis vitalba*). Αναπτύσσονται περιμετρικά της λίμνης σε μικρή απόσταση από την όχθη, σε υγρούς τόπους όπως και κατά μήκος της όχθης των ρεμάτων, χειμάρρων και αποστραγγιστικών καναλιών. Σήμερα έχουν απομείνει ελάχιστες διάσπαρτες συστάδες δέντρων που εντοπίζονται κυρίως στη βόρεια πλευρά του χωριού Βασιλούδι και αποτελούν απομεινάρια υγρόφιλων δασών. Η αξία τους για την αναπαραγωγή και επιβίωση πολλών ειδών πουλιών είναι πολύ σημαντική. Σε κοίτες ρεμάτων, σε τμήματα των καναλιών που απορρέουν στη λίμνη και σε αναχώματα αναπτύσσεται πολλές φορές μια χαρακτηριστική υγρόφιλη βλάστηση σε ευθείς σχηματισμούς και έντονης συχνά ανάπτυξης.

Τα υδρόβια φυτά είναι ωφέλιμα για την ανάπτυξη των ψαριών μιας λίμνης, γιατί παρέχουν τροφή και κάλυψη για την ανάπτυξη των οστρακοειδών που χρησιμεύουν ως τροφή των ψαριών, ενώ μέσω της φωτοσύνθεσης αφομοιώνουν το διοξείδιο του άνθρακα της εκπνοής των ψαριών και ελευθερώνουν οξυγόνο. Στην κατηγορία των μικρόφυτων κυριαρχούν τα κυανοφύκη με επικρατέστερο είδος την *Anabaena*, η οποία πολύ συχνά σχηματίζει στην επιφάνεια της λίμνης το φαινόμενο της άνθισης

Η ρύπανση της λίμνης και ο μεγάλος βαθμός ευτροφισμού της έχει ως αποτέλεσμα την υπέρμετρη ανάπτυξη ορισμένων φυτικών ειδών όπως τα κυανοφύκη, τα οποία κυριαρχούν έναντι των άλλων ειδών. Έτσι μειώνεται η ποικιλότητα των φυτικών οργανισμών της λίμνης, αλλά και των ζωικών λόγω της έλλειψης οξυγόνου και ίσως και τροφής γι' αυτούς. Η ρύπανση, αλλά και η χρησιμοποίηση ολοένα και περισσότερων εκτάσεων γύρω από τη λίμνη για



γεωργικούς σκοπούς, έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της ελοφυτικής και ημιυδρόβιας βλάστησης. Χάνονται έτσι περιοχές όπως οι καλαμώνες τις οποίες χρησιμοποιούν ορισμένα είδη ψαριών (π.χ κυπρίνοι) για αναπαραγωγή. Πρέπει επίσης να επισημάνουμε το γεγονός ότι οι εκτάσεις που έχουν αποκαλυφθεί από την πτώση της στάθμης της λίμνης χρησιμοποιούνται συχνά για καλλιέργεια. Ενώ εκτάσεις με τους καλαμώνες γύρω από την λίμνη αποτελούν πολλές φορές τόπο απόθεσης αποβλήτων και απορριμμάτων (Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας, 2009).

## 4.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΑΝΙΔΑ

### 4.2.1 ΙΧΘΥΟΠΑΝΙΔΑ

Η λίμνη Κορώνεια πριν από 35 χρόνια περίπου ήταν η πλουσιότερη σε αλιεύματα λίμνη στη Βόρεια Ελλάδα και ονομαστή για ψάρια μεγάλης εμπορικής αξίας (γριβάδια, χέλια). Στον παρακάτω πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα 19 είδη ψαριών που έχουν καταγραφεί στην Κορώνεια από τους Οικονομίδη και Σίνη (1983). Τα είδη που σημειώνονται με αστερίσκο είναι αυτά που είτε αποτελούσαν το μεγαλύτερο μέρος των αλιευμάτων, είτε είχαν μεγάλη εμπορική αξία. Τα υπόλοιπα ψαρεύονταν περιστασιακά ή κατά τύχη. Αργότερα πολλά από τα είδη που αναφέρονται στον πίνακα 4.1 εξαφανίστηκαν, όπως η πεταλούδα, η τούρνα, ο γουλιανός, το χέλι και η λεστιά. Τα είδη που αλιεύονταν την δεκαετία του '80 ήταν το τσιρώνι, το σίρκο, η πέρκα και ο κυπρίνος, ο οποίος όμως ήταν υπό εξαφάνιση λόγω υπεραλιεύσης και μείωσης των τόπων αναπαραγωγής του

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 : ΕΙΔΗ ΨΑΡΙΩΝ ΠΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΚΑΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ

	<b>Είδος</b>	<b>Κοινό όνομα</b>
<b>1*</b>	Abramis brama	Λεστιά
<b>2*</b>	Alburnus alburnus	Σίρκο
<b>3*</b>	Anquilla anguilla	Χέλι
<b>4</b>	Aspius aspius	Ασπρογρίβαδο
<b>5</b>	Barbus plabesus cyclolepis	Μπριάνα
<b>6</b>	Blennius flucratilis	Ποταμοσαλιάρα

7*	<i>Carassius auratus gibelio</i>	Πεταλούδα
8	<i>Chalcalburnus chalcoides macedonicus</i>	Γιελάρτζα
9	<i>Cabitis talnia</i>	Βελονίτσα
10*	<i>Cyprinus carpio</i>	Γριβάδι, Κυπρίνος
11*	<i>Esox lusius</i>	Τούρνα
12	<i>Cambusia affinis</i>	Κουνοπόψαρο
13	<i>Krupowitschia cancasica</i>	Ποντογοβιός
14	<i>Leuciscus aphonus macedonicus</i>	Κεφαλόψαρο
15*	<i>Perca fluviatilis</i>	Περκί, Πέρκα
16	<i>Rhodeus sericeus amarus</i>	Μουρμουρίτσα
17	<i>Rutilus rutilus</i>	Τσιρώνι
18	<i>Sardinius erythropholmas</i>	Κοκκινοφτέρα
19*	<i>Silurus glanis</i>	Γουλιανός

Πηγή : Οικονομίδης και Σίνης, 1983, ίδια επεξεργασία

Μετά το 1995 και την οικολογική καταστροφή της Κορώνειας που είχε ως αποτέλεσμα τον μαζικό θάνατο των ψαριών της, λόγω πολλών παραγόντων όπως η δραματική μείωση της ποσότητας του νερού της αλλά και η ποιοτική υποβάθμιση του, η λίμνη στερείται φυσικών ιχθυοπληθυσμών. Σε δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε το 1999, κανένα είδος ψαριού δεν αναγνωρίστηκε στα νερά της. Το 2004 στη δεύτερη μεγάλη οικολογική κρίση της λίμνης, και με το θάνατο χιλιάδων πουλιών, εμφανίστηκαν στην επιφάνεια της λίμνης νεκρά ψάρια. Ανήκουν στο είδος *Cyprinus carpio* (γριβάδι ή κυπρίνος) και στο είδος *gibbosus* (ηλιόψαρο). Η πιο πιθανή εκδοχή είναι ότι τα ψάρια προέρχονταν από την απόπειρα εμπλουτισμού της λίμνης από τους ψαράδες της περιοχής καθώς ο αριθμός τους δεν ξεπερνούσε τις μερικές δεκάδες. Τα νεκρά ηλιόψαρα υπολογίστηκαν σε λίγες εκατοντάδες και είναι είδος ψαριού που πρώτη φορά εμφανίζεται στη λίμνη Κορώνεια, μετά την καταγραφή του στο ρέμα Μπογδάνα. (Ζαλίδης, 2010).

Παρόμοια πορεία με τον αριθμό και την ποικιλότητα των ειδών παρουσίασε και η ιχθυοπαραγωγή της Κορώνειας. Τόσο η ολική όσο και η παραγωγή κατά είδος μειώθηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό μέσα σε χρονικό διάστημα τεσσάρων δεκαετιών και κυρίως μετά τα τέλη της δεκαετίας του '60. Αρκεί να αναφέρουμε ότι η συνολική παραγωγή της Κορώνειας το 1965 ήταν 1000 τόνοι ενώ το 1983 έπεσε στους 167 τόνους.

Ο σημαντικότερος λόγος της σταδιακής μείωσης και τελικά εξαφάνισης του ιχθυοπληθυσμού της Κορώνειας είναι ο προχωρημένος βαθμός ρύπανσης της λίμνης. Εξαιτίας του υπέρτροφισμού και κατά συνέπεια και της υπέρμετρης ανάπτυξης και κυριαρχίας των φυκών έναντι των άλλων οργανισμών της λίμνης, τα ψάρια στερούνται το απαραίτητο οξυγόνο και την τροφή για την ανάπτυξη και επιβίωση τους. Επιπλέον παράμετροι όπως το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η διαφάνεια, οι τοξικές ουσίες κ.α. βρίσκονται σε μη ανεκτά για τον ιχθυοπληθυσμό επίπεδα. Πριν όμως η ρύπανση απειλήσει τον ιχθυοπληθυσμό της λίμνης η εντατικοποίηση της αλιείας ήταν η πρώτη αιτία μείωσης του. Η εντατικοποίηση ευνοήθηκε με τη χρησιμοποίηση των ανθεκτικών πλαστικών διχτύων, αντί των βαμβακερών, στα μέσα της δεκαετίας του '60, με την αύξηση της ποσότητας των διχτύων, με τη χρησιμοποίηση μηχανών, με τις νέες τεχνικές αλιείας και τη βελτίωση συνθηκών συντήρησης, μεταφοράς και αλιείας των ψαριών. Αυτοί οι παράγοντες οδήγησαν στην αύξηση της αλιευόμενης ποσότητας και τελικά στην υπεραλιεύση. Παράλληλα παρατηρήθηκε λαθραλιεία και χρησιμοποίηση τμημάτων της λίμνης που αποκαλύφθηκαν από την πτώση της στάθμης της για καλλιέργεια. Τα τμήματα αυτά αποτελούνταν από καλαμώνες, οι οποίοι αποτελούσαν τόπους αναπαραγωγής για πολλά ψάρια (Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας, 2009), (Γραμματικοπούλου κ.α., 1996).

Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η πλουσιότερη κάποτε σε αλιεύματα λίμνη στη Βόρεια Ελλάδα να έχει χάσει όλο τον ιχθυοπληθυσμό της και να μην έχει απομείνει κανένας ψαράς από τους 300 που υπήρχαν στις παραλίμνιες κοινότητες. Όσοι κάτοικοι της περιοχής συνεχίζουν να ασχολούνται επαγγελματικά με την αλιεία είναι αναγκασμένοι να ψαρεύουν πλέον στη λίμνη Βόλβη.

#### 4.2.2 ΟΡΝΙΘΟΠΑΝΙΔΑ

Στην ευρύτερη περιοχή των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης έχουν καταγραφεί 219 είδη πουλιών τα οποία μεταναστεύουν, διαχειμάζουν και φωλιάζουν εκεί. Τουλάχιστον 40 από τα είδη αυτά αναπαράγονται στην περιοχή, ενώ η σημασία του υγροτόπου για τα μεταναστευτικά πουλιά ιδιαίτερα, είναι πολύ μεγάλη. Πολλά από αυτά τα 219 είδη είναι σπάνια ή κινδυνεύουν με εξαφάνιση (π.χ. λευκοπελαργοί κ.α.). Ένας από τους μεγαλύτερους πληθυσμούς πελαργών (*Ciconia ciconia*) που εμφανίζονται στην Ελλάδα, αναπαράγεται στην περιοχή. Οι πελαργοί είναι το

χαρακτηριστικό της κοινότητας του Αγ. Βασιλείου, αφού έχουν τις φωλιές τους σε στύλους της Δ.Ε.Η. μέσα στο χωριό. Στα μέσα της δεκαετίας του '90 παρατηρήθηκαν πληθυσμοί φλαμίνγκο (*Phoenicopterus ruber*) να χρησιμοποιούν την λίμνη για ανάπαυση και διατροφή κατά τη διάρκεια της μετανάστευσης τους. Άλλα είδη πτηνών που συναντώνται στην Κορώνεια είναι : αγριόχηνες, αγριόπαπιες, γλάροι, εωδιοί, κύκνοι, αργοροπελεκάνοι, αργυροτσικνιάδες, πορφυροτσικνιάδες, καστανόπαπιες, σταυραετοί κ.α.

Τα πουλιά όπως και τα ψάρια, δέχονται τις αρνητικές επιπτώσεις της υποβάθμισης του υγρότοπου της λίμνης Κορώνειας. Η ύπαρξη και επιβίωση της ορνιθοπανίδας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ευρωστία του οικοσυστήματος της λίμνης. Πολλά πουλιά βρίσκουν την τροφή τους στην Κορώνεια και περνούν πολλές ώρες της ημέρας σ' αυτή. Η εξαφάνιση όμως του ιχθυοπληθυσμού της λίμνης, ο υψηλός βαθμός ρύπανσης της, η ύπαρξη τοξικών ουσιών στα νερά της την καθιστούν επικίνδυνη και ανεπιθύμητη για την ορνιθοπανίδα.

Εκτός όμως από τα ψάρια και τα πουλιά, την πανίδα της λίμνης συνθέτουν διάφορα έντομα, αμφίβια, ερπετά και θηλαστικά. Τα έντομα είναι συνήθη είδη διατροφής των ψαριών. Οι τρεις βασικές ομάδες εντόμων Phryganeidae, Chironomidae και Libellulidae αποτελούν κατά προσέγγιση το 70% του συνολικού αριθμού των ασπόνδυλων της λίμνης. Τα κυριότερα είδη αμφιβίων, αρκετά από τα οποία είναι απειλούμενα, που παρατηρούνται στην περιοχή είναι ο βομβινάτορας (φούσκα), ο βομβινάτορας ο παχύβουζ (βάτραχος), ο βάτραχος ο χλωρός, ο Καρκίνος (κάβουρας) καθώς χελώνες και νεροχελώνες. Από ερπετά συναντώνται τα *Podacris taurica* (Ταυρική Γουστέρα), *Elaphe quatuorlineata* (λαφίτης), *Natrix natrix* (νερόφιδο) και από θηλαστικά ο *Citellus citellus* (σπερμόφυλος) (Λυμπεροπούλου, 1994)

Μετά την μεγάλη οικολογική καταστροφή της λίμνης το 1995 με το θάνατο ολόκληρου του ιχθυοπληθυσμού της και περίπου 3000 πουλιών, ακολούθησε και δεύτερη το 2004. Σύμφωνα με την Κυνηγετική Ομοσπονδία Ελλάδος τον Σεπτέμβριο του 2004 βρέθηκαν πάνω από 30.000 νεκρά πουλιά από 39 είδη. Ανάμεσα τους ήταν και 250 αργοροπελεκάνοι, είδος υπό εξαφάνιση και παγκόσμια απειλούμενο. Η αλλαντίαση αναγνωρίστηκε ως η αιτία θανάτου των πουλιών, η οποία προκαλείται από τις τοξίνες που παράγει βακτήριο *Clostridium Botulinum*. Πιθανή αιτία του πολλαπλασιασμού του συγκεκριμένου βακτηρίου είναι ο μεγάλος βαθμός ευτροφισμού της λίμνης, ενδεχόμενο που ενισχύεται από το γεγονός ότι όλα

τα νεκρά πουλιά ήταν υδρόβια και παρυδάτια. Μετά την εύρεση των νεκρών πουλιών τον Σεπτέμβριο του 2004 επιστήμονες τις επόμενες μέρες τοποθέτησαν κανονάκια κρότου ανάμεσα στους καλαμιώνες και στις όχθες ώστε να απομακρυνθούν τα εναπομείναντα πουλιά προς τη λίμνη Βόλβη αλλά και το Δέλτα Αξιού (<http://www.ksellas.gr>).

#### 4.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Οι γειτονικοί της λίμνης πληθυσμοί είναι αυτοί που δέχονται κυρίως τις συνέπειες της ρύπανσης. Αν και μέχρι σήμερα δεν έχει απειληθεί η υγεία των κατοίκων της περιοχής, δεν είναι απίθανο αυτό να συμβεί στο μέλλον. Μία από τις μεγαλύτερες λίμνης της Ελλάδας κινδυνεύει να μετατραπεί μόνιμα σε έλος με τον όγκο του νερού της τα τελευταία 3 χρόνια να έχει μηδενιστεί περισσότερες από 2 φορές. Η απώλεια των εισοδημάτων από την αλιεία και τον τουρισμό είναι ένα σημαντικό πρόβλημα. Το 1939 στην Κορώνεια υπήρχαν 594 ψαράδες, το 1961 372 ενώ σήμερα κανένας. Οικογένειες που ζούσαν από την αλιεία έχασαν το εισόδημα τους. Η υποβάθμιση του υδροτόπου της Κορώνειας αποτρέπει την τουριστική της αξιοποίηση, η οποία σε συνδυασμό με τα ιαματικά λουτρά του Λαγκαδά και τις φυσικές ομορφιές της περιοχής θα μπορούσε να προσφέρει ένα αξιόλογο εισόδημα σε κατοίκους της περιοχής. Οι βιομηχανίες της ευρύτερης περιοχής, εκτός του γεγονότος ότι ρυπαίνουν την λίμνη αλλά και το περιβάλλον, χρησιμοποιούν κατά το πλείστο εργάτες από την περιοχή της Θεσσαλονίκης. Προσφέρουν επομένως λίγες θέσεις εργασίας στους κατοίκους της περιοχής του Λαγκαδά (Νομαρχιακή Επιχείρηση Θεσσαλονίκης, 2000).

Η ύπαρξη της λίμνης ευνοεί την ανάπτυξη της γεωργίας και της κτηνοτροφίας, επιδρώντας στο κλίμα της περιοχής, το οποίο γίνεται πιο ήπιο. Η ρύπανση της όμως έχει καταστήσει το νερό της λίμνης ακατάλληλο για άρδευση, ενώ τυχόν εξαφάνιση της, θα προκαλέσει μεγάλες αλλαγές στο μικροκλίμα των γεωργικών περιοχών που βρίσκονται γύρω της.

Πέρα από τις οικονομικές επιπτώσεις, η πιο σημαντική δυσμενής επίδραση της ρύπανσης της Κορώνειας είναι η διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας του συστήματος της. Ο θάνατος του ιχθυοπληθυσμού της, η εξαφάνιση των πουλιών, και ειδικότερα σπάνιων ειδών, η υποβάθμιση της χλωρίδας, η μείωση της ποικιλότητας

των φυτικών και ζωικών ειδών έχουν άμεσο αντίκτυπο στον άνθρωπο, όσο και αν αυτός πιστεύει πως η ζωή του είναι ανεξάρτητη από το φυσικό περιβάλλον. Η φύση μπορεί να υπάρχει χωρίς τον άνθρωπο, ο άνθρωπος όμως δεν μπορεί να ζήσει χωρίς την φύση.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από όλα όσα αναφέρθηκαν σε αυτή τη διατριβή προκύπτει ότι ο υγρότοπος της λίμνης Κορώνειας αντιμετωπίζει από το 1995 και μετά μία σοβαρότατη και συνεχόμενη οικολογική κρίση ενώ η διά παντός εξαφάνιση του είναι ένα σενάριο που δεν απέχει πολύ από την σημερινή του κατάσταση. Όλα τα παραπάνω οφείλονται κυρίως στις ανθρώπινες δραστηριότητες στη λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας.

Ο όγκος του νερού της λίμνης παρουσιάζει μείωση εδώ και πολλά χρόνια. Η μείωση αυτή πήρε δραματικές διαστάσεις στην διάρκεια της δεκαετίας 1985-1995. Στην μελέτη του υδατικού ισοζυγίου που έγινε την παραπάνω δεκαετία παρατηρήθηκε μία συνεχής μείωση του αποθηκευμένου όγκου νερού της λίμνης (DS) με εξαίρεση τις χρονιές 1986 και 1987. Ο υπολογισμός του ΔGW έδειξε ότι η λίμνη χάνει νερό προς τους υπόγειους υδροφορείς, και μάλιστα μεγάλες ποσότητες, εκτός από το 1986. Η εισροή υδάτων από βροχόπτωση δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές από έτος σε έτος. Έτσι σύμφωνα με όλα τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ποσοτική υποβάθμιση της λίμνης είναι αποτέλεσμα των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων (αντλήσεις από τη λίμνη και τους υπόγειους υδροφορείς) και όχι τυχόν δυσμενών κλιματολογικών συνθηκών.

Το μέσο βάθος της λίμνης από τα 4 m το 1987 έπεσε κάτω από το 1 m το 1995. Το 2002 η λίμνη αποξηράνθηκε τελείως όπως και το 2008 και τέλος το φθινόπωρο του 2009. Την ίδια πορεία ακολούθησαν ο όγκος και η επιφάνεια της λίμνης που βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με τη στάθμη της. Από 50 km<sup>2</sup> το 1955, το 2002 η λίμνη κάλυπτε μόνο 10 km<sup>2</sup> ενώ σήμερα η επιφάνεια της είναι κάτω από 30 km<sup>2</sup>. Ο όγκος της λίμνης από 245 Mm<sup>3</sup> το 1955 έπεσε στα 20 Mm<sup>3</sup> το 1996. Η σημερινή κατάσταση της λίμνης είναι αμφίροπη με μήνες με πολύ χαμηλό βάθος κάτω από 0.5 m και μήνες υψηλών βροχοπτώσεων με πάνω από 1 m. Η εξάντληση των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων έχει ως αποτέλεσμα την υπόγεια εκροή νερού από τη λίμνη και τη μικρή ως ανύπαρκτη τροφοδοσία της από υδατορεύματα, το νερό των οποίων διεισδύει σχεδόν όλο στα υπόγεια στρώματα. Παρόλο το σημαντικό ποσοτικό πρόβλημα της λίμνης, τα στοιχεία για τις παραμέτρους του υδατικού της ισοζυγίου είναι ελάχιστα. Πλέον μετρήσεις γίνονται μόνο για το βάθος της λίμνης και όχι ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ενώ δεν υπάρχουν πληροφορίες για τις ποσότητες νερού που εισρέουν και εκρέουν από αυτή επιφανειακά είτε

υπόγεια, ενώ στην ευρύτερη περιοχή δεν λειτουργεί ούτε ένας μετεωρολογικός σταθμός.

Το εναπομείναν υδατικό δυναμικό της λίμνης παρουσιάζει και ποιοτική υποβάθμιση και μάλιστα σε πολύ μεγάλο βαθμό. Η περιορισμένη αφομοιωτική ικανότητα ρύπων της λίμνης εξαιτίας του μικρού υδάτινου όγκου της, αλλά κυρίως οι ανθρώπινες δραστηριότητες στη λεκάνη απορροής της είχαν ως αποτέλεσμα το 1995 το pH του νερού της να ξεπεράσει το 10 ενώ και σήμερα η τιμή του pH είναι σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα με τιμές πάνω από 8. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα το 1995 ξεπέρασε τα 6000  $\mu\text{mhos/cm}$  ενώ το 2009 εκτοξεύθηκε πάνω από τα 18000  $\mu\text{mhos/cm}$ . Η κυριότερη αιτία του ποιοτικού προβλήματος της λίμνης είναι η διάθεση σ' αυτήν αποβλήτων των βιομηχανιών που λειτουργούν στην ευρύτερη περιοχή του Λαγκαδά, και σε μικρότερο βαθμό τα αστικά και κτηνοτροφικά λύματα και οι γεωργικές εισροές. Η λίμνη χαρακτηρίζεται ως ευτροφική και το νερό της είναι ακατάλληλο για οποιαδήποτε χρήση.

Το αποτέλεσμα της υποβάθμισης του υδροτόπου της Κορώνειας είναι η ολοκληρωτική εξαφάνιση του ιχθυοπληθυσμού της και η μείωση πολλών πληθυσμών φυτών και ζώων, μερικά από τα οποία είναι σπάνια. Μετά την οικολογική καταστροφή του 1995 και τη θανάτωση όλου του ιχθυοπληθυσμού της, ακολούθησε και δεύτερη κρίση το 2004 με θανάτους 30000 πουλιών, ανάμεσα τους και σπάνιων. Η μείωση αυτή της βιοποικιλότητας είναι καταστροφική όχι μόνο για το συγκεκριμένο οικοσύστημα, αλλά και για τα άλλα οικοσυστήματα όπως και για τον ίδιο τον άνθρωπο.

Με στόχο την ανάκαμψη της λίμνης προτείνονται τα παρακάτω μέτρα αλλά και δράσεις :

- Περιορισμός βιομηχανικών αποβλήτων με κλείσιμο των παράνομων βιομηχανικών γεωτρήσεων
- Κατασκευή μονάδων υποδοχής αστικών και βιοτεχνικών βοθρολυμάτων
- Βελτίωση των υδραυλικών χαρακτηριστικών της ενωτικής τάφρου καθώς και εκτροπή χειμάρρων για εμπλουτισμό της λίμνης
- Εφαρμογή περιοριστικών μέτρων στην άρδευση
- Εφαρμογή Αγροπεριβαλλοντικού Προγράμματος για την αλλαγή του τρόπου άρδευσης από καρούλι και κανόνι σε στάγδην



- Κατάργηση της ισχύος των νόμων 1626/82 και 1892/90 στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης Κορώνειας
- Έλεγχος από την Π.Κ.Μ των αποβλήτων όλων των βιομηχανικών, κτηνοτροφικών αλλά και γεωργικών μονάδων και επιβολή προστίμων στους παραβάτες
- Μείωση του αριθμού των υπαρχουσών γεωτρήσεων

Με το κλείσιμο των παράνομων βιομηχανικών γεωτρήσεων θα ελαττωθεί σε μεγάλο βαθμό ο όγκος των βιομηχανικών αποβλήτων, τα οποία αργότερα καταλήγουν στην λίμνη. Ήδη στην περίοδο 2009-2011 έχουν κλείσει 18 παράνομες βιομηχανικές γεωτρήσεις, δράση που πρέπει να συνεχιστεί από την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας με σκοπό να κλείσουν όλες οι παράνομες βιομηχανικές γεωτρήσεις. Η κατασκευή μονάδων υποδοχής οικιακών και βιομηχανικών - βιοτεχνικών βοθρολυμάτων έχει ως σκοπό την επεξεργασία των λυμάτων που προκύπτουν από μικρούς οικισμούς και βιοτεχνίες, οι οποίες δεν έχουν εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ούτε δίκτυο συλλογής τους. Έτσι στις μονάδες αυτές θα πραγματοποιείται προεπεξεργασία των βοθρολυμάτων τα οποία στη συνέχεια θα οδηγούνται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων του Λαγκαδά για την περαιτέρω κατεργασία τους μαζί με τα αστικά υγρά απόβλητα του Λαγκαδά. Η βελτίωση των υδραυλικών χαρακτηριστικών της ενωτικής τάφρου καθώς και η μερική εκτροπή των χειμάρρων Λαγκαδικίων και Σχολαρίου θα έχει ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό της λίμνης με όγκο νερού από τους χείμαρρους καθώς επίσης και την υπερχείλιση της λίμνης για ανανέωση των υδάτων της.

Η διάνοιξη νέων γεωτρήσεων στην περιοχή έχει απαγορευτεί και πραγματοποιείται μετά από έκδοση ειδικής άδειας. Με την εφαρμογή περιοριστικών μέτρων στην άρδευση οι γεωργοί είναι υποχρεωμένοι να μη χρησιμοποιούν αλόγιστα το νερό και μαζί με την εφαρμογή του Αγροπεριβαλλοντικού Προγράμματος και την αλλαγή του τρόπου άρδευσης από καρούλι και κανόνι σε στάγδην, καθώς το καρούλι και το κανόνι έχουν μεγάλες απώλειες, γίνεται σε μεγάλο βαθμό εξοικονόμηση νερού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου νερού του υπόγειου υδροφορέα και κατ' επέκταση και του υδάτινου όγκου της λίμνης καθώς βρίσκονται σε άμεση επαφή.

Οι νόμοι 1626/82 και 1892/90 που ισχύουν για την περιοχή, δίνουν κίνητρα για την εγκατάσταση βιομηχανιών σε αυτή. Γεγονός αντιφατικό για μία περιοχή που προστατεύεται από την διεθνή σύμβαση RAMSAR. Έτσι η ισχύς του νόμου θα

πρέπει να ακυρωθεί για την ευρύτερη περιοχή της Κορώνειας. Με μέριμνα της Π.Κ.Μ. θα πρέπει να γίνεται συνεχής έλεγχος στα απόβλητα όλων των βιομηχανικών, κτηνοτροφικών αλλά και γεωργικών μονάδων της περιοχής έτσι ώστε τα απόβλητα που καταλήγουν στη λίμνη να είναι βιολογικά επεξεργασμένα και οι παραβάτες να τιμωρούνται με πρόστιμα. Τέλος με περαιτέρω μείωση των υπαρχουσών γεωτρήσεων θα επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση νερού. Θετικό είναι το γεγονός ότι ο αριθμός των γεωτρήσεων από 1891 το 2001, έπεσε σε 1441 το 2009, μία μείωση περίπου 18%.

Ο κίνδυνος εξαφάνισης της λίμνης Κορώνειας, ενός υγροτόπου που θεωρητικά προστατεύεται από τη διεθνή σύμβαση Ramsar, αλλά επίσης έχει ανακηρυχθεί και Εθνικό Πάρκο Υγροτόπων των λιμνών Κορώνειας - Βόλβης και Μακεδονικών Τεμπών, είναι ορατός. Η διάσωση της είναι απαραίτητη και τα μέτρα για να επιτευχθεί πρέπει να ληφθούν από τους υπεύθυνους ώστε να διασωθεί η λίμνη, η κατάσταση της οποίας είναι αναστρέψιμη.

## ΠΗΓΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

### Βιβλιογραφία

Αναπτυξιακή Εταιρία Ν. Θεσσαλονίκης Α.Ε., (1995), «Μελέτη Υδάτων Λεκάνης Μυγδονίας», Υδρομελετητική ΕΕ, Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος 1995

Ανθεμίδης Α., Ζαχαριάδης Γ., Στράτης Ι., Βουλγαρόπουλος Α., Βασιλικιώτης Γ., (1997), *Αναλυτικοί Προσδιορισμοί Βαρέων Μετάλλων στα Ιζήματα της Λίμνης Κορώνειας*, Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας, Τμήμα Χημείας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Αντωνόπουλος Β., (2003), *Υδραυλική Περιβάλλοντος και Ποιότητα Επιφανειακών Υδάτων*, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη

Γιαννόπουλος Σ., (2010) *Μαθήματα Τεχνικής Υδρολογίας*, Σημειώσεις Μαθήματος, Α.Π.Θ., Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Συγκοινωνιακών και Υδραυλικών Έργων, Θεσσαλονίκη

Γραμματικοπούλου Ν., Κεχαγιάς Δ., Οικονομίδης Γ., (1996), «Περιβαλλοντική Έκθεση : Σχέδιο Διάσωσης Λίμνης Κορώνειας», Τμήμα Αλιείας Επαρχείου Λαγκαδά, Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 1996

Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας, (2009), «Μελέτη Σχεδίου Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου των Λιμνών Κορώνειας - Βόλβης και των Μακεδονικών Τεμπών. Σχέδιο κανονισμού Διοίκησης και Λειτουργίας», Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) Απογραφή 2001

Ζαλίδης Γ.Χ., Β. Τακαβάκογλου και Θ. Αλεξανδρίδης, (2004), «Αναθεωρημένο Σχέδιο Αποκατάστασης της Λίμνης Κορώνειας του Νομού Θεσσαλονίκης», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας

Ζαλίδης Γ., (2010), «Υπηρεσίες Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων Παρακολούθησης Περιβαλλοντικών Παραμέτρων και Συστήματος Λήψης Αποφάσεων στη Λίμνη Κορώνεια», Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης

Ζαρκανέλλας Α.Ι., (1989), «Περιβαλλοντική Μελέτη Λίμνης Αγ. Βασιλείου», 6<sup>ο</sup> Σεμινάριο για την Προστασία του Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, σελ 32-41

Κιλικίδης Σ., Καμαριανός Α., Φώτης Γ., Κουσουρής Θ., Καραμανλής Ξ., (1984), «Οικολογική Έρευνα στις Λίμνες της Β. Ελλάδας: Αγ. Βασιλείου, Δοϊράνη και Βιστωνίδα»

Κούγκολος Α., (2005), *Εισαγωγή Στην Περιβαλλοντική Μηχανική*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

Κουσουρής Θ., Φώτης Γ., Δαπούλης Α., Μπερταχάς Η., Νικολαΐδης Ν., Γκρίτζαλης Κ., (1991), «Η Εξυγίανση της Λίμνης Καστοριάς», Γεωτεχνικά Τεύχος 2/1991, σελ : 49-67

Λυμπεροπούλου Χ., (1994), «Περιβαλλοντική Μελέτη της Λίμνης του Αγίου Βασιλείου», Τομέας Χημείας Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Μουρκίδης Γ.Α. και Τσιουρής Σ.Ε., (1981), «Λίμνες της Βόρειας Ελλάδας, Ευτροφισμός των Λιμνών Κορώνειας και Καστοριάς», Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Νομαρχιακή Επιχείρηση Θεσσαλονίκης, (2000), «Σχέδιο Στρατηγικής Επικοινωνίας, Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης Λίμνης Κορώνειας», Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2000

Οικονομίδης Π.Σ. και Σίνης Α.Ι., (1983), «Πρόσφατες Μεταβολές στους Αλιεύσιμους Ιχθυοπληθυσμούς της Κορώνειας», *Σεμινάριο Εργασίας για την Αλιευτική Αξιοποίηση των Εσωτερικών Υδάτων*, Ινστιτούτο Ωκεανογραφικών και Αλιευτικών Ερευνών, Έδεσσα

Παπαζαφειρίου Ζ.Γ., (1991), *Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων*. Έκδοση της Υπηρεσίας Δημοσιευμάτων του Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Παπαζαφειρίου Ζ και Αντωνόπουλος Β., (1991), *Υδραυλική Περιβάλλοντος*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Έκδοση της Υπηρεσίας Δημοσιευμάτων του Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Παπαμιχαήλ Δ.Μ., (2001), *Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων*, Εκδόσεις Γιαχούδης - Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη

Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (2008), «Στοιχεία Ποιότητας Επιφανειακών Υδάτων Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, Ετήσια Έκθεση 2007» Διεύθυνση Υδάτων, Θεσσαλονίκη

Πυρινή Χ.Β., (2011), «Το Οικοσύστημα των Λιμνών Βεγορίτιδας και Πετρών : Χλωρίδα Βλάστηση και Φυτογεωγραφία», Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τομέας Βοτανικής, Θεσσαλονίκη

Τερζίδης Γ.Α. και Καραμούζης Δ.Ν., (1995), *Υδραυλική Υπόγειων Νερών*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Τσακίρης Γ., (1995), *Υδατικοί Πόροι : I Τεχνική Υδρολογία*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα

Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.,(1986), «Πρόγραμμα Οριοθέτησης Υγροβιότοπων Σύμβασης Ramsar: Λίμνες Βόλβη, Λαγκαδά», Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Αθήνα

Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., (1996), «Περιβαλλοντική Έκθεση, Σχέδιο Διάσωσης Λίμνης Κορώνειας», Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας Κεντρικής Μακεδονίας/

Τμήμα Περιβάλλοντος - Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης /Επαρχείο  
Λαγκαδά - Τμήμα Αλιείας

Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων (Υ.Ε.Β.) Θεσσαλονίκης. Στοιχεία Ποιότητας και  
Στάθμης Νερού της Λίμνης Κορώνειας

Crapper P.F., Fleming P.M and Kalma J.D (1996), «Prediction of Lake Levels Using  
Water Balance Models», *Enviromental Software* Vol. 11, No 4 : 251-258

Gao J. and Merrick N.P., (1996), «Simulation of Temperature and Salinity in a Fully  
Mixed Pond», *Enviromental Software*, Vol 11, Nos 1-3 : 173-178

Knight, Piesold. and Karavokyris & Partners, (1998), «Περιβαλλοντική  
Αποκατάσταση της Λίμνης Κορώνειας» (2 τόμοι, Ταμείο Συνοχής, Ευρωπαϊκή  
Επιτροπή, Γεν. Διεύθ. XVII Περιφερειακή Πολιτική και Συνοχή)

Kungolos A., Samaras P., Kimeroglu V., Dabou X., Sakellaropoulos G.P., (1998),  
'Water Quality and Toxicity Assessment in Koronia Lake - Greece', *Fresenius  
Environmental Bulletin* 7: 615-622

Mishra, Surendra, Singh, Vijay P., (2003), *Soil Conservation Service Curve Number  
(CN) Methodology*, Kluwer Academic Publishers, Boston

Mylopoulos N., Mylopoulos Y., Kolokytha E. and Tolikas D.(2007) 'Integrated Water  
Managment Plans for the Restoration of Lake Koronia, Greece' , *Water International*,  
32: S1, 720-738

Tsiouris S.E., Mamolos A.P., Kalburtji K.L., Barbayiannis N., (2002) 'Fertilizer  
Management in Watersheds of Two Ramsar Wetlands and Effects on Quality of  
Inflowing Water' *Environmental Management* Vol. 29, No. 5, pp. 610-619

Vollenweider R.A., (1968), «Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes  
and Flowing Waters with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors  
in Eutrophication», OECD, Paris

#### Ιστότοποι

<http://www.foreaskv.gr/content.php?lang=gr> (Προσβάσιμη στις 15/11/11).

<http://www.ksellas.gr/article.asp?ID=100> (Προσβάσιμη στις 3/1/2012).

<http://www.water.ncsu.edu/watershedss/info/turbid.html> (Προσβάσιμη στις 28/12/11).

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



ΠΙΝΑΚΑΣ Π.1.  
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΣΕ mm/μήνα  
Μ.Σ. ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥ Λ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣΙΟ
1984	34.00	34.70	46.65	59.85	14.15	10.85	5.60	14.90	3.40	0.60	40.70	33.20	298.60
1985	8.0	2.95	54.30	5.60	42.10	8.70	0.10	11.40	17.60	7.60	163.45	19.65	341.65
1986	40.50	126.75	29.20	19.85	64.20	52.90	15.40	10.45	33.00	18.25	36.65	13.80	460.95
1987	48.90	46.75	86.35	93.30	36.30	33.55	10.90	28.70	35.00	81.50	105.70	35.80	642.75
1988	14.00	38.90	85.00	23.00	26.25	14.40	19.60	13.70	3.90	20.45	91.05	114.35	464.60
1989	0.50	0.10	48.85	27.45	46.30	44.40	37.90	0.00	43.30	13.60	30.70	48.90	342.00
1990	0.00	3.05	1.10	25.30	91.60	7.60	16.55	24.55	14.40	35.80	31.40	102.10	353.45
1991	9.50	45.55	46.30	63.30	31.55	27.45	28.65	27.85	50.20	13.50	29.80	5.10	378.75
1992	0.00	2.05	15.50	62.05	56.40	31.75	25.00	4.90	8.00	54.90	32.10	3.10	329.75
1993	15.90	10.30	22.20	24.60	104.80	21.80	0.00	0.85	8.55	62.70	69.60	18.35	359.65
1994	35.60	42.90	8.50	82.00	53.20	3.10	21.40	15.55	0.00	14.50	49.00	43.05	368.80
1995	56.20	9.10	41.90	7.70	72.45	6.40	50.00	22.50	25.10	5.30	34.80	119.20	450.65
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	25.80	32.10	41.65	44.30	50.30	28.50	23.30	18.70	27.10	42.50	54.75	48.50	437.50
ΠΟΣΟ- ΣΤΟ %	5.90	7.34	9.52	10.13	11.50	6.51	5.33	4.27	6.19	9.71	12.51	11.09	100.00



ΠΙΝΑΚΑΣ Π.2  
 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΣΕ mm/μήνα  
 Μ.Σ. ΛΑΓΚΑΔΑ

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣΙΟ
1984	22.10	25.35	29.40	43.85	11.40	8.75	5.20	15.75	1.60	0.40	35.80	24.90	224.50
1985	5.30	2.15	34.20	4.10	33.90	7.00	0.10	12.10	8.40	5.70	143.80	14.70	271.45
1986	26.30	92.65	18.40	14.50	51.70	42.80	14.30	11.05	15.80	13.65	32.25	10.35	343.75
1987	31.80	34.20	54.45	68.35	29.25	27.10	10.15	30.35	16.80	60.90	93.00	26.85	483.20
1988	9.05	28.40	53.60	16.85	21.15	11.60	18.20	14.50	1.85	15.30	80.10	85.70	356.30
1989	0.30	0.10	30.80	20.10	37.25	35.90	35.20	0.00	20.75	10.15	27.00	36.65	254.20
1990	0.00	2.25	0.70	18.55	73.70	6.10	15.35	26.00	6.90	26.80	27.65	76.50	280.50
1991	6.20	33.30	29.20	46.40	25.40	22.20	26.60	29.45	24.10	10.10	26.20	3.80	282.95
1992	0.00	1.50	9.75	45.50	45.40	25.65	23.20	5.20	3.85	41.05	28.30	27.80	257.20
1993	10.30	7.50	14.00	18.00	84.35	17.60	0.00	0.90	4.10	7.25	61.25	13.75	239.00
1994	23.10	31.40	5.40	60.10	42.85	2.50	19.85	16.40	0.00	50.40	43.10	32.30	327.40
1995	36.50	6.70	26.40	5.65	58.30	5.15	46.40	23.80	12.00	4.00	30.60	89.40	344.90
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	17.50	24.40	26.75	32.40	40.65	23.40	23.55	20.70	14.50	31.25	48.05	38.30	341.45
ΠΟΣΟ- ΣΤΟ %	5.13	7.14	7.83	9.49	11.91	6.85	6.90	6.06	4.25	9.15	14.07	11.22	100

ΠΙΝΑΚΑΣ Π.3  
ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΣΕ mm/μήμα  
Μ.Σ. ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣΙΟ
1970									121.00	63.00	31.00	16.00	
1971	17.00	26.00	44.00	78.00	155.00	203.00	256.00	225.00	121.00	84.00	37.00	22.00	1268.00
1972	13.00	16.00	60.00	75.00	148.00	205.00	214.00	183.00	98.00	46.00	24.00	8.00	1090.00
1973	15.00	31.00	47.00	90.00	155.00	201.00	223.00	188.00	109.00	65.00	28.00	18.00	1170.00
1974	27.00	24.00	43.00	71.00	126.00	175.00	232.00	190.00	115.00	69.00	16.00	21.00	1109.00
1975	17.00	33.00	46.00	105.00	122.00	162.00	217.00	139.00	144.00	83.00	33.00	12.00	1113.00
1976	21.00	26.00	34.00	80.00	116.00	140.00	170.00	139.00	125.00	69.00	37.00	26.00	983.00
1977	23.00	35.00	56.00	104.00	125.00	154.00	201.00	190.00	124.00	58.00	37.00	9.00	1116.00
1978	20.00	34.00	54.00	60.00	106.00	161.00	219.00	171.00	99.00	51.00	40.00	45.00	1060.00
1979	5.00	29.00	55.00	69.00	57.00								
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	17.60	28.20	48.80	81.30	123.30	175.10	216.50	178.10	117.30	65.30	31.40	19.70	1102.60