

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

FACULTY OF RURAL AND
SURVEYING ENGINEERING
DEPARTMENT OF WATER
RESOURCE



Εκπόνηση: Ιωάννα Κυδωνάκη

Επιβλέπων: Ι. Ναλμπάντης, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Επιθυμώ να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στα πρόσωπα του έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη διεκπεραίωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Η ανάθεση και η επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε από τον Επίκουρο καθηγητή κ. Ιωάννη Ναλμπάντη, χωρίς τη βοήθεια του οποίου θα ήταν αδύνατη η διεκπεραίωση της. Τον ευχαριστώ θερμά για τη συνεργασία, τη βοήθεια και το ενδιαφέρον καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής.

Καθώς επίσης, και την συνεπιβλέπουσα Καθηγήτρια του τομέα υδατικών πόρων και περιβάλλοντος του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών κ. Αλεξάνδρα Κουζέλη-Κατσίρη που με τη βοήθεια, τις υποδείξεις και το ενδιαφέρον της συνέβαλαν απεριόριστα στην πραγματοποίηση της εργασίας αυτής.

Στα πλαίσια των ευχαριστιών μου θα πρέπει να αναφέρω κ. Λήδα Στάμου του τομέα Χαρτογραφίας της σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων, για τις πολύτιμες συμβουλές που μου παρείχε κατά τη διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας και το ενδιαφέρον που έδειξε.

Πολύτιμη ήταν και η προσφορά του Γ. Πανόπουλου του τομέα Τοπογραφία της σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων, ο οποίος μου προμήθευσε το χαρτογραφικό υπόβαθρο για την εκπόνηση της εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες Δημήτρη Τίγκα και Χάρη Βαγγέλη για τη βοήθεια που προσέφεραν.

Τέλος, ένα θερμότατο ευχαριστώ στα μέλη της οικογένειας μου για τη φιλοξενία που μου προσέφεραν το διάστημα αυτό και τους γονείς μου για τη συναισθηματική και οικονομική υποστήριξη τους όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Περίληψη	iii
Abstract	iv
Κατάλογος συμβόλων	v
1 Εισαγωγή	1
1.1 Γενική τοποθέτηση του προβλήματος.....	1
1.2 Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας.....	1
2 Μαθηματική μοντελοποίηση του ευτροφισμού λίμνης	3
2.1 Γενικά.....	3
2.2 Εμπειρικά μοντέλα.....	3
2.3 Μοντέλα με βάση τις φυσικές διεργασίες.....	4
2.4 Το πρόβλημα της ευτροφίας.....	5
2.4.1 Το οικοσύστημα μιας λίμνης.....	5
2.4.2 Ορισμός ευτροφισμού.....	5
2.4.3 Επιπτώσεις ευτροφισμού.....	5
2.4.4 Δείκτες ευτροφίας.....	6
2.5 Μοντέλο των Lathrop et al.	8
3 Κατάρτιση υδατικών ισοζυγίων σε λίμνες	10
3.1 Γενικά.....	10
3.2 Συνιστώσες υδατικού ισοζυγίου.....	10
3.3 Εκτίμηση απορροής με μοντέλα βροχόπτωσης – απορροής.....	11
3.3.1 Γενικά.....	11
3.3.2 Το μοντέλο «Ζυγός».....	12
4 Η Λίμνη Ιωαννίνων (Παμβώτις)	16
4.1 Η λεκάνη της λίμνης.....	16
4.1.1 Φυσική περιγραφή της λεκάνης απορροής.....	16
4.1.2 Γεωλογία – Υδρογεωλογία.....	16
4.1.3 Κλίμα.....	18
4.2 Φυσική περιγραφή της λίμνης - Χαρακτηριστικά.....	19
4.2.1 Ιστορικές αναφορές για την λίμνη Ιωαννίνων.....	19
4.2.2 Φυσική περιγραφή της λίμνης Ιωαννίνων.....	20
4.3 Δεδομένα ποσότητας νερού.....	20
4.4 Δεδομένα ποιότητας νερού.....	22

5	Κατάρτιση υδατικού ισοζυγίου Λίμνης Παμβώτιδας	42
5.1	Τοποθέτηση του προβλήματος – Γενικά βήματα μεθοδολογίας	42
5.2	Εκτίμηση απορροής Οροπεδίου Λασιθίου	42
5.2.1	Σταθμοί και δεδομένα	42
5.2.2	Κατάρτιση μηνιαίων χρονοσειρών εισόδου	43
5.2.3	Βαθμονόμηση μοντέλου.....	46
5.2.4	Επαλήθευση μοντέλου	48
5.3	Εκτίμηση απορροής λεκάνης της Λίμνης Παμβώτιδας.....	49
5.4	Υδατικό ισοζύγιο Λίμνης Παμβώτιδας	49
6	Κατάρτιση ισοζυγίου φωσφόρου Λίμνης Παμβώτιδας	54
6.1	Γενικά.....	54
6.1.1	Υπολογισμός ρυπαντικών φορτίων από σημειακές και μη σημειακές πηγές	54
6.2	Αναγωγή μεγεθών υδατικού ισοζυγίου από το υδρολογικό έτος στο «έτος φωσφόρου».....	58
6.3	Ισοζύγιο φωσφόρου Λίμνης Παμβώτιδας	59
7	Συμπεράσματα	62
	Αναφορές	63
	Στην ελληνική γλώσσα	63
	Ξενόγλωσσες	63
	Παράρτημα Α: Πίνακες	65
	Παράρτημα Β: Σχήματα	1

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η κατάρτιση του ισοζυγίου του φωσφόρου για τη λίμνη Παμβώτιδα καθώς και ο έλεγχος της τροφικής κατάστασης της λίμνης βάσει της στατιστικής συσχέτισης του φορτίου φωσφόρου και της μέσης συγκέντρωσης της χλωροφύλλης, κατά Vollenweider.

Για την εκτίμηση του ισοζυγίου του φωσφόρου είναι αναγκαίος ο προσδιορισμός των παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου της λίμνης Παμβώτιδας. Στην Ελλάδα, όπου ο αριθμός των διαθέσιμων υδρομετρικών σταθμών όπου μετριέται η επιφανειακή απορροή είναι πολύ μικρός, τα μοντέλα βροχής – απορροής αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για τον υπολογισμό της επιφανειακής απορροής. Για τον υπολογισμό της απορροής της κλειστής λεκάνης των Ιωαννίνων χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο «ΖΥΓΟΣ» του προγράμματος «ΥΔΡΟΓΝΩΜΩΝ». Από το μοντέλο εξάγονται χρονοσειρές απορροής με βάση δεδομένα βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής. Τα αποτελέσματα, έπειτα, συγκρίνονται με μετρημένες τιμές απορροών. Καθώς, όμως, δεν υπήρχαν μετρημένες απορροές για τη λεκάνη των Ιωαννίνων, οι παράμετροι του μοντέλου προσδιορίστηκαν για τη λεκάνη απορροής του Οροπεδίου Λασιθίου, η οποία έχει παρόμοια γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά με τη λεκάνη των Ιωαννίνων.

Με γνώση, πλέον, όλων των παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου, ήταν αναγκαίος και ο υπολογισμός των φορτίων φωσφόρου που καταλήγουν στη λίμνη. Αυτά προέρχονται από μη σημειακές πηγές, μέσω συντελεστών εξαγωγής, οι οποίοι συνδέουν τις χρήσεις γης με το φορτίο που καταλήγει στον αποδέκτη.

Η εκτίμηση του ισοζυγίου του φωσφόρου ακολούθησε τις βασικές αρχές του μοντέλου των Lathrop et al.. Αυτή πραγματοποιήθηκε, τελικά, για ένα πολύ μικρό δείγμα, λόγω των περιορισμένων ποιοτικών μετρήσεων που υπάρχουν για τη λίμνη Παμβώτιδα, γεγονός που δεν επέτρεψε την περαιτέρω αξιοποίηση του εν λόγω μοντέλου. Μόνο μια προσεγγιστική εκτίμηση της τροφικής κατάστασης της λίμνης μέσω του μοντέλου Vollenweider καταστεί δυνατή.

Abstract

The current diploma thesis attempts to estimate the mass balance of phosphorus of the lake Pamvotis and evaluate the lake's trophic state through using a statistical correlation between the annual phosphorus loading and the mean summer chlorophyll concentration.

The estimation of the phosphorus mass balance necessitates the knowledge of the parameters of the water balance of the Lake Pamvotis. In Greece, where data from measured runoff are very limited, rainfall – runoff models are a useful tool for calculating runoff. A water-balance type model is used in the current work which is "ZYGOS" as this implements in the software package "HYDROGNOMON". The model parameters were estimated for another basin, the Lassithi Plateau Basin, which has similar geomorphologic characteristics with the basin under study.

Having estimated the parameters of the lake's water balance, an attempt was made to estimate the phosphorus mass balance with the purpose to apply the model of Lathrop et al. This requires the assessment of phosphorus loads originating from non-point sources. This is accomplished via the method of export coefficients, which allows correlating land-use spatial extent with the mass of phosphorus discharged into the lake. Phosphorus mass balance was finally estimated for a very short time period because of the lack of water quality measurements; this precluded further application of the model of Lathrop et al.. Only a rough assessment of the lake's trophic state was made based on the Vollenweider approach.

Κατάλογος συμβόλων

M – Μάζα φωσφόρου μέσα στη λίμνη [M]

L_t – Μάζα φωσφόρου που φορτίζει τη λίμνη και προέρχεται από σημειακές ή μη πηγές ρύπανσης [M]

O_t – Μάζα φωσφόρου που εκρέει από τη λίμνη [M]

S_t – Μάζα φωσφόρου που καθιζάνει [M]

$[P]$, C – Συγκέντρωση φωσφόρου [M/L]

V – Μέσος όγκος λίμνης [L]

λ_t – Εμπειρική παράμετρος απώλειας [-]

ε – Ποσοστό βροχόπτωσης που διατίθεται για ικανοποίηση άμεσης εξατμισοδιαπνοής [-]

κ – Ποσοστό περίσσειας βροχόπτωσης που εμφανίζεται άμεση απορροή [-]

K – Χωρητικότητα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας [L]

S_0 – Αρχικό απόθεμα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας [L]

λ – Ρυθμός εκφόρτωσης δεξαμενής εδαφικής υγρασίας για παραγωγή υποδερμικής ροής [-]

H_1 – Κατώφλι αποθέματος δεξαμενής εδαφικής υγρασίας για παραγωγή υποδερμικής ροής [L]

μ - Ρυθμός εκφόρτισης δεξαμενής εδαφικής υγρασίας για παραγωγή κατεισδυσης [-]

Y_0 – Αρχικό απόθεμα δεξαμενής υπόγειου νερού [L]

ξ - Ρυθμός εκφόρτωσης δεξαμενής υπόγειου νερού για παραγωγή βασικής ροής [-]

H_2 – Κατώφλι αποθέματος δεξαμενής υπόγειου νερού για παραγωγή βασικής ροής [L]

φ - Ρυθμός εκφόρτισης δεξαμενής υπόγειου νερού για παραγωγή υπόγειας διαφυγής [-]

P_{ij} – Ύψος βροχής [mm]

EP_{ij} – Εξατμισοδιαπνοή [mm]

Q_{ij} – Απορροή [L]

B_{ij} – Επιφανειακό ύψος βροχής μέσω μεθόδου Thiessen [mm]

λ – Συντελεστής υψομετρικής αναγωγής

β – Βροχοβαθμίδα [mm/m]

Z_m – Μέσο υψόμετρο λεκάνης απορροής [m]

T^*_{ij} – Ανηγμένη μέση θερμοκρασία [°C]

θ - Θερμοβαθμίδα [°C/ m]

E_{ij} – Εξάτμιση από υδάτινη επιφάνεια [mm]

D – Ετήσια ζήτηση νερού [L]

G_{ij} – Υπόγεια διαφυγή [L]

R_{ij} – Απόληψη [L]

SP_{ij} – Υπερχείλιση [L]

S_{ij} – Ωφέλιμος όγκος [L]

SA_{ij} – Διαθέσιμο νερό για απόληψη [L]

λ_i – Συντελεστής απόληψης [-]

A_t – Ποσότητα φωσφόρου που χάνεται μέσω εσωτερικών διεργασιών της λίμνης [M]

τ – Υδραυλικός χρόνος παραμονής [T]

H – Μέσο βάθος λίμνης [m]

L_{norm} – Κανονικοποιημένο φορτίο φωσφόρου κατά Vollenweider [M P/L]

1 Εισαγωγή

1.1 Γενική τοποθέτηση του προβλήματος

Το οικοσύστημα κάθε λίμνης έχει την τάση να επανέρχεται σε κατάσταση χημικής ισορροπίας, αλλά οι εκτροπές από την ισορροπία εξαρτώνται από αρκετούς παράγοντες και διεργασίες και μπορούν να συμβούν απότομα. Η είσοδος, στο σύστημα της λίμνης, θρεπτικών στοιχείων όπως άζωτο και φώσφορος τα οποία προέρχονται είτε από υπερβολική λίπανση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων είτε από άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, έχουν ως αποτέλεσμα την διατάραξη της ισορροπίας αυτής και την υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων, επιφέροντας ανεπιθύμητες μεταβολές στους ζωντανούς οργανισμούς της υδρόβιας κοινότητας.

Ο ευτροφισμός αποτελεί, εδώ και πολλές δεκαετίες, το κυρίαρχο πρόβλημα της ποιότητας των υδάτων. Για το λόγο αυτό, έχουν προταθεί πολλά μοντέλα για την πρόβλεψη της συγκέντρωσης του φωσφόρου –που είναι, για τα εσωτερικά νερά, το πιο κρίσιμο από τα θρεπτικά- από τα φορτία φωσφόρου για την αποκατάσταση των ευτροφικών λιμνών.

Έγινε προσπάθεια εφαρμογής, στη λίμνη Παμβώτιδα, ενός εμπειρικού μοντέλου για την εξέταση της τροφικής κατάστασης της λίμνης, υπολογίζοντας, μέσω του ισοζυγίου φωσφόρου, το εισερχόμενο φορτίο φωσφόρου και την συσχέτισή του με την καλοκαιρινή συγκέντρωση της χλωροφύλλης.

1.2 Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία περιλαμβάνει επτά κεφάλαια

Στο δεύτερο Κεφάλαιο περιγράφονται τα είδη των μοντέλων που υπάρχουν για την εκτίμηση της απόκρισης των υδάτινων αποδεκτών σε πιθανές μεταβολές της ταχύτητας φόρτισης τους με θρεπτικά συστατικά, καθώς και το φαινόμενο του ευτροφισμού που οφείλεται στην υπέρμετρη αύξηση των θρεπτικών στοιχείων στα νερά του υδάτινου αποδέκτη.

Στο τρίτο Κεφάλαιο δίνεται η θεωρητική περιγραφή κατάρτισης των υδατικών ισοζυγίων σε λίμνες, ενώ γίνεται και παρουσίαση των μοντέλων βροχόπτωσης απορροής. Επίσης, περιλαμβάνονται πληροφορίες για το μοντέλο «Ζυγός», από το λογισμικό πρόγραμμα «Υδρογνώμων», σχετικά με τα χαρακτηριστικά του, τις προδιαγραφές και τον τρόπο λειτουργίας του.

Στο τέταρτο Κεφάλαιο αναλύεται η κλειστή λεκάνη απορροής των Ιωαννίνων και η λίμνη Παμβώτιδα με περιγραφή της θέσης της και της γεωμορφολογίας της. Παρατίθενται υδρολογικά στοιχεία για την περιοχή καθώς και εκτιμήσεις για την ποιότητα των νερών της λίμνης Παμβώτιδας.

Στο πέμπτο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα τα σχετικά με την κατάρτιση του υδατικού ισοζυγίου της λίμνης Παμβώτιδας σε μηνιαία χρονική βάση. Μελετήθηκε η σχέση βροχόπτωσης – απορροής στη λεκάνη απορροής του οροπεδίου του Λασιθίου, η οποία παρουσιάζει παρεμφερείς υδρολογικές διεργασίες με τη κλειστή λεκάνη

των Ιωαννίνων. Η μεταφορά πληροφορίας από τη μια λεκάνη στην άλλη επιτεύχθηκε μέσω κατάρτισης του μοντέλου τύπου υδατικού ισοζυγίου «Ζυγός».

Στο έκτο Κεφάλαιο υπολογίζονται τα φορτία φωσφόρου που προκύπτουν από σημειακές και μη πηγές, ενώ γίνεται κατάρτιση του ισοζυγίου του φωσφόρου για τη λίμνη Παμβώτιδα.

Στο έβδομο Κεφάλαιο παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το σύνολο των παραπάνω διαδικασιών

Στο τέλος της διπλωματικής εργασίας έχει συνταχθεί παράρτημα με στόχο την παράθεση των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς, καθώς και αποτελέσματα των υπολογισμών αυτών. Επίσης, παρατίθεται και το χαρτογραφικό υπόβαθρο βάσει του οποίου υπολογίστηκαν τα ρυπαντικά φορτία για κάθε χρήση γης, που περικλείεται από τον υδροκρίτη της κλειστής λεκάνης απορροής της λίμνης Ιωαννίνων.

2 Μαθηματική μοντελοποίηση του ευτροφισμού λίμνης

2.1 Γενικά

Σήμερα, με τη χρήση των μαθηματικών μοντέλων δίνεται η δυνατότητα να εκτιμηθεί η απόκριση των υδάτινων αποδεκτών σε πιθανές μεταβολές της ταχύτητας φόρτισης τους με θρεπτικά, αλλά και η δημιουργία προβλέψεων για βελτιώσεις που μπορούν να προκύψουν από τη λήψη συγκεκριμένων μέτρων για τον περιορισμό του ευτροφισμού. Τα μοντέλα αυτά, παρόλο που έχουν μεγάλη ποικιλία στη μορφή αλλά και στη πολυπλοκότητα, μπορούν να χωριστούν σε δυο βασικές κατηγορίες: στα εμπειρικά (ή στατιστικά) και στα ορθολογικά (ή δυναμικά, μηχανιστικά) μοντέλα.

2.2 Εμπειρικά μοντέλα

Τα μοντέλα που ποσοτικοποιούν την σχέση μεταξύ αιτίου και αποτελέσματος μέσω μιας στατιστικής συσχέτισης λέγονται στατιστικά ή εμπειρικά μοντέλα. Στην περίπτωση του ευτροφισμού, η αιτία, που είναι η εισαγωγή θρεπτικών συστατικών συσχετίζεται με κάποιο δείκτη ευτροφίας, που είναι το αποτέλεσμα, χωρίς όμως να περιγράφεται λεπτομερώς η δυναμική συμπεριφορά των θρεπτικών στον αποδέκτη. Η συσχέτιση αυτή αναφέρεται, συνήθως, σε μόνιμες ή τελικές συνθήκες ισορροπίας, οι οποίες προκύπτουν από μεταβολή των συνθηκών εισόδου, χωρίς να περιγράφεται η πορεία προς την τελική κατάσταση (Ανδρεαδάκης, 2003).

Στις περισσότερες περιπτώσεις των λιμνών, ο παράγοντας που θεωρείται ως αιτία του ευτροφισμού είναι ο εισερχόμενος φώσφορος, ο οποίος ποσοτικοποιείται υπό τη μορφή μεταβλητής που μεταβάλλεται συναρτήσει της ταχύτητας εισόδου του φωσφόρου και ορισμένων υδραυλικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών του αποδέκτη, όπως ο χρόνος παραμονής τ , το εμβαδόν της επιφάνειας του αποδέκτη A και το βάθος νερού H .

Το συσχετιζόμενο προς την αιτία αποτέλεσμα θα μπορούσε να ποσοτικοποιηθεί με τον «ιδανικό» δείκτη ευτροφίας (Ανδρεαδάκης, 2003).

$$\text{«ιδανικός» δείκτης} = f(P_o, H, A, \tau) \quad (2.1)$$

Όπου

P_o = ταχύτητα εισόδου του φωσφόρου

H = βάθος αποδέκτη

τ = υδραυλικός χρόνος παραμονής

Επειδή, όμως, δεν υπάρχει τέτοιος «ιδανικός» δείκτης, επιλέγεται να γίνεται συσχέτιση της επιφανειακής φόρτισης με φώσφορο με άλλους δείκτες ευτροφισμού, όπως χλωροφύλλη, διαφάνεια νερών, ζήτηση οξυγόνου στο υπολίμνιο και ιχθυοπαραγωγή. Η επιλογή του δείκτη

βασίζεται στις εκάστοτε συνθήκες, τις δυνατότητες μέτρησης του δείκτη και της επιθυμητής χρήσης του νερού του αποδέκτη.

Τα μοντέλα τα οποία επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν ως δείκτη την συγκέντρωση του φωσφόρου στον αποδέκτη ονομάζονται εμπειρικά μοντέλα φωσφόρου.

2.3 Μοντέλα με βάση τις φυσικές διεργασίες

Τα μοντέλα αποτελούνται από μια σειρά αλληλοεξαρτώμενων διαφορικών εξισώσεων, οι οποίες προσπαθούν να περιγράψουν τα βιολογικά, χημικά και φυσικά φαινόμενα που προσδιορίζουν την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών, κυρίως των αλγών. Οι εξισώσεις, αυτές, που περιλαμβάνουν τις φορτίσεις θρεπτικών και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως την θερμοκρασία του νερού και την ένταση του ηλιακού φωτός, μπορούν να επιλυθούν ταυτόχρονα και να δώσουν ποσοτικές εκφράσεις της δυναμικής ανάπτυξης των αλγών και της μεταβολής άλλων δεικτών συναρτήσει του χρόνου.

Τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά του αποδέκτη πρέπει να είναι γνωστά. Παρά το γεγονός ότι η πρωτογενής παραγωγή εμφανίζεται στους περισσότερους αποδέκτες, το πρόβλημα του ευτροφισμού σχετίζεται, συνήθως, με τα σχετικά στάσιμα νερά, όπως είναι λίμνες και οι κλειστοί κόλποι, και δεν επηρεάζεται από τη θερμική στρωμάτωση. Για λίμνες και κλειστούς κόλπους, και με την παραδοχή ότι η κατακόρυφη μετακίνηση υλών οφείλεται στην καθίζηση, το υδροδυναμικό πρόβλημα μπορεί να προσεγγιστεί με τη μέθοδο των στοιχείων πλήρους μίξης. Μεγαλύτερη απλούστευση μπορεί να πραγματοποιηθεί με την παραδοχή ότι τα εισερχόμενα λύματα υφίστανται πλήρη μίξη σε όλο τον όγκο του αποδέκτη. Ο βαθμός προσέγγισης εξαρτάται από το μέγεθος του αποδέκτη σε σχέση με την παροχή εισροής των λυμάτων, από το σχήμα του, την τυχόν στρωμάτωση και, γενικώς, από τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά του. Αν το υδάτινο σώμα είναι στρωματομένο και τα εισερχόμενα λύματα καταλήγουν στο επιλίμνιο, τότε, ως όγκος θα πρέπει να θεωρηθεί ο όγκος του επιλιμνίου (Ανδρεαδάκης, 2003).

Με την παραδοχή ότι ο αποδέκτης δεν έχει αξιόλογες εισροές και εκροές νερού, η εξίσωση ισορροπίας μάζας ανά μονάδα όγκου για κάθε κατηγορία ύλης του συστήματος μπορεί να γραφεί

$$\frac{dC}{dt} = \sum (\text{βιολογ.} - \text{φυσικοχημ. μεταβολών}) - \sum (\text{τροφοδότησης}) \quad (2.2)$$

Όπου C = συγκέντρωση της ύλης.

Κατά την περιγραφή και μαθηματική προσομοίωση του υδατικού οικοσυστήματος παρουσιάζονται δυο σημαντικά προβλήματα. Το πρώτο έγκειται στην αδυναμία αναφοράς σε όλες τις βιολογικές και φυσικοχημικές διεργασίες που συντελούνται και το δεύτερο στο ότι δεν είναι εύκολη η μαθηματική περιγραφή των διεργασιών, οι οποίες μεταβάλλονται συναρτήσει του χρόνου με αποτέλεσμα να μην δίνονται από τα μοντέλα αυτά πλήρεις και ακριβείς λύσεις.

2.4 Το πρόβλημα της ευτροφίας

2.4.1 Το οικοσύστημα μιας λίμνης

Στο οικοσύστημα μιας λίμνης, τα άλγη αποτελούν την κύρια παραγωγική μονάδα. Για την ανάπτυξη τους χρειάζεται ηλιακή ακτινοβολία -η οποία ευθύνεται για την φωτοσύνθεση-, διοξείδιο του άνθρακα και ανόργανες ύλες, όπως ανόργανο άζωτο και φώσφορος, που χρησιμοποιούνται ως θρεπτικά στοιχεία.

Τα θρεπτικά συστατικά διοχετεύονται στην λίμνη από υπόγειες ή επιφανειακές απορροές και μπορεί να οφείλονται σε φυσικούς παράγοντες (γεωλογικούς, γεωμορφολογικούς, κλιματολογικούς, μορφομετρικούς, υδροδυναμικούς) ή σε ανθρωπογενείς επιδράσεις (αστικά λύματα, κτηνοτροφικά και βιομηχανικά απόβλητα, αποπλύσεις εδαφών).

Η αποσύνθεση της νεκρής οργανικής ύλης πραγματοποιείται από αερόβιους ετεροτροφους οργανισμούς, οι οποίοι, εκμεταλλευόμενοι το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό του αποδέκτη, οδηγούν στην αποξυγόνωση αυτού. Η αλληλεξάρτηση της ρύπανσης και αποσύνθεσης οργανικής ύλης στηρίζει την διαίωση του ευτροφισμού.

2.4.2 Ορισμός ευτροφισμού

Ο όρος ευτροφισμός αναφέρεται στην υπέρμετρη αύξηση της φυτικής βιομάζας (φυτοπλαγκτόν, υδρόβια – υδροχαρής βλάστηση), σε ένα επιφανειακό υδάτινο σώμα, λόγω της προσθήκης θρεπτικών συστατικών.

Ο ευτροφισμός σχετίζεται με τους αυτοτροφικούς φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, τα άλγη. Τα άλγη περιέχουν χλωροφύλλη, με την οποία απορροφούν και εγκλωβίζουν την ηλιακή ενέργεια στο εσωτερικό τους, για να μετατρέψουν το διοξείδιο του άνθρακα σε άμυλο ή υδατάνθρακες. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως φωτοσύνθεση. Η διαδικασία αυτή παράγει επίσης το πρωτόπλασμα των αλγών που αποτελείται από οργανικές ενώσεις και περιέχει άζωτο, φώσφορο και άλλα στοιχεία.

Περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη των αλγών μπορεί να είναι η ηλιακή ακτινοβολία ή κάποιο από τα απαραίτητα για τη σύνθεση στοιχεία. Σύμφωνα με το «νόμο του ελαχίστου» του von Liebig, η ζωντανή ύλη για ένα δεδομένο περιβάλλον περιορίζεται από εκείνον τον παράγοντα που χαρακτηρίζεται από τη μικρότερη, αναλογικά, διαθεσιμότητα, υπό την προϋπόθεση ότι δεν παρεμβαίνουν άλλοι αρνητικοί παράγοντες. Σε μια λίμνη, ο παράγοντας που, συνήθως, είναι δυνατόν να βρίσκεται σε μικρότερη διαθεσιμότητα είναι ο φώσφορος.

2.4.3 Επιπτώσεις ευτροφισμού

Ο ευτροφισμός επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις στα στάσιμα υδάτινα σώματα. Οι κυριότερες επιπτώσεις περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια.

Οσμή – χρώμα – γεύση

Η υπερβολική ανάπτυξη των αλγών, ειδικά κοντά σε πηγές υδροληψίας, δημιουργεί οσμές και γεύσεις στο νερό, που, ακόμα και έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία του, μπορεί να παραμένουν. Το χρώμα οφείλεται στην έντονη ανάπτυξη αλγών, όπως το φυτοπλαγκτόν που δίνει στα νερά μια έντονη πράσινη απόχρωση.

Δημιουργία γλοιωδών επικαλύψεων

Τα άλγη κατά την αποσύνθεση της περικυτταρικής τους μεμβράνης, δημιουργούν ορισμένες γλοιώδεις ουσίες. Οι ουσίες αυτές δημιουργούν: (α) ζελατινώδεις επικαλύψεις και εμφανίζονται σε ανοιχτές δεξαμενές, ανοιχτούς αγωγούς, σε σωλήνες υγροποίησης βιομηχανικών συστημάτων ψύξης μειώνοντας την ταχύτητα μεταβίβασης της θερμότητας στα συστήματα ψύξης, και (β) κηλίδες στα παραγόμενα προϊόντα στις βιομηχανίες χάρτου και τροφίμων.

Τοξικότητα

Ορισμένα άλγη (είτε του γλυκού νερού είτε της θάλασσας) έχουν την ικανότητα να παράξουν ορισμένες τοξικές ουσίες, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν δηλητηριάσεις έως και τον θάνατο σε υδρόβιους οργανισμούς, όπως τα ψάρια δημιουργώντας, έτσι, σοβαρά προβλήματα στην οικολογική ισορροπία του οικοσυστήματος.

Ραδιενέργεια

Τα άλγη έχουν την δυνατότητα να προσλαμβάνουν και να συγκεντρώνουν διαλυμένα ιόντα μετάλλων σε πολύ μικρές ποσότητες. Ορισμένα από αυτά τα στοιχεία είναι ραδιενεργά, που μπορεί να είναι ακίνδυνα για τα άλγη αλλά, μέσω των ψαριών και των καλλιέργειών που αρδεύονται από νερά με τέτοια άλγη, ακόμα και των ζώων που πίνουν το νερό αυτό, μπορούν να μεταφερθούν μέσω της τροφικής αλυσίδας στον άνθρωπο.

Αποξυγόνωση

Η αποξυγόνωση προκαλείται από την υπερβολική παραγωγή οργανική ύλης. Η μειωμένη ηλιοφάνεια περιορίζει την φωτοσύνθεση με αποτέλεσμα να αυξάνει η αναπνοή των αλγών, διαδικασία κατά την οποία το φυτοπλαγκτόν καταναλώνει μεγάλες ποσότητες διαλυμένου οξυγόνου. Έτσι, όταν υπάρχουν αυξημένες ποσότητες αλγών και μειωμένη ηλιοφάνεια, η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από τη παραγωγή οξυγόνου με αποτέλεσμα, εάν το φαινόμενο διαρκέσει για μεγάλο χρονικό διάστημα, να οδηγήσει στην ταπείνωση των επιπέδων του οξυγόνου και στην αποξυγόνωση του υδάτινου αποδέκτη. Αλλά, ακόμα και με τον θάνατό τους, τα άλγη, παρόλο που η φωτοσύνθεση σταματά, χρησιμεύουν ως τροφή για τους αερόβιους ετεροτροφικούς οργανισμούς που χρησιμοποιούν οξυγόνο. Επιπλέον, από τον θάνατο των αλγών απελευθερώνονται, από την κυτταρική τους δομή, και μεταβιβάζονται στο υδάτινο περιβάλλον άζωτο και φώσφορος αυτοτροφοδοτώντας έτσι το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Η υπέρμετρη ανάπτυξη αλγών στην επιφάνεια του υδάτινου αποδέκτη μπορεί να δημιουργήσει ένα πυκνό στρώμα από άλγη, εμποδίζοντας την μεταβίβαση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας στο νερό και την διέλευση του ηλιακού φωτός, μειώνοντας έτσι την φωτοσυνθετική δραστηριότητα των αλγών που βρίσκονται κάτω από αυτό το πυκνό στρώμα. Αυξάνεται επίσης η πιθανότητα να υποστούν τα νερά του αποδέκτη αποξυγόνωση.

2.4.4 Δείκτες ευτροφίας

Όπως αναφέρθηκε οι δείκτες χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της τροφικής κατάστασης ενός αποδέκτη. Οι κυριότεροι δείκτες που χρησιμοποιούνται είναι αυτοί που αναφέρονται στη συνέχεια.

Συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών

Η θρεπτική ουσία που χρησιμοποιείται ως δείκτης ευτροφισμού στον αποδέκτη είναι ο φώσφορος καθώς αυτός αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των αλγών. Το

φαινόμενο, όμως του ευτροφισμού δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών ουσιών αλλά και από μια σειρά παραγόντων, όπως τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του αποδέκτη, η κατανομή και διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών και η ηλιοφάνεια. Γι' αυτό, δεν υπάρχει πάντα ικανοποιητική αντιστοίχιση μεταξύ συγκέντρωσης θρεπτικών ουσιών και του ευτροφισμού παρά μόνο ενδεικτικές τιμές.

Χαρακτηριστική ένδειξη της ασάφειας που υπάρχει αποτελεί η σοβαρή επικάλυψη τιμών του φωσφόρου που παρατηρείται στην κατάταξη που έγινε για 81 λίμνες των ΗΠΑ από τους Schnoor και Connor: (Ξανθόπουλος κ.ά, 1984)

Ολιγοτροφικές : 3-7 μg/L φωσφόρου

Μεσοτροφικές : 4-11 μg/L φωσφόρου

Ευτροφικές : 6-330 μg/L φωσφόρου

Υπερτροφικές : 68-432 μg/L φωσφόρου

Διαφάνεια

Η ανάπτυξη αλγών στην επιφάνεια των νερών του αποδέκτη έχει ως συνέπεια τη μείωση της διαπερατότητας του ηλιακού φωτός και την μείωση της διαφάνειας. Η μέτρηση της διαφάνειας πραγματοποιείται με τη μέθοδο του δίσκου Secchi (Secchi disk ή SD). Η επιλογή της διαφάνειας ως δείκτη ευτροφισμού δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν δεν υπάρχουν σημαντικές συγκεντρώσεις ανόργανων στερεών τα οποία συντελούν στη μείωση της διαφάνειας, χωρίς, όμως, να προκαλούν ανάπτυξη αλγών. Υπάρχει, όμως, στενή συσχέτιση μεταξύ της διαφάνειας και της συγκέντρωσης του φωσφόρου, καθώς ο φώσφορος είναι συστατικό των ανόργανων ουσιών που μειώνουν την διαφάνεια.

Οξυγόνο

Στα βαθύτερα υδάτινα στρώματα ενός στρωματομένου αποδέκτη υπάρχει μια συνεχής ζήτηση οξυγόνου λόγω των αυξημένων αναπνευστικών αναγκών των βακτηριδίων από την αποσύνθεση της οργανικής ύλης. Η οργανική ύλη αποτελείται, κατά κύριο λόγο, από κύτταρα αλγών και η ζήτηση του οξυγόνου μπορεί να συσχετιστεί με το βαθμό ευτροφίας του αποδέκτη. Σε περιπτώσεις που το υπολίμνιο είναι πολύ μικρό σε σχέση με την πυθμενική έκταση του αποδέκτη ή ανύπαρκτο, έχει προταθεί ένας δείκτης καθαρού ελλείμματος διαλυμένου οξυγόνου (NDO) και ορίζεται ως εξής (Ξανθόπουλος κ.ά., 1984)

$$NDO = \frac{\sum_{i=0}^{i=H} |DO_i| \Delta V_i}{V} \quad (2.3)$$

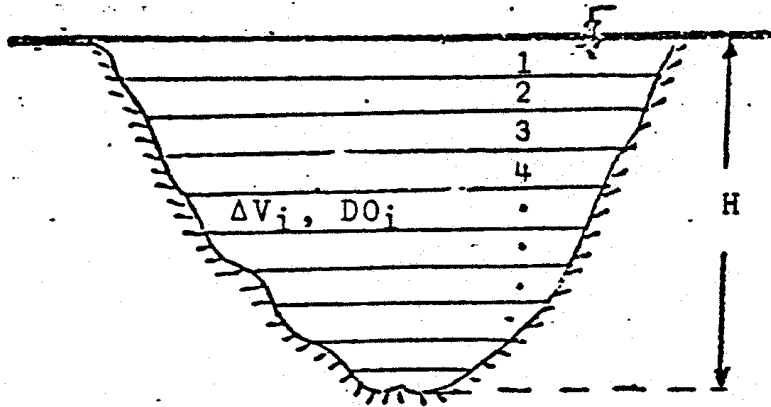
Όπου

H = βάθος αποδέκτη

DO_i = έλλειμμα οξυγόνου για το στρώμα i

ΔV_i = όγκος νερού του στρώματος

V = συνολικός όγκος του αποδέκτη



Σχήμα 2.1: Υπολογισμός NDO

Τα ελλείμματα DO_i προκύπτουν ως διαφορά της συγκέντρωσης κορεσμού κάθε στρώματος και της μετρημένης συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου στο κάθε στρώμα. Κατά τον υπολογισμό του NDO, οι τιμές του DO υπεισέρχονται με τις απόλυτες τιμές, έτσι ώστε τόσο η παραγωγή οξυγόνου λόγω φωτοσύνθεσης στα ανώτερα στρώματα, που είναι δυνατόν να δημιουργήσουν υπερκορεσμό (αρνητικό DO), όσο και η τυχόν ζήτηση οξυγόνου λόγω αποθέσεων που οδηγούν σε έλλειμμα (θετικό DO) να συνυπολογίζονται με τη σωστή τους έννοια κατά την εκτίμηση της ευτροφικής κατάστασης του αποδέκτη. (Ξανθόπουλος κ.ά., 1984)

Χλωροφύλλη

Ο πιο αξιόπιστος δείκτης για της τροφικής κατάστασης των νερών του αποδέκτη είναι η χλωροφύλλη. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όμως, δεν επαρκεί μόνο η μέτρηση της ποσότητας της χλωροφύλλης αλλά πρέπει να γίνονται μετρήσεις της ποικιλίας των ειδών του φυτοπλαγκτού.

Από τους τέσσερις δείκτες που αναλύθηκαν παραπάνω, ο δείκτης που αφορά τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών υπερτερεί των υπολοίπων, διότι αναφέρεται στις αιτίες του ευτροφισμού και όχι στις εκδηλώσεις του, με αποτέλεσμα να μπορεί να περιγράψει καλύτερα τη δυνητικότητα του φαινομένου.

2.5 Μοντέλο των Lathrop et al.

Από τους Lathrop et al. (1997), επειδή η μείωση, όμως, των σημειακών πηγών φωσφόρου μπορεί να είναι ιδιαίτερα ακριβή και πολλές φορές ανέφικτη, καταβλήθηκε προσπάθεια εκτίμησης των μειώσεων που πρέπει να γίνουν στα φορτία φωσφόρου, έτσι ώστε να ελέγχουν τα κυανοπράσινα άλγη στη λίμνη Μεντότα του Γουισκόνσιν.

Για τη μελέτη τους αυτή, οι Lathrop et al χρησιμοποίησαν δεδομένα μετρήσεων για 21 συνεχόμενα έτη, σχετικά με τη ποσότητα και την ποιότητα των υδάτων της λίμνης. Για την ανάλυση τους, χρησιμοποίησαν το ισοζύγιο μάζας του φωσφόρου του Vollenweider εκφρασμένο σε μια διαφορική εξίσωση με ετήσιο χρονικό βήμα ως εξής.

$$M_t - M_{t-1} = L_t - O_t - S_t \quad (2.4)$$

Όπου M_t η μάζα φωσφόρου μέσα στη λίμνη στο τέλος του έτους t .

L_t - η ετήσια μάζα του φωσφόρου που φορτίζει τη λίμνη και προέρχεται από εξωτερικές πηγές κατά το έτος t ,

O_t - η ετήσια μάζα του φωσφόρου που εκρέει κατά το έτος t ,

S_t - η ετήσια μάζα του φωσφόρου που καθιζάνει κατά το έτος t .

Το χρονικό βήμα επέλεξαν να ξεκινά στις 16 Απρίλη για δύο λόγους. Πρώτος λόγος είναι ότι με τις ανοιξιάτικες συγκεντρώσεις μπορεί να γίνει μια αρκετά καλή πρόβλεψη για την καλοκαιρινή χλωροφύλλη. Ενώ, ο δεύτερος λόγος είναι ότι στα μέσα του Απρίλη παρατηρείται η εαρινή μίξη των υδάτων της λίμνης λόγω θερμοκρασιακής αναστροφής.

Για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων που θα επέλθουν από τις αλλαγές στις εισόδους του φωσφόρου, συνδύασαν ένα δυναμικό μοντέλο του φωσφόρου με ένα μοντέλο που προβλέπει τις πυκνότητες των κυανοπράσινων αλγών, από τις συγκεντρώσεις φωσφόρου τον Απρίλιο. Διαιρώντας και τα δυο μέλη της εξίσωσης 2.4 με τον μέσο όγκο της λίμνης μετέτρεψαν τις μάζες σε συγκεντρώσεις.

$$[P]_t = [P]_{t-1} + \left(\frac{((1-R)I_t + U)}{V} \right) - \lambda_t [P]_{t-1} \quad (2.5)$$

Όπου

$[P]_t$ - η συγκέντρωση στα μέσα Απρίλη σε mg/l για το έτος t

V - ο μέσος όγκος της λίμνης

R - η μείωση που θα υποστεί το εισερχόμενο φορτίο P (σημειώνεται ως I_t) που προέρχεται από τη λεκάνη απορροής, μετά τη λήψη μέτρων,

U - το μη ελεγχόμενο φορτίο P από την απορροή μη σημειακών πηγών που δεν υφίσταται μείωση (π.χ. φορτίο εισερχόμενο δια της βροχόπτωσης)

λ_t - εμπειρική παράμετρος απώλειας, αντιστοιχεί στη ποσότητα της συγκέντρωσης του P στα μέσα Απρίλη από το έτος $t-1$ η οποία χάνεται από την εκροή και την καθίζηση έως τα μέσα Απρίλη του έτους t .

Χρησιμοποιώντας την κατανομή πιθανότητας του ετήσιου λ και των εισερχόμενων φορτίων, προέβλεψαν μια κατανομή πιθανότητας των συγκεντρώσεων P για τον μήνα Απρίλιο σε σταθερές συνθήκες, η οποία θα προέρχεται από σενάρια μεταβολών των εισερχόμενων φορτίων, οι οποίες οφείλονται σε αλλαγές στις πολιτικές διαχείρισης. Τα αποτελέσματα αυτά συνδέθηκαν με τις πιθανότητες άνθισης των καλοκαιρινών κυανοπράσινων αλγών.

Για μηδενική μείωση της φόρτισης, η πιθανότητα άνθισης των αλγών (>2 mg/L αλγών) για μια οποιαδήποτε καλοκαιρινή μέρα είναι 60%. Αυτή η πιθανότητα μειώνεται στο 20% με τη μείωση του φορτίου κατά 50%. Η προσέγγιση τους δείχνει πως οι διαχειριστές μπορούν να μειώσουν τη συχνότητα ακραίων γεγονότων, με αποτέλεσμα την βελτίωση της ποιότητας των νερών της λίμνης.

3 Κατάρτιση υδατικών ισοζυγίων σε λίμνες

3.1 Γενικά

Για τη υλοποίηση μέτρων προστασίας και αξιοποίησης των υδατικών πόρων μιας περιοχής είναι απαραίτητη η γνώση των ποσοτήτων νερού που διακινούνται στα πλαίσια του υδρολογικού κύκλου της περιοχής (Ναλμπάντης, 2007). Μέσω των υδατικών ισοζυγίων πραγματοποιείται μια συστηματική παρουσίαση των ποσοτήτων του νερού που προέρχονται από φυσική προσφορά αλλά των ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται, για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό θα πρέπει να περιλαμβάνονται όλες οι μορφές με τις οποίες εμφανίζεται το νερό στην υπό μελέτη περιοχή. Οι ποσότητες, όμως, αυτές παρουσιάζουν μεγάλη αβεβαιότητα γεγονός που οφείλεται είτε σε φυσικές διεργασίες είτε σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στο περιβάλλον. Για το λόγο αυτό, επιλέγονται να χρησιμοποιούνται μερικές μόνο συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου, θεωρώντας αμελητέα ορισμένα μεγέθη και να παραλειφθούν κατά την κατάρτιση του υδατικού ισοζυγίου της υπό μελέτη λεκάνης.

Η κατάρτιση των υδατικών ισοζυγίων απαιτεί τις ακόλουθες εργασίες:

- Προσδιορισμός πηγών και χρήσεων του νερού
- Μέσω ποιοτικής και ποσοτικής αποτίμησης των πηγών και των χρήσεων, εκτίμηση της ζήτησης του νερού.
- Έλεγχος καταλληλότητας των διαθέσιμων δεδομένων

Τα υδατικά ισοζύγια είναι χρήσιμα για τα παρακάτω:

- Το υδατικό ισοζύγιο αποτελεί το μέσο για τον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων στα δεδομένα έτσι ώστε να βελτιωθούν στο μέλλον, καθώς εκτιμά την ποσότητα την ακρίβεια και την αξιοπιστία της διαθέσιμης πληροφορίας σχετικά με το νερό της περιοχής μελέτης.
- Το υδατικό ισοζύγιο προσφέρει μια ακριβή απεικόνιση της προφοράς και των χρήσεων του νερού δίνοντας, έτσι, τη δυνατότητα καλύτερης διερεύνησης, μέσω μελετών, των δυνατοτήτων για την εξοικονόμηση νερού.
- Τα υδατικά ισοζύγια επιτρέπουν τη μελέτη των επιπτώσεων που θα επέλθουν στους υδατικούς πόρους μιας περιοχής, από την κατασκευή και λειτουργία έργων για την αξιοποίηση των υδατικών της πόρων.
- Τα υδατικά ισοζύγια επιτρέπουν τη μελέτη της αφομοιωτικής ικανότητας υδάτινων αποδεκτών.

3.2 Συνιστώσες υδατικού ισοζυγίου

Σε ένα υδατικό ισοζύγιο, θα πρέπει να περιλαμβάνονται όλα τα μεγέθη, εκείνα, τα οποία σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους της υπό μελέτη περιοχής. Συνήθως, λαμβάνονται

υπόψη τα μεγέθη που αντιστοιχούν σε σημαντικές ποσότητες νερού. Οι συνιστώσες της φυσικής προσφοράς είναι (Ναλμπάντης, 1995):

- Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.
- Απορροή υδατορευμάτων που οφείλεται στη βροχόπτωση, την τήξη χιονιού, την τροφοδοσία από υπόγεια νερά, την εκροή από ανάντη ταμιευτήρα ή τη ροή επιστροφής.
- Αποθέματα επιφανειακού σε τεχνητούς ταμιευτήρες ή φυσικές λίμνες.
- Απόληψη από υπόγεια νερά.
- Αποθέματα υπόγειου νερού.
- Νερό από μεταφορά από γειτονική ή απομακρυσμένη λεκάνη.
- Ροή επιστροφής που καταλήγει σε υδατόρευμα ή υπόγειο υδροφορέα μετά από συγκεκριμένη χρήση νερού.
- Υφάλμυρο νερό που είναι κατάλληλο μόνο για ορισμένες χρήσεις.

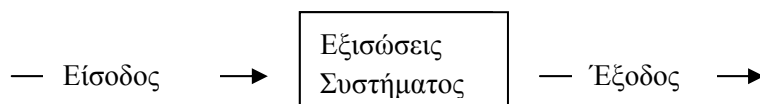
Οι συνιστώσες χρήσεων αντιστοιχούν είτε σε καταναλωτικές χρήσεις είτε σε μη καταναλωτικές χρήσεις και φυσικές απώλειες. Οι συνιστώσες των χρήσεων είναι (Ναλμπάντης, 1995):

- Νερό για αγροτικές χρήσεις.
- Νερό ύδρευσης για οικιακή χρήση, σε γραφεία, εμπορικές και βιοτεχνικές επιχειρήσεις δημόσιες και δημοτικές χρήσεις.
- Νερό βιομηχανικής χρήσης σε σημαντικές βιομηχανικές μονάδες.
- Δικαιώματα χρήσης νερού.
- Ελάχιστη εξασφαλισμένη παροχή υδατορεύματος για τη διατήρηση ποτάμιων οικοσυστημάτων, τη διατήρηση της ποιότητας νερού, την αντιμετώπιση της υφαλμύρωσης υπόγειων νερών.
- Ελάχιστη εξασφαλισμένη παροχή υδατορεύματος για τη ναυσιπλοΐα και αναψυχή.
- Φυσικές απώλειες όπως εξάτμιση από ελεύθερη επιφάνεια νερού, η εξατμισοδιαπνοή από εδαφική επιφάνεια και διήθηση νερού στο έδαφος.
- Μετεωρολογικές μεταβλητές για τον έμμεσο υπολογισμό των απωλειών από εξάτμιση και εξατμισοδιαπνοή.

3.3 Εκτίμηση απορροής με μοντέλα βροχόπτωσης – απορροής

3.3.1 Γενικά

Το σύνολο των μαθηματικών εξισώσεων οι οποίες, προσεγγιστικά, απεικονίζουν το σύστημα των αλληλοσχετιζόμενων διεργασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την διαδικασία μετατροπής της βροχόπτωσης σε απορροή αποτελεί ένα υδρολογικό μοντέλο. Σχηματικά ένα υδρολογικό μοντέλο θα μπορούσε να παρασταθεί σχηματικά ως:



Σχήμα 3.1: Γενική αναπαράσταση μοντέλου

Τα δεδομένα εισόδου στο παραπάνω σχήμα αναφέρονται σε μετεωρολογικές μεταβλητές, όπως ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου κ.ά.. Οι εξισώσεις του συστήματος είναι οι μαθηματικές σχέσεις με τις οποίες προσεγγίζονται οι φυσικές διαδικασίες της μετατροπής της βροχής σε απορροή, όπως κατακράτηση, εξατμισοδιαπνοή, διήθηση, επιφανειακή απορροή, υποδερμική ροή, εδαφική υγρασία, αποθήκευση υπόγειου ορίζοντα. Στην έξοδο λαμβάνεται η υπολογισμένη απορροή.

Τα μοντέλα βροχόπτωσης απορροής χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες. Ο πλέον συνήθης διαχωρισμός τους είναι σε:

- Μοντέλα μεμονωμένου υδρολογικού γεγονότος και συνεχή, ανάλογα με το πλήθος των στοιχείων εισαγωγής.
- Συγκεντρωτικά ή αδρομερή μοντέλα και κατανεμημένα μοντέλα, ανάλογα με την ύπαρξη ή μη ομογένειας των κατανομών στην επιφάνεια της λεκάνης απορροής των μεγεθών εισόδου και εξόδου.

3.3.2 Το μοντέλο «Ζυγός»

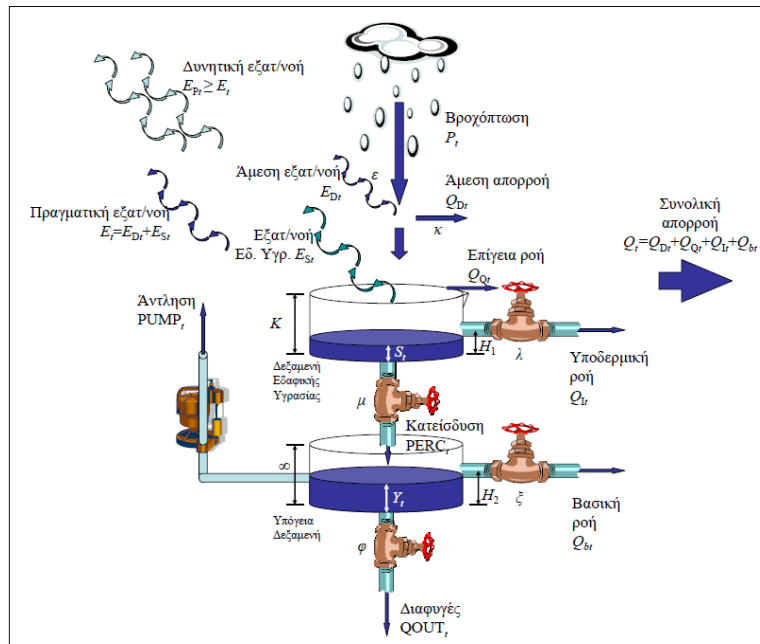
Το μοντέλο «Ζυγός» είναι ένα υποσύστημα του λογισμικού «Υδρογνώμων» και βασίζεται στο μοντέλο του απλού υδατικού ισοζυγίου για τον υπολογισμό της απορροής με κύρια στοιχεία εισόδου δεδομένα βροχής.

Εντάσσεται στην κατηγορία των συγκεντρωτικών εννοιολογικών μοντέλων υδατικού ισοζυγίου, που έχουν τύχει ευρείας εφαρμογής διεθνώς, καθώς χρησιμοποιώντας απλές υποθέσεις σχετικά με τη λειτουργία των φυσικών μηχανισμών και μικρό πλήθος παραμέτρων, επιτυγχάνουν καλή προσαρμογή, ακόμη και στην περίπτωση εξαιρετικά πολύπλοκων συστημάτων (Κοζάνης κ.ά., 2005).

Μέσω του μοντέλου «Ζυγός» υλοποιείται η προσομοίωση των επιφανειακών διεργασιών της λεκάνης, η οποία αποσκοπεί στον επιμερισμό της βροχόπτωσης σε απορροή, απώλειες εξάτμισης και διαπνοής, και κατείσδυσης. Επιπλέον, προσομοιώνονται οι υπόγειες υδρολογικές διεργασίες σε υποτιθέμενο υπόγειο υδροφορέα που υπόκειται της λεκάνης και αποσκοπεί στον επιμερισμό της κατείσδυσης σε βασική απορροή και υπόγειες διαφυγές εκτός λεκάνης. Με τον τρόπο αυτό, το πολύπλοκο υδρολογικό σύστημα μιας λεκάνης απορροής αναπαριστάται, εννοιολογικά, μέσω των δυο επάλληλων δεξαμενών, της δεξαμενής εδαφικής υγρασίας και της δεξαμενής υπόγειου νερού (Κοζάνης κ.ά., 2005).

Ουσιαστικά το μοντέλο αποτελείται από δυο μεγάλες δεξαμενές εκ των οποίων η πρώτη ονομάζεται «Δεξαμενή Εδαφικής Υγρασίας» και έχει 7 μεταβλητές ελέγχου. Οι μεταβλητές αυτές είναι: ε , κ , K , S_o , λ , H_1 , μ . Στον πίνακα 3.1 δίνονται οι ορισμοί κάθε παραμέτρου. Η δεύτερη δεξαμενή, η «Υπόγεια Δεξαμενή» υπόκειται της πρώτης δεξαμενής και αναπαριστά έναν ιδανικό υπόγειο υδροφορέα άπειρης χωρητικότητας. Η δεξαμενή αυτή έχει 4 μεταβλητές ελέγχου, οι οποίες είναι: Y_o , ζ , H_2 , φ .

Στο Σχήμα 3.2 απεικονίζεται η δομή και ο τρόπος λειτουργίας του μοντέλου. Οι κρουνοί αναπαριστούν τις αδιάστατες παραμέτρους, όπου μία μηδενική τιμή αντιπροσωπεύει έναν κλειστό κρουνό που δεν επιτρέπει την ροή, ενώ μία τιμή κοντά στην μονάδα αντιπροσωπεύει την δυνατότητα πλήρους στράγγισης. Έτσι, θέτοντας κάποιες αδιάστατες παραμέτρους σταθερά μηδενικές (κλείσιμο των κρουνών), έχουμε την δυνατότητα να απλοποιήσουμε το μοντέλο μειώνοντας τους βαθμούς ελευθερίας.



Σχήμα 3.2: Σχηματική παράσταση αδρομερούς μοντέλου βροχόπτωσης-απορροής «Ζυγός»

Δεδομένα εισόδου του συγκεκριμένου μοντέλου είναι:

- οι χρονοσειρές βροχόπτωσης, P_t ,
- δυναμικής εξατμοδιαπνοής, EP_t , καθώς και
- απόληξης υπόγειου νερού $PUMP_t$.

Όλες οι χρονοσειρές θεωρούνται ολοκληρωμένες σε κλίμακα λεκάνης και δίνονται στη μορφή ισοδύναμου ύψους νερού.

Ο «Υδρογνώμων» ελέγχει τις χρονοσειρές εισόδου ώστε να έχουν το ίδιο χρονικό βήμα και χωρίς κενά ή ελλείψεις. Η ύπαρξη τυχόν ελλείψεων επισημαίνεται στον χρήστη ο οποίος καλείται να ορίσει μία «συμπαγή» περίοδο. Αυτή η απαίτηση δεν ισχύει για την μετρημένη απορροή που χρησιμοποιείται στην βαθμονόμηση του μοντέλου.

Στην πλήρη μορφή του, το μοντέλο εκτιμά:

- την απορροή στην έξοδο της λεκάνης, Q_t
- την πραγματική εξατμοδιαπνοή, E_t
- την κατείσδυση νερού προς τον υπόγειο υδροφόρα, $PERC_t$
- τις διαφυγές εκτός λεκάνης, Q_{out_t}
- την αποθήκευση εδαφικής υγρασίας, S_t
- την αποθήκευση υπόγειου νερού, Y_t

Τα παραπάνω μεγέθη εξάγονται από το λογισμικό «Υδρογνώμων» σε μορφή χρονοσειρών ίδιου χρονικού βήματος με τις χρονοσειρές εισόδου.

Οι παράμετροι του μοντέλου παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Παράμετροι του αδρομερούς μοντέλου βροχόπτωσης – απορροής «Ζυγός»

Παράμετρος	Περιγραφή	Διαστάσεις
ε	Ποσοστό βροχόπτωσης που διατίθεται για ικανοποίηση άμεσης εξατμισοδιαπνοής	Αδιάστατο
κ	Ποσοστό περίσσειας βροχόπτωσης που εμφανίζεται άμεση απορροή	Αδιάστατο
K	Χωρητικότητα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας	[L]
S_0	Αρχικό απόθεμα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας	[L]
λ	Ρυθμός εκφόρτωσης δεξαμενής εδαφικής υγρασίας για παραγωγή υποδερμικής ροής	Αδιάστατο
H_1	Κατώφλι αποθέματος δεξαμενής εδαφικής υγρασίας για παραγωγή υποδερμικής ροής	[L]
μ	Ρυθμός εκφόρτισης δεξαμενής εδαφικής υγρασίας για παραγωγή κατεισδυσης	Αδιάστατο
Y_0	Αρχικό απόθεμα δεξαμενής υπόγειου νερού	[L]
ξ	Ρυθμός εκφόρτωσης δεξαμενής υπόγειου νερού για παραγωγή βασικής ροής	Αδιάστατο
H_2	Κατώφλι αποθέματος δεξαμενής υπόγειου νερού για παραγωγή βασικής ροής	[L]
φ	Ρυθμός εκφόρτισης δεξαμενής υπόγειου νερού για παραγωγή υπόγειας διαφυγής	Αδιάστατο

Αρχικά το μοντέλο εκτιμά την άμεση εξατμισοδιαπνοή από τη σχέση

$$E_{Dt} = \min(\varepsilon P_t, E_{pt}) \quad (3.1)$$

Στη συνέχεια, το περίσσειμα βροχόπτωσης μετά την κάλυψη της άμεσης εξατμισοδιαπνοής μετατρέπεται, κατά ένα ποσοστό κ , σε άμεση απορροή

$$Q_{Dt} = \kappa(P_t - E_{Dt}) \quad (3.2)$$

Η παράμετρος κ που εκφράζει το ποσοστό της αδιαπέρατης επιφάνειας δε θα πρέπει να υπεισέρχεται στην εδαφική δεξαμενή αλλά θα πρέπει να είναι ανεξάρτητη από αυτή. Η άμεση απορροή που προέρχεται από τους αδιαπέρατους σχηματισμούς είναι μια διαδικασία που προηγείται χρονικά της διήθησης στο έδαφος.

Στη συνέχεια, η διαθέσιμη εδαφική υγρασία S_{init} που είναι ίση με το άθροισμα της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας και της περίσσειας της βροχόπτωσης, όταν ξεπεράσει τη χωρητικότητα της δεξαμενής της εδαφικής υγρασίας K , θα απορρεύσει ως επίγεια ροή Q_{Qt}

$$Q_{Qt} = \max(0, S_{init} - K) \quad (3.3)$$

Μετά την πραγματοποίηση της εδαφικής εξατμισοδιαπνοής ακολουθεί η πραγματοποίηση της υποδερμικής ροής

$$Q_{It} = \max\{0, \lambda(S_{init} - H_1)\} \quad (3.4)$$

Η κατείδυση στον υπόγειο υδροφορέα είναι

$$PREC_t = \max(0, \mu S_{init}) \quad (3.5)$$

Όσο αφορά τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στην Υπόγεια δεξαμενή ισχύουν τα εξής: η δεξαμενή αυτή δέχεται ένα ποσοστό του νερού από την κατείδυση, ενώ ένα άλλο ποσοστό αφαιρείται μέσω αντλήσεων. Συνεπώς, το νερό που είναι διαθέσιμο για άλλες διεργασίες είναι ίσο με

$$Y_{init} = Y_{t-1} + PERC_t - PUMP_t \quad (3.6)$$

Η βασική ροή Q_{bt} δημιουργείται όταν το διαθέσιμο απόθεμα νερού υπερβεί το κατώφλι H_2

$$Q_{bt} = \max\{0, \xi(Y_{init} - H_2)\} \quad (3.7)$$

Ως τελευταία διεργασία είναι οι διαφυγές εκτός λεκάνης

$$QOUT = \varphi Y_{init} \quad (3.8)$$

Κάθε δεξαμενή αναπαριστά μια στοιχειώδη φυσική διαδικασία που πραγματοποιείται κατά τη διαδρομή του νερού από τη βροχόπτωση που διηθείται στο έδαφος. Η δεξαμενή έχει ως εξόδους την πραγματική εξατμισοδιαπνοή, την άμεση απορροή, την υποδερμική ροή και την τροφοδοσία της δεξαμενής υπόγειου νερού. Η πλημμυρική παροχή συμβαίνει όταν υπερχειλίζει η εδαφική δεξαμενή, δηλαδή όταν η καθαρή εισροή ξεπεράσει τη χωρητικότητα της. Η δεξαμενή υπόγειου νερού περιέχει την ποσότητα του νερού που διηθείται από τη υπερκείμενη δεξαμενή εδαφικής υγρασίας και έχει ως εξόδους τη βασική απορροή που απορρέει στο υδατόρευμα και τις διαφυγές. Με τον όρο διαφυγές εννοείται η ποσότητα του νερού που τροφοδοτεί κατάντη υδροφόρα στρώματα και, στη συνέχεια, είτε διατηρείται εκεί είτε καταλήγει σε πηγές και στη θάλασσα.

4 Η Λίμνη Ιωαννίνων (Παμβώτις)

4.1 Η λεκάνη της λίμνης

4.1.1 Φυσική περιγραφή της λεκάνης απορροής

Το λεκανοπέδιο των Ιωαννίνων, δηλαδή η αρχαία Ελλοπία, με την ονομαστή λίμνη Παμβώτιδα, καταλαμβάνει το κεντρικό τμήμα του νομού Ιωαννίνων. Η λεκάνη απορροής της λίμνης Ιωαννίνων είναι μια κλειστή υδρολογική λεκάνη εκτάσεως 479 km².

Τα κυριότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης είναι οι ψηλές επιμήκεις οροσειρές και οι στενές κοιλάδες. Το συγκεκριμένο μορφολογικό ανάγλυφο οφείλεται αφενός στη γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής και αφετέρου στη λιθολογική αντίθεση που υπάρχει μεταξύ των ασβεστολιθικών και των αργιλοσαμμιτικών πετρωμάτων του φλύσχη.

Οι ορεινοί σχηματισμοί της λεκάνης καταλαμβάνουν ένα μεγάλο τμήμα της. Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης βρίσκεται στο όρος Μιτσικέλι, που καταλαμβάνει το βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης και έχει υψόμετρο 1810 m. Οι πεδινές περιοχές της λεκάνης απορροής καταλαμβάνουν ένα μικρό ποσοστό της εδαφικής της έκτασης, αφού καταλαμβάνουν περίπου 140 km² σε υψόμετρο 470-500 m (Ξανθόπουλος κ.ά., 1984).

Βορειότερα της λίμνης Παμβώτιδας, εντός της πεδινής έκτασης της λεκάνης, βρίσκεται σήμερα η τελματώδης έκταση της λίμνης της Λαψίστας, με έκταση περίπου 10 km² (Ξανθόπουλος κ.ά., 1984), η οποία αποξηράνθηκε με τεχνητή αποχέτευση των υδάτων της προς τον Καλαμά και αποδόθηκε στην καλλιέργεια.

4.1.2 Γεωλογία – Υδρογεωλογία

Σύμφωνα με μελέτη του Υπουργείου ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., για τη διερεύνηση της ποιότητας και αφομοιωτικής ικανότητας των νερών του ποταμού Καλαμά και της λίμνης Ιωαννίνων (Ξανθόπουλος κ.ά., 1984), το μεγαλύτερο ποσοστό των ορεινών σχηματισμών αποτελούνται από ασβεστολιθικούς σχηματισμούς, ενώ, σε ένα πολύ μικρό ποσοστό, στα ανατολικά και νοτιοανατολικά της λίμνης, εμφανίζεται ο φλύσχη.

Το Μιτσικέλι, όπως προαναφέρθηκε, είναι ο κυριότερος και υψηλότερος ορεινός όγκος ο οποίος αποτελεί τον σημαντικότερο τροφοδότη υπόγειου νερού της λεκάνης. Ο σχηματισμός αυτός αποτελεί μεγάλο αντίκλινο, ελαφρά κεκλιμένο προς τα βορειοανατολικά και αποτελείται από έντονα καρστικοποιημένα ασβεστολιθικά πετρώματα, με εμφάνιση πολλών επιφανειακών καρστικών μορφών, οι οποίες αποτρέπουν την επιφανειακή απορροή. Επίσης, αποτελείται και από φλύσχη, που εμφανίζεται στις βορειοανατολικές κλιτύες και καμπτόμενος από το νότο καλύπτει τα υψώματα των νοτιοανατολικών παρυφών.

Οι κυριότερες εκφορτίσεις του καρστικού συστήματος Μιτσικελίου δίνονται στη συνέχεια.

1. Η πηγή (Εσταβέλλα) Δραμπάτοβα, η οποία αναβλύζει σε υψόμετρο 469.7 m στην βορειοανατολική όχθη της Λίμνης και πρόκειται για Εσταβέλλα δεδομένου ότι λειτουργεί τότε σαν πηγή και τότε σαν καταβόθρα.

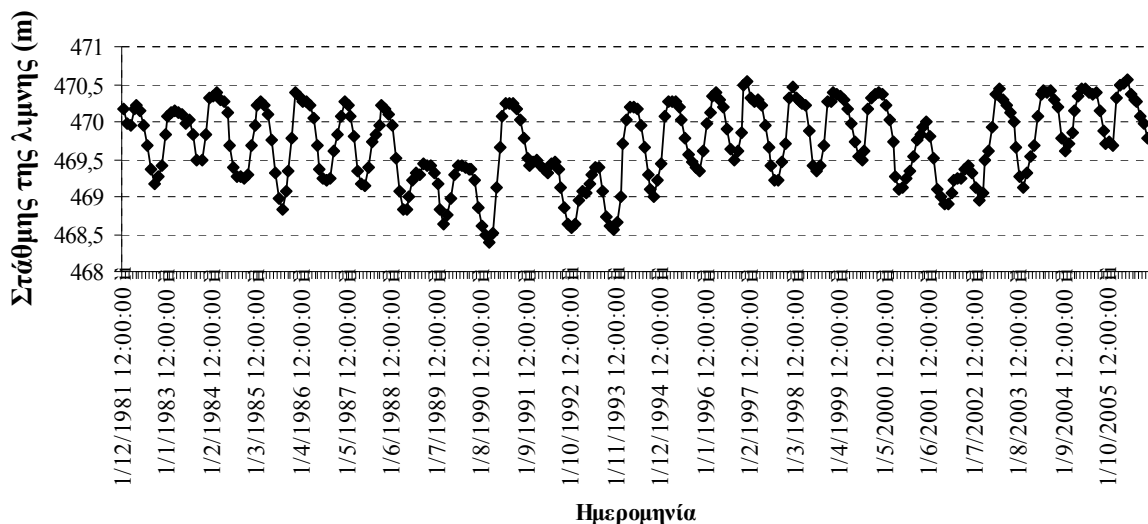
2. Οι πηγές Αμφιθέας (Κιόσκι), βρίσκεται σε απόσταση 150 m βορειοδυτικά της Δραμπάτοβας και σε υψόμετρο 469.7 m. Από εκεί αναβλύζουν οι πηγές Κιόσκι οι οποίες παλαιότερα τροφοδοτούσαν την Παμβώτιδα λίμνη.
3. Η πηγή Σαντινίκου (Πέραμα), αναβλύζει στη παραλίμνια περιοχή του Περάματος στην επαφή κορημάτων και αργιλοτυρφώνων. Το μέσο απόλυτο υψόμετρο στάθμης του νερού της πηγής κυμαίνεται από 469.10-472.8 m, γεγονός που φανερώνει την διακύμανση της στάθμης του καρστικού υδροφόρου. Τον κύριο υδροφορέα αποτελούν οι ηωκαινικοί - κρητιδικοί ασβεστόλιθοι. Η περιοχή τροφοδοσίας των πηγών εκτιμάται στα 30 km² και περιλαμβάνει το νοτιοδυτικό τμήμα του Μιτσικελίου το υπερυψούμενο της λίμνης των Ιωαννίνων.
4. Η κατασκευή του αργιλικού αναχώματος, το 1974, κατά μήκος της βορειοανατολικής όχθης της λίμνης από την Αμφιθέα έως το Πέραμα, απέκοψε από την λίμνη τις πηγές Κιόσκι και Σαντινίκου, το νερό των οποίων σήμερα ρέει στην τάφρο Λαψίστας και στη συνέχεια στον Καλαμά.
5. Η πηγή Κρύας, αναβλύζει σε υψόμετρο 469.73 m στην επαφή κορημάτων και αργιλωδών αποθέσεων της τεκτονοκαρστικής κοιλότητας (πόλγης). Η ανάβλυση, όπως και στην πηγή Σαντινίκου, δεν είναι σημειακή αλλά διάσπαρτη σε ένα μέτωπο ακτίνας περίπου 50 m. Τα κύρια σημεία ανάβλυσης είναι τρία, αλλά εκτός αυτών, υπάρχει ένα πλήθος άλλων αναβλύσεων είτε υπό μορφή ανοδικών πηγών στην κοίτη των υδρορευμάτων που σχηματίζουν οι κύριες αναβλύσεις είτε υπό μορφή διάχυτων εκφορτίσεων. Ως προς τον μηχανισμό λειτουργίας της, η πηγή στο σύνολο της μπορεί να χαρακτηριστεί ως πηγή επαφής και εκχείλισης.
6. Η πηγή Τούμπα, αναβλύζει στην αξονική περιοχή της λεκάνης κατάντη του οικισμού Περίβλεπτος σε υψόμετρο 465.6 m. Στο σημείο ανάβλυσης σχηματίζεται λίμνη περίπου 30 στρεμμάτων και μεγίστου βάθους περίπου 15 m. Η περιοχή της λίμνης καλύπτεται από τυρφώνες και τυρφώδεις μάργες πάχους περίπου 14 m (στην περίμετρο της λίμνης). Κάτω από αυτά τα ιζήματα αναπτύσσεται μια μικτή φάση από λιμναία ιζήματα και χειμαρρώδεις προσχώσεις πάχους περίπου 10 m. Τα ημιπερατά αυτά ιζήματα επικάθηνται ενός στρώματος αργιλωδών αμμοχάλικων το οποίο αποτελεί υδροφόρο που τροφοδοτεί την πηγή. Το στρώμα αυτό έρχεται σε επαφή με τους ασβεστόλιθους του Μιτσικελίου και αποτελεί υπόλειμμα παλαιότερης λίμνης Λαψίστας η οποία καταλάμβανε έκταση 10 km² περίπου και η οποία αποξηράνθηκε. Η στάθμη της λίμνης των πηγών αντιπροσωπεύει την πιεζομετρική επιφάνεια του υδροφόρου πράγμα που σημαίνει ότι κάτω από αυτή βρίσκονται σημαντικά υδροαποθέματα (Υπουργείο Ανάπτυξης, 2004).

Η πεδινή έκταση δημιουργήθηκε από σχηματισμούς που έχουν αποτεθεί και έχουν γεμίσει βυθίσματα και ρήγματα που δημιουργήθηκαν από τη δράση τεκτονικών κινήσεων της αλπικής ορογένεσης. Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν δημιουργηθεί από την απόθεση υλικών που προέρχονται από την διάβρωση και αποσάθρωση παλαιότερων σχηματισμών. Πρόκειται για υλικά ποικίλης λιθολογικής σύστασης και αναλογίας τα οποία είναι συνήθως σε προσμίξεις ή ακανόνιστες εναλλαγές στρώσεων. Πολλές φορές, παρατηρείται εντός των σχηματισμών ίδιας ηλικίας, η εναλλαγή χερσαίας, θαλάσσιας και λιμναίας φάσης. Οι επικρατούντες λιθολογικοί τύποι είναι άμμοι, αμμούχες άργιλοι, ιλυώδεις άμμοι, πηλοί, χάλικες, ψηφίδες, λατύπες, κροκάλες και ημισυνεκτικοί ψαμμίτες, ψηφιδοπαγή και κροκαλοπαγή. Το πάχος τους ανέρχεται σε λίγες δεκάδες μέτρα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα ιζήματα της πεδινής εκτάσεως είναι αργιλικής σύστασης και συνεπώς αδιαπέρατα. Υπάρχουν όμως και διαπερατές στρώσεις, όπως ιλύς και τύρφη, επιτρέποντας τις υδατικές μεταγγίσεις, επιτρέποντας τον σχηματισμό υψηλού υδροφόρου ορίζοντα στο πεδινό τμήμα της λεκάνης. Το υπόβαθρο της λίμνης είναι λιμναίες αποθέσεις πάχους μεγαλύτερου των 70 με 80 m. Ενώ το μεγαλύτερο τμήμα της πεδιάδας γύρω από τη λίμνη καταλαμβάνεται από αποθέσεις αλλούβιου, των οποίων η υδροπερατότητα διαφέρει σημαντικά. Σαν σύνολο όμως, λόγω του αυξημένου ποσοστού αργιλικού υλικού, έχει χαμηλό συντελεστή διαπερατότητας.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι λόγω του μεγάλου πάχους των αποθέσεων με χαμηλό συντελεστή διαπερατότητας, αποκλείεται να έχουμε σημαντικές διαρροές από τη λίμνη. Σε αυτό συνηγορεί και η παρατήρηση ότι η στάθμη της λίμνης, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, δεν έχει ταπεινωθεί ούτε στα πιο ξηρά υδρολογικά έτη. Οπότε, η τροφοδότηση από τους πλευρικούς ορίζοντες, που είναι και ασθενείς, δε θα ήταν σημαντική ακόμα και αν αυτοί επικοινωνούσαν με τους καρστικούς ορίζοντες.

**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1981 ΕΩΣ 2006**



Σχήμα 4.1: Διακύμανση στάθμης λίμνης Ιωαννίνων (Πηγή : Υπουργείο Ανάπτυξης, 2004)

4.1.3 Κλίμα

Στο Νομό Ιωαννίνων κυριαρχεί κλίμα ηπειρωτικού τύπου. Πρόκειται για κλίμα μεταβατικό από το Μεσογειακό με τάση προς το Μεσευρωπαϊκό, διατηρώντας, όμως, τα χαρακτηριστικά του Μεσογειακού τύπου. Συναντάται στο εσωτερικό της Ηπείρου με εξαίρεση τους ορεινούς τόπους. Χαρακτηρίζεται από ψυχρό χειμώνα, πλούσιο σε βροχές και ζεστό καλοκαίρι με λίγες τοπικές βροχές. Οι χειμερινοί μήνες χαρακτηρίζονται από έντονες χιονοπτώσεις και βροχοπτώσεις. Ενδιαφέρον κλιματικό στοιχείο, το οποίο συνεπάγεται οι υψηλές βροχοπτώσεις, αποτελούν οι καταιγίδες, που εμφανίζονται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Το φθινόπωρο είναι περισσότερες από αυτές της άνοιξης, επειδή την εποχή αυτή επικρατεί έντονη ατμοσφαιρική δράση, ενώ την άνοιξη ο καιρός είναι σταθερός.

Η κλειστή λεκάνη των Ιωαννίνων χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλή υγρασία, με μέση τιμή το 68.6%, η οποία οφείλεται στις άφθονες βροχές, στα επιφανειακά νερά, στους νότιους και

νοτιοδυτικούς υγρούς ανέμους που πνέουν στη περιοχή και, γενικότερα, στη γεωγραφική της θέση και την τοπογραφική της διαμόρφωση.

Η θερμοκρασία τη χειμερινή εποχή φθάνει σε χαμηλά επίπεδα και οι παγετοί είναι συνήθεις από το Νοέμβριο μέχρι τον Απρίλιο. Ο Ιανουάριος είναι ο ψυχρότερος μήνας του χρόνου ενώ ο θερμότερος μήνας του έτους είναι ο Ιούλιος. Ο χειμώνας είναι παρατεταμένος, η άνοιξη συνήθως βραχείας διάρκειας, το θέρος θερμό και το φθινόπωρο σχετικά παρατεταμένο.

Η κλειστή λεκάνη Ιωαννίνων, και γενικότερα το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου, χαρακτηρίζεται από πολλές και παρατεταμένες βροχές, κυρίως κατά τη διάρκεια της περιόδου Οκτωβρίου - Μαρτίου.

4.2 Φυσική περιγραφή της λίμνης - Χαρακτηριστικά

4.2.1 Ιστορικές αναφορές για την λίμνη Ιωαννίνων

Το όνομα της λίμνης, Παμβώτις, αναφέρεται για πρώτη φορά τον 12^ο αιώνα από τον Ευστάθιο σε σχόλια που έγραψε για την Οδύσσεια. Η ύπαρξη όμως της λίμνης προκύπτει από βυζαντινές αναφορές σχετικά με την ίδρυση του φρουρίου των Ιωαννίνων (527-528 μ.Χ.) σύμφωνα με τις οποίες, ο αυτοκράτορας Ιουστινιανός, εκτιμώντας τη στρατηγική σπουδαιότητα του λεκανοπεδίου και θέλοντας να ενισχύσει την εγκαταλειμμένη από τις αδιάκοπες επιδρομές περιοχή, υποχρέωσε τους κατοίκους της παλαιάς Εύροιας της Θεσπρωτίας να μετοικήσουν στη χερσόνησο, όπου σήμερα βρίσκεται το κάστρο των Ιωαννίνων.

Σχετικά με το σχηματισμό της λίμνης έχει διατυπωθεί η άποψη, ότι ανάγεται σε πολύ παλαιούς χρόνους. Αυτή η άποψη ενισχύεται από παρατηρήσεις, στο ασβεστόχο υπέδαφος του αποξηραμένου έλους της Λαψίστας, το οποίο βρίσκεται βόρεια της λίμνης, υδρόβιων οργανισμών και εναποθηκεύσεων της άλλοτε ενιαίας λίμνης, στοιχεία που μαρτυρούν ένα πολύ παλαιό σχηματισμό της λίμνης, όπως των λιμνών της Κεντρικής Ευρώπης.

Σε πρόσφατες ανασκαφές, που πραγματοποιήθηκαν από την Αρχαιολογική και Ανθρωπολογική Σχολή του Cambridge, σε μία παλαιολιθική σπηλιά στους δυτικούς πρόποδες του λόφου της Καστρίτσας, στα νότια της λίμνης, διαπιστώθηκε στο στόμιο της σπηλιάς, σε βάθος 6 μέτρων από τη σημερινή επιφάνεια του δρόμου, ένα στρώμα αμμουδιάς, από λιμναία χαλίκια, άμμο και στρείδια γλυκών νερών και ενώ η εσωτερική επιφάνεια του βράχου ήταν τραχιά, η εξωτερική ήταν λεία, από τη μηχανική ενέργεια των κυμάτων της λίμνης. Επίσης, παρατηρήθηκαν ίχνη ανθρώπινης εγκατάστασης, όπως λίθινα εργαλεία, κόκαλα, υπολείμματα τροφής. Πιστεύεται ότι η στάθμη της λίμνης υψώθηκε τρεις φορές κατά 3.20 μέτρα τουλάχιστο στην περίοδο 26.000 - 20.000 χρόνια πριν από σήμερα, και τα νερά της έφτασαν ως την είσοδο της σπηλιάς, και τρεις φορές αποσύρθηκαν επιτρέποντας την εγκατάσταση του παλαιολιθικού κυνηγού μέσα στη σπηλιά.

Η εποχή αυτή συμπίπτει με την έξαρση του ψύχους και με τη μεγαλύτερη εξάπλωση των παγετώνων στην Ευρώπη. Την περίοδο αυτή, στην Ήπειρο, επικράτησαν βροχερές κλιματολογικές συνθήκες, οι οποίες διατάραξαν αισθητά την υδρολογική ισορροπία της λίμνης προκαλώντας την ανύψωση της στάθμης πάνω από 3 μέτρα. Στις περιόδους αυτές το έλος της Λαψίστας μαζί με τη σημερινή λίμνη, αποτελούσαν μία ενιαία και μεγάλη λίμνη, με τα νερά να καλύπτουν μια μεγάλη έκταση μεταξύ Κατσικά, Καστρίτσας, Λογγάδων, Περάματος, Ασφάκας και Ροδοτοπίου.

Με τη λήξη της παγετωνικής περιόδου και την έναρξη των νεοθερμικών χρόνων, η λίμνη φαίνεται ότι επανήλθε στην ισοστατική της κατάσταση. Τούτο μπορεί να υποστηριχθεί και από τις ανασκαφές στον προϊστορικό συνοικισμό της Καστρίτσας, που έφεραν στο φως ευρήματα προϊστορικού συνοικισμού σε βάθος 3 - 4 μέτρων από τη σημερινή επιφάνεια, που φτάνουν ως τη Μέση Νεολιθική περίοδο. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι η λίμνη την εποχή εκείνη δεν έφτανε ως το χώρο του προϊστορικού συνοικισμού, ο οποίος υπερέρχει μόλις 2 - 3 μέτρα από την επιφάνεια της λίμνης.

4.2.2 Φυσική περιγραφή της λίμνης Ιωαννίνων

Η λίμνη Ιωαννίνων ή λίμνη Παμβώτιδα βρίσκεται στο κέντρο του κλειστού οροπεδίου των Ιωαννίνων. Η γεωγραφική της θέση είναι 39°39' Βόρεια, 20°51' Ανατολικά. Έχει έκταση 20 km² περίπου, έχει μέγιστο μήκος περίπου 7.5 km, ενώ το πλάτος κυμαίνεται από 1.5 έως 5 km, το μέσο βάθος υπολογίζεται στα 4.23 μέτρα με μέγιστο βάθος τα 10.8 μέτρα. Ο μέσος όγκος της λίμνης που αντιστοιχεί στη μέση στάθμη είναι

$$20 \times 10^6 \times 4.23 = 84.6 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

Η στάθμη της λίμνης διακυμαίνεται για την χρονική περίοδο 1981-2006, ως εξής:

- Στάθμη πλημμύρας: 470.70 m
- Ανώτατη στάθμη: 470.55 m
- Κατώτατη στάθμη: 468.40 m,

σε σχέση με τη θάλασσα.

Η λίμνη υπερχειλίζει προς την πλευρά του Περάματος και, με θυροφράγματα, ελέγχεται η στάθμη της. Η έκταση της περιορίζεται από αργλικό ανάχωμα που έχει στέψη στα +472.30 m και κατά περιοχές από κρηπιδότοιχο και παραλίμνια οδό με στάθμη 471.00 m (Ξανθόπουλος κ.ά., 1984). Η υπερχείλισή της οδηγείται από την κεντρική αποχετευτική τάφρο στην σήραγγα της Λαψίστας και μέσω αυτής στον ποταμό Καλαμά.

Οι βασικές πηγές παροχής ύδατος της λίμνης βρίσκονται στους πρόποδες του όρους Μιτσικέλι αλλά και οι αποστραγγιστικές τάφροι του Κουτσελιού, της Λαγκάτσας και της Κοσμηράς. Παράλληλα, λειτουργούν και οι καταβόθρες του λεκανοπεδίου, με κυριότερες αυτές του Ροδοτοπίου, της Μπάφρας και του Κουτσελιού. Οι πηγές που τροφοδοτούν τη λίμνη από το όρος Μιτσικέλι είναι της Ντραμπάτοβας, της Αμφιθέας, του Σαντινίκου, της Κρύας και της Τούμπας. Άλλες πηγές μέσα στη λεκάνη των Ιωαννίνων είναι της Ασφάκας, της Λαψίστας, της Ελεούσας και του Αγ. Ιωάννη.

4.3 Δεδομένα ποσότητας νερού

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι εργασίες υποδομής, δηλαδή η συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων καθώς και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.

Σταθμοί και δεδομένα

Για τις ανάγκες της εργασίας συλλέχθηκαν τα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης για τους σταθμούς της ΔΕΗ και της ΕΜΥ. Οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1 και στην πλειοψηφία τους λειτουργούν έως και σήμερα ή έχουν αντικατασταθεί από άλλους σε παραπλήσια θέση. Επίσης, είναι σκόπιμο να σημειωθεί ότι οι σταθμοί όλων των υπηρεσιών που είχαν λειτουργήσει ιστορικά σε παλαιότερες περιόδους και είχαν καταργηθεί

σε χρόνο προγενέστερο της περιόδου ανάλυσης του παρόντος έργου (1980-2001) ήταν σχετικά λίγοι.

Στον Πίνακα 4.1 αναφέρονται επίσης η αρμόδια υπηρεσία, το υψόμετρο που είναι εγκατεστημένος ο σταθμός, η περίοδος λειτουργίας, η λεκάνη απορροής του σταθμού, οι συντεταγμένες του στο σύστημα ΕΓΣΑ '87 και η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιόδου ανάλυσης.

Πίνακας 4.1: Βροχομετρικοί σταθμοί στη κλειστή λεκάνη Ιωαννίνων

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΥΠΗΡΕΣΙΑ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΛΕΚΑΝΗ	X ΕΓΣΑ87	Y ΕΓΣΑ87	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩ ΣΗ 1980- 2001 (mm)
1	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	ΕΜΥ	483	1950- 2001	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	227548	4398418	948
2	ΚΑΤΩ ΛΑΨΙΣΤΑ	ΔΕΗ	480	1980- 2001	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	221378	4404951	1242
3	ΛΙΓΚΙΑΔΕΣ	ΔΕΗ	920	1980- 2001	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	233151	4397727	1370
4	Λ. ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΔΕΗ	480	1980- 2001	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	230943	4393204	993
5	ΠΕΔΙΝΗ	ΔΕΗ	480	1980- 2001	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	228803	4387803	1049
6	ΒΑΣΙΛΙΚΗ	ΔΕΗ	540	1980- 2001	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	237958	4392210	1153

Υπολογισμός ύψους βροχής

Ο υπολογισμός των μηνιαίων επιφανειακών βροχοπτώσεων της κλειστής λεκάνης της λίμνης Ιωαννίνων, επιτυγχάνεται μέσω των πολυγώνων Thiessen και της υψομετρικής αναγωγής με βάση της βροχοβαθμίδας της λεκάνης απορροής. Καταρχήν κατασκευάζεται ο πίνακας των επιφανειακών βροχοπτώσεων που προκύπτει από την άθροιση των γινομένων του συντελεστή επιρροής του κάθε σταθμού με τη μηνιαία σημειακή βροχόπτωση (πίνακες Α.10 έως Α.14 του Παραρτήματος Α). Τέλος, οι τιμές αυτές διορθώνονται υψομετρικά με βάση τον συντελεστή της υψομετρικής αναγωγής λ . Στο ακόλουθο πίνακα δίνονται τα ποσοστά επιρροής των σταθμών που προέκυψε από τα πολύγωνα Thiessen.

Πίνακας 4.2: Ποσοστό επιρροής των σταθμών της κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων

Σταθμός	Ποσοστό %
ΚΑΤΩ ΛΑΨΙΣΤΑ	28.66
ΛΙΓΚΙΑΔΕΣ	9.86
Λ. ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	19.39
ΠΕΔΙΝΗ	27.67
ΒΑΣΙΛΙΚΗ	14.41

Αναλυτική παρουσίαση των τύπων γίνεται στο εδάφιο 5.2.2. Η τιμή για τη βροχοβαθμίδα με την οποία έγιναν οι υπολογισμοί είναι -65mm/100m (ΥΠΑΝ, 2004).

Τα μηνιαία επιφανειακά ύψη βροχής που προκύπτουν από τη μέθοδο Thiessen και τα υψομετρικά ανηγμένα στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης παρουσιάζονται στους Πίνακες Α.15 και Α.16 του Παραρτήματος Α.

4.4 Δεδομένα ποιότητας νερού

Στην παρούσα εργασία για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων της λίμνης χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν από το Υπουργείο Γεωργίας και το ΥΠ.Ε.ΧΩ.Δ.Ε..

Πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες νερού σε 5 χαρακτηριστικές θέσεις της λίμνης για το Υπουργείο Γεωργίας στις θέσεις S05IOA26, S05IOA27, S05IOA28, ενώ για το ΥΠ.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. στις θέσεις S05IOA5, S05IOA7.

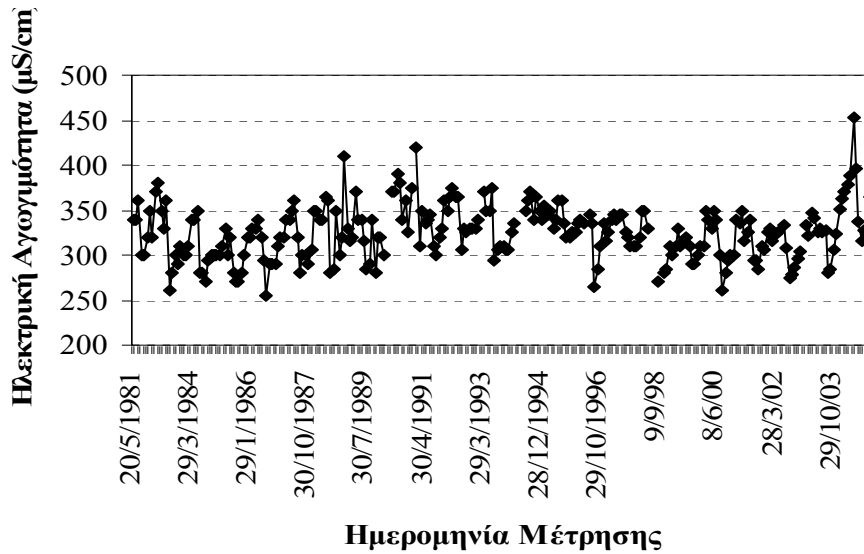
Οι παράμετροι ποιότητας των νερών της λίμνης που εξετάστηκαν, όπου υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία – μετρήσεις, είναι: η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το pH, τα νιτρώδη-νιτρικά-αμμωνιακά άλατα, ο ολικός φώσφορος. Τα αποτελέσματα των ανωτέρω δειγματοληψιών για κάθε θέση και για κάθε παράμετρο παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω. Ειδικότερα, παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των συγκεντρώσεων των παραμέτρων που εξετάστηκαν, η συγκριτική παρουσίαση των εποχιακών διακυμάνσεων των συγκεντρώσεων για κάθε θέση δειγματοληψίας, καθώς και η ετήσια διακύμανση των συγκεντρώσεων των παραμέτρων που εξετάστηκαν σε κάθε θέση δειγματοληψίας.

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού αναφέρεται στην ικανότητά του να μεταφέρει - άγει ηλεκτρικά φορτία. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, από τη συγκέντρωσή τους, την ευκινησία, το σθένος και τη θερμοκρασία.

Στο Σχήμα 4.2 παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S05IOA26 πραγματοποιήθηκαν για το χρονικό διάστημα 1981 έως 2004 :

ΘΕΣΗ S05IOA26

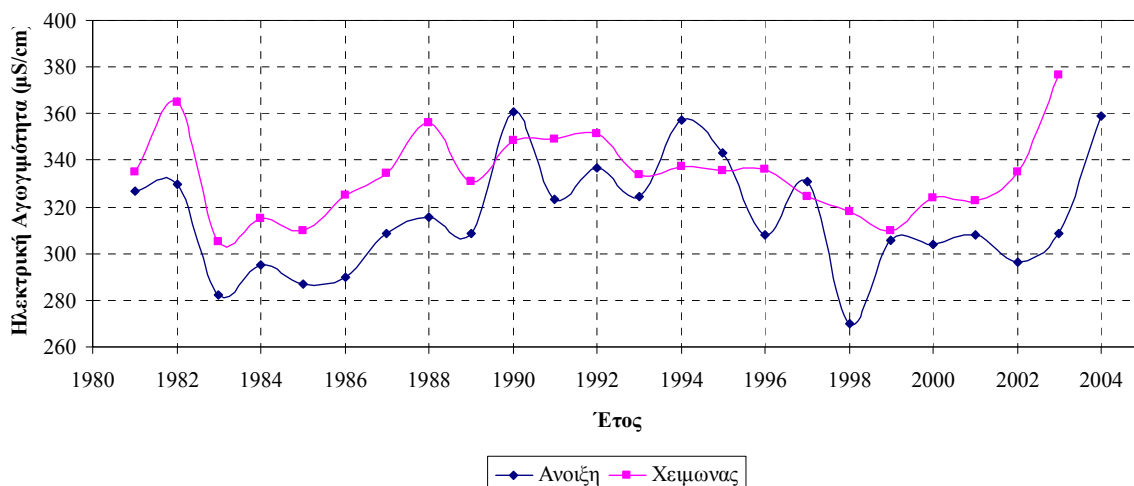


Σχήμα 4.2: Ηλεκτρική αγωγιμότητα για τη θέση S05IOA26

Οι τιμές της αγωγιμότητας είναι ενδεικτικές για την ποιότητα του νερού της λίμνης. Τα απόβλητα και οι ρύποι που εισέρχονται στη λίμνη τροποποιούν την αγωγιμότητα, ειδικότερα εάν οι ρύποι περιλαμβάνουν ιόντα όπως ανθρακικά, θειικά, χλωρίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου και φωσφόρου. Έτσι παρατηρείται, για τη δεκαετία του 1980 ότι οι τιμές της αγωγιμότητας παρουσιάζουν μείωση, σε αντίθεση με τη δεκαετία του 1990, όπου οι τιμές αυξάνουν σταδιακά έχοντας και δυο μέγιστες τιμές για τις χρονικές στιγμές 30/11/1990 με τιμή 375 $\mu\text{S/cm}$ και 29/1/1991 με τιμή 420 $\mu\text{S/cm}$. Αυτή η απότομη αύξηση της αγωγιμότητας του νερού της λίμνης αποτελεί ένδειξη ρύπανσης. Από τα μέσα της δεκαετίας παρατηρείται μια σταδιακή μείωση μέχρι τις αρχές του 2000, και, στη συνέχεια, υπάρχει διατήρηση σε χαμηλά επίπεδα μέχρι και τα μέσα του 2003. Από το 2004, η ρύπανση της λίμνης αυξάνει δίνοντας μια μέγιστη τιμή τις 26/5/2004 με 453 $\mu\text{S/cm}$. Η αύξηση αυτή της αγωγιμότητας συνδέεται με την ενηλικίωση (παλαιώση) μιας υδάτινης μάζας εξαιτίας της αύξησης των θρεπτικών συστατικών της (ευτροφισμός). Όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα στα γλυκά νερά τόσο μεγαλύτερη είναι η βιολογική παραγωγικότητα.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.3 παρουσιάζεται η εποχιακή μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S05IOA26.

ΘΕΣΗ S0510A26

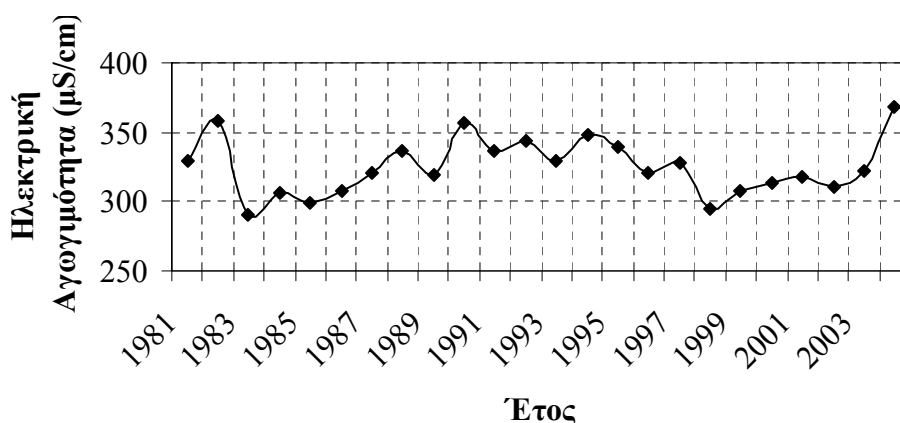


Σχήμα 4.3: Εποχιακή μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S0510A26

Στο διάγραμμα, αυτό δίνεται η διακύμανση ανάμεσα σε δυο χαρακτηριστικές περιόδους, τη χειμερινή, που περιλαμβάνει τους μήνες από το Νοέμβριο μέχρι Απρίλιο, και την εαρινή, που περιλαμβάνει τους μήνες Μάιο έως Οκτώβριο. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, η χειμερινές μετρήσεις της αγωγιμότητας ακολουθούν τις εαρινές, με εξαίρεση τα έτη 1990, 1994 και 1995, όπου οι χειμερινές τιμές είναι υψηλότερες από τις εαρινές. Αυτό δεν ακολουθεί αναμενόμενη κατάσταση κατά την οποία η αύξηση της θερμοκρασίας, δηλαδή κατά την εαρινή περίοδο, επηρεάζει θετικά την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, καθώς η αύξηση της επιταχύνει τη διάσταση των υδατικών διαλυμάτων των οξέων-βάσεων-αλάτων. Πιθανό αίτιο αυτής της ανατροπής είναι η έλλειψη μετρήσεων κατά τους εαρινούς μήνες, δίνοντας έτσι μια λανθασμένη εικόνα για την κατάσταση της λίμνης.

Το Σχήμα 4.4 παρουσιάζει αθροιστικά τις μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S0510A26, για κάθε έτος.

ΘΕΣΗ S0510A26

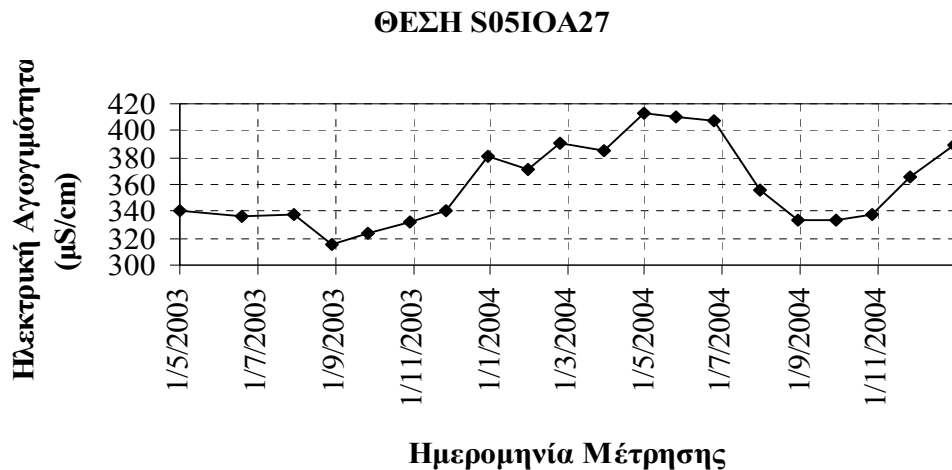


Σχήμα 4.4: Ετήσια μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S0510A26

Το διάγραμμα αυτό απεικονίζει αθροιστικά όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για κάθε έτος από το 1981 έως το 2004. Εδώ είναι εμφανέστερη η αυξομείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με το πέρασμα του χρόνου. Γενικά, όμως παρατηρείται ότι οι τιμές

κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Συνήθως, στα φυσικά γλυκά νερά ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται από 50 - 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Η λίμνη Τριχωνίδα, ως oligo - μεσότροφη λίμνη, εμφανίζει τιμές από 40 - 380 $\mu\text{S}/\text{cm}$, η μικρή Πρέσπα από 60 - 520 $\mu\text{S}/\text{cm}$, η Κορώνεια από 1150 - 1660 $\mu\text{S}/\text{cm}$, η λίμνη Καστοριάς 300 - 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

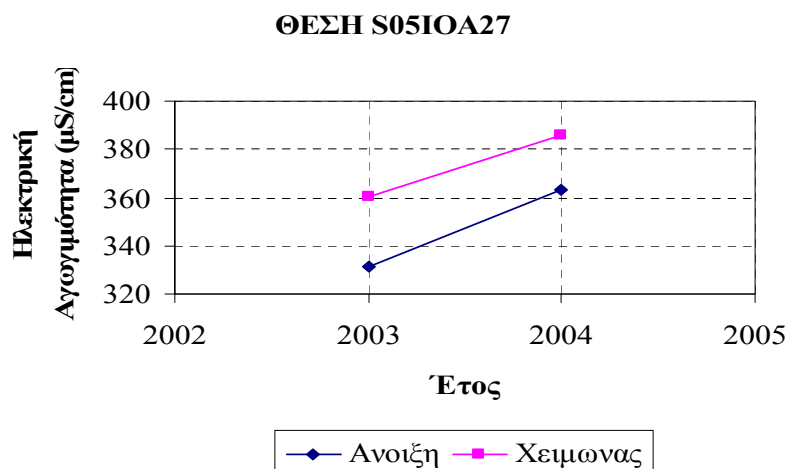
Στο Σχήμα 4.5 παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S05IOA27 πραγματοποιήθηκαν για το χρονικό διάστημα 2003 έως 2004. Το εύρος των μετρήσεων είναι αισθητά μειωμένο από αυτό της θέσης S05IOA26. Αλλά γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης της κατάστασης.



Σχήμα 4.5 : Ηλεκτρική αγωγιμότητα για τη θέση S05IOA27

Για το δείγμα των μετρήσεων, παρατηρείται μια σταθερή κατάσταση στην αγωγιμότητα για το έτος 2003, με τις τιμές να κυμαίνονται μεταξύ των 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Για το έτος 2004 παρατηρείται σταδιακή αύξηση μέχρι τα μέσα του καλοκαιριού, όπου και παρουσιάζει μια απότομη πτώση από τα 408 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στα 356 $\mu\text{S}/\text{cm}$, διατηρώντας τις τιμές σε χαμηλά επίπεδα για τους πρώτους φθινοπωρινούς μήνες.

Στο Σχήμα 4.6 παρουσιάζεται η εποχιακή μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S05IOA27.

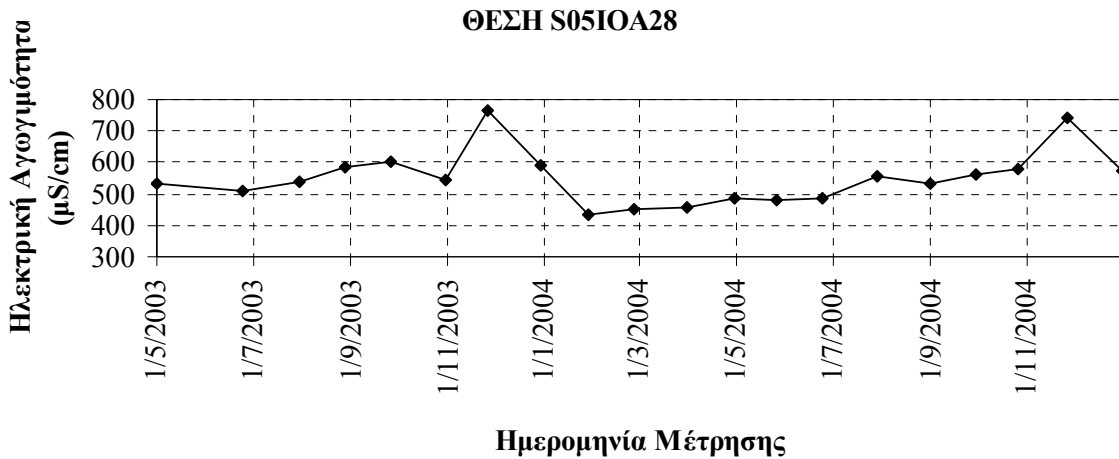


Σχήμα 4.6: Εποχιακή μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S05IOA27

Στο διάγραμμα, αυτό δίνεται η διακύμανση ανάμεσα στις δυο χαρακτηριστικές περιόδους, τη χειμερινή και την εαρινή. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, οι χειμερινές μετρήσεις

υπερτερούν των εαρινών. Η διαφορά αυτή μπορεί να οφείλεται σε εισροή αποβλήτων και ρύπων κοντά στο θέση μέτρησης κατά τους χειμερινούς μήνες.

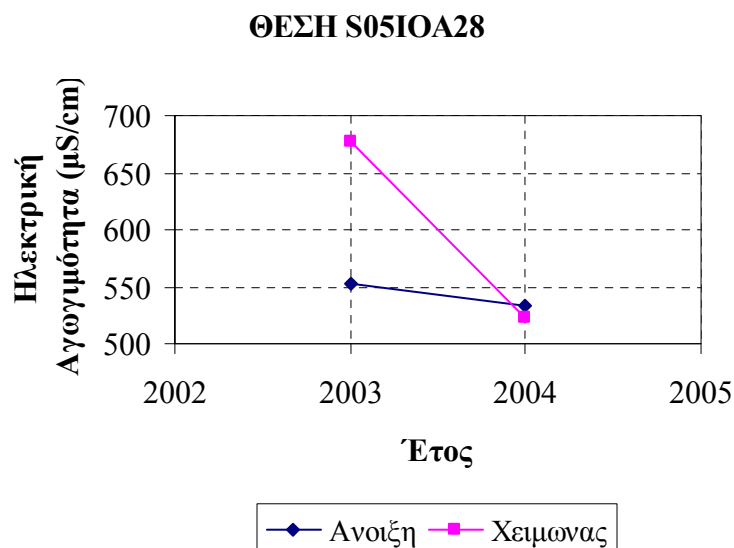
Στο Σχήμα 4.7 παρουσιάζονται οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S05IOA28 πραγματοποιήθηκαν για το χρονικό διάστημα 2003 έως 2004. Το εύρος των μετρήσεων είναι επίσης μειωμένο από αυτό της θέσης S05IOA26. Αλλά και πάλι γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης της κατάστασης.



Σχήμα 4.7 : Ηλεκτρική αγωγιμότητα για τη θέση S05IOA28

Οι τιμές είναι σε πολύ υψηλότερα επίπεδα από αυτά των δυο προηγούμενων θέσεων, πράγμα που υποδεικνύει ότι τα νερά της λίμνης, σε αυτή τη θέση έχουν αυξημένα ποσοστά ρύπων και αποβλήτων. Παρουσιάζει δυο μεγάλες εξάρσεις τιμών στην ίδια ακριβώς ημερομηνία και για τα δυο έτη (26/11/2003 και 26/11/2004).

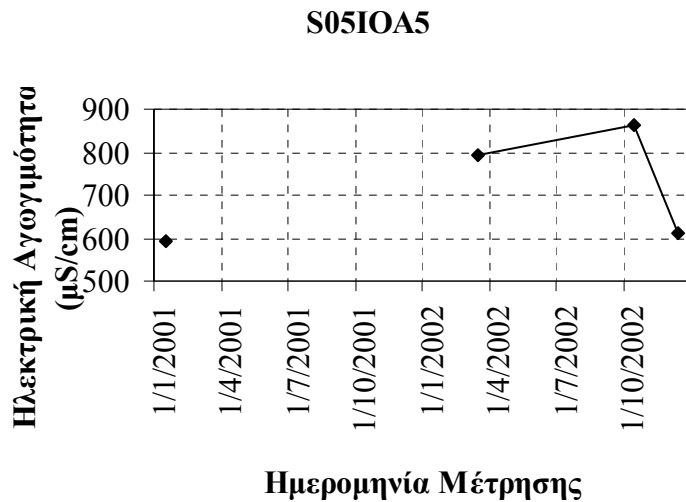
Στο Σχήμα 4.8 παρουσιάζεται η εποχιακή μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S05IOA28.



Σχήμα 4.8: Εποχιακή μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S05IOA28

Στο Σχήμα 4.8, για πρώτη φορά εμφανίζεται η τάση των χειμερινών τιμών να βρίσκονται σε επίπεδα χαμηλότερα από αυτά των εαρινών για το έτος 2004.

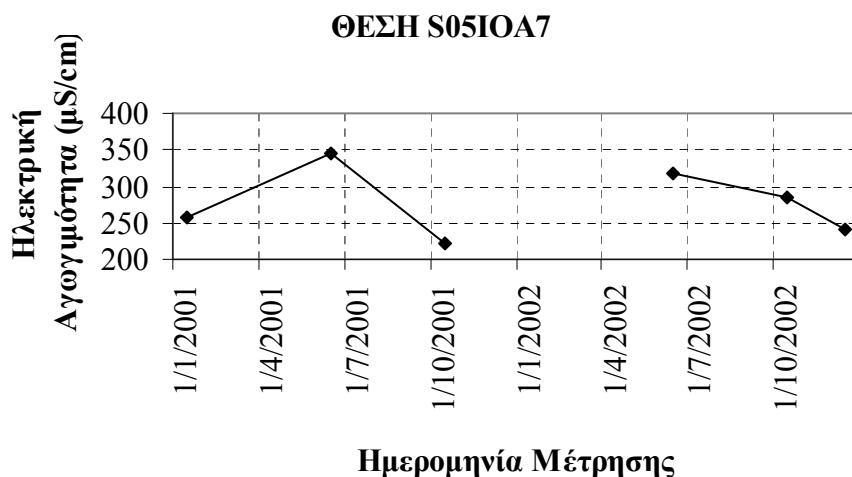
Στο Σχήμα 4.9 παρουσιάζονται οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S05IOA5 που πραγματοποιήθηκαν για το χρονικό διάστημα 2001 έως 2002. Το εύρος των μετρήσεων είναι επίσης μειωμένο ενώ υπάρχουν και αρκετές ελλείψεις στις μετρήσεις για το έτος 2001. Για τον λόγο αυτό παρουσιάζονται μόνο οι διακυμάνσεις των τιμών μεταξύ των μετρήσεων και όχι τα εποχιακά και ετήσια.



Σχήμα 4.9 : Ηλεκτρική αγωγιμότητα για τη θέση S05IOA5

Από τις τέσσερις αυτές τιμές, αν και υψηλές, συμπεραίνεται ότι η διακύμανση τους ακολουθεί την ορθή πορεία, δηλαδή αυξημένες τιμές τους θερμούς μήνες του έτους και μειωμένες τους χειμερινούς.

Στο Σχήμα 4.10 παρουσιάζονται οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη θέση S05IOA7 που πραγματοποιήθηκαν για το χρονικό διάστημα 2001 έως 2002. Οι μετρήσεις είναι μόλις έξι, από τρεις για κάθε έτος.



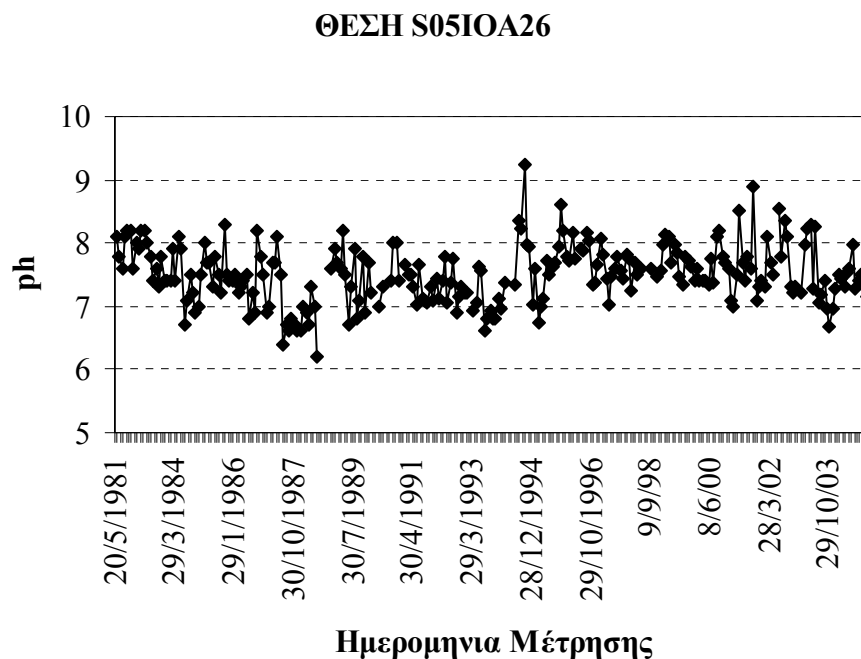
Σχήμα 4.10 : Ηλεκτρική αγωγιμότητα για τη θέση S05IOA7

Σύμφωνα με το διάγραμμα οι τιμές αυξάνονται κατά τους θερινούς μήνες κάθε έτους ενώ μειώνονται κατά τους χειμερινούς.

Ενεργός οξύτητα

Η ενεργός οξύτητα εκφράζει τη συγκέντρωση των κατιόντων υδρογόνου (υδρογονιόντων) ενός δείγματος, ενώ το pH ενός δείγματος ισούται με την αρνητική λογαριθμική συγκέντρωση των ιόντων αυτών του δείγματος ($-\log[H^+]$). Η κλίμακα μέτρησης του pH είναι από 0 ως 14. Η τιμή 7 αντιστοιχεί σε ουδέτερα δείγματα. Τιμές μικρότερες του 7 υποδεικνύουν υπεροχή υδρογονιόντων (οξύτητα) στο δείγμα, ενώ τιμές μεγαλύτερες από 7 αντιστοιχούν σε αλκαλικά δείγματα (υπεροχή υδροξυλιόντων).

Στο Σχήμα 4.11 δίνονται οι διακυμάνσεις του pH της λίμνης για τη θέση S05IOA26 για το χρονικό διάστημα 1981 έως 2004.

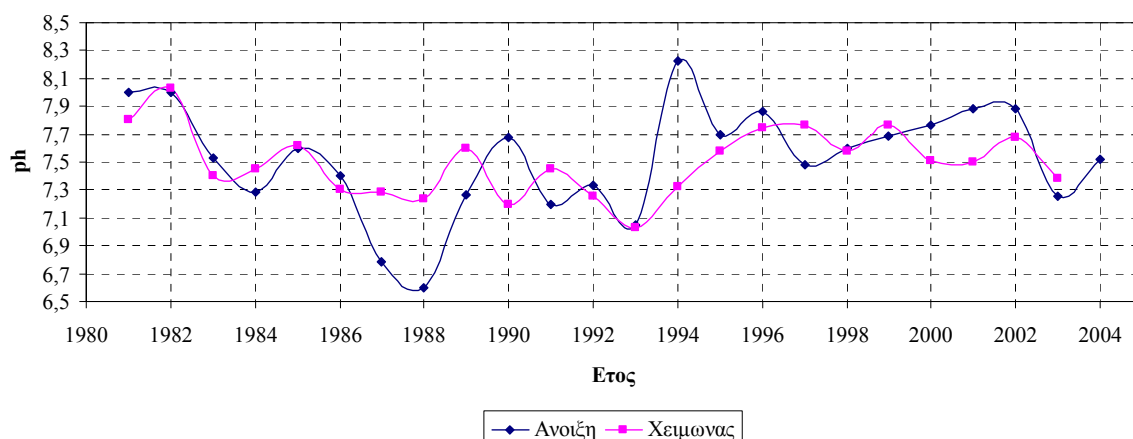


Σχήμα 4.11 : Ενεργός οξύτητα για τη θέση S05IOA26

Για τη χρονική περίοδο αρχές 1981 έως και το πρώτο εξάμηνο του 1988, στα νερά της λίμνης οι τιμές του pH κυμάνθηκαν μεταξύ των τιμών 8.3 και 6.2, τιμές για τις οποίες δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες για τους υδρόβιους οργανισμούς. Στη περίοδο αυτή σημειώνονται και οι χαμηλότερες τιμές του pH, κάτω του εφτά, που δεικνύουν την εισαγωγή στη λίμνη οξέων, όπως αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, ή όξινη βροχή. Οι μετρήσεις από το 1989 έως το 1994 κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 7 και 8, με μεγαλύτερη πυκνότητα εμφάνισης τιμών κοντά στη τιμή του 7, παρουσιάζοντας αρκετά καλή ρυθμιστική ικανότητα. Η μέγιστη τιμή του pH καταγράφηκε στις 30/09/1994 (9.24). Τέτοιες αλκαλικές τιμές pH συναντάμε είτε σε περιπτώσεις έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας – ευτροφισμός, κατά την οποία το φυτοπλαγκτόν μειώνει τα επίπεδα των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στο νερό είτε σε περιπτώσεις ρύπανσης της λίμνης με αλκαλικές ουσίες, όπως απορρυπαντικά από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα και σε αυξημένες συγκεντρώσεις ασβεστίου, νατρίου και μαγνησίου.

Στο Σχήμα 4.12 παρουσιάζεται η εποχιακή μεταβολή του pH για τη θέση S05IOA26.

S05IOA26

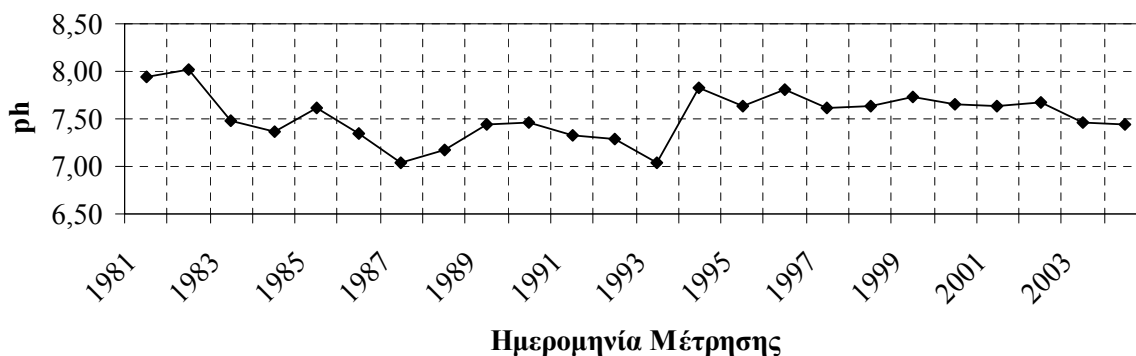


Σχήμα 4.12 : Εποχιακή μεταβολή για την ενεργό οξύτητα για τη θέση S05IOA26

Οι δύο εποχιακές διακυμάνσεις παρουσιάζουν έντονες διαφορές σε αρκετά από τα έτη. Η αύξηση του pH, κατά τους εαρινούς μήνες υποδηλώνει τη ύπαρξη οργανισμών που φωτοσυνθέτουν γεγονός που προκαλεί τη μείωση του της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στο νερό. Κατά τους χειμερινούς μήνες με την αποσύνθεση κυρίως νεκρών πλαγκτονικών οργανισμών και οργανικού υλικού στον πυθμένα τα επίπεδα συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) αυξάνουν μειώνοντας τις τιμές του pH.

Στο Σχήμα 4.13 απεικονίζεται η ετήσια μεταβολή της ενεργού οξύτητας για τη θέση S05IOA26.

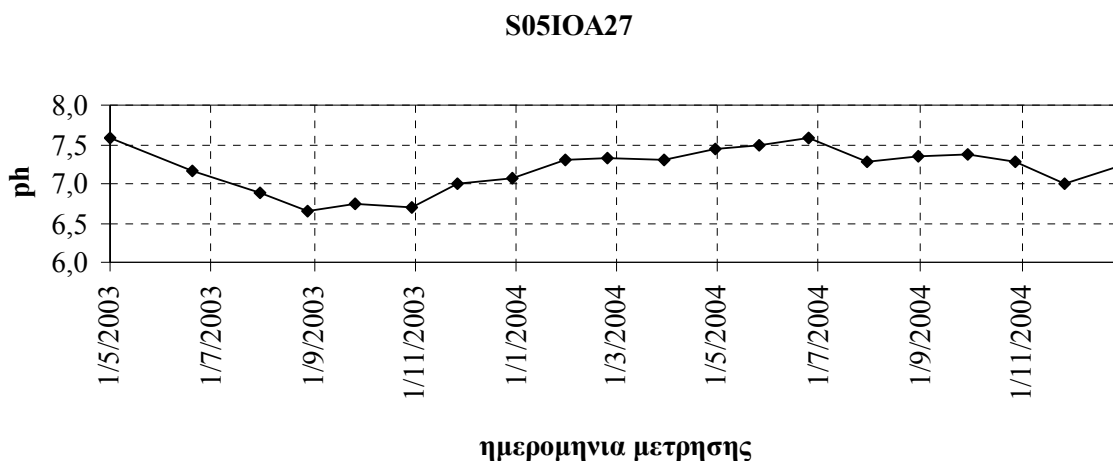
ΘΕΣΗ S05IOA26



Σχήμα 4.13: Ετήσια μεταβολή της ενεργού οξύτητας για τη θέση S05IOA26

Τα νερά της λίμνης στη θέση S05IOA26 υποδεικνύουν ένα γενικά αλκαλικό περιβάλλον, που συνεπάγεται με έντονη φωτοσυνθετική δράση, με την εξαίρεση των δυο ετών, 1987 και 1993, που έχουν ουδέτερο περιβάλλον.

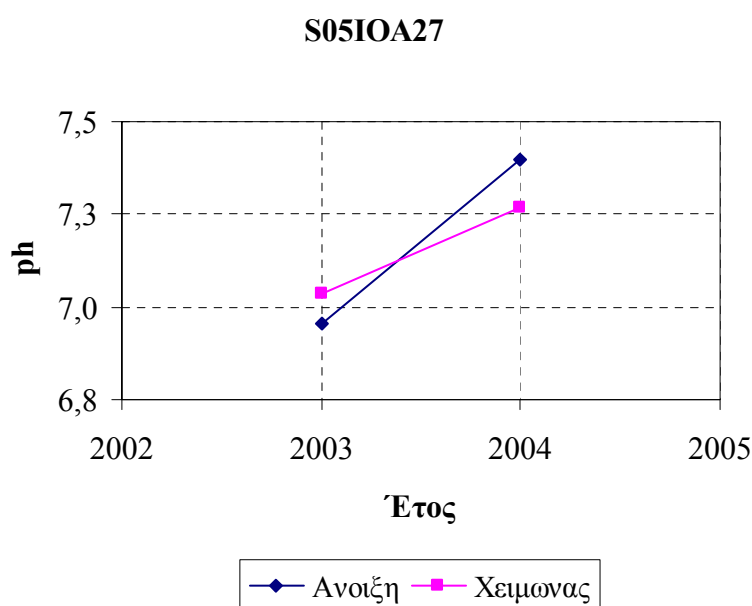
Στο Σχήμα 4.14 δίνονται οι διακυμάνσεις του pH της λίμνης για τη θέση S05IOA27 για το χρονικό διάστημα 2003 έως 2004.



Σχήμα 4.14: Ενεργός οξύτητα για τη θέση S05IOA27

Οι τιμές του pH, για τη θέση S05IOA27 κυμάνθηκαν μεταξύ των τιμών 7.6 και 6.6, η αρχική μείωση των τιμών του pH και η διατήρησή τους σε επίπεδα κάτω της τιμής 7 δεικνύουν ότι ανάντη της θέσης αυτής υπήρξε εισροή στη λίμνη νερών με επιβάρυνση οξέων, που μείωσαν τις τιμές και τις διατήρησαν σε χαμηλά επίπεδα. Από τις 29/12/2003 μέχρι και το πέρας των μετρήσεων οι τιμές του pH κυμάνθηκαν μεταξύ 7.06 και 7.24, πιθανότατα λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων καθώς και διάλυσης ανθρακικών.

Στο Σχήμα 4.15 παρουσιάζεται η εποχιακή μεταβολή του pH για τη θέση S05IOA27

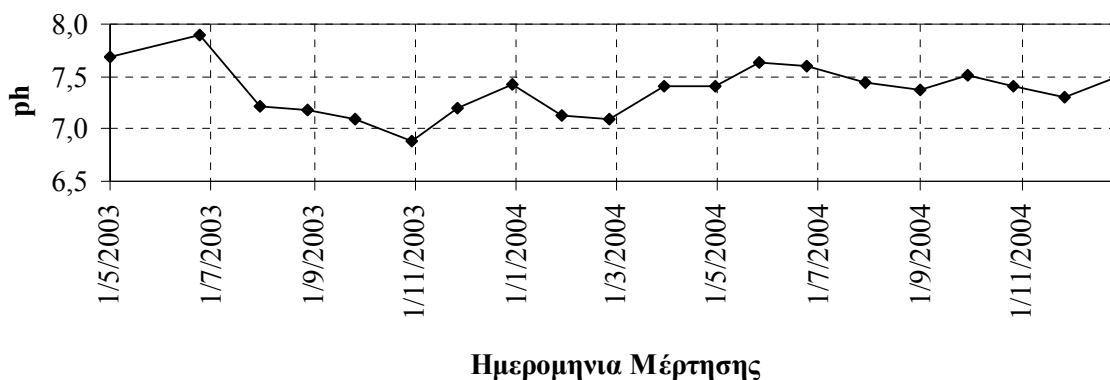


Σχήμα 4.15: Εποχιακή μεταβολή για την ενεργό οξύτητα για τη θέση S05IOA27

Για το έτος 2003 τα νερά της λίμνης στη θέση S05IOA27 δεικνύουν ότι δεν έχουν έντονη απόκλιση και είναι κοντά στα όρια του ουδέτερου περιβάλλοντος, ενώ για το έτος 2004 το περιβάλλον της λίμνης στη θέση αυτή, έχει μετατραπεί αλκαλικό, ενώ παραμένει αλκαλικό και για τις δυο εποχές.

Στο Σχήμα 4.16 δίνονται οι διακυμάνσεις του pH της λίμνης για τη θέση S05IOA28 για το χρονικό διάστημα 2003 έως 2004.

ΘΕΣΗ S05IOA28

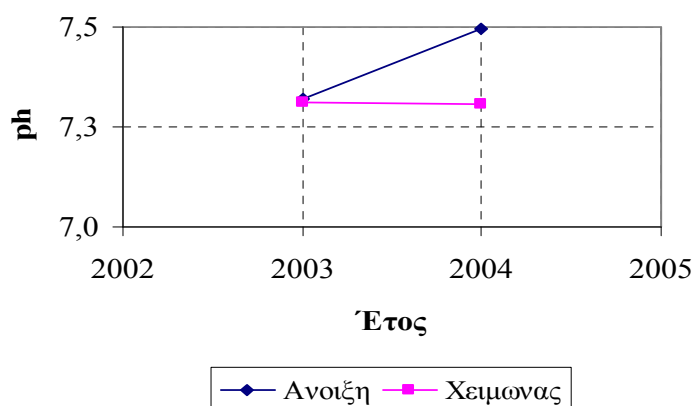


Σχήμα 4.16 : Ενεργός οξύτητα για τη θέση S05IOA28

Οι τιμές του pH, για τη θέση S05IOA28 κυμάνθηκαν μεταξύ των τιμών 7.89 και 6.88, η αρχική μείωση των τιμών του pH δεικνύουν ότι ανάντη της θέσης αυτής υπήρξε εισροή στη λίμνη νερών με επιβάρυνση οξέων, που επέφεραν τη μείωση των τιμών. Από το διάγραμμα ως γενική εικόνα για τη ποιότητα των νερών στη θέση αυτή προκύπτει ότι πρόκειται για αλκαλικό περιβάλλον, πιθανότατα λόγω ανθράκινων δραστηριοτήτων.

Στο Σχήμα 4.17 παρουσιάζεται η εποχιακή μεταβολή του pH για τη θέση S05IOA28

ΘΕΣΗ S05IOA28

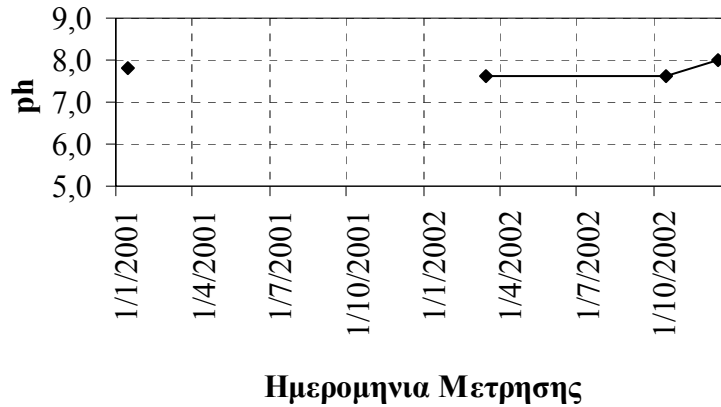


Σχήμα 4.17 : Εποχιακή μεταβολή για την ενεργό οξύτητα για τη θέση S05IOA28

Για το έτος 2003 τα νερά της λίμνης στη θέση S05IOA28 η ποιότητα των υδάτων διατηρήθηκε στα ίδια ακριβώς επίπεδα. Σε αντίθεση με το έτος 2004 το περιβάλλον της λίμνης υπέστη έντονες αλλαγές μεταξύ των δυο εποχών.

Στο Σχήμα 4.18 παρουσιάζονται οι μετρήσεις για την ενεργό οξύτητα για τη θέση S05IOA5 που πραγματοποιήθηκαν για το χρονικό διάστημα 2001 έως 2002. Το εύρος των μετρήσεων είναι μικρό, ενώ υπάρχουν και αρκετές ελλείψεις στις μετρήσεις για το έτος 2001. Για τον λόγο αυτό παρουσιάζονται μόνο οι διακυμάνσεις των τιμών μεταξύ των μετρήσεων και όχι τα εποχιακά και ετήσια.

ΘΕΣΗ S05IOA5

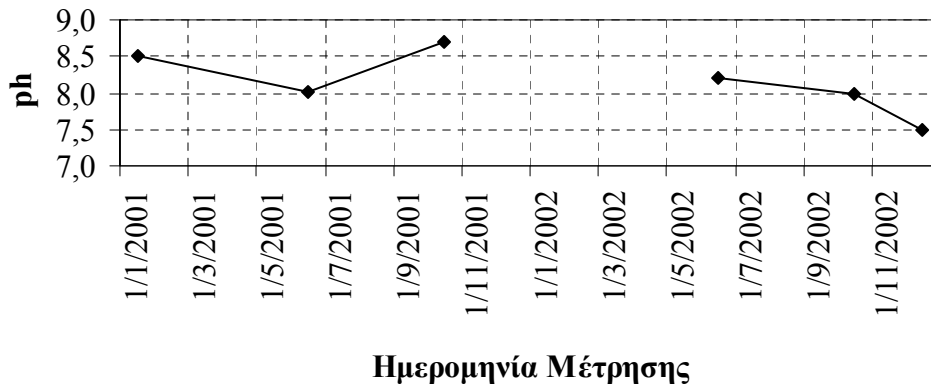


Σχήμα 4.18: Ενεργός οξύτητα για τη θέση S05IOA5

Από τα δεδομένα που διατίθενται, οι τιμές του pH είναι αλκαλικές, πιθανότατα λόγω έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των οργανισμών είτε λόγω ρύπανσης της λίμνης με αλκαλικές ουσίες.

Στο Σχήμα 4.19 παρουσιάζονται οι μετρήσεις για την ενεργό οξύτητα για τη θέση S05IOA7 που πραγματοποιήθηκαν για το χρονικό διάστημα 2001 έως 2002

ΘΕΣΗ S05IOA7



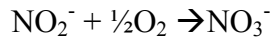
Σχήμα 4.19: Ενεργός οξύτητα για τη θέση S05IOA7

Οι ίδιες και πιο έντονες συνθήκες ισχύουν και για τη θέση S05IOA7, όπου το περιβάλλον είναι ακόμα πιο αλκαλικό με τιμές που ξεπερνούν το 8 και φτάνουν στο 8.7.

Νιτρώδη-Νιτρικά-Αμμωνιακά Άλατα

Το άζωτο είναι ένα από τα κυριότερα συστατικά του ζωντανού πρωτοπλάσματος και επηρεάζει σημαντικά την παραγωγικότητα των υδατικών οικοσυστημάτων. Το άζωτο υπάρχει σε αφθονία στην ατμόσφαιρα ως N_2 , μορφή η οποία δεν χρησιμοποιείται από τους οργανισμούς. Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους οργανισμούς θα πρέπει να μετατραπεί σε αμμωνιακό άζωτο και νιτρικό άζωτο. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται από μικροοργανισμούς στα ριζικά συστήματα των φυτών. Όση ποσότητα δεν λαμβάνεται από το φυτό παρασύρεται από τις επιφανειακές απορροές και καταλήγει στα επιφανειακά υδάτινα

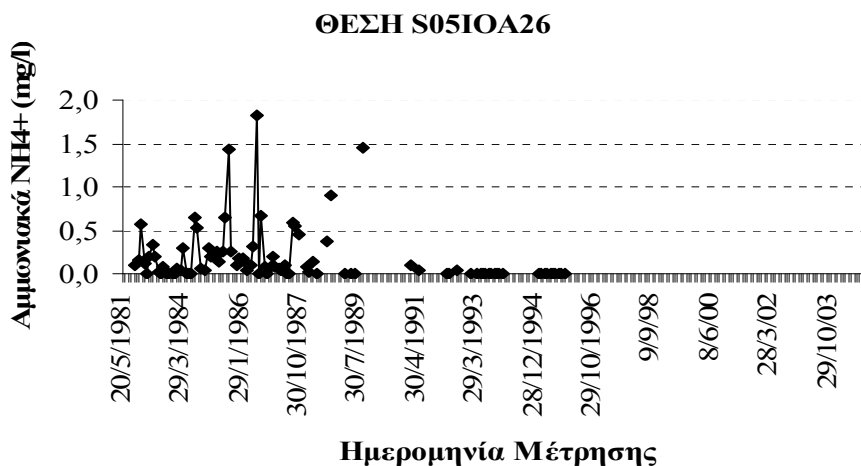
σώματα, όπου θα αποτελέσει μαζί με τον φώσφορο τις περιοριστικές τροφές των υδατικών οικοσυστημάτων. Από τα περιττώματα και την αποσύνθεση των νεκρών οργανισμών αποδίδεται στο περιβάλλον αμμωνιακό άζωτο (αμμωνιοποίηση). Το αμμωνιακό άζωτο στη συνέχεια μετατρέπεται, μέσω βιολογικών διαδικασιών, σε νιτρώδη άλατα NO_2^- και στη συνέχεια σε νιτρικά ιόντα NO_3^- (νιτροποίηση).



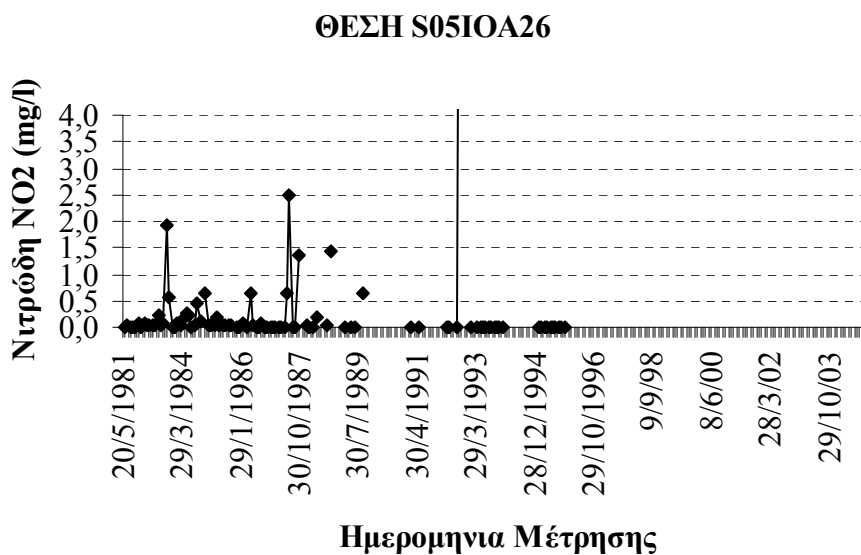
Ο κύκλος του αζώτου ολοκληρώνεται με την μετατροπή των νιτρικών σε άζωτο (απονιτροποίηση) το οποίο επιστρέφει στην ατμόσφαιρα.

Στα επόμενα σχήματα (4.20, 4.21, 4.22) απεικονίζονται οι μετρήσεις του αμμωνιακού αζώτου, των νιτρικών και νιτρικών ιόντων, για τη θέση S05IOA26. Οι μετρήσεις για κάθε ένωση του αζώτου πραγματοποιήθηκαν για τα έτη 1981 έως το έτος 1992.

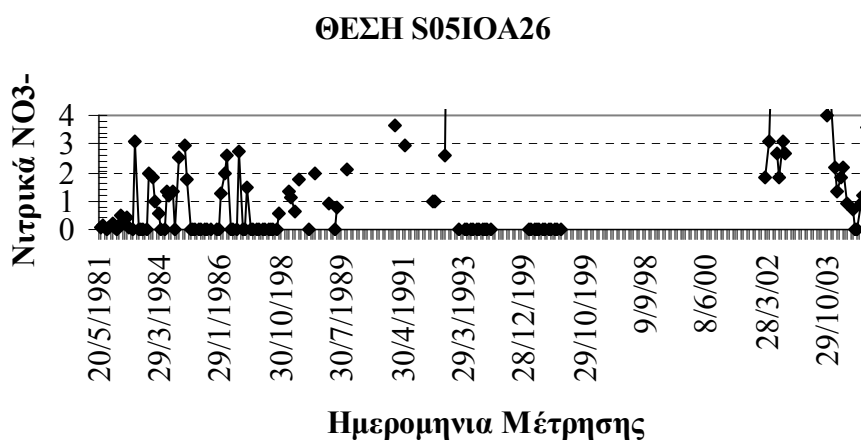
Η νιτροποίηση πραγματοποιείται με εντονότερους ρυθμούς τους χειμερινούς μήνες, καθώς και όταν οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου είναι μεγάλες, ενώ η αναγωγή των νιτρικών τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι μεγαλύτερες τιμές των νιτρικών εμφανίζονται στη μετάβαση των εποχών από τους χειμερινούς στους εαρινούς.



Σχήμα 4.20: Διακύμανση αμμωνιακού αζώτου στη θέση S05IOA26



Σχήμα 4.21: Διακύμανση νιτρωδών ιόντων στη θέση S05IOA26



Σχήμα 4.22: Διακύμανση νιτρικών ιόντων στη θέση S05IOA26

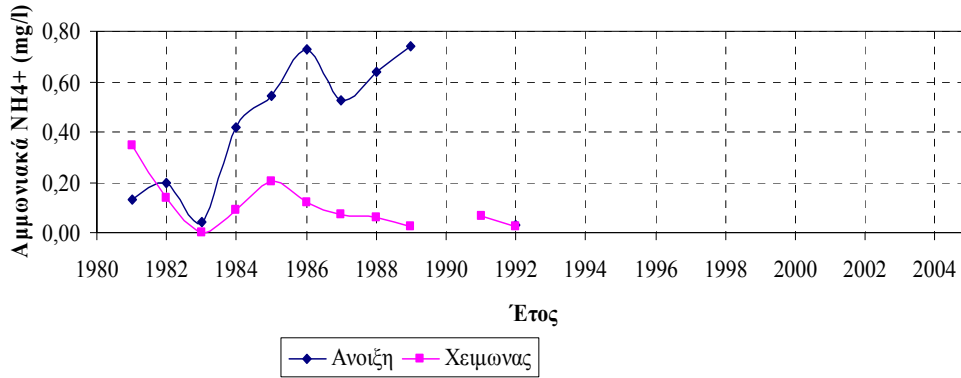
Στα ακόλουθα σχήματα δίνονται οι εποχιακές διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των αζωτούχων ενώσεων (4.23, 4.24, 4.25)

Στο Σχήμα 4.23 παρατηρείται μια εποχιακή διαφοροποίηση στις συγκεντρώσεις των αμμωνιακών (NH_4) με ευρείες διακυμάνσεις. Οι συγκεντρώσεις είναι μεγαλύτερες τη εαρινή περίοδο διότι συμπίπτει με τις λιπάνσεις των χωραφιών από αζωτούχα λιπάσματα σε περιόδους βροχοπτώσεων, οπότε έχουμε απορροή μέσα στη λίμνη.

Τα νιτρώδη (Σχήμα 4.24) παρουσιάζουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις την άνοιξη, ενώ βρίσκονται σε πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις από τα νιτρικά, διότι οξειδώνονται πολύ εύκολα.

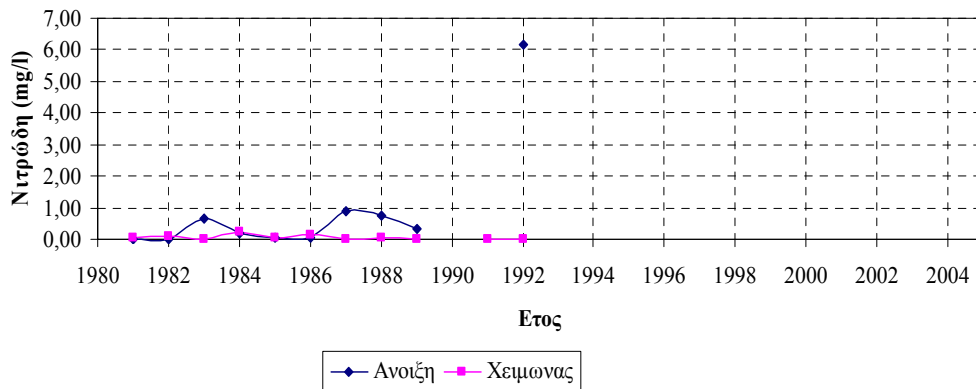
Τέλος, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις για τα νιτρικά (Σχήμα 4.25) εμφανίζονται κατά την χειμερινή περίοδο, διότι ο βιοχημικός κύκλος των νιτρικών είναι εντατικός κατά τους καλοκαιρινούς μήνες καθώς τα βακτηρίδια ελαττώνουν τις τιμές τους.

ΘΕΣΗ S05IOA26



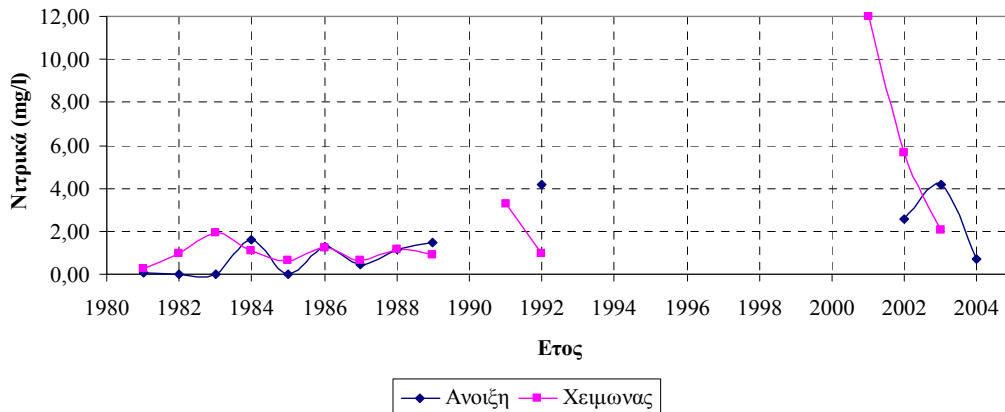
Σχήμα 4.23: Εποχιακή διακύμανση αμμωνιακών NH₄ για τη θέση S05IOA26

ΘΕΣΗ S05IOA26



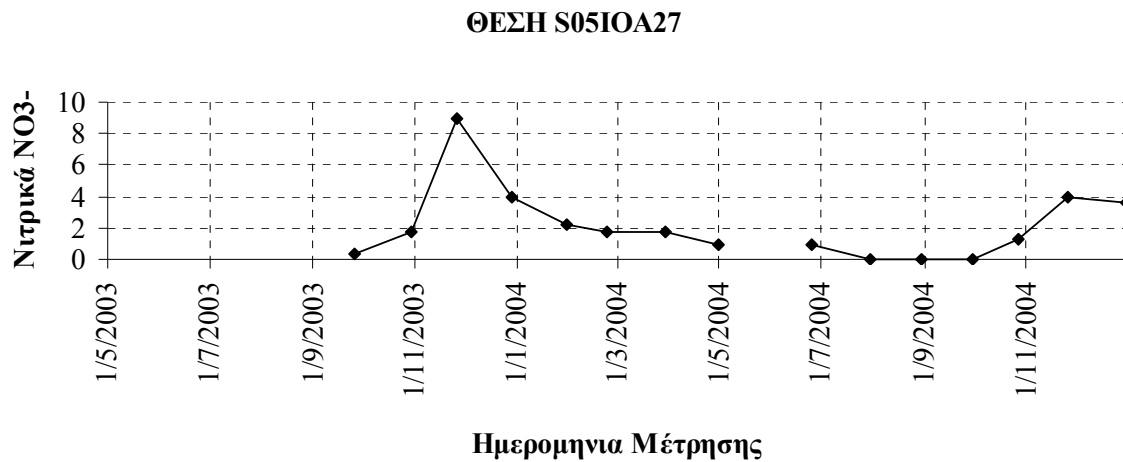
Σχήμα 4.24: Εποχιακές διακυμάνσεις νιτρωδών για τη θέση S05IOA26

ΘΕΣΗ S05IOA26

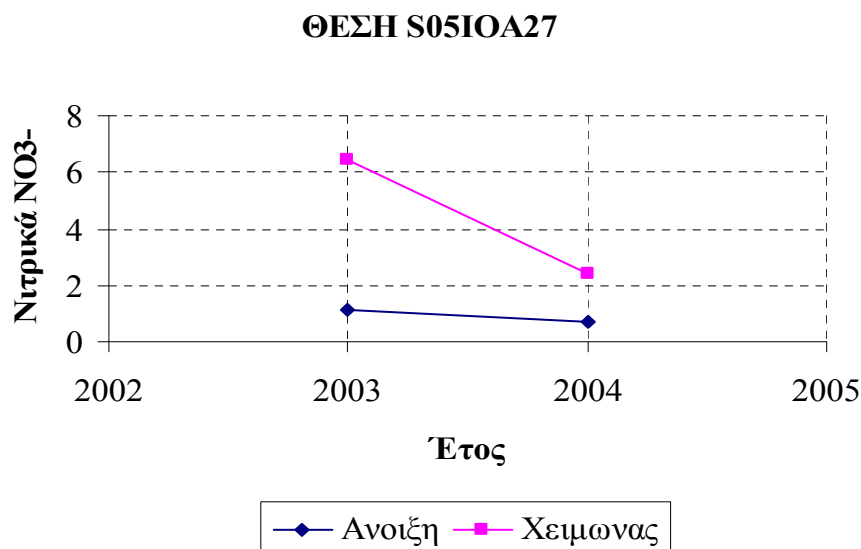


Σχήμα 4.25: Εποχιακές διακυμάνσεις νιτρικών για τη θέση S05IOA26

Για τη θέση S05IOA27 διατίθενται μετρήσεις μόνο για τα νιτρικά (NO_3) και μόνο για τα έτη 2003-2004. Στη θέση αυτή, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται τους χειμερινούς μήνες. Πιθανόν, λόγω του εμπλουτισμού της λίμνης από νιτρικά που οφείλονται σε γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες σε συνδυασμό με περιόδους βροχοπτώσεων.

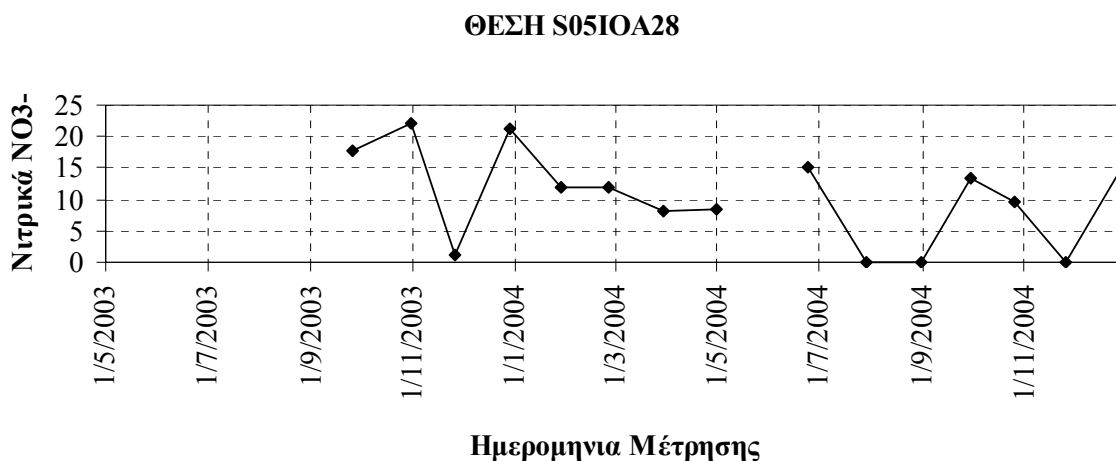


Σχήμα 4.26: Διακύμανση νιτρικών ιόντων στη θέση S05IOA27

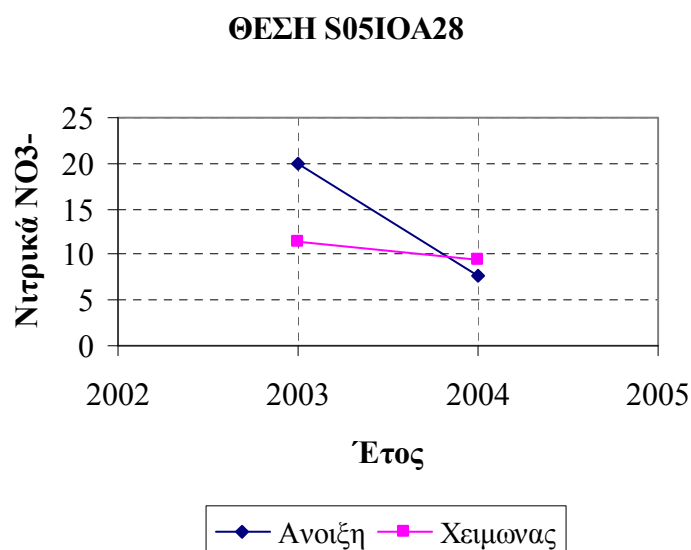


Σχήμα 4.27: Εποχιακές διακυμάνσεις νιτρικών για τη θέση S05IOA27

Ελλιπείς μετρήσεις διατίθενται και για τη θέση S05IOA28, με μετρήσεις μόνο για τα νιτρικά (NO_3) και μόνο για τα έτη 2003-2004. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται και πάλι τους χειμερινούς μήνες. Πιθανόν, λόγω του εμπλουτισμού της λίμνης από νιτρικά που οφείλονται σε γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες σε συνδυασμό με περιόδους βροχοπτώσεων.

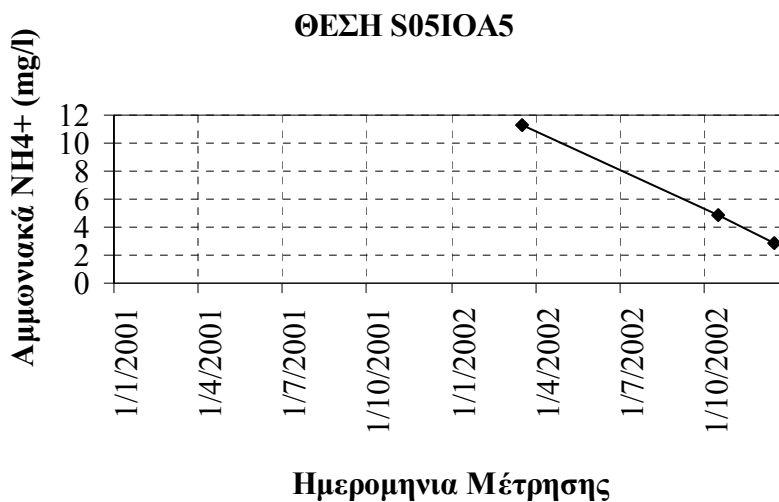


Σχήμα 4.28: Διακύμανση νιτρικών ιόντων στη θέση S05IOA28



Σχήμα 4.29: Εποχιακές διακυμάνσεις νιτρικών για τη θέση S05IOA28

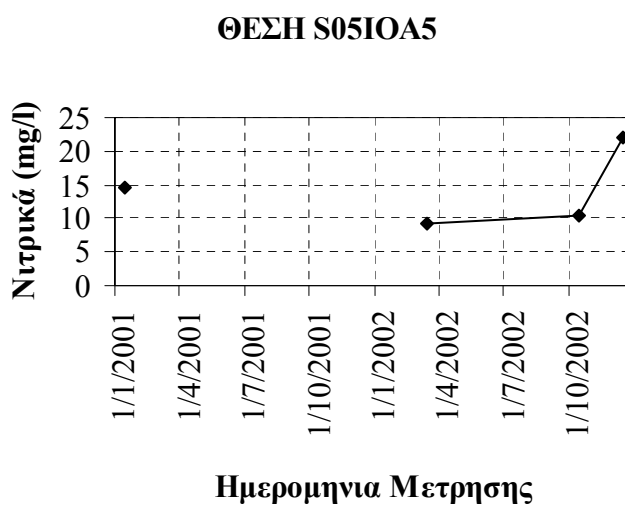
Στη θέση S05IOA5 οι δειγματοληψίες είναι περιορισμένες σε τρεις μόνο ημερομηνίες. Στο Σχήμα 4.30 οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών είναι υψηλές για τη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε την άνοιξη του 2002, ενώ για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στους χειμερινούς μήνες οι τιμές είναι χαμηλότερες. Οι διακυμάνσεις σχετίζονται με την εποχή ανάπτυξης των φυτών. Τα νιτρώδη παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη τιμή τον Οκτώβρη, ενώ λόγω της εύκολης οξείδωσης τους βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Τέλος, τα νιτρικά έχουν αρκετά υψηλές τιμές, αποτέλεσμα των απορροών που εισέρχονται στη λίμνη.



Σχήμα 4.30: Διακύμανση αμμωνιακών ιόντων στη θέση S05IOA5

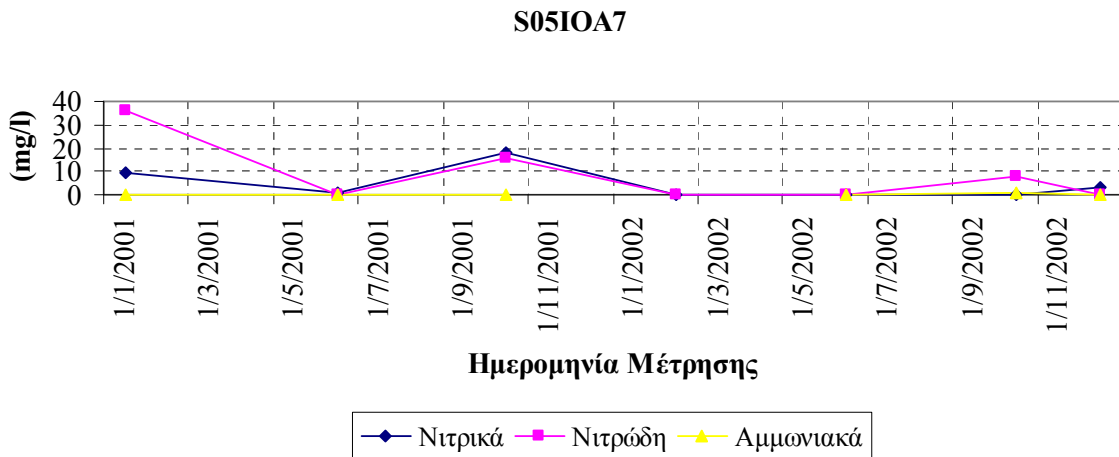


Σχήμα 4.31: Διακύμανση νιτρωδών ιόντων στη θέση S05IOA5



Σχήμα 4.32: Διακύμανση νιτρικών ιόντων στη θέση S05IOA5

Στη θέση S05IOA7 παρατηρούνται αυξομειώσεις στις συγκεντρώσεις των νιτρωδών και των νιτρικών, με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις να καταγράφονται κατά τον μήνα Οκτώβριο κάθε έτους.

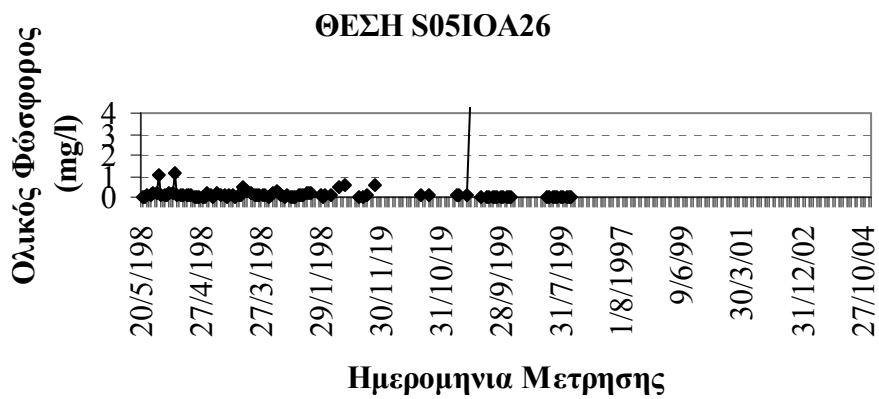


Σχήμα 4.33: Διακύμανση αμμωνιακών, νιτρωδών και νιτρικών ιόντων στη θέση S05IOA7

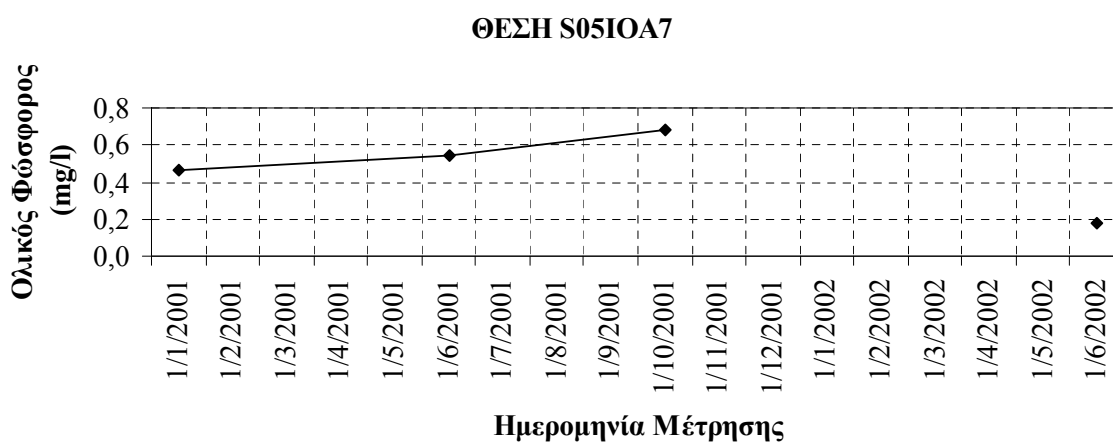
Φώσφορος

Ο φώσφορος αποτελεί ένα από τα βασικά θρεπτικά συστατικά τόσο των ζωικών όσο και των φυτικών οργανισμών. Μια λίμνη τροφοδοτείται με φώσφορο από ιζήματα, οργανισμούς και την αποσάθρωση φωσφορικών πετρωμάτων από γεωργικές βιομηχανικές και αστικές λειτουργίες, σαν ανόργανα φωσφορικά διαλυτά. Σε αβαθής λίμνες, όπου η αλληλεπίδραση πυθμένα και της μάζας του νερού είναι σημαντική, ο φώσφορος υπόκειται σε ένα σταθερό κύκλο. Στην επιφάνεια της λίμνης ο φώσφορος ελευθερώνεται από την αποσύνθεση της παράκτιας βλάστησης, προσλαμβάνεται από το φυτοπλαγκτόν και ιζηματοποιείται και καθιζάνει κατά την περίοδο της κυκλοφορίας, ενώ διαχέεται από το ίζημα στο νερό καθώς διαλύεται κατά τα διάρκειά της στρωμάτωσης των νερών.

Τα σχήματα 4.34 και 4.35 δίνονται οι διακυμάνσεις του ολικού φωσφόρου για τις θέσεις S05IOA26 και S05IOA7. Οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα κυρίως τους χειμερινούς μήνες όπου υπάρχει αφθονία νερών από ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις και επιφανειακές απορροές, που δρα ως διαλύτης του φωσφόρου στο νερό. Μεγαλύτερες τιμές σημειώνονται τους καλοκαιρινούς και εαρινούς μήνες, λόγω της έντασης των γεωργικών δραστηριοτήτων.



Σχήμα 4.34: Διακυμάνσεις ολικού φωσφόρου στη θέση S05IOA26



Σχήμα 4.35: Διακυμάνσεις ολικού φωσφόρου στη θέση S05IOA7

5 Κατάρτιση υδατικού ισοζυγίου Λίμνης Παμβώτιδας

5.1 Τοποθέτηση του προβλήματος – Γενικά βήματα μεθοδολογίας

Για την κατάρτιση του ισοζυγίου του φωσφόρου απαιτείται το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Παμβώτιδας. Στο παρόν κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναφέρονται οι υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για την κατάρτιση του υδατικού ισοζυγίου. .

Όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 3.3, για τον υπολογισμό της απορροής μέσω ενός μοντέλου βροχόπτωσης- απορροής χρειάζεται εύρεση των τιμών των παραμέτρων που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς. Ο προσδιορισμός τους θα γίνει μέσω της μελέτης μιας άλλης λεκάνης απορροής, για την οποία υπάρχουν πλήρη στοιχεία. Η λεκάνη αυτή είναι η λεκάνη απορροής του Οροπεδίου Λασιθίου, της οποίας οι φυσικές (αλλά και οι ανθρωπογενείς) διεργασίες είναι παρόμοιες με αυτές που συμβαίνουν και στη κλειστή λεκάνη των Ιωαννίνων. Η πρώτη έχει παρόμοια υδρογεωλογική συμπεριφορά με τη τελευταία. Η ομοιότητα συνίσταται στις εκτεταμένες εμφανίσεις καρστικών ασβεστόλιθων στους περιμετρικούς ορεινούς σχηματισμούς, και σε εμφάνιση ενός πεδινού τμήματος από αλλουβιακές αποθέσεις. Το πεδινό τμήμα στη λεκάνη Ιωαννίνων φτάνει το 29% της συνολικής έκτασης, ενώ το οροπέδιο Λασιθίου το 18-20%. Οι κλιματικές συνθήκες είναι παρόμοιες. Η βροχόπτωση στο οροπέδιο είναι 1168.37 mm, η μέση θερμοκρασία είναι 11.5°C, η μέση σχετική υγρασία 72.30% και, τέλος, η μέση εξάτμιση κατά Penman-Monteith προκύπτει 957.27 mm.

Αρχικά, γίνεται εκτίμηση της απορροής του Οροπεδίου Λασιθίου μέσω του μοντέλου «Ζυγός» του προγράμματος «Υδρογνώμον». Καταρτίζοντας τις μηνιαίες χρονοσειρές εισόδου (ανηγμένο ύψος χωρικά μέσης βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοή) και εισάγοντας τις στο μοντέλο, γίνεται βαθμονόμηση των παραμέτρων του. Στη συνέχεια, με τις παραμέτρους αυτές, εκτιμάται η απορροή (υπολογισμένη απορροή) και συγκρίνεται με τα δεδομένα μετρημένης απορροής του Οροπεδίου Λασιθίου για έλεγχο του κατά πόσο έχουν ταυτιστεί οι υπολογισμοί του μοντέλου με τις πραγματικές τιμές.

Έχοντας γνωστές, πλέον, τις παραμέτρους του μοντέλου και εισάγοντας εκ νέου τα δεδομένα βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής για τη κλειστή λεκάνη απορροής της λίμνης Παμβώτιδας το μοντέλο «Ζυγός» εκτίμησε την απορροή για την λεκάνη των Ιωαννίνων.

Τέλος, καταρτίστηκε το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Παμβώτιδας.

5.2 Εκτίμηση απορροής Οροπεδίου Λασιθίου

Περιγράφονται οι εργασίες υποδομής, δηλαδή η συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων καθώς και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.

5.2.1 Σταθμοί και δεδομένα

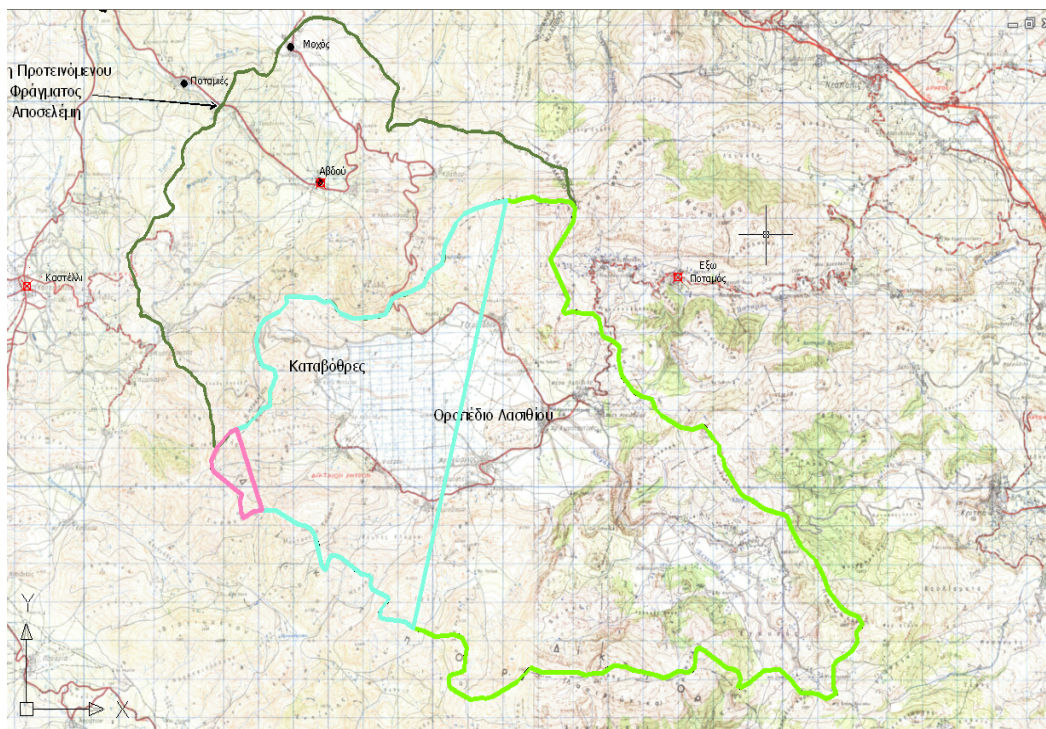
Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν για την υδρολογική ανάλυση της λεκάνης απορροής και αναφέρονται, επίσης, η αρμόδια υπηρεσία, το υψόμετρο

που είναι εγκατεστημένος ο σταθμός, η περίοδος, για την οποία συλλέχθηκαν δεδομένα, η λεκάνη απορροής του σταθμού, οι συντεταγμένες του και η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιόδου ανάλυσης. Οι σταθμοί παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.1.

Επιπλέον, για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας από τον σταθμό Ηρακλείου της ΕΜΥ.

Πίνακας 5.1: Βροχομετρικοί σταθμοί λεκάνης Οροπεδίου Λασιθίου

A/A	Όνομασία	Υπηρεσία	Υψόμετρο (m)	Περίοδος	Λεκάνη	φ	λ	Μέση Ετήσια Βροχόπτωση (mm)
1	Αβδού	Περιφέρεια Κρήτης	230	1968-1997	Αποσελέμη	35° 14'	25° 26'	778.6
2	Έξω Ποταμοί	Περιφέρεια Κρήτης	800	1931-1997	Αλμυρός Αγ. Νικολάου	35° 12'	25° 32'	1401.9
3	Καστέλι	Περιφέρεια Κρήτης	350	1968-1997	Καστελίου	35° 13'	25° 20'	702.6



Σχήμα 5.1: Βροχομετρικοί σταθμοί λεκάνης Οροπεδίου Λασιθίου

5.2.2 Κατάρτιση μηνιαίων χρονοσειρών εισόδου

Υπολογισμός ύψους βροχής

Με την παραδοχή της ομοιογένειας των ετησίων υψών βροχής των σταθμών, προσδιορίστηκαν τα επιφανειακά ύψη βροχής, μέσω της μεθόδου Thiessen για τη χρονική περίοδο 1968 – 1997. Αρχικά, χωρίστηκε η λεκάνη απορροής σε υποπεριοχές, όπου η κάθε μια επηρεάζεται από ένα από τους βροχομετρικούς σταθμούς. Η λεκάνη απορροής χωρίστηκε

σε τρεις υποπεριοχές, οι οποίες εμβαδομετρήθηκαν και διαιρέθηκαν με το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης, για τον προσδιορισμό του ποσοστού της εκτάσεως επηρεασμού P% του κάθε σταθμού. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 5.2, ενώ οι έκτασή τους παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.2.

Πίνακας 5.2: Εμβαδά υποπεριοχών της μεθόδου Thiessen και ποσοστό επηρεασμού.

Σταθμός	Εμβαδόν (m ²)	%
Αβδού	41.903.620	32,46
Καστέλι	1.507.663	1,17
Έξω Ποταμοί	85.696.657	66,38
Σύνολο	129.107.940	100

Στη συνέχεια, από τις 360 τιμές (30έτη×12 μήνες) των μηνιαίων υψών βροχής των τριών πινάκων Π1, Π2 και Π3 των βροχομετρικών σταθμών πολλαπλασιάζοντας τις με τα παραπάνω ποσοστά επηρεασμού μέσω του τύπου

$$B_{ij} = \frac{[(\Pi 1_{ij}) \times 32.46 + (\Pi 2_{ij}) \times 1.17 + (\Pi 3_{ij}) \times 66.38]}{100} \quad (5.1)$$

προέκυψαν οι τιμές των επιφανειακών υψών βροχής μέσω της μεθόδου Thiessen που δίνονται στον Πίνακα Α.5 του παραρτήματος Α. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε υψομετρική αναγωγή των επιφανειακών υψών βροχής στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής. Έτσι, έγινε διόρθωση της υπολογιζόμενης βροχόπτωσης με βάση τον λεγόμενο *συντελεστή υψομετρικής αναγωγής*:

$$\lambda = 1 + \beta \frac{Z_m - Z_\sigma}{P_o} \quad (5.2)$$

όπου β η *βροχομετρική βαθμίδα*, δηλαδή η ανά μονάδα μέτρου μεταβολή του ύψους βροχής, η οποία ταυτίζεται με την κλίση της ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ των μέσων ετήσιων τιμών των σημειακών δειγμάτων και των αντίστοιχων υψομέτρων των βροχομετρικών σταθμών.

Z_m - μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής. (= 1124 m)

Z_σ - μέσο ζυγισμένο υψόμετρο σταθμών. (= 230* 32.46% + 350 * 1.17% + 800 * 66.38% = 609.79 m)

P_o - μέσο ετήσιο ύψος βροχής της μεθόδου Thiessen. $P_o = 1165.2$ mm ,

$\beta = -0,0061$ mm/m

Άρα, το μέσο ετήσιο επιφανειακό ύψος βροχής με υψομετρική αναγωγή στο μέσο υψόμετρο (P_o') ισούται με 1168.37 mm, δηλαδή με το επιφανειακό ύψος βροχής πριν την υψομετρική αναγωγή (P_o) επί τον συντελεστή υψομετρικής αναγωγής λ , που έχει τιμή $\lambda = 1.003$. Τα μηνιαία ύψη βροχής παρουσιάζονται στον Πίνακα Α.6 του παραρτήματος Α.

Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής

Για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας από το μετεωρολογικό σταθμό Ηρακλείου, στις οποίες έγινε υψομετρική αναγωγή στο μέσο υψόμετρο του οροπεδίου. Για τη μετατροπή κάθε τιμής των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών του σταθμού Ηρακλείου χρησιμοποιήθηκε η σχέση

$$T^*_{ij} = T_{ij} + \theta_1 \times (Z_m - Z) / 100 \quad (5.3)$$

όπου:

T^*_{ij} - η ανηγμένη μέση μηνιαία θερμοκρασία στο μέσο υψόμετρο για κάθε μήνα και έτος

T_i - η μέση μηνιαία θερμοκρασία του σταθμού Ηρακλείου για κάθε μήνα και έτος

θ_1 - η θερμοβαθμίδα. Είναι $\theta_1 = -0,65 \text{ }^\circ\text{C} / 100 \text{ m}$

Z_m - το μέσο υψόμετρο του οροπεδίου (= 1124 m)

Z - το υψόμετρο του σταθμού Ηρακλείου (= 39 m)

Έτσι, προκύπτουν οι ανηγμένες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες.

Ο υπολογισμός της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής έγινε μέσω του προγράμματος «Υδρογνώμον» εφαρμόζοντας τη μέθοδο Penman-Monteith.

Η μέθοδος Penman-Monteith ανήκει στην κατηγορία των λεγόμενων αναλυτικών τεχνικών που περιγράφουν τον πλήρη μηχανισμό του φαινομένου της εξάτμισης, θεωρείται δε επιστημονικά ως η πλέον αξιόπιστη. Ο Penman (1948), συνδυάζοντας την εξίσωση ενεργειακού ισοζυγίου στην επιφάνεια της γης με τις εξισώσεις διάχυσης των υδρατμών και αισθητής θερμότητας, καταλήγει στην ακόλουθη σχέση υπολογισμού του ύψους εξάτμισης από υδάτινη επιφάνεια, εκφρασμένου σε mm/ημέρα:

$$E = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} F(u)D \quad (5.4)$$

όπου Δ η κλίση της καμπύλης πίεσης κορεσμού, γ ο ψυχομετρικός συντελεστής, R_n η καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας, $F(u)$ η συνάρτηση ανέμου και D το έλλειμμα κορεσμού των υδρατμών. Κατά συνέπεια, για την εφαρμογή της μεθόδου Penman σε ημερήσια βάση απαιτούνται τα ακόλουθα μετεωρολογικά στοιχεία:

- το γεωγραφικό πλάτος αναφοράς, φ
- ο δείκτης της ημέρας του έτους, J
- το υψόμετρο z (σε m)
- η μέση θερμοκρασία του αέρα, T (σε $^\circ\text{C}$)
- η μέση σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, U (%)
- οι ώρες ηλιοφάνειας, n
- η μέση ταχύτητα του ανέμου, u (σε m/s), μετρημένη σε ύψος 2 m από το έδαφος

Η αρχική μέθοδος Penman αναπτύχθηκε για τον υπολογισμό της εξάτμισης από υδάτινη επιφάνεια. Σε ό,τι αφορά τον υπολογισμό της Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής από την καλλιέργεια αναφοράς, αναπτύχθηκε η συνδυαστική μέθοδος Penman-Monteith, η εξίσωση της οποίας είναι η εξής:

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma'}{\Delta + \gamma'} F(u)D \quad (5.5)$$

Η διαφορά της Penman για υδάτινη επιφάνεια και της Penman-Monteith για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής από την καλλιέργεια αναφοράς, συνίσταται στα εξής σημεία: (α) η τιμή της λευκάγειας (albedo) για το νερό και για την καλλιέργεια αναφοράς, (β)

η επιφανειακή αντίσταση της καλλιέργειας αναφοράς $r_s = 69$ ή 70 s/m σε σχέση με τη μηδενική τιμή για την υδάτινη επιφάνεια, (γ) ο ψυχομετρικός συντελεστής γ' της Penman-Monteith είναι συνάρτηση του ψυχομετρικού συντελεστή γ της Penman, σύμφωνα με τη σχέση $\gamma' = \gamma(1+r_s/r_a)$, όπου r_s η επιφανειακή αντίσταση των στομάτων των φυλλωμάτων της καλλιέργειας αναφοράς και r_a η αεροδυναμική αντίσταση, και (δ) η συνάρτηση ανέμου $F(u)$ είναι διαφορετική (Κουτσογιάννης, 1999).

Η μεθοδος Penman-Monteith στο περιβάλλον του «Υδρογνώμων»

Το λογισμικό χρησιμοποιεί ένα μοντέλο υπολογισμών βασισμένο στη μέθοδο Penman-Monteith. Ως χρονοσειρές εισόδου δέχεται:

- τη μέση θερμοκρασία αέρα σε °C
- τη σχετική υγρασία σε ποσοστό
- την πραγματική ηλιοφάνεια (min)
- τη ταχύτητα του ανέμου σε m/s.

Στη συνέχεια, αφού γίνει η επιλογή της μεθόδου Penman-Monteith, για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής ορίζονται οι παρακάτω παράμετροι με τις τιμές τους:

- Το γεωγραφικό πλάτος: $35^\circ 20'$
- Το υψόμετρο: 39 μέτρα
- Το albedo: 0.25
- Οι συντελεστές της εξίσωσης μέγιστου βάρους (Brunt Formula)
 A_e : 0.34
 B_e : 0.044
- Οι συντελεστές της εξίσωσης για το φαινόμενο της νέφωσης (Cloud Effect)
 a_L : 0.10
 b_L : 0.90
- Prescott coefficient
 A_s : 0.25
 B_s : 0.50

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Πίνακα A.7 του Παραρτήματος A.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι για τα μετεωρολογικά δεδομένα δεν διέθετα χρονοσειρές για τις μηνιαίες τιμές κάθε έτους αλλά αντιπροσωπευτικές μέσες μηνιαίες τιμές και για τον λόγο δημιουργήθηκαν χρονοσειρές με την παραδοχή ότι οι μηνιαίες τιμές κάθε έτους είναι ίδιες για τον αντίστοιχο μήνα κάθε έτους (Πίνακας A.9 Παραρτήματος A).

5.2.3 Βαθμονόμηση μοντέλου

Για την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου «Ζυγός» ακολουθήθηκαν οι παρακάτω διαδικασίες έτσι ώστε να προσαρμοστεί στα δεδομένα της λεκάνης του Οροπεδίου Λασιθίου. Για να γίνει αυτό, εισήχθησαν στο μοντέλο τα δεδομένα χρονοσειρών που δημιουργήθηκαν στο προηγούμενο στάδιο, και αφορούν την ανηγμένη μέση βροχόπτωση και την εξατμισοδιαπνοή.

Επίσης, για την ρύθμιση των παραμέτρων του μοντέλου εισήχθησαν και οι μετρημένες απορροές από τη μελέτη για το φράγμα του Αποσελέμη για τη χρονική περίοδο 1968 έως 1997, οι οποίες, για να μετατραπούν στις μονάδες με τις οποίες λειτουργεί το μοντέλο (mm), διαιρούνται με την συνολική επιφάνεια της λεκάνης απορροής του Οροπεδίου.

Αφού προετοιμάστηκαν τα δεδομένα σύμφωνα με τα παραπάνω, εισήχθησαν στο περιβάλλον του «Υδρογνώμων» και, στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο με το οποίο ενεργοποιείται το μοντέλο «Ζυγός».

Για την καλύτερη προσομοίωση της λεκάνης απορροής του οροπεδίου επιλέχτηκε η χρήση ενός μοντέλου που θα λαμβάνει υπόψη τις υπόγειες διαφυγές όγκου νερού.

Η αρχική δοκιμή περιλάμβανε όλες τις παραμέτρους, ακόμα και αυτές που προϋποθέτουν ότι ένα ποσοστό του όγκου του νερού χάνεται εκτός της λεκάνης.

Στη συνέχεια, ακολούθησαν και άλλες δοκιμές με λιγότερες παραμέτρους. Κριτήριο για την επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού των παραμέτρων, δηλαδή αυτού που αποδίδει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις φυσικές διεργασίες, ήταν η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού (objective function), ο οποίος επιδιωκόταν να είναι όσο πιο δυνατόν πιο κοντά στη μονάδα. Αυτό σημαίνει ότι ο συνδυασμός που επιλέχθηκε αναπαριστά πιστότερα τις φυσικές διεργασίες παραγωγής απορροής από τις βροχοπτώσεις.

Αφού έγινε η επιλογή των ποιών παραμέτρων θα χρησιμοποιηθούν στο τελικό μοντέλο, σειρά είχε η βελτιστοποίηση των παραμέτρων αυτών. Κριτήριο για την επιλογή των βέλτιστων τιμών των παραμέτρων ήταν η τιμή του παραπάνω συντελεστή.

Η τιμή του συντελεστή – δείκτη παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.3 για τις διάφορες δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν. Για να επιλεγεί το βέλτιστο αποτέλεσμα, η διαδικασία βαθμονόμησης απαιτούσε και τη διαχείριση των εμπλεκόμενων ημερομηνιών που ήταν διαθέσιμες απορροές. Η σωστή διαχείριση τους προϋποθέτει την διατήρηση κάποιων από τις διαθέσιμες μετρήσεις εκτός της βαθμονόμησης. Οι τιμές αυτές χρησιμοποιούνται μετά την βαθμονόμηση για έλεγχο της αξιοπιστίας του μοντέλου.

Οι δοκιμές έγιναν με χρήση των μετρήσεων αρχικά των πρώτων 15 και την διατήρηση των υπολοίπων 15 ετών για έλεγχο και επαλήθευση.

Πίνακας 5.3: Δοκιμές για τη βέλτιστη βαθμονόμηση του μοντέλου «Ζυγός»

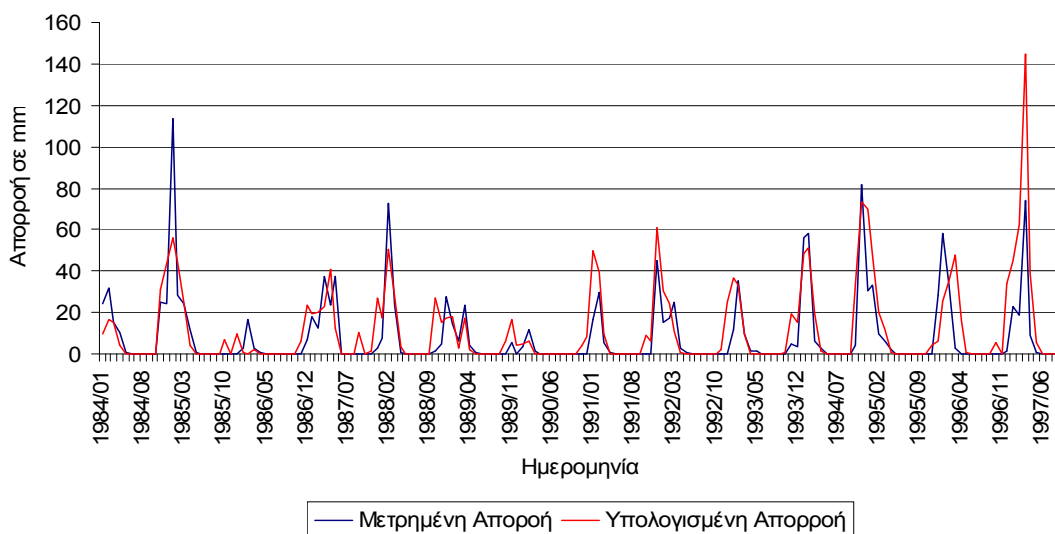
Δοκιμή	1	2	3	4	5	6
κ	0.081	0.054	0.088	0	0.093	0.074
μ	0.99	0	0.066	0.075	0.057	0.065
ε	0.99	0.99	0.99	0	0.584	0.99
H1	0.798	0.031	0	0	0.314	0
H2	84.76	270.49	259.10	226.64	117.54	259.37
λ	0.178	0.146	0.027	0	0.038	0.032
ξ	0.058	0	0.039	0.228	0.738	0.728
φ	0.085	0.99	0.867	0	0.816	0.661
K	263.65	217.48	0	482.2	323.55	0
S _o	0	0.116	0	0	0.093	0
Y _o	5	0	0	125.77	8.21	0
R ²	0.772	0.659	0.781	0.773	0.746	0.744

Οι τελικές τιμές των παραμέτρων του μοντέλου που επέφεραν το μέγιστο δυνατό συντελεστή προσδιορισμού είναι της 3^{ης} δοκιμής με R² 0.781.

5.2.4 Επαλήθευση μοντέλου

Μετά τον προσδιορισμό των τιμών των παραμέτρων έγινε η επαλήθευση του μοντέλου υπολογίζοντας τις απορροές για το διάστημα των ημερομηνιών οι οποίες κρατηθήκαν εκτός του δείγματος βαθμονόμησης.

Στο Σχήμα 5.2 παρουσιάζονται ταυτόχρονα η μετρημένη απορροή και η υπολογισμένη απορροή που προέκυψε από το μοντέλο.



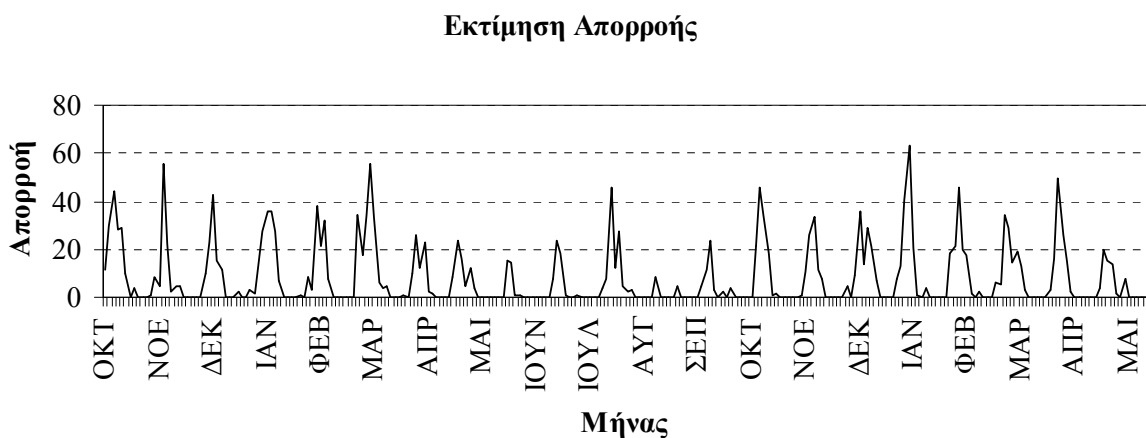
Σχήμα 5.2: Συγκριτικό διάγραμμα απορροών σε mm.

5.3 Εκτίμηση απορροής λεκάνης της Λίμνης Παμβώτιδας

Έχοντας, πλέον, γνωστές τις τιμές των παραμέτρων του μοντέλου «ΖΥΓΟΣ» είναι δυνατή η εκτίμηση της απορροής της κλειστής λεκάνης των Ιωαννίνων.

Με εισαγωγή των ανηγμένων στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης υψών βροχής, της εξατμισοδιαπνοής κατά Penman-Monteith και των εκτιμημένων τιμών των παραμέτρων στο μοντέλο «ΖΥΓΟΣ», υπολογίστηκε η απορροή για τη λεκάνη. Στο Σχήμα 5.3 δίνεται η μηνιαία μεταβολή για την περίοδο 1980 έως 2001.

Παρατηρείται μια συνεχής μεταβολή στις τιμές της απορροής, με υψηλές τιμές κατά τους χειμερινούς μήνες ενώ κατά τους θερινούς μήνες η απορροή πέφτει σε πολύ χαμηλά έως μηδενικά επίπεδα. Ο πίνακας των τιμών της απορροής δίνεται στο παράρτημα Α (Πίνακας Α.18)



Σχήμα 5.3: Μηνιαία μεταβολή της απορροής της κλειστής λεκάνης της λίμνης Παμβώτιδας σε εκατ. m³.

5.4 Υδατικό ισοζύγιο Λίμνης Παμβώτιδας

Η εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου για τη λίμνη Ιωαννίνων μπορεί να διατυπωθεί σε γενική μορφή και σε ετήσια βάση με την εξίσωση:

$$P + Q = E + Y + A + G \quad (5.6)$$

Όπου:

P : βροχόπτωση

Q : επιφανειακή απορροή προς τη λίμνη

E : εξάτμιση της λίμνης

Y : υπερχειλίση

A : απώληση από άρδευση

G : υπόγειες διαφυγές από τη λίμνη.

Προσδιορισμός των εισόδων

Οι ακόλουθες εκτιμήσεις αφορούν το μέσο υδρολογικό έτος, αλλά η ίδια μεθοδολογία ακολουθείτε και για την κατάρτιση των μηνιαίων υδατικών ισοζυγίων όλων των ετών.

- Βροχόπτωση

Η βροχόπτωση που υπεισέρχεται στο υδατικό ισοζύγιο είναι εκείνη που πέφτει πάνω στη ελεύθερη επιφάνεια της λίμνης. Προσδιορίζεται από τις μετρήσεις του σταθμού Λίμνη Ιωαννίνων, χωρίς καμία αναγωγή διότι ο σταθμός βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο περίπου με τη λίμνη.

- Επιφανειακή Απορροή

Σύμφωνα με τους Ξανθόπουλο κ.ά. (1984), στη λίμνη δεν εισρέει στο σύνολο της, η απορροή, αλλά ένα ποσοστό αυτής. Το τμήμα της συνολικής εκτάσεως της λεκάνης που απορρέει στη λίμνη εκτιμήθηκε στο 75% του συνόλου. Με την παραδοχή αυτή, η ποσότητα της απορροής που προέκυψε από το «ΖΥΓΟΣ» πολλαπλασιάστηκε με τον συντελεστή 0.75.

Προσδιορισμός εξόδων

- Εξάτμιση από ελεύθερη επιφάνεια νερού.

Επειδή πρόκειται για λίμνη, η εξάτμιση θα υπολογιστεί από την ελεύθερη επιφάνεια της. Για τον υπολογισμό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του σταθμού Ιωάννινα. Τα δεδομένα αυτά ήταν τα μηνιαία μετεωρολογικά δεδομένα ταχύτητα ανέμου, σχετική υγρασία, ηλιοφάνεια καθώς και οι μετρήσεις της θερμοκρασίας. Στη θερμοκρασία πραγματοποιήθηκε αναγωγή στη μέση στάθμη της λίμνης, η οποία υπολογίστηκε από το Σχήμα 4.1 και προέκυψε 469.70 m. Η θερμοβαθμίδα είναι $-5,5^{\circ}\text{C}/1 \text{ km}$. Ο τύπος της αναγωγής που χρησιμοποιήθηκε είναι

$$T_{\Sigma} = T_{\Sigma B} + \frac{\theta \times (Z_{\text{ΜΣΛ}} - Z_{\Sigma B})}{1000} \quad (5.7)$$

Όπου :

T_{Σ} – ανηγμένη θερμοκρασία σταθμού στη μέση στάθμη της λίμνης

$T_{\Sigma B}$ – θερμοκρασία του σταθμού

θ – θερμοβαθμίδα

$Z_{\text{ΜΣΛ}}$ – μέση στάθμη της λίμνης

$Z_{\Sigma B}$ – υψόμετρο σταθμού (483 m).

Χρησιμοποιήθηκε και εδώ το λογισμικό «Υδρογνώμον» και η εφαρμογή που διαθέτει για τον υπολογισμό της εξάτμισης. Για τον υπολογισμό εξάτμισης από ελεύθερη επιφάνεια νερού χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Penman με τις αναγκαίες προσαρμογές.

- Το γεωγραφικό πλάτος: $20^{\circ} 48'$

- Το υψόμετρο: 483 m

- Το albedo: 0.08

- Οι συντελεστές της εξίσωσης του Brunt

A_e : 0.56

B_e : 0.08

- Οι συντελεστές της εξίσωσης για το φαινόμενο της νέφωσης (Cloud Effect)

a_L : 0.10

b_L : 0.90

- Prescott coefficients

A_s : 0.25

B : 0.50

Τα αποτελέσματα για τον υπολογισμό της εξάτμισης, έτσι όπως προέκυψαν από το «Υδρογνώμον» συνοψίζονται στον Πίνακα Α.19 του Παραρτήματος Α.

- **Υπερχείλιση**

Δεδομένα για την υπερχειλίση δε διατίθενται, και, έτσι, αυτή θα υπολογιστεί μέσω του υδατικού ισοζυγίου.

- **Απώληση για άρδευση**

Σύμφωνα με τη μελέτη των Ξανθόπουλου κ.ά. (1984), η ποσότητα του αρδευτικού νερού που προέρχεται από τη λίμνη είναι $9 \times 10^6 \text{ m}^3$ το έτος.

- **Υπόγειες διαφυγές**

Για τις υπόγειες διαφυγές έγινε η παραδοχή ότι είναι πολύ μικρές και εκτιμούνται στα $12 \times 10^6 \text{ m}^3$ το έτος.

Μοντέλο προσομοίωσης λειτουργίας της λίμνης

Για της ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε προσομοίωση της λειτουργίας της λίμνης. Αρχικά, έγιναν δύο παραδοχές: (α) ότι η λίμνη δέχεται εισροές μόνο από τη δική της λεκάνη απορροής, ενώ (β) εξυπηρετεί ανάγκες μόνο για άρδευση, η οποία χαρακτηρίζεται από ετήσια ζήτηση νερού $D = 9 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Γνωστή θεωρήθηκε η ωφέλιμη χωρητικότητα της λίμνης S_{\max} , που είναι ο όγκος μέχρι τη στάθμη υπερχειλίσης, τα 472.3 m.

Ως χρονική κλίμακα χρησιμοποιήθηκε ο μήνας και σε όλα τα μεγέθη παριστάνεται με δυο δείκτες i για το έτος και j για τον μήνα. Οι συμβολισμοί για τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται είναι για τις εισροές:

- Βροχόπτωση P_{ij} , εκφρασμένη σε mm.
- Επιφανειακή απορροή Q_{ij} , εκφρασμένη σε 10^6 m^3 .

Για τις εκροές:

- Εξάτμιση κατά Penman E_{ij} , εκφρασμένη σε mm.
- Υπόγεια διαφυγή L_{ij} , εκφρασμένη σε 10^6 m^3 .
- Απώληση για άρδευση R_{ij} , εκφρασμένη σε 10^6 m^3 .
- Υπερχείλιση SP_{ij} , εκφρασμένη σε 10^6 m^3 .

Στο υδατικό ισοζύγιο συμβάλλουν και τα ωφέλιμα αποθέματα νερού στην αρχή S_{ij} και στο τέλος του μήνα S_{ij+1} . οι τιμές των για τα ωφέλιμα αποθέματα προκύπτουν μέσω του διαγράμματος στάθμης – όγκου της λίμνης και της πολυωνυμικής εξίσωσης που προκύπτει από αυτή, συναρτήσει της στάθμης.

$$S = 1.2526 \times H^2 - 1155.7 \times H + 266576 \quad (5.8)$$

Αρχικά, εισρέει στη λίμνη το νερό της απορροής και της βροχόπτωσης ενώ πραγματοποιούνται η εξάτμιση και οι υπόγειες διαφυγές. Το διαθέσιμο νερό για απόληψη υπολογίζεται μέσω της εξίσωσης

$$SA_{ij} = S_{ij} - S_{ij+1} + Q_{i_j} + 10^{-3} \times A_{ij} \times P_{ij} - 10^{-3} \times A_{ij} \times E_{ij} - G_{ij} \quad (5.9)$$

Όπου A_{ij} είναι το εμβαδόν της επιφάνειας της λίμνης και προκύπτει από το διάγραμμα στάθμης – επιφάνειας της λίμνης και από το πολυώνυμο

$$A = 0.3063 \times H^2 - 282.74 \times H + 65245 \quad (5.10)$$

όπου H είναι η στάθμη της λίμνης.

Η δημιουργία των διαγραμμάτων στάθμης – όγκου και στάθμης – επιφάνειας παρουσιάζεται αναλυτικά σε επόμενο εδάφιο.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η απόληψη, R_{ij} , σύμφωνα με τον ‘κανόνα λειτουργίας’. Κατά τον κανόνα αυτόν, εφόσον το νερό στη λίμνη επαρκεί, λαμβάνεται ποσότητα ακριβώς ίση με τη ζήτηση νερού για άρδευση τον εξεταζόμενο μήνα j , D_j . Σε αντίθετη περίπτωση, λαμβάνεται όλο το διαθέσιμο νερό για απόληψη SA_{ij} .

$$R_{ij} = \min(D_{ij}, SA_{ij}) \quad (5.11)$$

Όπου D_{ij} προκύπτει από την ετήσια ζήτηση νερού D για την απόληψη πολλαπλασιασμένη με ένα συντελεστή ανισοκατανομής της ζήτησης λ_j για κάθε μήνα j .

Πίνακας 5.4: Τιμές συντελεστή ανισοκατανομής της ζήτησης λ_i

Μήνας	Συντελεστής λ_i
Ιανουάριος	0
Φεβρουάριος	0
Μάρτιος	0
Απρίλιος	0
Μάιος	0.125
Ιούνιος	0.20
Ιούλιος	0.35
Αύγουστος	0.20
Σεπτέμβριος	0.125
Οκτώβριος	0
Νοέμβριος	0
Δεκέμβριος	0

Το νερό που απομένει, ελέγχεται για την πιθανότητα υπερχειλίσης. Δηλαδή η λίμνη θα υπερχειλίσει εάν η ποσότητα που έχει απομείνει έπειτα την απόληψη είναι μεγαλύτερη της ποσότητας S_{\max} , αλλιώς η υπερχειλίση είναι μηδενική. Η υπερχειλίση υπολογίζεται ως

$$SP_{ij} = \max(SA_{ij} - R_{ij} - S_{\max}, 0) \quad (5.12)$$

Τα αποτελέσματα της διαδικασίας κατάρτισης του υδατικού ισοζυγίου συνοψίζονται στον Πίνακα Α.20 του Παραρτήματος Α.

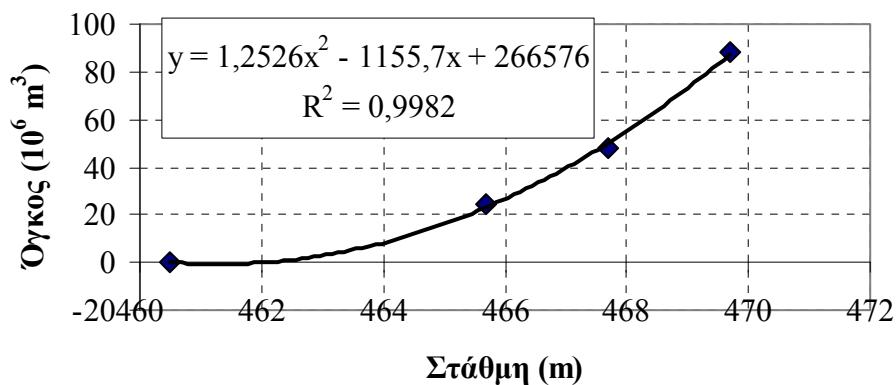
Υπολογισμός διαγραμμάτων στάθμης – όγκου και στάθμης – επιφάνειας της λίμνης

Με βάση την προσεγγιστική πληροφορία για την βαθυμετρία της λίμνης των Kangalou et al. (2007) λήφθηκαν οι βαθυμετρικές καμπύλες με ψηφιοποίηση. Στη συνέχεια, με την εντολή

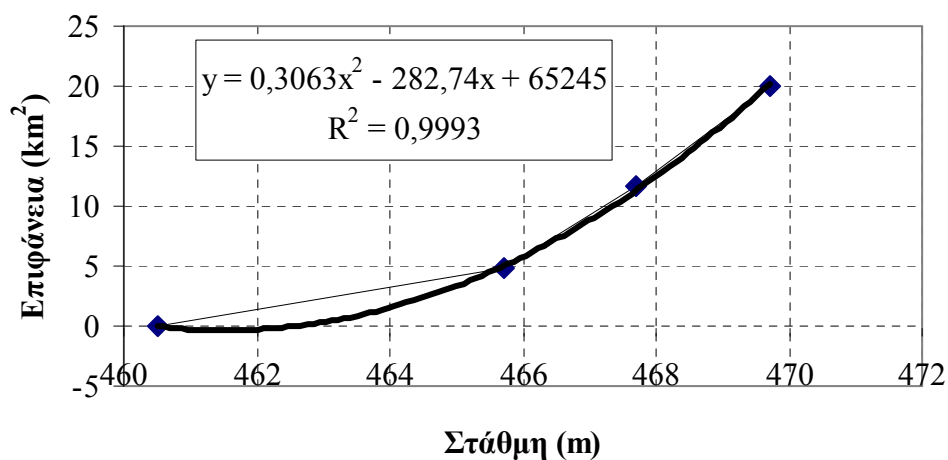
area, μετρήθηκε το εμβαδόν που καταλαμβάνει κάθε βαθυμετρική καμπύλη, έτσι προέκυψε η δεύτερη στήλη του πίνακα 5.4.2. Η ισοδιασταση των καμπυλών είναι 2 μέτρα, άρα εύκολα υπολογίζεται η υψομετρική καμπύλη στη οποία βρίσκεται το κάθε βάθος, καθώς και ο όγκος μεταξύ δυο καμπυλών ο οποίος παρουσιάζεται στην τρίτη στήλη του πίνακα. Ο συνολικός όγκος της λίμνης προέκυψε αθροιστικά. Τα διαγράμματα στάθμης όγκου και στάθμης – επιφάνειας φαίνονται στα σχήματα 5.4 και 5.5 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.5: Υπολογισμός όγκου λίμνης Παμβώτιδας για διάφορες τιμές στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας. .

Βαθυμετρική καμπύλη	υψόμετρο m	Επιφάνεια σε 10^6 m^2	Όγκος σε 10^6 m^3	Συνολικός όγκος σε 10^6 m^3
Πυθμένας	460.5	0	0	0
Πυθμένας - 4	465.7	4.78	24.85	24.85
4-2	467.7	11.63	23.26	48.12
2-0	469.7	20.0	40.0	88.12



Σχήμα 5.4: Διάγραμμα στάθμης – όγκου



Σχήμα 5.5: Διάγραμμα στάθμης – επιφάνειας

6 Κατάρτιση ισοζυγίου φωσφόρου Λίμνης Παμβώτιδας

6.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται προσπάθεια εκτίμησης του ισοζυγίου του φωσφόρου στη λίμνη Παμβώτιδα.

Αρχικά εκτιμήθηκαν τα φορτία του φωσφόρου που προκύπτουν από σημειακές ή μη πηγές, μέσω της μεθόδου των συντελεστών εξαγωγής. Η μέθοδος αυτή δίνει τη δυνατότητα συσχέτισης των χρήσεων γης με το ρυπαντικό φορτίο που καταλήγει στο υδρογραφικό δίκτυο.

Στο επόμενο στάδιο, τα δεδομένα που εισέρχονται στο ισοζύγιο ανάχθηκαν από το υδρολογικό έτος σε έτος φωσφόρου, το οποίο επιλέχθηκε να ξεκινά τον μήνα Απρίλιο. Στη συνέχεια, έγινε η κατάρτιση του ισοζυγίου φωσφόρου κατ' αντιστοιχία με το απλό μοντέλο των Lathrop et al. (1997) που εφαρμόστηκε στη λίμνη Μεντότα του Γουισκόνσιν. Οι υπολογισμοί έγιναν σε όρους μάζας και όχι σε όρους συγκέντρωσης όπως σε εκείνο το μοντέλο. Δυστυχώς, όμως, η περίοδος για την οποία καταρτίστηκε το ισοζύγιο ήταν πολύ μικρή, καθώς οι ποιοτικές μετρήσεις για τη συγκέντρωση του φωσφόρου ήταν περιορισμένες και ελλιπείς.

Τέλος, μέσω του φορτίου φωσφόρου, αποτιμήθηκε η ευτροφική κατάσταση της λίμνης για τα λίγα έτη για τα οποία κατέστη δυνατή η κατάρτιση ισοζυγίων φωσφόρου.

6.1.1 Υπολογισμός ρυπαντικών φορτίων από σημειακές και μη σημειακές πηγές

Σημειακές πηγές

Οι σημαντικότερες σημειακές πηγές εκπομπής αζώτου και φωσφόρου είναι τα αστικά και βιομηχανικά λύματα. Στην παρούσα εργασία γίνεται η παραδοχή ότι τα αστικά και βιομηχανικά λύματα δεν εισρέουν στη λίμνη, αλλά έπειτα από την επεξεργασία τους, διοχετεύονται στον ποταμό Καλαμά. Συνεπώς, δεν επιβαρύνουν την λίμνη.

Μη σημειακές πηγές

Για τις ανάγκες εκτίμησης των ρυπαντικών φορτίων από μη σημειακές (διάχυτες) πηγές, όπως οι επιφανειακές απορροές από επιφάνειες με διάφορες χρήσεις γης, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των συντελεστών εξαγωγής (export coefficients). Η συγκεκριμένη μέθοδος υπολογίζει το ετήσιο φορτίο ενός ρύπου (κυρίως θρεπτικών) που καταλήγει σε ένα υδάτινο σώμα ως το άθροισμα των επιμέρους φορτίων που προκύπτουν από κάθε πηγή στα όρια της λεκάνης απορροής. (Καλιακάτσος, κ.ά., 2006). Οι συντελεστές εξαγωγής συσχετίζουν την απορρέουσα ποσότητα των διαφόρων ρύπων με τη μονάδα έκτασης των επιμέρους χρήσεων γης (σε km^2), ή την επιφάνεια των υδατίνων σωμάτων στην οποία καταλήγουν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Τιμές των συντελεστών εξαγωγής μπορούν να ανευρεθούν σε πλήθος βιβλιογραφικών πηγών ή να προκύψουν μέσω σχετικών ερευνητικών προγραμμάτων. Στα πλαίσια της παρούσας

εργασίας, οι συντελεστές προέκυψαν από πρόγραμμα του Υπουργείου Ανάπτυξης για το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου. Οι τιμές, αυτές, συμφωνούν με τα όρια που προτείνουν και οι βιβλιογραφικές πηγές και παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 6.1: Συντελεστές εξαγωγής φωσφόρου σε g/m²/έτος.

Χρήση Γης	Διακύμανση Τιμών (από βιβλιογραφία)	Τιμή που λήφθηκε (g/m ² /έτος)
Αρδευόμενες Εκτάσεις	0.03-0.07	0.05
Δασική Έκταση	0.005-0.02	0.01
Γεωργική Γη	0.006-0.29	0.05
Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα	0.02-0.025	0.02

Η μαθηματική σχέση η οποία εκφράζει τη μέθοδο των συντελεστών εξαγωγής είναι η ακόλουθη:

$$L = \sum_{i=1}^n E_i \cdot A_i \quad (6.1)$$

Όπου :

L = το απορρέον ρυπαντικό φορτίο,

E_i = ο συντελεστής εξαγωγής για την πηγή i (χρήση γης ή κτηνοτροφία),

A_i = η έκταση της χρήσης γης τύπου i που περιλαμβάνεται στη λεκάνη απορροής.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έγινε χρήση του λογισμικού ArcGIS και των εργαλείων που εμπεριέχονται σε αυτό, έτσι ώστε να δημιουργηθεί τελικά ο χάρτης με τις χρήσεις γης που περικλείονται από την κλειστή λεκάνη απορροής της λίμνης Παμβώτιδας. Ένα στάδιο ιδιαίτερης σημασίας για τη συνέχεια της διπλωματικής εργασίας ήταν αυτό της δημιουργίας του σωστού χαρτογραφικού υπόβαθρου. Τα δεδομένα από τα οποία προέκυψε ο τελικός χάρτης ήταν χάρτες από τη ΓΥΣ καθώς και απόσπασμα του χάρτη CORINE για την περιοχή μελέτης μου, γεωαναφερμένοι στο ΕΓΣΑ '87.

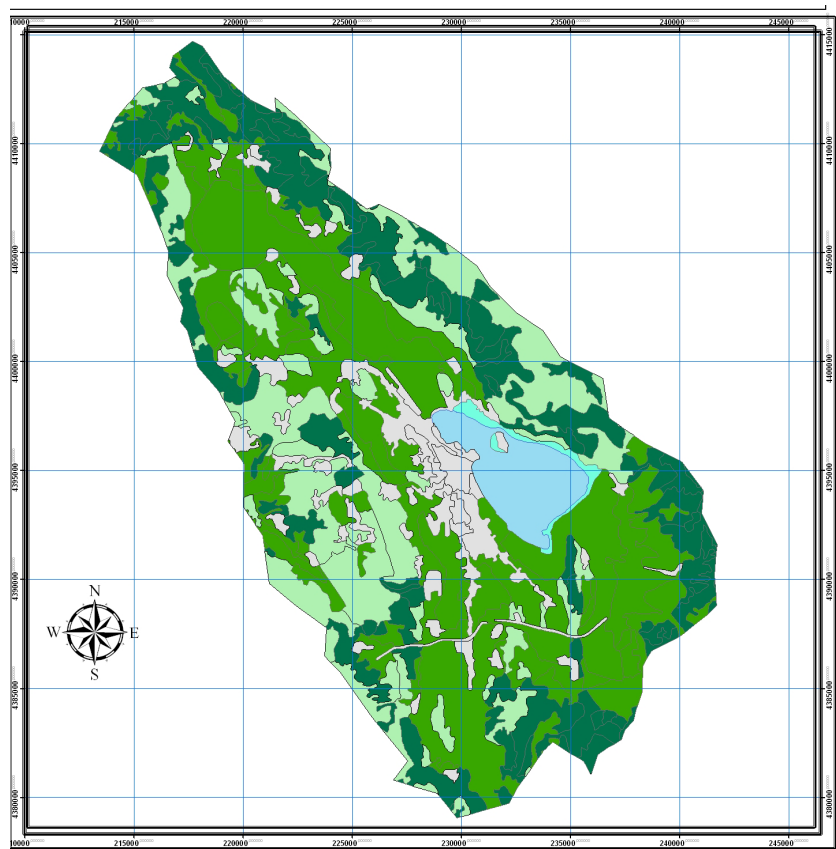
Για την οριοθέτηση της λεκάνης απορροής δημιουργήθηκε μέσω ArcCatalog του πακέτου ArcGIS ένα αρχείο είδους «shapefile» και τύπου δεδομένων «polyline» το οποίο εισήχθη στο Arcmap. Στη συνέχεια, κάνοντας χρήση της εργαλειοθήκης «Editor» του λογισμικού διανυσματοποιήθηκε ο υδροκρίτης της λεκάνης. Έπειτα από τον ορισμό του υδροκρίτη, εισήχθη στο πρόγραμμα το αρχείο με το απόσπασμα των χρήσεων γης από CORINE, το που ήταν ήδη σε μορφή «shapefile».

Για να απομονωθούν οι χρήσεις γης που βρίσκονται εντός της λεκάνης απορροής χρησιμοποιήθηκε η εντολή Clip της εφαρμογής ArcToolBox. ArcToolBox → Εργαλεία Ανάλυσης → Extract → Clip. Με την διαδικασία αυτή εμφανίζεται η περιοχή της λεκάνης, όπως αυτή οριοθετήθηκε με τις χρήσεις γης και πληρεί όλα τα κριτήρια εκτός του κριτηρίου εμβαδού.

Για την εξαγωγή των εμβαδών της επιφάνειας που καταλαμβάνουν οι χρήσεις γης ακολουθήθηκαν οι ακόλουθες διεργασίες στο Arcmap. Αρχικά, μετατράπηκαν τα διανυσματικά αρχεία τύπου γραμμής σε τύπο πολύγωνου μέσω του εργαλείου Data Management Tools → Features → Feature to Polygon. Στο νέο αρχείο τύπου πολύγωνου, που

δημιουργήθηκε, και ανοίγοντας τον πίνακα δεδομένων του προστέθηκε το πεδίο «Εμβαδόν» που θα περιέχει την πληροφορία αυτή. Τέλος, για το πεδίο αυτό, επιλέχθηκε «Calculate Geometry» για τον υπολογισμό των εμβαδών αυτών.

Στο Σχήμα 6.1 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα των παραπάνω εργασιών, δηλαδή η κλειστή λεκάνη απορροής της λίμνης Ιωαννίνων, καθώς και οι χρήσεις γης για τις οποίες υπολογίστηκαν τα φορτία. Με το γκρι χρώμα απεικονίζονται οι αστικές περιοχές, στις οποίες (παρότι δεν υπολογίζονται τα φορτία που προκύπτουν από αυτές) περιλαμβάνονται οι χρήσεις: «συνεχής» και «ασυνεχής αστικός ιστός», βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες, οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα, αεροδρόμια, χώροι οικοδόμησης, εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής. Με το πράσινο χρώμα απεικονίζεται η κατηγορία των αρδευόμενων εκτάσεων. Οι δασικές εκτάσεις δίνονται με σκούρο πράσινο χρώμα, ενώ η γεωργική γη και τα βοσκοτόπια με το ανοιχτό πράσινο. Τέλος, με τις αποχρώσεις του θαλασσί και σιέλ απεικονίζονται η λίμνη των Ιωαννίνων και οι βαλτώδεις εκτάσεις.



Σχήμα 6.1: Χρήσεις γης της κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων

Δασική έκταση

Οι εκτάσεις με φυσική βλάστηση ή εκτάσεις μη εφαρμογής λιπασμάτων, όπως είναι οι δασικές, παρουσιάζουν χαμηλούς ρυθμούς εξαγωγής θρεπτικών και αυξημένες δυνατότητες κατακράτησης τους. Έτσι, παρατηρείται μείωση του φορτίου λόγω της κατακράτησης. Οι δασικές εκτάσεις μπορούν να αποτελέσουν ζώνες ανάσχεσης των ρυπαντικών φορτίων, που καταλήγουν σε αυτές από τις ανάντη πηγές θρεπτικών.

Αρδευόμενες εκτάσεις

Οι αρδευόμενες εκτάσεις αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των εκτάσεων της λεκάνης απορροής και συμβάλουν σημαντικά στη τροφοδοσία του φωσφόρου. Στις καλλιεργήσιμες

εκτάσεις η εξαγωγή θρεπτικών είναι υψηλότερη απ' ό,τι στους βοσκοτόπους, καθώς παραμένουν «γυμνές» για μεγάλο μέρος του έτους.

Γεωργική γη – βοσκοτόπια

Οι κυριότερες μη σημειακές πηγές τροφοδοσίας φωσφόρου είναι οι γεωργικές δραστηριότητες. Καθώς προστίθενται επιπλέον ποσότητες φωσφόρου από τις λιπάνσεις των εδαφών και τα περιττώματα των ζώων.

Ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις

Η ποσότητα των ρύπων L_p που εισέρχονται στο σύστημα μέσω των κατακρημνίσεων λαμβάνεται υπόψη βάσει της έκτασης A_{lake} που καταλαμβάνεται από τα υδάτινα σώματα της λίμνης και ενός συντελεστή εξαγωγής E .

$$L_p = A_{lake} \cdot E \quad (6.2)$$

Ενσταβλισμένη κτηνοτροφία

Λόγω έλλειψης στοιχείων σχετικά με τον αριθμό των ζώων που περιλαμβάνεται σε κάθε τύπο σταβλισμένης κτηνοτροφικής δραστηριότητας, το φορτίο που προκύπτει από τη χρήση αυτή υπολογίστηκε από τον λόγο του συνολικού εμβαδού της επιφάνειας που καταλαμβάνει εντός των ορίων της κλειστής λεκάνης των Ιωαννίνων, η γεωργική χρήση προς την συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνει η χρήση αυτή σε όλη την έκταση του νομού, πολλαπλασιασμένος με το συνολικό ρυπαντικό φορτίο του φωσφόρου από την ενσταβλισμένη κτηνοτροφία.

$$\frac{189.09 km^2}{3125.2 km^2} \times 544 tn/ετος = 32.91 tn/ετος \quad (6.3)$$

Για βροχόπτωση της τάξεως των 1000 mm/έτος εκτιμάται ότι περίπου το 30 με 40% του όγκου των αποβλήτων ρέουν επιφανειακά, οι δε συγκεντρώσεις του φωσφόρου είναι περίπου 40 με 50% των συγκεντρώσεων φωσφόρου στα απόβλητα. Επομένως, περίπου το 15% του φωσφόρου των αποβλήτων εξάγεται και μπορεί να τροφοδοτήσει τον επιφανειακό αποδέκτη (Ξανθόπουλος κ.ά., 1984). Άρα, το φορτίο της ενσταβλισμένης κτηνοτροφίας είναι :

$$L_{kt} = 32.91 tn/ετος \times 0.15 = 4.94 tn/ετος \quad (6.4)$$

Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται αναλυτικά οι υπολογισμοί των φορτίων. Στη πρώτη στήλη αναγράφονται οι χρήσεις γης, στη δεύτερη στήλη δίνεται η έκταση που καταλαμβάνει η κάθε χρήση, έτσι όπως προέκυψε από τον χάρτη σε m^2 , στη τρίτη στήλη δίνεται η τιμή του συντελεστή εξαγωγής σε $g/m^2/έτος$, ενώ στις δυο τελευταίες στήλες δίνεται το φορτίο που προκύπτει για κάθε χρήση πρώτα σε $g/έτος$ και έπειτα σε τόνους/έτος.

Πίνακας 6.2: Ετήσιες ποσότητες φωσφόρου που απορρέουν στη λίμνη.

Χρήση γης	Έκταση (m^2)	Συντελεστής Εξαγωγής	Φορτίο ($g/έτος$)	Φορτίο (τόνοι/έτος)
Αρδευόμενες Εκτάσεις	220.536.596	0.05	11.026.830	11.03
Δασική Έκταση	136.030.021	0.01	1.360.300	1.36
Γεωργική Γή	189.089.801	0.05	9.454.490	9.45
Ατμοσφαιρικές Κατακρημνίσεις	20.000.009	0.02	400.000	0.40

Ενσταβλισμένη Κτηνοτροφία		0.15		4.94
------------------------------	--	------	--	------

Η συνολική φόρτιση της λίμνης με φώσφορο ισούται με

$$11.03 + 1.36 + 9.45 + 0.40 + 4.94 = 27.18 \text{ τόνοι/έτος}$$

Αυτή ισούται με συνολική επιφανειακή φόρτιση

$$Lp = \frac{27.18 \times 10^6}{20 \times 10^6} = 1.36 \text{ gP/m}^2 / \text{ετος}$$

6.2 Αναγωγή μεγεθών υδατικού ισοζυγίου από το υδρολογικό έτος στο «έτος φωσφόρου»

Για να είναι δυνατή η χρήση των δεδομένων, που προέκυψαν από τα προηγούμενα στάδια, για την κατάρτιση του ισοζυγίου του φωσφόρου θα πρέπει αυτά να αναχθούν από υδρολογικά έτη σε έτη φωσφόρου. Αυτό, διότι το υδρολογικό έτος έχει ως αρχή τον μήνα Οκτώβριο ενώ το έτος φωσφόρου τον μήνα Απρίλιο. Ο μήνας Απρίλιος επιλέχθηκε διότι η συγκέντρωση του φωσφόρου αυτό τον μήνα έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως ως μέσο πρόβλεψης της καλοκαιρινής χλωροφύλλης που είναι και η κρίσιμη τιμή σε υπολογισμούς ευτροφισμού των λιμνών.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς και προέκυψαν από το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης, είναι:

- Ο ωφέλιμος όγκος της λίμνης, S_{ij}
- Η επιφανειακή απορροή, Q_{ij}
- Η υπερχείλιση, SP_{ij}
- Οι υπόγειες διαφυγές, G_i
- Η απώληση, για άρδευση R_{ij} .

Επιπλέον, στους υπολογισμούς υπεισέρχονται και οι συγκεντρώσεις του ολικού φώσφορου που προέκυψαν από μετρήσεις στα ύδατα της λίμνης από το Υπουργείο Γεωργίας και παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4.

Στον Πίνακα 6.3 παρουσιάζονται αθροιστικά οι ετήσιες ποσότητες σε έτη φωσφόρου για τα δεδομένα των ετών για τα οποία υπάρχουν μετρήσεις της συγκέντρωσης του ολικού φωσφόρου.

Πίνακας 6.3: Ετήσιες ποσότητες παραμέτρων του ισοζυγίου

ΕΤΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ	Q_i	P_i	E_i	D_{ij}	G_{ij}	R_{ij}	SP_{ij}
1982-1983	80.71	1053.96	963.72	9	12	11.28	9.24
1983-1984	111.62	1133.32	814.63	9	12	10.45	18.51
1984-1985	83.60	972.86	887.69	9	12	10.29	11.59
1985-1986	137.23	991.04	863.43	9	12	17.27	37.81
1986-1987	64.26	975.48	884.52	9	12	20.10	0
1987-1988	54.88	1068.45	1122.09	9	12	13.70	0

6.3 Ισοζύγιο φωσφόρου Λίμνης Παμβώτιδας

Το ισοζύγιο φωσφόρου που περιγράφεται παρακάτω αποτελεί μια απλοποιημένη μορφή του ετήσιου ισοζυγίου που προτάθηκε από τους Lathrop et al. (1997).

Η εξίσωση του ισοζυγίου σε ετήσιο βήμα είναι η ακόλουθη

$$M_{t+1} = M_t + L_t - O_t - \Lambda_t \quad (6.5)$$

Όπου:

M_t, M_{t+1} η μάζα του φωσφόρου εκφρασμένη σε kg, η οποία βρίσκεται μέσα στη λίμνη στην αρχή του έτους (t) ή στο τέλος του έτους ($t+1$).

L_t – η ετήσια ποσότητα μάζας του φωσφόρου που εισέρχεται στη λίμνη από σημειακές ή μη πηγές, εκφρασμένη σε kg.

O_t – η ετήσια ποσότητα μάζας του φωσφόρου που εκρέει από τη λίμνη εκφρασμένη σε kg.

Λ_t – η ποσότητα του φωσφόρου που χάνεται μέσω των εσωτερικών διεργασιών της λίμνης.

Η μάζα που υπάρχει μέσα στη λίμνη στην αρχή του έτους προκύπτει από μέτρηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου μέσα στη λίμνη κατά τον μήνα Απρίλιο (ή Μαρτίου) πολλαπλασιασμένες με τον ωφέλιμο όγκο της λίμνης εκείνη την χρονική τιμή. Το ίδιο και για το τέλος του έτους.

Το εισερχόμενο φορτίο για κάθε έτος προκύπτει από το συνολικό μέσο φορτίο που εισρέει στη λίμνη επί τον λόγο της ετήσιας απορροής του εξεταζόμενου έτους προς τη μέση ετήσια απορροή όλων των ετών για τα οποία καταρτίστηκε το υδατικό ισοζύγιο.

Η εξερχόμενη μάζα φωσφόρου προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης του φωσφόρου στη λίμνη με τον όγκο των εκροών από την λίμνη, πλην της εξάτμισης, η οποία δεν μεταφέρει φορτίο. Η μέση ετήσια συγκέντρωση του φωσφόρου στη λίμνη προσεγγίζεται λαμβάνοντας τον μέσο όρο των μετρήσεων συγκέντρωσης για το εξεταζόμενο έτος.

Τέλος, το μέγεθος Λ_t είναι η διαφορά που προκύπτει από τα δυο μέλη της εξίσωσης και προσδιορίζει την καθαρή μάζα του φωσφόρου που χάνεται μέσα στη λίμνη λόγω των εσωτερικών διεργασιών της, όπως απόθεση και επαναιώρηση από τον πυθμένα.

Στον Πίνακα 6.4 δίνονται αναλυτικά οι τιμές κάθε παραμέτρου για το ισοζύγιο του φωσφόρου για τα έτη από το 1984 έως το 1988.

Πίνακας 6.4: Ετήσιο ισοζύγιο φωσφόρου της λίμνης Παμβώτιδας

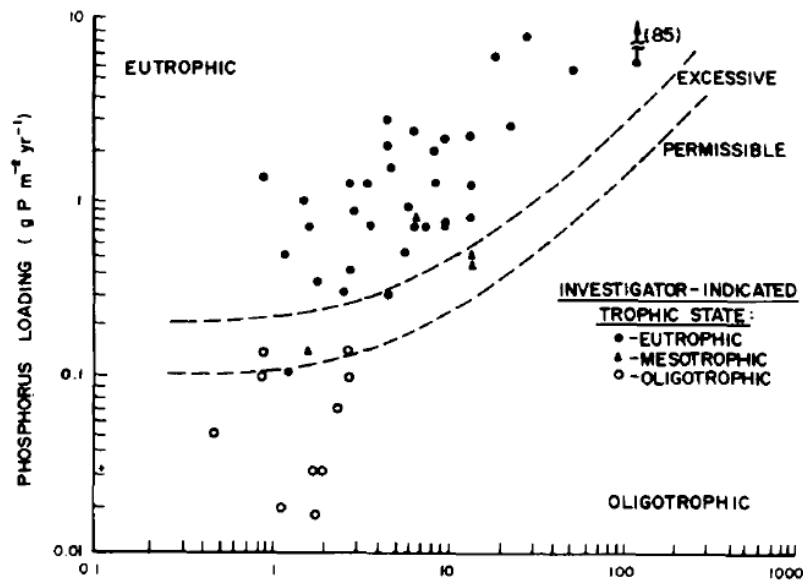
ΕΤΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ	(Μάζα P) _{t+1}		(Μάζα P) _t		L _t		O _t		Λ _t
	C _{t+1}	S _{t+1}	C _t	S _t	L	απορροή	C'	εκροή	
1984-1985	0.07	102.53	0.042	102.98	27.18	83.6/73.78	0.09	30.07	
	7177.1		4325.16		23097.75		2706.3		-22952
1985-1986	0.052	102.08	0.07	102.53	27.18	137.23/73.78	0.14	58.58	
	5308.16		7177.1		37915.5		8201.2		-47986
1986-1987	0.049	102.3	0.052	102.08	27.18	64.26/73.78	0.1	20.73	
	5012.7		5308.16		17754.75		2073		-20123
1987-1988	0.075	100.29	0.049	102.3	27.18	54.88/73.78	0.08	19.14	
	7521.75		5012.7		15162.75		1531.2		-14185

Έλεγχος τροφικής κατάστασης της λίμνης

Ο Vollenweider (1976) ανέπτυξε μια στατιστική σχέση μεταξύ της ετήσιας φόρτισης του φωσφόρου (L_p) ενός υδάτινου σώματος κανονικοποιημένο με το μέσο βάθος (H) και τον υδραυλικό χρόνο παραμονής (τ), και της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης A ως δείκτη ευτροφισμού της λίμνης.

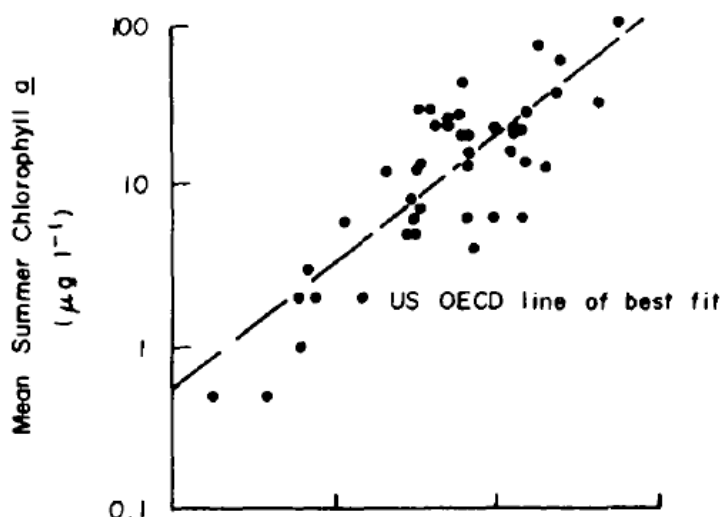
$$A = f\left(\frac{L_p/(H/\tau)}{(1+\sqrt{\tau})}\right) \quad (6.6)$$

Για τη λίμνη Παμβώτιδα προκύπτει ότι ο υδραυλικός χρόνος παραμονής, που προκύπτει από τον λόγο του όγκου της λίμνης προς την απορροή, ισούται με 0.83 έτη και το μέσο βάθος 4.23 m.



Σχήμα 6.2: Τροφική κατάσταση λίμνης σύμφωνα με το μοντέλο Vollenweider (1976).

Για κάθε έτος του ισοζυγίου φωσφόρου θα γίνει έλεγχος της τροφικότητας της λίμνης, μέσω του διαγράμματος που παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.2 καθώς και η εκτίμηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης, μέσω του εμπειρικού διαγράμματος της Σχήμα 6.3.



Σχήμα 6.3: Εμπειρικό διάγραμμα χλωροφύλλης

Για να είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για τα νερά της λίμνης, αρχικά, μετατράπηκε η μάζα εισερχόμενου φωσφόρου σε φορτίο εκφρασμένο σε $\text{gP}/\text{m}^2/\text{έτος}$, διαιρώντας τη μάζα αυτή με την έκταση της επιφάνειας της λίμνης εκφρασμένη σε εκατομμύρια m^2 . Από το Σχήμα 6.2 προσδιορίζεται η τροφική κατάσταση της λίμνης. Στη συνέχεια, μέσω της σχέσης 6.6 υπολογίστηκε το κανονικοποιημένο φορτίο φωσφόρου (L_{norm}), το οποίο, μέσω της λογαριθμικής σχέσης 6.7 που προκύπτει από το Σχήμα 6.3 υπολογίζεται η συγκέντρωση της καλοκαιρινής χλωροφύλλης για κάθε έτος φωσφόρου.

$$\log(\text{chl} - a) = -0.593 + 0.876 \times \log(L_{\text{norm}}) \quad (6.7)$$

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα έτη, η μάζα, το φορτίο, το κανονικοποιημένο φορτίο φωσφόρου, η χλωροφύλλη και η τροφική κατάσταση της λίμνης που προκύπτει για κάθε έτος.

Πίνακας 6.5: Συγκεντρωτικός πίνακας τροφικής κατάστασης της λίμνης.

Έτος	Μάζα P (10^6 g)	Φορτίο L ($\text{gP}/\text{m}^2/\text{yr}$)	H/τ	Τροφική κατάσταση λίμνης	L_{norm} (mgP/m^3)	chl-a ($\mu\text{g}/\text{L}$)
1984-1985	23.097	1.15	5.096	ευτροφική	118.15	16.68
1985-1986	37.915	1.89	5.096	ευτροφική	194.07	25.78
1986-1987	17.754	0.89	5.096	ευτροφική	91.39	13.33
1987-1988	15.162	0.75	5.096	ευτροφική	77.05	11.48

Συμπεραίνεται από το παραπάνω πίνακα και το Σχήμα 6.2, ότι η λίμνη Παμβώτιδα είναι ευτροφική και για τα τέσσερα έτη του δείγματος ενώ και οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης βρίσκονται σε πολύ υψηλά επίπεδα, ενδεικτικά ευτροφικής κατάστασης.

7 Συμπεράσματα

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, προέκυψαν τα εξής:

- Η λίμνη Παμβώτιδα παρουσιάζει έντονο πρόβλημα ευτροφισμού και για τα τέσσερα έτη της δεκαετίας του 1980, για τα οποία κατέστη δυνατή η κατάρτιση του ισοζυγίου φωσφόρου.
- Η εκτίμηση αυτή ενισχύεται και από το ότι η συγκέντρωση της χλωροφύλλης βρίσκεται σε διάστημα τιμών που, κατά κανόνα, χαρακτηρίζει ευτροφικές καταστάσεις.
- Αρχικός στόχος της εργασίας ήταν η εφαρμογή του μοντέλου των Lathrop et al. οι οποίοι προχώρησαν από το ισοζύγιο του φωσφόρου στη δημιουργία σεναρίων για τη μείωση των φορτίσεων και τον έλεγχο των αποτελεσμάτων, που θα επιφέρει η μείωση αυτή στη ποιότητα των υδάτων, μέσω των καλοκαιρινών συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης. Στην παρούσα εργασία, όμως, δεν ήταν δυνατή η στατιστική, αυτή, ανάλυση των φορτίσεων με τις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης, διότι το μέγεθος του δείγματος δεν ήταν επαρκές για τη διεξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων.
- Στην Ελλάδα δεν υπάρχει, ακόμη, βάση δεδομένων για ποσοτικά στοιχεία των επιφανειακών υδάτων, για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των μελετών. Έτσι, είναι απαραίτητο να ανατρέξει κανείς ή σε πρωτογενή δεδομένα ή σε επεξεργασμένα δεδομένα από άλλη μελέτη, δύο προσεγγίσεις που ακολουθήθηκαν, κατά περίπτωση, στην παρούσα εργασία.
- Για την κατάρτιση των ισοζυγίων – υδατικού και φωσφόρου – ήταν απαραίτητη η γνώση της μηνιαίας και χρονικής διακύμανσης του όγκου της επιφανειακής απορροής της κλειστής λεκάνης απορροής των Ιωαννίνων. Η εκτίμηση του ύψους της απορροής έγινε με τη χρήση ενός συγκεντρωτικού εννοιολογικού μοντέλου – «ΖΥΓΟΣ» η βαθμονόμηση και επαλήθευση των του οποίου πραγματοποιήθηκαν για μια άλλη λεκάνη του ελληνικού χώρου με παρόμοια γεωλογικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά και παρεμφερείς βροχοπτώσεις και απορροές με αυτά της κλειστής λεκάνης των Ιωαννίνων. Εισάγεται, έτσι, πρόσθετη αβεβαιότητα στις εκτιμήσεις της απορροής της λεκάνης Ιωαννίνων.
- Για μεγαλύτερη αξιοπιστία των αναλύσεων, δηλαδή, στη συγκεκριμένη περίπτωση, για την εκτίμηση της απορροής της λεκάνης και του ισοζυγίου του φωσφόρου στη λίμνη, επιβάλλεται η σωστή λειτουργία υδρομετεωρολογικών σταθμών, ο εκσυγχρονισμός του εξοπλισμού τους, η αύξηση της συχνότητας και της συνέπειας των μετρήσεων ποσότητας και ποιότητας νερού και η καταχώριση των παρατηρήσεων σε βάση δεδομένων προσιτή σε όλους. Τα παραπάνω θα βοηθούσαν δραστικά σε μελέτες ευτροφισμού λιμνών.

Αναφορές

Στην ελληνική γλώσσα

- Ανδρεαδάκης, Α., Παναζίδου, Μ., Σταθόπουλος, Α., Χατζημίρος, Κ., *Περιβαλλοντική Τεχνολογία*, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2003.
- Κοζάνης, Σ., Α. Χριστοφίδης, και Α. Ευστρατιάδης, *Περιγραφή συστήματος διαχείρισης και επεξεργασίας δεδομένων «Υδρογνώμων, ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΖΕΥΣΗ ΜΕ ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΔΥΣΣΕΥΣ*, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2005.
- Ματζιάρης, Ι., *Μαθηματική Προσομοίωση της Ποιοτικής Κατάστασης των Νερών της Λίμνης Καστοριάς*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1991.
- Ναλμπάντης, Ι., *Προστασία και Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, Εκπαιδευτικές σημειώσεις, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2007.
- Ναλμπάντης, Ι., *Μεθοδολογία Κατάρτισης Υδατικών Ισοζυγίων*, Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Στερεάς Ελλάδας, Τεύχος 16, Αθήνα, 1995.
- Ρώμας, Ε., *Ανάπτυξη και Εφαρμογή Μαθηματικών Μοντέλων Διερεύνησης της Τροφικής Κατάστασης Και της Δίαιτας Μικροβιακού Φορτίου σε Λίμνες*, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004.
- Τσακίρης, Γ., *Υδατικοί Πόροι: Ι Τεχνική Υδρολογία*, εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 1995.
- Υπουργείο Ανάπτυξης (Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων), *Σχέδιο Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας –Παράρτημα 2 Ποιοτική Κατάσταση των Υδατικών Πόρων*, Αθήνα, 2003.
- Υπουργείο Ανάπτυξης (Γενική Γραμματεία Ανάπτυξης, Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού), *Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων*, Αθήνα, 2004.
- Ξανθόπουλος, Θ., Κουζέλη-Κατσίρη, Α., Ανδρεαδάκης, Α., Κουτσογιάννης, Δ., και Βαμβακίδου, Λ., *Διερεύνηση Ποιότητας και Αφομοιωτικής Ικανότητας Νερών Ποταμού Καλαμά και Λίμνης Παμβώτιδας*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων ΕΜΠ, Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Αθήνα, 1984.

Ξενόγλωσσες

- Bryhn, A.C., and Hakanson, L., A Comparison of Predictive Phosphorus Load – Concentration Models for Lakes, *Ecosystems*, On-line edition , Springer, 2007.
- Carpenter, S.R., and Lathrop R.C., Propabilistic Estimate of a Thershold for Eutrophication, *Ecosystems*, On-line edition , Springer, 2008.

- Chapra, S. C., *Surface Water Quality Modeling*, McGraw-Hill, Civil Engineering Series, Singapore, 1997.
- Chow, V.T., D.R. Maidment, and L.W. Mays, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, 1988.
- Jones, A.R., and Lee, G.F., *Recent Advances in Assessing Impact of Phosphorus Loads on Eutrophication – Related Water Quality*, Department of Civil Engineering, Colorado State University, U.S.A., 1982.
- Kozanis, S., A. Christofides, and A. Efstratiadis, Description of the data management and processing system "Hydrognomon", *Integrated Management of Hydrosystems in Conjunction with an Advanced Information System (ODYSSEUS)*, Contractor: NAMA, Report 2, 141 pages, Department of Water Resources, Hydraulic and Maritime Engineering – National Technical University of Athens, Athens, September 2005.
- Lathrop, R.C., Carpenter, S.R., Stow, C.A., Soranno, P.A., and Panuska J.C., *Phosphorus Loading Reductions Needed to Control Blue-Green Algal Blooms*, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 1169–1178, 1998.
- Ruley, J.E., and Rusch, K.A., *Development of a Simplified Phosphorus Management Model for a Shallow Subtropical, Urban Hypereutrophic Lake*, *Ecological Engineering* 22, 77–98, 2004.

Παράρτημα Α: Πίνακες

Πίνακας Α.1: Μηνιαίες βροχοπτώσεις σταθμού Αβδού.

ΑΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΣΥΝ.
1968-69	150,4	256,4	99,5	299,5	15,6	88,5	76,5	16,0	0,0	0,0	0,0	37,0	1002,4
1969-70	13,5	54,3	137,6	85,1	68,4	148,6	63,8	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	586,5
1970-71	83,5	158,3	85,1	167,9	133,1	49,4	46,5	0,0	9,0	0,0	1,6	7,6	734,4
1971-72	25,5	114,2	49,7	74,5	57,3	98,9	60,8	126,1	4,8	20,0	5,3	10,0	637,1
1972-73	133,2	53,5	127,2	268,8	78,2	54,4	58,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	773,8
1973-74	110,5	91,8	43,0	129,5	108,0	80,0	29,7	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	592,5
1974-75	4,0	118,3	139,3	257,9	151,4	25,4	6,4	42,6	0,0	0,0	0,0	3,0	745,3
1975-76	30,5	56,0	251,3	268,1	153,0	233,5	58,0	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1081,4
1976-77	137,3	150,5	52,8	48,7	84,0	82,8	76,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	632,8
1977-78	46,4	28,5	384,4	242,3	93,5	116,7	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	232,0	932,3
1978-79	115,0	180,7	234,7	81,4	73,2	80,3	32,4	34,8	182,0	0,0	0,0	15,5	1014,5
1979-80	40,8	244,9	195,0	66,4	195,2	72,3	80,3	5,0	0,0	0,0	0,0	8,5	899,9
1980-81	35,5	24,3	82,5	411,5	165,6	10,3	13,0	1,6	0,0	0,0	0,0	10,0	744,3
1981-82	0,0	117,9	45,3	56,8	227,9	121,7	38,8	41,7	26,0	0,0	18,0	0,0	694,1
1982-83	18,3	229,0	206,9	64,9	117,4	110,4	63,9	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	843,8
1983-84	2,2	66,4	74,3	122,0	178,2	114,7	20,9	0,0	83,0	0,0	15,8	0,0	677,5
1984-85	9,9	289,2	150,7	224,3	143,5	96,9	80,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	995,2
1985-86	60,1	43,5	110,2	75,5	110,2	76,8	0,0	62,0	8,0	0,0	0,0	0,0	546,3
1986-87	21,4	130,8	196,4	102,0	147,0	147,0	233,4	34,6	0,0	0,0	0,0	230,6	1012,6
1987-88	2,8	77,2	145,9	58,4	249,3	60,4	10,4	63,0	1,5	0,0	0,0	0,0	668,9
1988-89	208,0	81,5	115,4	108,6	14,9	113,2	0,0	41,1	0,0	0,0	0,0	0,0	682,7
1989-90	79,9	161,1	42,0	90,8	87,4	7,5	12,6	0,8	6,9	0,0	2,4	0,0	491,4
1990-91	56,8	93,4	103,7	199,6	160,3	26,6	49,1	14,1	1,4	0,0	0,0	13,5	705,0
1991-92	161,3	51,0	359,5	44,1	105,9	60,7	23,2	50,7	8,0	0,0	0,0	1,0	864,4
1992-93	0,0	42,8	144,6	162,8	94,7	53,6	19,8	71,8	9,0	0,0	0,0	0,0	599,1
1993-94	103,5	171,3	26,5	272,6	112,5	45,8	9,8	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	751,1
1994-95	266,7	240,3	118,0	104,8	69,6	98,3	11,8	1,6	1,0	5,5	0,0	0,0	917,6
1995-96	35,3	95,8	63,5	138,0	172,7	190,7	34,3	17,0	0,0	0,0	0,0	6,0	747,3
1996-97	92,5	20,0	193,8	103,0	206,0	313,7	61,0	15,2	0,0	0,0	0,0	50,0	1005,2

Πίνακας Α.2: Μηνιαίες βροχοπτώσεις σταθμού Καστέλι Ηρακλείου.

ΑΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΣΥΝ.
1968-69	192	206	107	318	12	72	48	27	0	0	0	7	982
1969-70	28,9	63,5	176,2	80,2	41,4	104,4	50,9	14	0	0	0	0	559,5
1970-71	76,7	104,5	62,1	161,7	155,4	61,6	33,9	0	8,4	6	0,9	11,2	671,2
1971-72	24,9	53,2	61,5	68,7	76,7	131,6	84,3	79,4	0	9,1	1,1	3,9	590,5
1972-73	181,1	45,3	148,7	166,6	82,1	35,3	49,8	18	0	1,7	0	0,8	728,6
1973-74	90,7	93,7	36,7	139,3	66,8	62,5	23,4	0	5	0	0	4	518,1
1974-75	16,4	112,4	113,5	199,7	139,8	32,6	18,5	62	0	0	0	34	694,9
1975-76	1,5	74,6	221,7	171,7	139,2	170,2	44,4	12,5	3	0	0	3	838,8
1976-77	149,3	102,5	52,2	56,6	64	84,3	54,7	5,7	0	0	0	0	569,3
1977-78	28,8	30,8	324	254,4	108,4	112,3	16,7	0	0	0	0	307,1	875,4
1978-79	93,1	113,1	228,3	90,2	81,2	97,2	26	33	100,7	2,3	0	8,1	865,1
1979-80	15	180	210,8	87,8	175,7	88,5	55,2	10,3	1	0	1,1	25,5	825,4
1980-81	53,9	16,7	159,5	344,2	146,3	9,5	20,8	5,6	0	0	0	6,5	756,5
1981-82	0	148,5	72,2	65,5	192,5	120,3	43,2	39,3	18	0	15	0	714,5
1982-83	8,5	62	75,1	152,2	164,9	113,5	21,9	2,9	57,5	2	7	0	667,5
1983-84	17,8	210,1	215,7	75,6	100,5	81,6	63,1	0	0	35,5	0	6,3	799,9
1984-85	4,4	228	177,8	229,7	96,2	83,3	60,8	3	0	0	0	0	883,2
1985-86	54,8	29,8	113,3	76,6	92,2	67,7	1	69	5,3	0	0	0	509,7
1986-87	38,3	85,5	195,6	88,1	97,3	142,8	190,5	31,3	0,2	0	0	112,3	869,6
1987-88	11	66,1	138	55,2	222,8	55,3	9,9	48,7	0	0	0	0	607
1988-89	213,2	88,5	127,5	64,9	6,7	85,2	0	35,7	1,3	0	0	2,2	623
1989-90	86,7	149,5	28,7	56,3	65,1	6	15	0	4	0	9,5	0	420,8
1990-91	36,2	92,2	118,5	167,2	148,5	17,6	32,2	17,3	0,8	0	0	8,2	630,5
1991-92	107,2	36,9	314,1	42,1	86,8	63,3	23,6	26	4,7	0	0	0	704,7
1992-93	0	64	112,4	114,6	81,8	41,9	15	24,3	3	0	0	0	457
1993-94	23,5	145,6	30,2	260,2	133,2	31	6,9	7,5	0	0	0	0	638,1
1994-95	237,7	212	147,2	107,8	47,6	94,2	11	0	2,2	6,8	0	0	866,5
1995-96	17,2	74,2	89,4	173,7	155,1	180,9	29,6	10,5	0	0	0	4	730,6
1996-97	58,6	11,8	165,3	64,4	131,8	287,5	40,3	9,1	9	0	0	20	777,8

Πίνακας Α.3: Μηνιαίες βροχοπτώσεις σταθμού Έξω Ποταμοί.

ΥΑΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΣΥΝ.
1968-69	258,0	724,0	214,0	606,0	18,0	160,0	132,0	46,0	0,0	4,0	0,0	70	2232,0
1969-70	49,0	68,5	263,7	139,9	82,8	371,1	92,9	7,6	4,2	0,0	0,0	0	1079,7
1970-71	205,8	324,7	138,5	281,5	362,0	138,3	133,8	0,8	20,0	4,2	3,2	14,5	1627,3
1971-72	34,0	72,7	164,3	169,5	129,3	184,5	188,0	154,7	27,8	30,5	12,0	43,2	1210,5
1972-73	267,9	107,2	398,7	437,1	102,2	73,3	90,3	18,0	0,0	10,0	0,0	7,8	1512,5
1973-74	118,3	200,0	176,0	274,0	292,0	111,0	46,0	0,0	8,0	0,0	0,0	7,5	1232,8
1974-75	14,0	120,0	247,0	377,0	264,0	53,0	48,0	43,0	0,0	0,0	0,0	26	1192,0
1975-76	13,0	59,0	558,0	247,0	284,0	364,0	123,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0	1685,0
1976-77	653,0	252,0	98,0	87,0	180,0	150,0	115,0	11,0	9,0	0,0	0,0	0	1555,0
1977-78	126,0	43,0	549,0	556,0	154,0	217,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	188	1865,0
1978-79	170,0	134,0	532,0	172,0	159,0	210,0	28,0	55,0	70,0	0,0	6,0	56	1592,0
1979-80	48,0	360,0	427,0	180,0	324,0	148,0	103,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0	1615,0
1980-81	122,0	22,0	188,0	463,0	264,0	39,0	45,0	14,0	0,0	0,0	0,0	35	1192,0
1981-82	0,0	145,0	53,0	135,0	236,0	310,0	53,0	88,0	0,0	0,0	9,0	0	1029,0
1982-83	2,0	148,0	113,0	262,0	231,0	277,0	25,0	5,0	85,0	0,0	0,0	0	1148,0
1983-84	26,0	307,0	319,0	181,0	146,0	151,0	144,0	0,0	0,0	69,0	0,0	3	1346,0
1984-85	15,0	327,0	272,0	320,0	198,0	146,0	76,0	21,0	0,0	0,0	0,0	0	1375,0
1985-86	209,0	62,0	169,0		7,0	92,5	5,0	58,0	4,0	0,0	0,0	0	606,5
1986-87	39,0	130,0	222,3	127,5	149,5	175,0	327,0	84,0	0,0	0,0	0,0	225,5	1479,8
1987-88	18,0	69,0	310,5	116,5	372,5	132,5	9,5	66,0	0,0	0,0	0,0	0	1094,5
1988-89	355,0	96,5	157,0	141,5	40,0	244,5	0,0	44,4	4,5	0,0	0,0	1,5	1084,9
1989-90	193,0	195,5	53,0	102,0	109,5	16,5	18,5	0,5	28,0	0,0	14,5	0	731,0
1990-91	45,5	124,0	150,0	419,0	153,0	34,0	47,0	26,0	0,0	0,0	3,0	13,5	1015,0
1991-92	205,0	141,0	437,0	77,0	173,0	112,0	40,0	59,0	39,0	0,0	0,0	0	1283,0
1992-93	0,0	95,0	307,0	233,0	202,0	70,0	26,0	120,0	14,0	0,0	0,0	0	1067,0
1993-94	82,0	268,5	154,5	350,0	298,0	84,5	70,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	1307,5
1994-95	403,0	495,5	349,0	207,0	82,0	135,0	70,0	13,0	0,0	25,0	0,0	0	1779,5
1995-96	33,0	99,0	147,0	253,0	225,0	320,0	71,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0	1183,0
1996-97	171,0	36,0	365,0	300,0	375,0	590,0	116,0	26,0	16,0	0,0	0,0	64	2059,0

Πίνακας Α.4: Μηνιαίες μέσες θερμοκρασίες σταθμού ΕΜΥ Ηρακλείου.

ΥΑΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1968-69	18,9	16,1	13,7	11,3	13,6	13,7	14,9	20,8	25,4	24,6	25,4	23,6
1969-70	19,0	16,8	14,7	13,3	13,7	14,8	17,6	19,2	24,1	25,8	26,3	23,9
1970-71	19,2	16,3	13,8	13,8	12,0	14,3	16,0	21,1	24,5	24,9	25,7	23,1
1971-72	18,4	16,2	13,1	12,0	12,3	13,3	17,9	19,9	24,5	25,5	26,2	22,7
1972-73	19,4	15,9	13,0	11,8	12,8	12,8	15,9	21,0	24,0	27,4	25,0	25,1
1973-74	20,5	15,0	14,6	11,0	12,6	13,6	16,5	19,9	24,3	25,8	25,2	23,8
1974-75	22,2	16,8	13,2	11,7	11,5	15,1	17,0	20,7	23,5	25,9	25,2	23,3
1975-76	19,9	16,5	12,9	11,7	11,0	12,8	16,1	19,4	23,1	25,4	24,5	24,3
1976-77	20,1	16,4	13,7	12,3	14,5	13,5	16,2	20,6	24,3	26,8	26,4	22,8
1977-78	18,3	17,6	12,4	12,0	13,4	13,5	16,5	21,1	24,7	25,9	24,7	22,6
1978-79	19,3	14,9	14,1	12,1	13,2	14,8	16,2	19,7	24,6	25,8	25,9	22,6
1979-80	20,6	16,5	13,4	11,1	10,7	13,1	15,2	19,8	23,5	26,2	25,7	23,2
1980-81	21,1	18,1	13,6	10,5	11,7	15,1	16,6	19,2	25,0	25,7	25,2	22,8
1981-82	22,3	15,1	15,2	12,8	10,5	12,2	16,4	18,7	24,0	25,3	25,9	23,3
1982-83	20,7	15,8	12,9	11,3	10,2	12,6	16,9	20,8	22,8	25,7	25,1	23,4
1983-84	18,7	16,2	13,6	12,3	12,4	13,4	15,3	21,5	23,2	25,1	24,7	22,9
1984-85	21,2	16,3	13,2	13,1	10,9	13,4	17,7	21,2	24,8	25,6	26,2	24,0
1985-86	17,8	17,5	13,9	12,9	13,1	13,6	17,5	19,4	24,5	26,3	26,7	23,1
1986-87	19,1	15,1	12,6	13,3	12,7	10,2	14,8	18,6	23,9	26,3	26,1	23,5
1987-88	19,5	16,3	13,9	12,8	11,8	13,3	16,2	21,3	25,4	27,6	26,3	24,4
1988-89	18,9	14,5	12,7	10,5	11,8	13,8	18,2	19,4	23,6	25,5	25,8	24,3
1989-90	19,0	15,9	13,5	10,8	12,4	13,9	17,3	20,4	24,2	26,3	25,6	23,9
1990-91	20,5	18,0	14,3	11,5	11,5	13,9	16,3	19,1	24,3	25,6	25,9	23,5
1991-92	20,8	16,1	10,5	11,0	9,8	12,5	16,1	18,5	24,0	25,1	25,7	23,0
1992-93	22,6	16,8	12,2	11,2	10,3	12,8	16,6	19,8	24,9	26,2	26,0	22,9
1993-94	21,4	16,6	14,2	13,1	12,4	13,5	17,5	21,5	23,7	26,1	27,2	23,9
1994-95	21,9	16,0	12,5	12,4	13,2	13,6	15,7	20,2	25,9	26,4	26,1	25,3
1995-96	18,9	14,4	14,0	11,6	12,1	12,1	15,3	21,1	24,2	26,2	26,3	24,5
1996-97	18,9	16,2	14,8	12,6	11,5	12,2	13,7	20,6	25,1	26,9	25,5	24,3

Πίνακας Α.5: Επιφανειακά ύψη βροχής οροπεδίου Λασιθίου με τη Μέθοδο Thiessen σε mm.

ΥΑΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΣΥΝ.
1968-69	222,3	566,2	175,6	503,2	17,2	135,8	113,0	36,0	0,0	2,7	0,0	58,6	1830,6
1969-70	37,2	63,8	221,8	121,4	77,6	295,8	83,0	10,1	2,8	0,0	0,0	0,0	913,6
1970-71	164,6	268,1	120,3	243,3	285,3	108,6	104,3	0,5	16,3	2,9	2,7	12,2	1329,0
1971-72	31,1	86,0	125,9	137,5	105,3	156,1	145,5	144,6	20,0	26,8	9,7	32,0	1020,5
1972-73	223,2	89,1	307,7	379,3	94,2	66,7	79,5	12,2	0,0	6,7	0,0	5,6	1264,1
1973-74	115,5	163,7	131,2	225,5	229,7	100,4	40,4	0,0	5,4	0,0	0,0	12,0	1023,7
1974-75	10,8	119,4	210,5	336,3	226,0	43,8	34,2	43,1	0,0	0,0	0,0	18,6	1042,7
1975-76	18,5	58,2	454,6	253,0	239,8	319,4	101,0	34,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1479,4
1976-77	479,8	217,3	82,8	74,2	147,5	127,4	101,9	7,4	6,0	0,0	0,0	0,0	1244,3
1977-78	99,0	38,2	493,0	450,7	133,8	183,2	28,1	0,0	0,0	0,0	0,0	203,7	1629,8
1978-79	151,3	148,9	432,0	141,7	130,3	166,6	29,4	48,2	106,7	0,0	4,0	42,3	1401,3
1979-80	45,3	320,6	349,2	142,1	280,5	122,7	95,1	18,3	0,0	0,0	0,0	3,1	1376,9
1980-81	93,1	22,7	153,4	444,9	230,7	29,3	34,3	9,9	0,0	0,0	0,0	26,6	1045,0
1981-82	0,0	136,3	50,7	108,8	232,9	246,7	48,3	72,4	8,7	0,0	12,0	0,0	916,7
1982-83	7,4	173,3	143,0	196,8	193,4	221,0	37,6	3,4	57,1	10,7	0,1	0,0	1043,7
1983-84	18,2	227,8	238,4	160,6	155,9	138,4	103,1	0,0	26,9	46,2	5,1	2,1	1122,8
1984-85	13,2	313,6	231,6	287,9	179,1	129,3	77,4	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1246,1
1985-86	158,9	55,6	149,3	25,4	41,5	87,1	3,3	59,4	5,3	0,0	0,0	0,0	585,9
1986-87	33,3	129,8	213,6	118,8	148,1	165,6	295,1	67,4	0,0	0,0	0,0	225,9	1397,3
1987-88	13,0	71,6	255,1	96,9	330,8	108,2	9,8	64,8	0,5	0,0	0,0	0,0	950,8
1988-89	305,7	91,5	143,2	129,9	31,5	200,0	0,0	43,2	3,0	0,0	0,0	1,0	949,1
1989-90	155,1	183,8	49,2	97,8	101,8	13,5	16,5	0,6	20,9	0,0	10,5	0,0	649,7
1990-91	49,1	113,7	134,6	344,9	155,3	31,4	47,5	22,0	0,5	0,0	2,0	13,4	914,5
1991-92	189,7	110,6	410,4	65,9	150,2	94,8	34,4	55,9	28,5	0,0	0,0	0,3	1140,8
1992-93	0,0	77,7	252,0	208,9	165,8	64,4	23,9	103,2	12,2	0,0	0,0	0,0	908,1
1993-94	88,3	235,5	111,5	323,9	235,9	71,3	49,7	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1119,2
1994-95	356,9	409,4	271,7	172,7	77,6	122,6	50,4	9,1	0,4	18,5	0,0	0,0	1489,2
1995-96	33,6	97,7	119,2	214,8	207,2	276,4	58,6	28,9	0,0	0,0	0,0	2,0	1038,4
1996-97	144,2	30,5	307,1	233,3	317,3	496,8	97,3	22,3	10,7	0,0	0,0	58,9	1718,6
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	112,3	159,3	218,6	215,2	169,7	149,1	67,0	32,2	11,4	3,9	1,6	24,8	1165,2

Πίνακας Α.6: Επιφανειακά ύψη βροχής οροπεδίου Λασιθίου ανηγμένα στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε mm.

ΥΑΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΣΥΝ.
1968-69	222,93	567,75	176,08	504,56	17,20	136,14	113,32	36,14	0,00	2,66	0,00	58,72	1835,49
1969-70	37,35	64,01	222,37	121,75	77,86	296,59	83,20	10,17	2,80	0,00	0,00	0,00	916,09
1970-71	165,05	268,86	120,61	243,91	286,09	108,85	104,59	0,53	16,34	2,87	2,66	12,26	1332,62
1971-72	31,22	86,18	126,25	137,87	105,61	156,53	145,91	144,94	20,07	26,92	9,72	32,05	1023,28
1972-73	223,79	89,30	308,51	380,37	94,44	66,91	79,73	12,19	0,00	6,68	0,00	5,59	1267,50
1973-74	115,77	164,10	131,57	226,15	230,29	100,65	40,56	0,00	5,38	0,00	0,00	12,04	1026,50
1974-75	10,81	119,69	211,07	337,21	226,63	43,93	34,25	43,21	0,00	0,00	0,00	18,68	1045,48
1975-76	18,60	58,37	455,79	253,67	240,46	320,27	101,27	34,86	0,04	0,00	0,00	0,04	1483,36
1976-77	481,07	217,91	83,02	74,42	147,90	127,78	102,15	7,39	5,99	0,00	0,00	0,00	1247,63
1977-78	99,30	38,26	494,32	451,91	134,20	183,73	28,17	0,00	0,00	0,00	0,00	204,24	1634,14
1978-79	151,67	149,33	433,16	142,03	130,61	167,05	29,49	48,32	107,01	0,03	3,99	42,41	1405,10
1979-80	45,40	321,43	350,15	142,45	281,24	123,08	95,34	18,39	0,01	0,00	0,01	3,07	1380,57
1980-81	93,39	22,75	153,85	446,14	231,33	29,42	34,43	9,90	0,00	0,00	0,00	26,63	1047,84
1981-82	0,00	136,63	50,87	109,11	233,51	247,35	48,41	72,60	8,67	0,00	12,02	0,00	919,18
1982-83	7,39	173,77	143,43	197,29	193,90	221,63	37,69	3,36	57,25	10,76	0,08	0,00	1046,56
1983-84	18,23	228,41	239,04	161,07	156,35	138,79	103,39	0,00	27,01	46,34	5,14	2,07	1125,85
1984-85	13,26	314,45	232,17	288,69	179,62	129,69	77,56	14,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1249,46
1985-86	159,31	55,77	149,68	25,47	41,61	87,36	3,34	59,59	5,33	0,00	0,00	0,00	587,46
1986-87	33,37	130,10	214,18	119,09	148,49	166,00	295,85	67,54	0,00	0,00	0,00	226,46	1401,08
1987-88	13,02	71,83	255,77	97,20	331,69	108,50	9,82	65,00	0,49	0,00	0,00	0,00	953,32
1988-89	306,48	91,79	143,55	130,29	31,55	200,58	0,00	43,35	3,01	0,00	0,00	1,02	951,63
1989-90	155,48	184,31	49,28	98,10	102,09	13,49	16,59	0,59	20,93	0,00	10,54	0,00	651,42
1990-91	49,20	114,01	134,98	345,81	155,75	31,49	47,64	22,10	0,47	0,00	2,00	13,48	916,92
1991-92	190,20	110,88	411,55	66,10	150,63	95,04	34,45	56,08	28,62	0,00	0,00	0,33	1143,88
1992-93	0,00	77,91	252,72	209,41	166,23	64,53	23,93	103,52	12,28	0,00	0,00	0,00	910,53
1993-94	88,54	236,17	111,81	324,73	236,52	71,51	49,86	3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1122,20
1994-95	357,82	410,50	272,42	173,15	77,79	122,95	50,56	9,17	0,35	18,51	0,00	0,00	1493,23
1995-96	33,66	97,94	119,56	215,35	207,79	277,18	58,77	28,95	0,00	0,00	0,00	2,00	1041,19
1996-97	144,61	30,61	307,96	233,96	318,19	498,17	97,53	22,36	10,75	0,00	0,00	59,11	1723,24
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	112,65	159,76	219,16	215,77	170,19	149,49	67,16	32,32	11,48	3,96	1,59	24,83	1168,37

Πίνακας Α.7: Εξατμισοδιαπονή κατά Penman-Monteith για το οροπέδιο Λασιθίου σε mm.

ΥΑΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.
1968-69	66,07	47,07	38,13	34,69	41,85	55,18	73,68	102,25	131,53	136,54	127,76	95,1
1969-70	66,52	48,8	40,2	38,68	42,08	58,42	83,99	95,54	125,13	143,37	132,48	96,28
1970-71	67,13	47,62	38,34	39,72	38,39	56,94	77,79	103,53	127,09	138,24	129,32	93,16
1971-72	64,71	47,38	36,94	36,05	40,5	54,14	85,29	98,53	127,1	141,59	131,82	91,45
1972-73	67,59	46,6	36,73	35,66	40,1	52,62	77,41	103,11	124,65	152,68	125,69	101,04
1973-74	71,17	44,63	39,99	34,12	39,66	54,9	79,7	98,45	126,11	143,37	126,72	95,88
1974-75	76,62	48,8	37,13	35,47	37,35	59,33	81,63	101,83	122,22	143,94	126,72	93,93
1975-76	69,29	48,09	36,54	35,47	37,7	52,73	78,27	96,44	120,31	141,02	123	97,67
1976-77	69,75	47,77	38,13	36,65	43,89	54,61	78,55	101,4	126,11	149,16	133,01	92
1977-78	64,41	50,72	35,57	36,05	41,41	54,61	79,7	103,53	128,07	143,94	124,14	91,23
1978-79	67,44	44,41	38,95	36,25	40,97	58,42	78,55	97,62	127,58	143,37	130,37	91,23
1979-80	71,48	48,09	37,53	34,31	37,07	53,57	74,89	98,11	122,23	145,61	129,2	93,37
1980-81	72,9	51,85	37,92	33,18	37,76	59,33	80,08	95,54	129,55	142,79	126,72	92
1981-82	76,95	44,86	41,25	37,65	35,32	50,96	79,31	93,49	124,65	140,51	130,37	93,93
1982-83	71,8	46,46	36,54	34,69	34,73	52,06	81,24	102,25	118,86	142,79	126,2	94,32
1983-84	65,61	47,38	37,93	36,65	40,72	54,43	75,26	105,33	120,79	139,31	124,02	92,21
1984-85	73,22	47,53	37,12	38,26	36,12	54,32	84,38	103,96	128,56	142,22	131,95	96,67
1985-86	62,92	50,48	38,54	37,86	40,75	54,9	83,59	96,37	127,09	146,25	134,6	93,16
1986-87	66,82	44,86	35,95	38,68	39,88	45,66	73,31	93,08	124,16	146,25	131,42	94,71
1987-88	68,05	47,62	38,54	37,65	39,4	54,14	78,65	104,47	131,54	153,8	132,35	98,07
1988-89	66,07	43,44	36,14	33,18	37,97	55,47	86,38	96,37	122,71	141,65	129,85	97,85
1989-90	66,52	46,69	37,73	33,74	39,24	55,76	82,81	100,56	125,62	146,25	128,8	96,28
1990-91	71,17	51,69	39,36	35,08	37,35	55,76	78,93	95,13	126,11	142,22	130,37	94,71
1991-92	72,11	47,15	32,02	34,12	35,23	51,89	78,27	92,74	124,66	139,31	129,2	92,6
1992-93	77,76	48,71	35,17	34,5	34,93	52,62	80,08	98,04	129,06	145,67	130,9	92,38
1993-94	74,03	48,32	39,16	38,26	39,24	54,61	83,59	105,25	123,19	145,09	137,27	96,28
1994-95	75,64	46,92	35,76	36,85	40,97	54,9	76,65	99,71	134,01	146,83	131,42	101,84
1995-96	66,22	43,29	38,75	35,27	40,06	50,78	75,26	103,61	125,63	145,61	132,35	98,47
1996-97	66,07	47,3	40,39	37,25	37,35	50,96	69,35	101,4	130,04	149,74	128,28	97,85
Mean	69,52	47,40	37,67	36,07	38,90	54,28	79,19	99,57	126,01	144,11	129,53	95,02

Πίνακας Α.8: Όγκος νερού σε εκατομμύρια mm³ στη θέση Καταβόθρες του Οροπεδίου Λασιθίου.

ΑΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΕΤΗΣΙΟΣ
1968-69	0,156	8,894	2,751	12,26	1,986	1,387	1,461	0,251	0,003	0,000	0,000	0,000	29,149
1969-70	0,000	0,000	2,523	0,835	1,328	6,063	0,838	0,266	0,002	0,000	0,000	0,000	11,855
1970-71	0,265	1,695	1,643	4,771	6,933	2,095	1,804	0,295	0,006	0,000	0,000	0,000	19,507
1971-72	0,000	0,000	0,214	0,797	2,348	3,665	1,330	3,641	0,169	0,005	0,000	0,000	12,169
1972-73	0,041	0,169	3,924	8,464	3,003	1,592	0,341	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	17,565
1973-74	0,000	0,816	0,000	2,777	3,972	3,578	0,275	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	11,423
1974-75	0,000	0,000	1,406	7,920	4,473	0,554	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	14,353
1975-76	0,000	0,000	5,014	5,201	8,258	9,642	0,769	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	28,911
1976-77	1,387	1,086	1,752	1,436	3,186	2,049	0,210	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	11,143
1977-78	0,000	0,000	7,885	18,63	4,325	2,932	0,466	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	34,256
1978-79	0,000	0,002	8,713	4,601	1,915	4,566	0,124	0,064	0,337	0,000	0,000	0,000	20,322
1979-80	0,000	0,516	6,865	4,125	5,825	5,911	1,711	0,485	0,000	0,000	0,000	0,000	25,438
1980-81	0,000	0,000	1,007	14,10	10,38	0,801	0,093	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	26,378
1981-82	0,000	0,000	0,142	0,070	8,716	5,271	0,205	0,102	0,399	0,000	0,000	0,000	14,905
1982-83	0,000	0,000	0,000	1,583	5,286	8,718	0,285	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	15,92
1983-84	0,000	0,000	5,509	3,067	4,109	1,947	1,332	0,129	0,000	0,000	0,000	0,000	16,093
1984-85	0,000	3,201	3,091	14,57	3,621	3,128	1,537	0,059	0,000	0,000	0,000	0,000	29,207
1985-86	0,000	0,000	0,000	0,380	2,099	0,356	0,104	0,035	0,000	0,000	0,000	0,000	2,974
1986-87	0,000	0,000	0,897	2,309	1,584	4,760	3,014	4,751	0,034	0,000	0,000	0,000	17,349
1987-88	0,000	0,000	0,367	0,978	9,346	3,016	0,117	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	13,853
1988-89	0,166	0,627	3,525	1,864	0,774	2,984	0,555	0,062	0,000	0,000	0,000	0,000	10,557
1989-90	0,000	0,697	0,013	0,400	1,540	0,174	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,839
1990-91	0,000	0,000	0,000	2,108	3,820	0,731	0,065	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,724
1991-92	0,000	0,000	5,769	1,926	2,186	3,160	0,340	0,075	0,000	0,000	0,000	0,000	13,456
1992-93	0,000	0,000	0,000	1,494	4,540	1,278	0,147	0,216	0,000	0,000	0,000	0,000	7,675
1993-94	0,000	0,583	0,426	7,158	7,438	0,757	0,325	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	16,719
1994-95	0,531	10,42	3,906	4,213	1,215	0,786	0,223	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	21,312
1995-96	0,000	0,000	3,643	7,415	4,234	0,334	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,631
1996-97	0,000	0,000	0,134	2,902	2,369	9,529	1,117	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	16,105

Πίνακας Α.9: Μέσες μηνιαίες τιμές των μετεωρολογικών μεγεθών για τη μέθοδο Penman-Monteith για το οροπέδιο Λασιθίου.

ΜΗΝΑΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.
ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	75,5	79,1	82,1	81,7	79,2	75,8	66,9	64,6	61	63,3	67,1	71,2
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ (m/s)	7,6	8,1	9,5	9,5	9,9	9,2	7,8	6,1	6,5	8,7	8,9	7,6
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ (λεπτά/ ημέρα)	6,5	4,7	3,9	3,9	4,3	5,7	7,6	9,4	11,7	11,8	11,1	9,3
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ (hr/ ημέρα)	390	282	234	234	258	342	456	564	702	708	666	558

Πίνακας Α.10: Μηνιαίες Βροχοπτώσεις του σταθμού Βασιλική.

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1980-1981	127,5	198,6	194,1	67,4	230,4	104,5	48,9	126,6	0,0	36,3	38,6	51,1
1981-1982	131,1	73,0	286,1	19,4	41,8	120,7	27,3	39,2	16,9	58,1	0,0	59,1
1982-1983	150,6	238,7	208,3	33,0	101,4	22,3	43,8	58,5	120,1	46,9	75,1	81,5
1983-1984	89,4	154,2	151,0	276,4	208,2	172,9	125,3	68,9	17,4	2,7	52,9	57,3
1984-1985	14,1	132,6	60,3	378,7	141,1	233,5	122,9	115,7	18,7	18,6	39,7	15,6
1985-1986	43,1	369,0	83,0	333,0	340,7	213,5	84,3	152,2	152,8	32,9	15,1	28,7
1986-1987	77,9	29,4	165,0	323,8	93,0	274,7	57,4	113,3	19,6	20,2	12,4	52,8
1987-1988	123,3	231,9	116,4	63,5	178,3	97,3	48,9	16,2	19,5	7,3	20,3	55,1
1988-1989	56,2	202,8	93,3	0,0	97,0	36,0	103,3	42,4	92,4	113,1	58,9	36,6
1989-1990	203,9	176,4	108,4	0,0	29,3	0,0	100,1	87,0	16,7	2,4	62,1	12,6
1990-1991	105,2	139,5	331,1	8,4	227,8	94,7	117,8	117,1	24,5	74,2	50,4	20,2
1991-1992	121,6	119,3	0,0	19,8	1,8	40,6	196,6	75,5	30,9	22,6	16,8	35,0
1992-1993	83,8	155,7	182,4	0,0	0,0	131,0	71,7	142,5	12,2	0,0	11,8	39,5
1993-1994	65,2	293,8	265,8	150,6	143,2	14,1	153,3	51,2	18,2	51,3	32,8	59,2
1994-1995	120,4	174,5	250,3	144,2	56,0	132,7	44,6	63,2	11,2	43,1	100,1	112,8
1995-1996	0,7	155,1	211,4	41,5	178,3	109,8	109,8	22,0	25,2	54,2	21,8	135,8
1996-1997	133,0	221,6	338,1	49,4	49,6	38,0	107,1	2,7	21,5	10,6	57,6	1,0
1997-1998	305,9	196,2	302,4	59,8	153,0	63,1	30,0	174,5	19,3	0,4	95,1	139,7
1998-1999	74,2	323,2	137,7	105,2	191,4	118,9	91,9	39,8	7,9	82,0	41,6	78,9
1999-2000	87,9	187,4	371,9	109,4	128,8	86,1	58,4	33,5	17,6	35,2	1,0	94,5
2000-2001	100,2	197,5	83,8	118,8	45,3	65,7	174,2	54,2	36,1	6,5	47,5	38,2

Πίνακας Α.11: Μηνιαίες Βροχοπτώσεις του σταθμού Κάτω Λάψιστα.

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1980-1981	278,9	281,2	265,9	206,4	193,0	83,0	67,9	104,1	12,4	17,1	56,4	70,9
1981-1982	180,5	100,9	377,4	33,4	69,1	121,7	118,6	56,7	62,3	5,8	24,7	38,6
1982-1983	218,3	222,5	285,5	57,6	158,5	70,1	16,4	35,5	79,0	71,5	15,8	85,4
1983-1984	61,6	211,1	242,7	272,2	190,0	177,2	71,9	28,7	4,9	2,0	38,1	62,5
1984-1985	19,9	134,6	87,0	377,1	54,6	242,6	72,0	41,9	14,8	6,7	7,7	21,6
1985-1986	48,4	348,2	92,0	240,5	319,4	125,7	66,7	92,9	88,6	17,2	21,6	20,3
1986-1987	83,5	39,6	157,9	213,9	95,6	219,9	36,5	110,7	66,1	18,7	31,4	59,7
1987-1988	164,8	251,5	130,1	87,3	179,3	119,1	74,9	35,9	16,0	2,7	14,0	54,6
1988-1989	98,3	222,6	162,6	0,0	84,8	92,7	79,7	110,6	83,3	47,5	17,9	39,4
1989-1990	236,4	307,4	124,6	10,5	41,8	9,4	115,9	58,9	16,8	3,4	40,4	20,8
1990-1991	183,0	149,3	366,1	18,6	245,3	66,3	135,3	113,0	8,7	33,2	42,0	58,9
1991-1992	57,9	164,0	5,0	7,0	9,0	64,0	155,5	51,0	45,0	27,0	30,5	10,0
1992-1993	152,5	205,0	182,0	26,5	50,5	93,5	69,0	140,5	13,5	0,0	32,0	59,0
1993-1994	31,5	264,0	269,0	175,5	142,5	12,5	93,5	40,7	16,5	52,5	58,0	30,5
1994-1995	85,5	204,5	224,5	191,5	82,5	149,5	68,3	58,3	5,0	39,8	111,6	181,9
1995-1996	0,0	226,0	399,8	71,5	334,8	184,6	164,4	60,2	83,9	29,0	33,1	209,9
1996-1997	234,2	329,0	308,4	52,7	39,7	51,2	111,1	1,6	32,7	35,4	35,0	2,2
1997-1998	299,1	137,2	237,0	78,2	178,5	48,8	61,1	95,5	137,1	0,0	62,1	174,4
1998-1999	155,4	298,5	170,3	87,9	145,7	142,2	102,3	9,7	3,1	70,7	2,5	94,3
1999-2000	128,3	214,5	346,9	78,8	163,5	102,7	88,9	47,8	25,4	23,7	5,4	31,9
2000-2001	125,0	221,3	128,9	148,6	54,4	52,3	151,0	32,7	8,0	2,4	49,3	22,3

Πίνακας Α.12: Μηνιαίες Βροχοπτώσεις του σταθμού Λιγκιάδες.

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1980-1981	195,7	253,1	304,7	132,9	193,0	96,5	34,1	117,1	28,2	9,2	53,7	36,4
1981-1982	164,3	103,9	533,7	55,8	77,0	158,8	179,4	75,8	57,3	10,2	25,2	127,4
1982-1983	160,2	254,7	270,3	83,9	130,7	66,9	25,6	82,8	170,5	122,4	48,4	124,1
1983-1984	105,1	216,0	211,6	44,4	214,8	186,1	81,0	26,9	12,6	8,1	69,2	88,2
1984-1985	9,6	199,0	104,2	312,9	109,0	308,9	56,9	97,5	8,1	37,8	16,5	13,5
1985-1986	50,3	360,3	64,0	242,4	262,9	144,5	95,3	101,6	225,2	21,9	42,1	58,0
1986-1987	66,7	49,6	135,3	251,9	101,9	183,7	83,9	157,3	42,2	61,8	29,0	153,8
1987-1988	181,9	293,0	116,1	76,6	163,3	103,3	73,1	24,0	30,0	24,2	40,2	56,1
1988-1989	76,2	239,5	134,6	7,9	20,5	67,3	138,1	76,4	84,0	118,7	25,4	43,6
1989-1990	108,9	271,1	120,5	19,3	46,3	25,2	102,8	104,6	15,1	12,4	72,7	24,4
1990-1991	189,8	175,9	375,5	30,1	286,5	96,7	113,9	230,3	40,5	147,0	54,7	74,0
1991-1992	108,5	205,5	25,5	28,5	21,3	85,7	175,3	64,2	73,7	91,0	39,5	42,5
1992-1993	164,6	217,5	224,5	39,5	59,6	108,6	114,8	233,3	20,4	7,9	25,2	50,4
1993-1994	86,0	332,3	389,6	211,4	131,5	16,8	121,7	119,4	18,8	60,0	75,5	26,7
1994-1995	110,9	200,9	293,1	245,0	97,9	225,6	76,0	72,1	8,1	44,4	179,0	109,4
1995-1996	8,1	172,8	284,5	57,8	213,9	138,7	128,5	45,8	62,3	64,9	39,8	207,9
1996-1997	172,3	294,0	350,7	63,9	69,7	48,9	153,8	12,5	31,7	24,0	38,7	5,5
1997-1998	264,6	192,7	315,2	72,9	232,5	47,5	63,0	96,3	137,5	0,0	91,5	166,5
1998-1999	147,2	448,5	126,0	128,5	181,8	158,5	107,0	61,0	19,0	32,0	12,0	69,0
1999-2000	124,0	276,5	130,0	95,5	131,0	83,0	77,5	21,5	15,0	32,0	12,0	69,0
2000-2001	124,0	276,5	130,0	162,0	69,0	70,0	212,0	78,5	53,0	17,5	115,5	16,0

Πίνακας Α.13: Μηνιαίες Βροχοπτώσεις του σταθμού Λίμνη Ιωαννίνων.

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1980-1981	142,3	183,8	221,0	97,0	140,4	70,8	25,7	85,6	21,5	7,7	39,8	27,4
1981-1982	119,7	76,1	386,3	41,4	56,7	115,7	130,6	55,8	42,5	8,4	19,3	93,0
1982-1983	116,8	184,9	196,2	61,6	95,5	49,4	19,6	60,8	124,2	89,4	36,0	90,7
1983-1984	77,0	157,0	153,8	33,1	156,1	135,4	59,6	20,5	10,2	7,0	51,0	64,7
1984-1985	8,0	144,8	76,3	226,9	79,8	224,0	42,2	71,4	7,0	28,4	13,0	10,9
1985-1986	37,4	261,2	47,3	176,1	190,9	105,4	69,9	74,5	163,6	16,9	31,5	42,9
1986-1987	49,3	36,9	98,8	182,9	74,7	133,7	61,6	114,6	31,6	45,7	22,0	112,1
1987-1988	132,4	212,6	84,9	56,4	119,0	75,6	53,8	18,4	22,7	18,5	30,1	41,6
1988-1989	56,1	173,9	98,3	6,8	15,9	49,7	100,8	56,3	61,7	86,8	19,4	32,5
1989-1990	79,7	196,8	88,1	15,0	34,5	19,3	75,3	76,6	12,0	10,1	53,5	18,7
1990-1991	138,1	128,0	272,2	22,8	207,9	70,9	83,3	167,3	30,3	107,2	40,6	54,5
1991-1992	79,4	149,4	19,5	21,7	16,5	63,0	127,7	67,6	55,3	28,4	2,7	34,2
1992-1993	89,0	121,6	179,9	19,4	59,9	89,9	74,7	152,8	8,1	6,8	11,0	39,1
1993-1994	49,5	231,2	202,7	142,4	86,0	5,0	98,6	50,8	36,1	17,6	64,5	26,1
1994-1995	89,1	191,2	194,5	158,9	82,3	127,0	49,4	74,2	3,0	60,7	82,6	121,0
1995-1996	2,0	124,4	198,5	41,5	148,6	113,2	95,0	32,2	71,2	41,6	23,0	138,4
1996-1997	140,4	213,6	275,5	35,9	49,4	35,4	89,0	32,2	24,1	22,7	43,7	2,4
1997-1998	246,1	138,0	268,6	58,0	138,2	47,0	25,7	105,1	56,6	0,9	66,7	108,4
1998-1999	67,7	249,7	116,7	66,8	135,8	97,6	83,1	30,0	2,6	43,8	20,8	68,4
1999-2000	87,9	188,3	284,7	71,5	86,1	68,9	54,7	15,5	16,3	27,5	9,7	59,4
2000-2001	71,9	203,2	89,7	111,1	50,6	54,7	137,6	33,6	15,0	16,7	76,0	22,7

Πίνακας Α.14: Μηνιαίες Βροχοπτώσεις του σταθμού Πεδινή.

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1980-1981	202,4	200,6	216,3	137,8	157,9	69,0	70,3	120,7	37,2	0,0	51,4	72,6
1981-1982	141,5	83,4	368,7	41,9	69,9	104,2	124,5	55,9	44,6	9,4	19,1	54,9
1982-1983	201,0	196,4	252,3	52,3	153,0	68,1	27,9	43,8	109,7	69,2	31,9	106,6
1983-1984	52,8	206,4	193,9	255,0	176,3	138,4	77,4	20,0	12,4	8,0	18,6	63,9
1984-1985	17,2	148,8	58,8	232,5	95,1	167,0	37,5	36,9	9,8	0,0	12,9	13,1
1985-1986	39,9	314,2	63,4	195,0	282,8	106,0	59,0	115,2	84,4	7,0	25,0	22,3
1986-1987	44,0	39,4	165,8	199,2	77,4	184,9	65,7	95,9	26,3	63,2	0,0	29,0
1987-1988	153,4	205,0	83,3	65,0	155,3	74,2	69,9	20,9	25,2	5,8	18,6	59,4
1988-1989	30,8	214,9	132,1	0,0	71,7	76,6	70,8	73,1	23,7	59,8	12,6	27,8
1989-1990	130,9	173,0	114,2	20,2	49,0	12,2	116,9	83,8	0,0	10,9	75,5	18,6
1990-1991	103,6	135,2	284,3	21,8	196,0	39,7	81,0	114,1	14,5	33,4	108,9	50,8
1991-1992	56,0	153,2	25,6	24,6	16,7	53,3	124,4	55,5	35,1	31,3	15,5	12,7
1992-1993	118,9	173,8	183,1	47,4	45,7	89,0	66,8	111,6	17,7	0,0	19,0	46,4
1993-1994	36,1	239,6	255,1	145,6	106,4	12,9	97,7	69,9	20,0	33,1	72,0	34,8
1994-1995	93,0	182,0	206,2	225,1	77,6	130,9	64,8	28,3	18,2	82,9	73,0	89,1
1995-1996	0,4	88,6	208,6	70,3	187,9	102,7	47,9	28,2	43,0	42,3	32,1	154,0
1996-1997	207,8	254,6	290,4	34,5	40,6	35,7	98,5	9,2	23,6	35,3	61,8	6,2
1997-1998	164,9	152,0	271,9	55,6	117,6	52,3	90,4	106,1	36,2	0,0	58,6	137,4
1998-1999	105,6	177,0	114,0	107,4	147,7	120,6	75,3	44,6	28,5	26,5	0,0	30,4
1999-2000	77,1	200,3	294,7	93,9	108,3	57,2	46,2	49,1	24,5	24,0	17,3	82,2
2000-2001	82,2	240,9	90,3	106,1	36,8	50,9	153,1	34,5	7,0	25,6	31,0	19,3

Πίνακας Α.15: Επιφανειακά ύψη βροχής της κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων με τη Μέθοδο Thiessen σε mm.

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1980-1981	201,2	225,3	236,9	138,9	178,5	81,2	54,3	109,6	20,8	12,6	49,0	56,7	1364,9
1981-1982	149,2	87,5	379,0	37,5	63,7	119,2	115,4	55,7	46,5	15,3	18,6	65,4	1153,0
1982-1983	178,3	213,5	246,4	55,9	133,8	58,3	25,1	50,7	111,2	75,8	35,9	95,6	1280,5
1983-1984	70,5	191,6	195,7	199,2	184,7	158,6	79,6	30,3	10,6	5,3	40,4	65,1	1231,6
1984-1985	15,0	146,6	75,0	301,9	88,5	223,3	62,5	62,4	11,8	13,8	15,6	15,5	1031,8
1985-1986	43,3	326,1	71,4	228,9	281,9	130,8	70,5	104,9	124,7	17,0	25,5	30,2	1455,4
1986-1987	63,5	38,5	147,4	223,4	86,8	197,8	57,1	112,3	39,3	40,7	17,9	69,6	1094,5
1987-1988	151,1	232,3	105,0	70,6	159,2	93,5	65,5	24,4	21,8	9,4	21,9	53,6	1008,4
1988-1989	63,2	209,9	128,9	2,1	63,3	69,2	90,5	76,5	64,0	75,0	23,4	34,9	900,8
1989-1990	159,6	226,3	111,9	13,4	41,0	12,3	104,7	77,7	11,0	7,5	59,0	19,0	843,5
1990-1991	141,8	142,5	321,1	20,0	226,0	66,9	105,6	136,0	19,9	64,8	62,7	51,7	1358,9
1991-1992	75,7	155,8	14,8	18,7	12,8	59,6	149,4	60,3	45,1	34,1	19,9	22,3	668,4
1992-1993	122,2	174,3	186,2	28,4	44,6	98,5	74,4	144,3	14,1	2,1	20,7	48,0	957,8
1993-1994	46,5	261,9	263,7	160,7	120,6	11,8	107,1	60,0	21,7	40,9	61,2	34,6	1190,8
1994-1995	95,8	191,0	224,1	192,9	78,8	145,1	61,0	55,2	9,5	56,7	100,3	127,3	1337,7
1995-1996	1,4	152,8	269,3	59,7	223,6	132,8	107,3	39,0	59,5	42,3	29,9	169,7	1287,3
1996-1997	188,0	267,1	305,5	45,0	46,2	41,7	107,0	10,9	26,8	28,2	47,7	3,5	1117,6
1997-1998	249,3	155,4	269,9	64,9	155,5	51,4	58,0	111,8	76,6	0,2	69,7	145,6	1408,2
1998-1999	112,1	273,8	135,3	95,7	154,5	125,8	90,1	32,7	12,3	51,1	11,9	66,9	1162,1
1999-2000	100,1	207,7	302,6	87,6	125,0	79,2	64,9	37,2	21,2	27,0	9,5	63,8	1126,0
2000-2001	99,2	225,2	104,2	126,6	48,9	56,1	158,3	41,0	17,6	13,7	55,7	23,2	969,7
	110,8	195,5	195,0	103,4	119,9	95,9	86,1	68,2	37,4	30,2	37,9	60,1	1140,4

Πίνακας Α.16: Ανηγμένα επιφανειακά ύψη βροχής της κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων στο μέσο υψόμετρο σε mm.

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1980-1981	201,4	225,5	237,1	139,0	178,6	81,2	54,4	109,7	20,8	12,6	49,0	56,7	1366,0
1981-1982	149,3	87,6	379,3	37,5	63,8	119,3	115,5	55,7	46,6	15,3	18,6	65,4	1153,9
1982-1983	178,5	213,7	246,6	56,0	133,9	58,4	25,1	50,7	111,3	75,9	36,0	95,6	1281,6
1983-1984	70,5	191,7	195,8	199,4	184,9	158,7	79,7	30,3	10,6	5,3	40,4	65,1	1232,6
1984-1985	15,0	146,7	75,0	302,1	88,6	223,5	62,6	62,4	11,8	13,8	15,6	15,5	1032,7
1985-1986	43,4	326,4	71,4	229,1	282,1	130,9	70,6	105,0	124,8	17,1	25,6	30,2	1456,5
1986-1987	63,5	38,6	147,5	223,6	86,8	198,0	57,2	112,4	39,4	40,7	17,9	69,7	1095,3
1987-1988	151,2	232,5	105,1	70,7	159,4	93,6	65,6	24,4	21,8	9,4	21,9	53,7	1009,2
1988-1989	63,2	210,0	129,0	2,1	63,3	69,3	90,6	76,6	64,1	75,1	23,4	34,9	901,5
1989-1990	159,7	226,5	112,0	13,4	41,0	12,3	104,8	77,8	11,1	7,5	59,0	19,0	844,2
1990-1991	141,9	142,6	321,4	20,0	226,1	67,0	105,6	136,1	19,9	64,8	62,8	51,8	1360,0
1991-1992	75,8	156,0	14,8	18,7	12,8	59,7	149,5	60,3	45,1	34,2	19,9	22,3	669,0
1992-1993	122,3	174,5	186,3	28,4	44,6	98,5	74,5	144,4	14,1	2,1	20,8	48,1	958,6
1993-1994	46,5	262,1	263,9	160,9	120,7	11,8	107,1	60,1	21,8	41,0	61,3	34,6	1191,8
1994-1995	95,9	191,2	224,3	193,1	78,9	145,2	61,1	55,2	9,5	56,8	100,4	127,4	1338,7
1995-1996	1,4	152,9	269,5	59,7	223,7	132,9	107,4	39,0	59,6	42,3	29,9	169,8	1288,3
1996-1997	188,2	267,3	305,7	45,1	46,3	41,8	107,0	10,9	26,8	28,2	47,8	3,5	1118,5
1997-1998	249,5	155,6	270,1	64,9	155,6	51,4	58,1	111,8	76,7	0,2	69,7	145,7	1409,3
1998-1999	112,2	274,0	135,4	95,8	154,6	125,9	90,1	32,7	12,3	51,1	11,9	66,9	1163,0
1999-2000	100,1	207,9	302,8	87,7	125,1	79,3	65,0	37,3	21,3	27,0	9,6	63,9	1126,9
2000-2001	99,3	225,4	104,3	126,7	49,0	56,1	158,5	41,0	17,6	13,7	55,7	23,2	970,5
	110,9	195,6	195,1	103,5	120,0	95,9	86,2	68,3	37,5	30,2	38,0	60,1	1141,3

Πίνακας Α.17: Εξαμνησοδιαπνοή της κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων.

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1980-1981	55,29	32,36	29,07	48,35	31,05	42,73	58,03	58,69	61,00	65,83	61,30	51,21	594,91
1981-1982	43,89	28,21	26,39	28,04	44,35	58,87	55,02	73,29	85,13	113,09	109,98	99,65	765,91
1982-1983	55,85	39,81	30,88	32,49	38,48	66,11	57,17	72,82	80,07	75,00	77,64	61,02	687,34
1983-1984	48,81	34,02	29,32	26,71	31,88	42,28	50,43	77,56	122,83	93,14	78,72	57,72	693,42
1984-1985	62,02	37,69	37,17	31,63	29,37	40,23	55,18	74,05	85,54	100,22	110,87	63,51	727,48
1985-1986	51,54	30,97	27,68	24,66	25,65	39,84	57,61	61,38	68,61	83,59	91,82	75,83	639,18
1986-1987	54,96	34,08	25,39	35,21	41,45	43,59	93,42	89,80	138,04	145,19	122,50	82,48	906,11
1987-1988	49,25	45,53	30,66	30,03	43,86	56,49	69,20	117,98	137,72	141,25	114,76	86,83	923,56
1988-1989	67,66	33,51	30,93	36,47	56,60	79,63	88,69	101,53	116,42	115,12	132,26	94,52	953,34
1989-1990	68,91	34,18	26,80	25,09	67,47	120,78	94,52	104,68	168,35	208,82	170,11	116,57	1206,28
1990-1991	91,37	46,30	28,82	52,78	35,72	81,51	79,59	98,18	165,61	138,03	137,19	103,85	1058,95
1991-1992	90,46	49,70	47,61	45,27	62,68	81,97	88,91	151,38	127,17	166,74	163,78	90,74	1166,41
1992-1993	66,56	38,05	34,06	38,82	59,58	68,69	93,66	95,03	172,91	231,40	222,18	125,28	1246,22
1993-1994	101,57	47,13	26,56	43,20	45,23	87,22	92,22	127,15	184,37	208,66	192,50	140,91	1296,72
1994-1995	87,24	58,44	42,79	34,16	45,99	65,84	91,52	117,61	183,78	190,34	121,68	67,77	1107,16
1995-1996	89,89	39,04	29,05	34,23	37,27	45,14	60,80	94,50	123,01	163,12	122,86	74,60	913,51
1996-1997	56,90	34,92	26,66	41,28	41,34	79,36	59,98	141,05	135,77	182,47	117,16	99,66	1016,55
1997-1998	51,02	35,89	24,84	28,37	42,39	66,30	68,61	78,94	96,63	187,34	153,62	66,88	900,83
1998-1999	43,52	30,43	27,44	29,39	26,58	52,20	61,19	93,79	148,12	150,84	151,94	87,53	902,97
1999-2000	58,49	38,29	29,37	28,05	38,87	56,81	70,80	109,25	145,47	195,43	167,05	83,48	1021,36
2000-2001	48,38	35,92	25,68	30,14	41,26	61,64	63,64	100,41	129,01	155,19	128,63	77,54	897,44
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	63,98	38,31	30,34	34,49	42,24	63,68	71,91	97,10	127,41	148,13	130,88	86,08	934,55

Πίνακας Α.18: Υπολογισμένη απορροή για τη κλειστή λεκάνη Ιωαννίνων από το Μοντέλο «ΖΥΓΟΣ» σε εκατομμύρια mm³.

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1980-1981	11,78	29,39	44,48	27,99	28,73	10,17	0,04	4,08	0,02	0,01	0,04	0,44	157,17
1981-1982	8,43	4,75	55,93	21,77	2,19	4,83	4,84	0,04	0,04	0,01	0,01	0,05	102,89
1982-1983	9,81	23,06	42,95	14,87	11,63	0,3	0,02	0,04	2,5	0,07	0,03	2,77	108,05
1983-1984	1,74	14,21	27,8	36,19	35,67	27,78	7,23	0,02	0,01	0	0,03	0,59	151,27
1984-1985	0,01	8,72	3,03	37,94	21,71	32,18	7,27	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	110,95
1985-1986	0,03	34,66	17,17	34,04	55,82	33,89	5,92	3,49	4,49	0,01	0,02	0,02	189,56
1986-1987	0,68	0,36	9,77	26,21	12,04	22,67	2,65	1,81	0,03	0,03	0,01	0,06	76,32
1987-1988	8,16	23,42	16,37	4,53	12,08	4,02	0,05	0,02	0,02	0,01	0,02	0,04	68,74
1988-1989	0,05	15,45	14,72	0,53	0,54	0,06	0,15	0,06	0,05	0,06	0,02	0,03	31,72
1989-1990	7,26	23,32	18,44	0,91	0,03	0,01	0,82	0,06	0,01	0,01	0,05	0,02	50,94
1990-1991	4,04	7,7	45,39	12,43	27,22	4,83	2,08	3,03	0,02	0,05	0,05	0,04	106,88
1991-1992	0,06	8,5	0,01	0,01	0,01	0,05	4,85	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	13,65
1992-1993	4,46	11,76	23,55	3,08	0,04	2,38	0,06	3,95	0,01	0	0,02	0,04	49,35
1993-1994	0,04	21,14	45,57	34,61	18,3	0,57	1,19	0,05	0,02	0,03	0,05	0,03	121,6
1994-1995	0,69	10,62	26,1	33,48	11,22	7,58	0,05	0,04	0,01	0,05	0,08	4,77	94,69
1995-1996	0	9,11	35,9	13,59	28,65	20,96	6,92	0,03	0,05	0,03	0,02	7,62	122,88
1996-1997	12,88	40,4	63,43	20,76	0,71	0,03	3,76	0,01	0,02	0,02	0,04	0	142,06
1997-1998	18,59	21,26	46,04	19,53	17,18	1,15	0,05	2,63	0,06	0	0,06	6,31	132,86
1998-1999	5,49	34,55	28,93	14,17	19,15	12,75	2,7	0,03	0,01	0,04	0,01	0,05	117,88
1999-2000	3,33	16,08	49,66	26,27	15,27	2,64	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,05	113,43
2000-2001	4,07	19,83	14,98	13,86	1,19	0,04	7,59	0,03	0,01	0,01	0,04	0,02	61,67
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	4,84	18,01	30,01	18,89	15,21	8,99	2,78	0,93	0,35	0,02	0,03	1,09	101,17

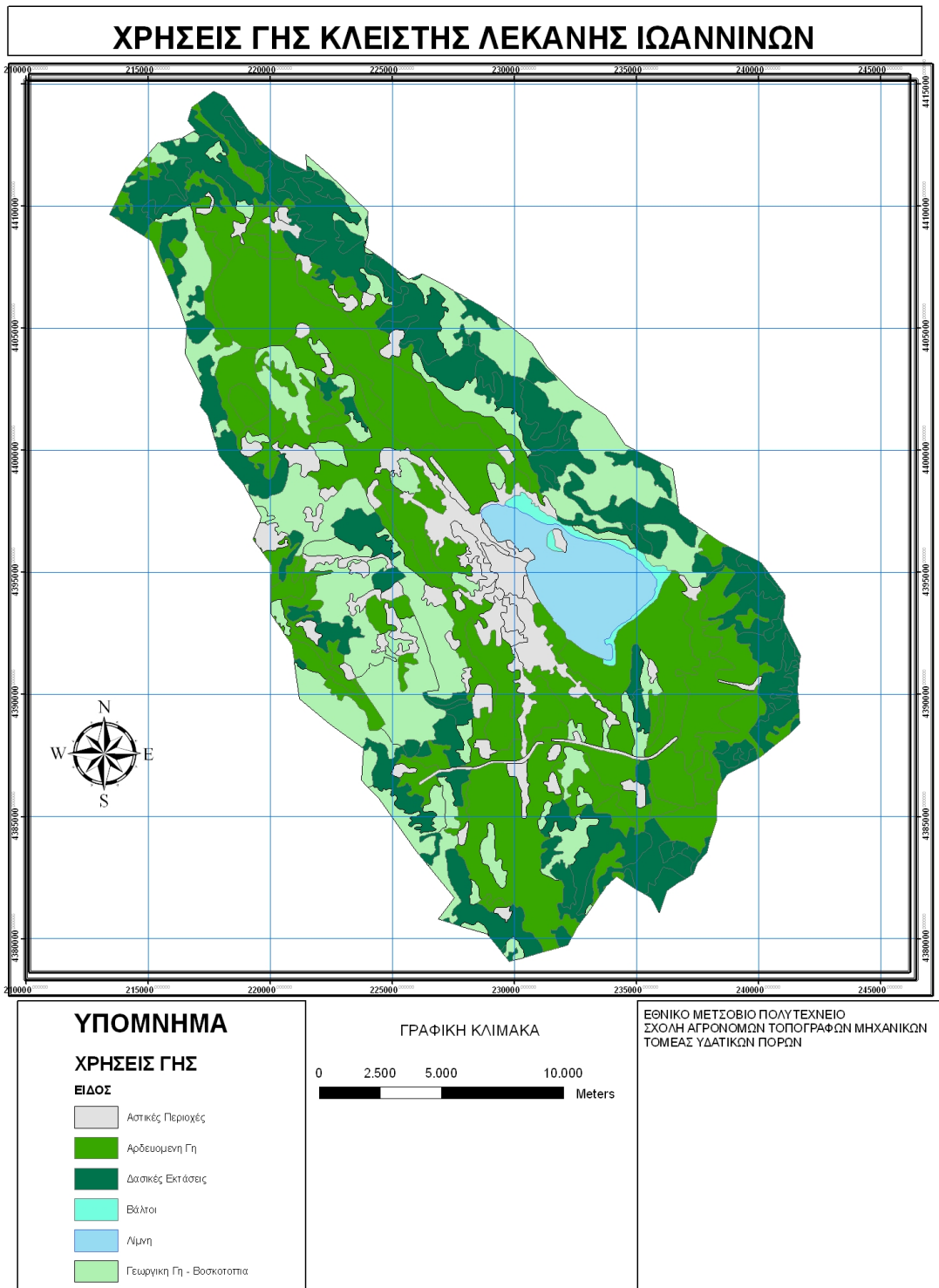
Πίνακας Α.19: Εξάτμιση από την ελεύθερη επιφάνεια της λίμνης Παμβώτιδας με τη μέθοδο Penman σε mm.

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1980-1981	68,48	42,81	38,02	68,77	40,99	58,48	74,08	77,38	85,88	93,92	89,63	71,69	810,13
1981-1982	58,49	38,08	34,78	37,5	58,15	76,47	71,04	91,04	102,79	126,15	122,82	110,37	927,68
1982-1983	69,92	49,95	41,07	41,96	54,3	82,31	74,46	92,12	97,06	96,77	96,81	78,24	874,97
1983-1984	62,43	44,35	38,58	35,4	42,41	56	66,06	95,05	134,76	112,84	97,27	74,91	860,06
1984-1985	74,83	48,19	48,25	42,91	39,07	53,55	71,44	92,32	102,82	117,42	125,46	80,63	896,89
1985-1986	65,4	41,96	38,06	33,32	39,06	55,54	76,73	83,17	89,13	103,98	109,62	91,56	827,53
1986-1987	73,38	48,16	36,93	51,1	54,72	66,04	125,01	114,43	151,19	152,9	132,28	96,59	1102,73
1987-1988	63,16	61,89	41,01	41,61	61,34	80,68	87,58	136,7	149,4	148,03	126,19	99,29	1096,88
1988-1989	80,8	43,88	42,33	45,33	74,81	98,6	106,22	124,29	136,87	128,66	141,52	106,6	1129,91
1989-1990	82,6	44,42	35,45	34,47	88,54	167,59	141,83	131,82	189,43	212,77	181,65	136,98	1447,55
1990-1991	113,14	71,87	55,4	86,93	65,09	122,55	130,46	148,17	190,69	157,64	152,14	120,27	1414,35
1991-1992	113,58	72,79	76,94	70,33	108,07	137,98	134,69	200,63	145,75	180,94	167,11	102,61	1511,42
1992-1993	80,18	48,32	44,03	53,07	102,59	115,11	140,62	128,75	196,74	249,33	231,97	145,29	1536,00
1993-1994	125,93	73,67	47,23	75,95	82,23	132,08	144,75	167,39	216,75	234,36	213,78	161,11	1675,23
1994-1995	118,34	88,62	75,17	66,24	76,3	120,24	143,7	164,4	218,9	214,56	145,4	86,12	1517,99
1995-1996	104,74	52,04	40,55	45,1	52,73	62,63	79,01	113,68	137,8	169,64	133,89	91,73	1083,54
1996-1997	70,97	46,01	38,44	53,25	52,78	104,28	78,97	156,34	145,42	189,88	129,35	110,37	1176,06
1997-1998	64,7	46,78	34,07	37,61	53,37	87,67	84,98	97,55	111,93	188,19	160,2	82,55	1049,60
1998-1999	57,28	40,31	37,23	38,96	37,9	70,11	79,94	113,88	163,51	163,32	160,3	102,17	1064,91
1999-2000	71,92	49,61	40,94	37,04	52,57	73,58	89,48	126,11	154,76	199,87	169,05	96,72	1161,65
2000-2001	62,17	46,84	33,9	40,47	53,52	77,3	84,18	116,54	139,43	161,06	137,57	91,65	1044,63
	80,12	52,41	43,73	49,40	61,45	90,42	99,30	122,46	145,76	162,01	144,00	101,78	1152,84

Πίνακας Α.20: Συγκεντρώσεις φωσφόρου λίμνης Παμβώτιδας

ΕΤΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΕΤΟΣ
1984-1985	0,042	0,036	0,179	0,114		0,01	0,234		0,114	0,062	0,036	0,063	0,09
1985-1986	0,07	0,046	0,078	0,068	0,523	0,314		0,146	0,049	0,062	0,068	0,075	0,14
1986-1987	0,052	0,029	0,065	0,195	0,33	0,169	0,1	0,013	0,099	0,031	0,031	0,031	0,10
1987-1988	0,049	0,049	0,081	0,15		0,198			0,052	0,028	0,049		0,08

Παράρτημα Β: Σχήματα



Σχήμα Β.1: Χάρτης χρήσεων γης στην κλειστή λεκάνη απορροής της λίμνης Ιωαννίνων.

Πίνακας Α.21: Μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Παμβώτιδας

Υδ. Έτος	Μήνας	Στάθμη	Q	Q	Pi	Ei	λ	Dij	Sij	Ai	SAij	Gij	Rij	SPij
1981- 1982	ΟΚΤ	469,62	8,43	6,32	119,68	58,49	0	0	88,26	17	6,36	1	0	0
	ΝΟΕ	469,62	4,75	3,56	76,11	38,08	0	0	88,26	17	0,00	1	0	0
	ΔΕΚ	470,17	55,93	41,95	386,34	34,78	0	0	100,07	20	52,28	1	0	33,14
	ΙΑΝ	469,97	21,77	16,33	41,39	37,50	0	0	95,69	19	15,62	1	0	0
	ΦΕΒ	469,96	2,19	1,64	56,66	58,15	0	0	95,47	19	0,00	1	0	0
	ΜΑΡ	470,16	4,83	3,62	115,69	76,47	0	0	99,85	20	1,84	1	0	0
1982-83	ΑΠΡ	470,23	4,84	3,63	130,57	71,04	0	0	101,41	20	5,60	1	0	0
	ΜΑΪ	470,15	0,04	0,03	55,79	91,04	0,125	1,13	99,63	20	2,71	1	1,13	0
	ΙΟΥΝ	469,95	0,04	0,03	42,46	102,79	0,20	1,80	95,26	19	3,65	1	1,80	0
	ΙΟΥΛ	469,68	0,01	0,0075	8,43	126,15	0,35	3,15	89,51	17	3,55	1	3,15	0
	ΑΥΓ	469,36	0,01	0,0075	19,32	122,82	0,2	1,8	82,94	16	1,36	1	1,36	0
	ΣΕΠ	469,16	0,05	0,0375	93,03	110,37	0,125	1,125	78,96	15	0,00	1	0	0
Υδ. Έτος 1982- 1983	ΟΚΤ	469,27	9,81	7,3575	116,76	69,92	0	0	81,13	15	4,06	1	0	0
	ΝΟΕ	469,42	23,06	17,30	184,93	49,95	0	0	84,15	16	10,13	1	0	0
	ΔΕΚ	469,82	42,95	32,21	196,22	41,07	0	0	92,47	18	28,38	1	0	9,24
	ΙΑΝ	470,08	14,87	11,15	61,62	41,96	0	0	98,09	19	9,43	1	0	0
	ΦΕΒ	470,13	11,63	8,72	95,46	54,30	0	0	99,19	20	8,31	1	0	0
	ΜΑΡ	470,14	0,30	0,23	49,37	82,31	0	0	99,41	20	0,00	1	0	0
83-84	ΑΠΡ	470,13	0,02	0,02	19,61	74,46	0	0	99,19	20	0,00	1	0	0
	ΜΑΪ	470,09	0,04	0,03	60,84	92,12	0,13	1,13	98,31	19	1,04	1	1,04	0
	ΙΟΥΝ	469,97	2,50	1,88	124,15	97,06	0,20	1,80	95,69	19	0,08	1	0,08	0
	ΙΟΥΛ	470,03	0,07	0,05	89,44	96,77	0,35	3,15	96,99	19	3,01	1	3,01	0
	ΑΥΓ	469,84	0,03	0,02	36,04	96,81	0,20	1,80	92,89	18	5,04	1	1,80	0

Υδ. Έτος 1983- 1984	ΣΕΠ	469,50	2,77	2,08	90,70	78,24	0,13	1,13	85,78	16	1,28	1	1,13	0	
	ΟΚΤ	469,50	1,74	1,31	76,99	62,43	0	0	85,78	16	0,54	1	0	0	
	ΝΟΕ	469,50	14,21	10,66	157,02	44,35	0	0	85,78	16	4,81	1	0	0	
	ΔΕΚ	469,82	27,80	20,85	153,81	38,58	0	0	92,47	18	11,18	1	0	0	
	ΙΑΝ	470,31	36,19	27,14	33,13	35,40	0	0	103,20	21	25,42	1	0	6,28	
	ΦΕΒ	470,34	35,67	26,75	156,15	42,41	0	0	103,88	21	26,97	1	0	7,83	
	ΜΑΡ	470,39	27,78	20,84	135,43	56,00	0	0	105,01	21	23,53	1	0	4,40	
	84-85	ΑΠΡ	470,30	7,23	5,42	59,58	66,06	0	0	102,98	20	5,19	1	0	0
		ΜΑΪ	470,26	0,02	0,02	20,48	95,05	0,13	1,13	102,08	20	0,84	1	0,84	0
		ΙΟΥΝ	470,11	0,01	0,01	10,18	134,76	0,20	1,80	98,75	19	5,61	1	1,8	0
ΙΟΥΛ		469,69	0,00	0,00	6,97	112,84	0,35	3,15	89,72	17	3,14	1	3,14	0	
ΑΥΓ		469,40	0,03	0,02	51,02	97,27	0,20	1,80	83,74	16	0,70	1	0,70	0	
ΣΕΠ		469,28	0,59	0,44	64,73	74,91	0,13	1,13	81,33	15	0,00	1	0	0	
ΟΚΤ		469,28	0,01	0,01	8,04	74,83	0,00	0,00	81,33	15	0,00	1	0	0	
ΝΟΕ		469,25	8,72	6,54	144,77	48,19	0	0	80,74	15	6,01	1	0	0	
ΔΕΚ		469,3	3,03	2,2725	76,31	48,25	0	0	81,73	15	0,00	1	0	0	
ΙΑΝ		469,69	37,94	28,455	226,95	42,91	0	0	89,72	17	24,89	1	0	5,75	
85-86	ΦΕΒ	469,96	21,71	16,2825	79,81	39,07	0	0	95,47	19	10,55	1	0	0	
	ΜΑΡ	470,21	32,18	24,135	224,03	53,55	0	0	100,96	20	24,97	1	0	5,84	
	ΑΠΡ	470,28	7,27	5,4525	42,17	71,44	0	0	102,53	20	5,20	1	0	0	
	ΜΑΪ	470,22	0,05	0,0375	71,44	92,32	0,125	1,125	101,18	20	1,28	1	1,13	0	
	ΙΟΥΝ	470,1	0,01	0,0075	6,97	102,82	0,2	1,8	98,53	19	4,48	1	1,80	0	
	ΙΟΥΛ	469,76	0,01	0,0075	28,36	117,42	0,35	3,15	91,19	18	6,50	1	3,15	0	
	ΑΥΓ	469,32	0,01	0,0075	13,00	125,46	0,2	1,8	82,13	15	4,13	1	1,80	0	
	ΣΕΠ	468,97	0,01	0,0075	10,86	80,63	0,125	1,125	75,27	14	0,89	1	0,89	0	

Υδ. Έτος 1985- 1986	ΟΚΤ	468,82	0,03	0,0225	37,41	65,40	0	0	72,43	13	0,00	1	0	0	
	ΝΟΕ	469,08	34,66	25,995	261,18	41,96	0	0	77,40	14	22,80	1	0	3,67	
	ΔΕΚ	469,35	17,17	12,8775	47,33	38,06	0	0	82,74	16	3,14	1	0	0	
	ΙΑΝ	469,78	34,04	25,53	176,09	33,32	0	0	91,62	18	13,67	1	0	0	
	ΦΕΒ	470,39	55,82	41,865	190,87	39,06	0	0	105,01	21	45,40	1	0	26,27	
	ΜΑΡ	470,33	33,89	25,4175	105,38	55,54	0	0	103,65	21	27,02	1	0	7,88	
	ΑΠΡ	470,26	5,92	4,44	69,89	76,73	0	0	102,08	20	3,30	1	0	0	
	ΜΑΪ	470,26	3,49	2,6175	74,46	83,17	0,125	1,125	102,08	20	2,56	1	1,13	0	
	ΙΟΥΝ	470,21	4,49	3,3675	163,64	89,13	0,2	1,8	100,96	20	7,61	1	1,8	0	
	ΙΟΥΛ	470,04	0,01	0,0075	16,89	103,98	0,35	3,15	97,21	19	4,84	1	3,15	0	
86-87	ΑΥΓ	469,69	0,02	0,015	31,47	109,62	0,2	1,8	89,72	17	4,24	1	1,8	0	
	ΣΕΠ	469,37	0,02	0,015	42,95	91,56	0,125	1,125	83,14	16	0,85	1	0,85	0	
	ΟΚΤ	469,24	0,68	0,51	49,27	73,38	0	0	80,54	15	0,00	1	0	0	
	ΝΟΕ	469,22	0,36	0,27	36,92	48,16	0	0	80,14	15	0,00	1	0	0	
	ΔΕΚ	469,25	9,77	7,3275	98,77	36,93	0	0	80,74	15	0,16	1	0	0	
	ΙΑΝ	469,6	26,21	19,6575	182,89	51,10	0	0	87,84	17	16,04	1	0	0	
	ΦΕΒ	469,83	12,04	9,03	74,65	54,72	0	0	92,68	18	2,98	1	0	0	
	ΜΑΡ	470,08	22,67	17,0025	133,68	66,04	0	0	98,09	19	13,09	1	0	0	
	ΑΠΡ	470,27	2,65	1,9875	61,62	125,01	0	0	102,30	20	0,82	1	0	0	
	ΜΑΪ	470,22	1,81	1,3575	114,62	114,43	0,125	1,125	101,18	20	3,68	1	1,13	0	
87-88	ΙΟΥΝ	470,07	0,03	0,0225	31,57	151,19	0,2	1,8	97,87	19	2,34	1	1,8	0	
	ΙΟΥΛ	469,81	0,03	0,0225	45,67	152,90	0,35	3,15	92,25	18	6,62	1	3,15	0	
	ΑΥΓ	469,35	0,01	0,0075	22,04	132,28	0,2	1,8	82,74	16	1,06	1	1,06	0	
	ΣΕΠ	469,16	0,06	0,045	112,09	96,59	0,125	1,125	78,96	15	0,00	1	0	0	
	ΟΚΤ	469,14	8,16	6,12	132,42	63,16	0	0	78,57	15	0,96	1	0	0	
	Υδ. Έτος 1986- 1987	ΝΟΕ	469,22	0,36	0,27	36,92	48,16	0	0	80,14	15	0,00	1	0	0
		ΔΕΚ	469,25	9,77	7,3275	98,77	36,93	0	0	80,74	15	0,16	1	0	0
		ΙΑΝ	469,6	26,21	19,6575	182,89	51,10	0	0	87,84	17	16,04	1	0	0
		ΦΕΒ	469,83	12,04	9,03	74,65	54,72	0	0	92,68	18	2,98	1	0	0
		ΜΑΡ	470,08	22,67	17,0025	133,68	66,04	0	0	98,09	19	13,09	1	0	0
ΑΠΡ		470,27	2,65	1,9875	61,62	125,01	0	0	102,30	20	0,82	1	0	0	
ΜΑΪ		470,22	1,81	1,3575	114,62	114,43	0,125	1,125	101,18	20	3,68	1	1,13	0	
ΙΟΥΝ		470,07	0,03	0,0225	31,57	151,19	0,2	1,8	97,87	19	2,34	1	1,8	0	
ΙΟΥΛ		469,81	0,03	0,0225	45,67	152,90	0,35	3,15	92,25	18	6,62	1	3,15	0	
ΑΥΓ		469,35	0,01	0,0075	22,04	132,28	0,2	1,8	82,74	16	1,06	1	1,06	0	
87-88	ΣΕΠ	469,16	0,06	0,045	112,09	96,59	0,125	1,125	78,96	15	0,00	1	0	0	
	ΟΚΤ	469,14	8,16	6,12	132,42	63,16	0	0	78,57	15	0,96	1	0	0	
	Υδ. Έτος 1986- 1987	ΝΟΕ	469,22	0,36	0,27	36,92	48,16	0	0	80,14	15	0,00	1	0	0
		ΔΕΚ	469,25	9,77	7,3275	98,77	36,93	0	0	80,74	15	0,16	1	0	0
		ΙΑΝ	469,6	26,21	19,6575	182,89	51,10	0	0	87,84	17	16,04	1	0	0
		ΦΕΒ	469,83	12,04	9,03	74,65	54,72	0	0	92,68	18	2,98	1	0	0
		ΜΑΡ	470,08	22,67	17,0025	133,68	66,04	0	0	98,09	19	13,09	1	0	0
		ΑΠΡ	470,27	2,65	1,9875	61,62	125,01	0	0	102,30	20	0,82	1	0	0
		ΜΑΪ	470,22	1,81	1,3575	114,62	114,43	0,125	1,125	101,18	20	3,68	1	1,13	0
		ΙΟΥΝ	470,07	0,03	0,0225	31,57	151,19	0,2	1,8	97,87	19	2,34	1	1,8	0
ΙΟΥΛ		469,81	0,03	0,0225	45,67	152,90	0,35	3,15	92,25	18	6,62	1	3,15	0	
ΑΥΓ		469,35	0,01	0,0075	22,04	132,28	0,2	1,8	82,74	16	1,06	1	1,06	0	
87-88	ΣΕΠ	469,16	0,06	0,045	112,09	96,59	0,125	1,125	78,96	15	0,00	1	0	0	
	ΟΚΤ	469,14	8,16	6,12	132,42	63,16	0	0	78,57	15	0,96	1	0	0	
	Υδ. Έτος 1986- 1987	ΝΟΕ	469,22	0,36	0,27	36,92	48,16	0	0	80,14	15	0,00	1	0	0
		ΔΕΚ	469,25	9,77	7,3275	98,77	36,93	0	0	80,74	15	0,16	1	0	0
		ΙΑΝ	469,6	26,21	19,6575	182,89	51,10	0	0	87,84	17	16,04	1	0	0
		ΦΕΒ	469,83	12,04	9,03	74,65	54,72	0	0	92,68	18	2,98	1	0	0
		ΜΑΡ	470,08	22,67	17,0025	133,68	66,04	0	0	98,09	19	13,09	1	0	0
		ΑΠΡ	470,27	2,65	1,9875	61,62	125,01	0	0	102,30	20	0,82	1	0	0
		ΜΑΪ	470,22	1,81	1,3575	114,62	114,43	0,125	1,125	101,18	20	3,68	1	1,13	0
		ΙΟΥΝ	470,07	0,03	0,0225	31,57	151,19	0,2	1,8	97,87	19	2,34	1	1,8	0
ΙΟΥΛ		469,81	0,03	0,0225	45,67	152,90	0,35	3,15	92,25	18	6,62	1	3,15	0	
ΑΥΓ		469,35	0,01	0,0075	22,04	132,28	0,2	1,8	82,74	16	1,06	1	1,06	0	
87-88	ΣΕΠ	469,16	0,06	0,045	112,09	96,59	0,125	1,125	78,96	15	0,00	1	0	0	
	ΟΚΤ	469,14	8,16	6,12	132,42	63,16	0	0	78,57	15	0,96	1	0	0	

1987- 1988	NOE	469,4	23,42	17,565	212,55	61,89	0	0	83,74	16	12,35	1	0	0
	ΔΕΚ	469,72	16,37	12,2775	84,86	41,01	0	0	90,35	17	9,71	1	0	0
	ΙΑΝ	469,83	4,53	3,3975	56,37	41,61	0	0	92,68	18	0,30	1	0	0
	ΦΕΒ	469,94	12,08	9,06	119,00	61,34	0	0	95,04	19	3,21	1	0	0
	ΜΑΡ	470,21	4,02	3,015	75,63	80,68	0	0	100,96	20	2,58	1	0	0
	ΑΠΡ	470,18	0,05	0,0375	53,84	87,58	0	0	100,29	20	0,36	1	0	0
	ΜΑΪ	470,09	0,02	0,015	18,44	136,70	0,125	1,125	98,31	19	0,00	1	0	0
	ΙΟΥΝ	469,95	0,02	0,015	22,72	149,40	0,2	1,8	95,26	19	5,72	1	1,8	0
	ΙΟΥΛ	469,52	0,01	0,0075	18,54	148,03	0,35	3,15	86,19	16	5,67	1	3,15	0
	ΑΥΓ	469,08	0,02	0,015	30,11	126,19	0,2	1,8	77,40	14	2,42	1	1,8	0
	ΣΕΠ	468,83	0,04	0,03	41,59	99,29	0,125	1,125	72,61	13	0,00	1	0	0
Υδ. Έτος 1988- 1989	ΟΚΤ	468,83	0,05	0,0375	56,08	80,80	0	0	72,61	13	0,00	1	0	0
	NOE	469,01	15,45	11,5875	173,95	43,88	0	0	76,04	14	8,11	1	0	0
	ΔΕΚ	469,23	14,72	11,04	98,28	42,33	0	0	80,34	15	9,29	1	0	0
	ΙΑΝ	469,31	0,53	0,3975	6,77	45,33	0	0	81,93	15	0,00	1	0	0
	ΦΕΒ	469,29	0,54	0,405	15,91	74,81	0	0	81,53	15	0,00	1	0	0
	ΜΑΡ	469,43	0,06	0,045	49,66	98,60	0	0	84,35	16	0,00	1	0	0
	ΑΠΡ	469,42	0,15	0,1125	100,81	106,22	0	0	84,15	16	0,00	1	0	0
	ΜΑΪ	469,41	0,06	0,045	56,27	124,29	0,125	1,125	83,95	16	0,00	1	0	0
	ΙΟΥΝ	469,32	0,05	0,0375	61,72	136,87	0,2	1,8	82,13	15	0,85	1	0,85	0
	ΙΟΥΛ	469,17	0,06	0,045	86,81	128,66	0,35	3,15	79,16	15	4,78	1	3,15	0
	ΑΥΓ	468,84	0,02	0,015	19,41	141,52	0,2	1,8	72,80	13	1,30	1	1,30	0
Υδ. Έτος 1989- 1990	ΣΕΠ	468,63	0,03	0,0225	32,54	106,60	0,125	1,125	68,90	12	0,00	1	0	0
	ΟΚΤ	468,75	7,26	5,445	79,71	82,60	0	0	71,12	13	0,06	1	0	0
	NOE	468,98	23,32	17,49	196,80	44,42	0	0	75,46	14	12,34	1	0	0

Υδ.
Έτος
1990-
1991

ΔΕΚ	469,3	18,44	13,83	88,07	35,45	0	0	81,73	15	11,43	1	0	0
ΙΑΝ	469,41	0,91	0,6825	15,04	34,47	0	0	83,95	16	0,00	1	0	0
ΦΕΒ	469,42	0,03	0,0225	34,49	88,54	0	0	84,15	16	0,00	1	0	0
ΜΑΡ	469,38	0,01	0,0075	19,32	167,59	0	0	83,34	16	0,00	1	0	0
ΑΠΡ	469,37	0,82	0,615	75,33	141,83	0	0	83,14	16	0,00	1	0	0
ΜΑΪ	469,37	0,06	0,045	76,60	131,82	0,125	1,125	83,14	16	0,98	1	0,98	0
ΙΟΥΝ	469,23	0,01	0,0075	12,02	189,43	0,2	1,8	80,34	15	3,50	1	1,8	0
ΙΟΥΛ	468,86	0,01	0,0075	10,08	212,77	0,35	3,15	73,18	13	1,13	1	1,13	0
ΑΥΓ	468,6	0,05	0,0375	53,55	181,65	0,2	1,8	68,35	12	0,00	1	0	0
ΣΕΠ	468,48	0,02	0,015	18,73	136,98	0,125	1,125	66,18	12	0,00	1	0	0
ΟΚΤ	468,4	4,04	3,03	138,06	113,14	0	0	64,76	11	0,17	1	0	0
ΝΟΕ	468,52	7,7	5,775	128,04	71,87	0	0	66,90	12	0,00	1	0	0
ΔΕΚ	469,12	45,39	34,0425	272,17	55,40	0	0	78,18	15	25,28	1	0	6,14
ΙΑΝ	469,66	12,43	9,3225	22,82	86,93	0	0	89,09	17	0,00	1	0	0
ΦΕΒ	470,08	27,22	20,415	207,89	65,09	0	0	98,09	19	18,40	1	0	0
ΜΑΡ	470,25	4,83	3,6225	70,86	122,55	0	0	101,85	20	1,58	1	0	0
ΑΠΡ	470,25	2,08	1,56	83,31	130,46	0	0	101,85	20	0,00	1	0	0
ΜΑΪ	470,25	3,03	2,2725	167,33	148,17	0,125	1,125	101,85	20	3,22	1	1,13	0
ΙΟΥΝ	470,18	0,02	0,015	30,31	190,69	0,2	1,8	100,29	20	0,00	1	0	0
ΙΟΥΛ	470,03	0,05	0,0375	107,23	157,64	0,35	3,15	96,99	19	3,67	1	3,15	0
ΑΥΓ	469,77	0,05	0,0375	40,62	152,14	0,2	1,8	91,41	18	2,28	1	1,8	0
ΣΕΠ	469,52	0,04	0,03	54,52	120,27	0,125	1,125	86,19	16	0,19	1	0,19	0
ΟΚΤ	469,41	0,06	0,045	79,42	113,58	0	0	83,95	16	0,00	1	0	0
ΝΟΕ	469,46	8,5	6,375	149,44	72,79	0	0	84,96	16	6,00	1	0	0
ΔΕΚ	469,49	0,01	0,0075	19,51	76,94	0	0	85,58	16	0,00	1	0	0

Υδ.
Έτος
1991-
1992

Υδ.
Έτος
1992-
1993

ΙΑΝ	469,42	0,01	0,0075	21,65	70,33	0	0	84,15	16	0,00	1	0	0
ΦΕΒ	469,37	0,01	0,0075	16,50	108,07	0	0	83,14	16	0,00	1	0	0
ΜΑΡ	469,31	0,05	0,0375	62,98	137,98	0	0	81,93	15	0,00	1	0	0
ΑΠΡ	469,45	4,85	3,6375	127,65	134,69	0	0	84,76	16	2,12	1	0	0
ΜΑΪ	469,47	0,05	0,0375	67,60	200,63	0,125	1,125	85,17	16	0,00	1	0	0
ΙΟΥΝ	469,37	0,04	0,03	55,30	145,75	0,2	1,8	83,14	16	2,57	1	1,8	0
ΙΟΥΛ	469,12	0,03	0,0225	28,40	180,94	0,35	3,15	78,18	15	1,99	1	1,99	0
ΑΥΓ	468,85	0,02	0,015	2,70	167,11	0,2	1,8	72,99	13	0,91	1	0,91	0
ΣΕΠ	468,63	0,02	0,015	34,20	102,61	0,125	1,125	68,90	12	0,00	1	0	0
ΟΚΤ	468,58	4,46	3,345	89,00	80,18	0	0	67,99	12	1,54	1	0	0
ΝΟΕ	468,63	11,76	8,82	121,60	48,32	0	0	68,90	12	2,93	1	0	0
ΔΕΚ	468,94	23,55	17,6625	179,90	44,03	0	0	74,70	14	15,83	1	0	0
ΙΑΝ	469,08	3,08	2,31	19,40	53,07	0	0	77,40	14	1,21	1	0	0
ΦΕΒ	469,06	0,04	0,03	59,90	102,59	0	0	77,01	14	0,00	1	0	0
ΜΑΡ	469,16	2,38	1,785	89,90	115,11	0	0	78,96	15	0,00	1	0	0
ΑΠΡ	469,29	0,06	0,045	74,70	140,62	0	0	81,53	15	0,00	1	0	0
ΜΑΪ	469,4	3,95	2,9625	152,80	128,75	0,125	1,125	83,74	16	2,75	1	1,13	0
ΙΟΥΝ	469,38	0,01	0,0075	8,10	196,74	0,2	1,8	83,34	16	1,98	1	1,8	0
ΙΟΥΛ	469,08	0	0	6,77	249,33	0,35	3,15	77,40	14	1,98	1	1,98	0
ΑΥΓ	468,74	0,02	0,015	11,00	231,97	0,2	1,8	70,93	13	0,00	1	0	0
ΣΕΠ	468,61	0,04	0,03	39,10	145,29	0,125	1,125	68,54	12	0,00	1	0	0
ΟΚΤ	468,56	0,04	0,03	49,50	125,93	0	0	67,63	12	0,00	1	0	0
ΝΟΕ	468,65	21,14	15,855	231,20	73,67	0	0	69,27	12	10,23	1	0	0
ΔΕΚ	469	45,57	34,1775	202,70	47,23	0	0	75,85	14	21,27	1	0	2,14
ΙΑΝ	469,7	34,61	25,9575	142,40	75,95	0	0	89,93	17	19,05	1	0	0

Υδ.
Έτος
1993-
1994

Υδ.
Έτος
1994-
1995

ΦΕΒ	470,03	18,3	13,725	86,00	82,23	0	0	96,99	19	9,27	1	0	0
ΜΑΡ	470,19	0,57	0,4275	5,00	132,08	0	0	100,52	20	0,00	1	0	0
ΑΠΡ	470,2	1,19	0,8925	98,60	144,75	0	0	100,74	20	0,00	1	0	0
ΜΑΪ	470,18	0,05	0,0375	50,80	167,39	0,125	1,125	100,29	20	1,55	1	1,13	0
ΙΟΥΝ	469,96	0,02	0,015	36,10	216,75	0,2	1,8	95,47	19	1,81	1	1,80	0
ΙΟΥΛ	469,67	0,03	0,0225	17,60	234,36	0,35	3,15	89,30	17	2,86	1	2,86	0
ΑΥΓ	469,3	0,05	0,0375	64,50	213,78	0,2	1,8	81,73	15	0,88	1	0,88	0
ΣΕΠ	469,09	0,03	0,0225	26,10	161,11	0,125	1,125	77,59	14	0,00	1	0	0
ΟΚΤ	469,01	0,69	0,5175	89,10	118,34	0	0	76,04	14	0,00	1	0	0
ΝΟΕ	469,23	10,62	7,965	191,20	88,62	0	0	80,34	15	4,50	1	0	0
ΔΕΚ	469,43	26,1	19,575	194,50	75,17	0	0	84,35	16	6,75	1	0	0
ΙΑΝ	470,08	33,48	25,11	158,90	66,24	0	0	98,09	19	21,68	1	0	2,55
ΦΕΒ	470,27	11,22	8,415	82,30	76,30	0	0	102,30	20	7,31	1	0	0
ΜΑΡ	470,28	7,58	5,685	127,00	120,24	0	0	102,53	20	4,82	1	0	0
ΑΠΡ	470,28	0,05	0,0375	49,40	143,70	0	0	102,53	20	0,00	1	0	0
ΜΑΪ	470,19	0,04	0,03	74,20	164,40	0,125	1,125	100,52	20	0,76	1	0,76	0
ΙΟΥΝ	470,03	0,01	0,0075	3,00	218,90	0,2	1,8	96,99	19	0,28	1	0,28	0
ΙΟΥΛ	469,78	0,05	0,0375	60,70	214,56	0,35	3,15	91,62	18	0,91	1	0,91	0
ΑΥΓ	469,56	0,08	0,06	82,60	145,40	0,2	1,8	87,02	17	0,00	1	0	0
ΣΕΠ	469,47	4,77	3,5775	121,00	86,12	0,125	1,125	85,17	16	4,97	1	1,13	0
ΟΚΤ	469,38	0	0	2,00	104,74	0	0	83,34	16	0,00	1	0	0
ΝΟΕ	469,34	9,11	6,8325	124,40	52,04	0	0	82,53	16	1,24	1	0	0
ΔΕΚ	469,62	35,9	26,925	198,50	40,55	0	0	88,26	17	20,95	1	0	1,82
ΙΑΝ	469,98	13,59	10,1925	41,50	45,10	0	0	95,91	19	6,06	1	0	0
ΦΕΒ	470,12	28,65	21,4875	148,60	52,73	0	0	98,97	19	17,45	1	0	0

Υδ.
Έτος
1995-
1996

Υδ.
Έτος
1996-
1997

ΜΑΡ	470,34	20,96	15,72	113,20	62,63	0	0	103,88	21	14,86	1	0	0
ΑΠΡ	470,38	6,92	5,19	95,00	79,01	0	0	104,78	21	6,33	1	0	0
ΜΑΪ	470,3	0,03	0,0225	32,20	113,68	0,125	1,125	102,98	20	0,00	1	0	0
ΙΟΥΝ	470,19	0,05	0,0375	71,20	137,80	0,2	1,8	100,52	20	3,84	1	1,8	0
ΙΟΥΛ	469,91	0,03	0,0225	41,60	169,64	0,35	3,15	94,39	18	2,38	1	2,38	0
ΑΥΓ	469,64	0,02	0,015	23,00	133,89	0,2	1,8	88,67	17	0,02	1	0,02	0
ΣΕΠ	469,5	7,62	5,715	138,40	91,73	0,125	1,125	85,78	16	3,42	1	1,13	0
ΟΚΤ	469,6	12,88	9,66	140,40	70,97	0	0	87,84	17	4,57	1	0	0
ΝΟΕ	469,85	40,4	30,3	213,60	46,01	0	0	93,11	18	17,91	1	0	0
ΔΕΚ	470,5	63,43	47,5725	275,50	38,44	0	0	107,53	22	50,99	1	0	31,85
ΙΑΝ	470,53	20,76	15,57	35,90	53,25	0	0	108,22	22	18,98	1	0	0
ΦΕΒ	470,32	0,71	0,5325	49,40	52,78	0	0	103,43	21	0,36	1	0	0
ΜΑΡ	470,28	0,03	0,0225	35,40	104,28	0	0	102,53	20	0,00	1	0	0
ΑΠΡ	470,29	3,76	2,82	89,00	78,97	0	0	102,75	20	3,59	1	0	0
ΜΑΪ	470,22	0,01	0,0075	32,20	156,34	0,125	1,125	101,18	20	2,45	1	1,13	0
ΙΟΥΝ	469,95	0,02	0,015	24,10	145,42	0,2	1,8	95,26	19	2,92	1	1,80	0
ΙΟΥΛ	469,66	0,02	0,015	22,70	189,88	0,35	3,15	89,09	17	1,09	1	1,09	0
ΑΥΓ	469,42	0,04	0,03	43,70	129,35	0,2	1,8	84,15	16	1,67	1	1,67	0
ΣΕΠ	469,22	0	0	2,40	110,37	0,125	1,125	80,14	15	0,00	1	0	0
ΟΚΤ	469,21	18,59	13,9425	246,10	64,70	0	0	79,94	15	10,43	1	0	0
ΝΟΕ	469,47	21,26	15,945	138,00	46,78	0	0	85,17	16	11,66	1	0	0
ΔΕΚ	469,7	46,04	34,53	268,60	34,07	0	0	89,93	17	24,10	1	0	4,96
ΙΑΝ	470,32	19,53	14,6475	58,00	37,61	0	0	103,43	21	10,89	1	0	0
ΦΕΒ	470,46	17,18	12,885	138,20	53,37	0	0	106,61	21	17,10	1	0	0
ΜΑΡ	470,31	1,15	0,8625	47,00	87,67	0	0	103,20	21	0,00	1	0	0

Υδ.
Έτος
1997-
1998

Υδ.
Έτος
1998-
1999

ΑΠΡ	470,27	0,05	0,0375	25,70	84,98	0	0	102,30	20	0,00	1	0	0
ΜΑΪ	470,24	2,63	1,9725	105,10	97,55	0,125	1,125	101,63	20	1,57	1	1,13	0
ΙΟΥΝ	470,22	0,06	0,045	56,60	111,93	0,2	1,8	101,18	20	5,16	1	1,80	0
ΙΟΥΛ	469,89	0	0	0,90	188,19	0,35	3,15	93,96	18	5,59	1	3,15	0
ΑΥΓ	469,41	0,06	0,045	66,70	160,20	0,2	1,8	83,95	16	0,00	1	0,00	0
ΣΕΠ	469,34	6,31	4,7325	108,40	82,55	0,125	1,125	82,53	16	2,72	1	1,13	0
ΟΚΤ	469,41	5,49	4,1175	67,70	57,28	0	0	83,95	16	0,00	1	0	0
ΝΟΕ	469,68	34,55	25,9125	249,70	40,31	0	0	89,51	17	15,96	1	0	0
ΔΕΚ	470,26	28,93	21,6975	116,70	37,23	0	0	102,08	20	22,31	1	0	3,17
ΙΑΝ	470,26	14,17	10,6275	66,80	38,96	0	0	102,08	20	7,49	1	0	0
ΦΕΒ	470,38	19,15	14,3625	135,80	37,90	0	0	104,78	21	15,86	1	0	0
ΜΑΡ	470,36	12,75	9,5625	97,60	70,11	0	0	104,33	21	9,36	1	0	0
ΑΠΡ	470,35	2,7	2,025	83,10	79,94	0	0	104,10	21	2,22	1	0	0
ΜΑΪ	470,3	0,03	0,0225	30,00	113,88	0,125	1,125	102,98	20	0,43	1	0,43	0
ΙΟΥΝ	470,16	0,01	0,0075	2,60	163,51	0,2	1,8	99,85	20	0,00	1	0	0
ΙΟΥΛ	469,97	0,04	0,03	43,80	163,32	0,35	3,15	95,69	19	1,92	1	1,92	0
ΑΥΓ	469,73	0,01	0,0075	20,80	160,30	0,2	1,8	90,56	17	0,73	1	0,73	0
ΣΕΠ	469,53	0,05	0,0375	68,40	102,17	0,125	1,125	86,40	17	0,00	1	0	0
ΟΚΤ	469,49	3,33	2,4975	87,90	71,92	0	0	85,58	16	0,00	1	0	0
ΝΟΕ	469,62	16,08	12,06	188,30	49,61	0	0	88,26	17	1,37	1	0	0
ΔΕΚ	470,18	49,66	37,245	284,70	40,94	0	0	100,29	20	37,94	1	0	18,81
ΙΑΝ	470,32	26,27	19,7025	71,50	37,04	0	0	103,43	21	18,28	1	0	0
ΦΕΒ	470,37	15,27	11,4525	86,10	52,57	0	0	104,56	21	10,70	1	0	0
ΜΑΡ	470,39	2,64	1,98	68,90	73,58	0	0	105,01	21	1,56	1	0	0
ΑΠΡ	470,36	0,05	0,0375	54,70	89,48	0	0	104,33	21	1,24	1	0	0

Υδ.
Έτος
1999-
2000

Υδ.
Έτος
2000-
2001

ΜΑΪ	470,23	0,03	0,0225	15,50	126,11	0,125	1,125	101,41	20	1,22	1	1,13	0
ΙΟΥΝ	470,03	0,02	0,015	16,30	154,76	0,2	1,8	96,99	19	3,02	1	1,80	0
ΙΟΥΛ	469,72	0,02	0,015	27,50	199,87	0,35	3,15	90,35	17	5,02	1	3,15	0
ΑΥΓ	469,28	0,01	0,0075	9,70	169,05	0,2	1,8	81,33	15	0,12	1	0,12	0
ΣΕΠ	469,1	0,05	0,0375	59,40	96,72	0,125	1,125	77,79	14	0,00	1	0	0
ΟΚΤ	469,11	4,07	3,0525	71,90	62,17	0	0	77,98	15	0,00	1	0	0
ΝΟΕ	469,24	19,83	14,8725	203,20	46,84	0	0	80,54	15	14,24	1	0	0
ΔΕΚ	469,34	14,98	11,235	89,70	33,90	0	0	82,53	16	7,24	1	0	0
ΙΑΝ	469,53	13,86	10,395	111,10	40,47	0	0	86,40	17	5,98	1	0	0
ΦΕΒ	469,75	1,19	0,8925	50,60	53,52	0	0	90,98	18	0,00	1	0	0
ΜΑΡ	469,83	0,04	0,03	54,70	77,30	0	0	92,68	18	0,00	1	0	0
ΑΠΡ	469,92	7,59	5,6925	137,60	84,18	0	0	94,61	18	4,16	1	0	0
ΜΑΪ	469,99	0,03	0,0225	33,60	116,54	0,125	1,125	96,12	19	1,33	1	1,13	0
ΙΟΥΝ	469,81	0,01	0,0075	15,00	139,43	0,2	1,8	92,25	18	3,05	1	1,80	0
ΙΟΥΛ	469,51	0,01	0,0075	16,70	161,06	0,35	3,15	85,99	16	5,04	1	3,15	0
ΑΥΓ	469,09	0,04	0,03	76,00	137,57	0,2	1,8	77,59	14	0,00	1	0	0
ΣΕΠ	469	0,02	0,015	22,70	91,65	0,125	1,125	75,85	14	73,90	1	1,13	53,64