

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Ε.Μ.Π. - ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ - ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ - ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ
MINISTRY OF PLANNING, HOUSING AND ENVIRONMENT
N.T.U.A. - DIVISION OF WATER RESOURCES, HYDRAULIC AND MARITIME WORKS
UNIVERSITY OF IOANNINA - LABORATORY OF ANALYTICAL CHEMISTRY

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ :

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΦΟΜΟΙΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ
ΝΕΡΩΝ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ ΚΑΙ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ (ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ)

RESEARCH PROJECT :

WATER QUALITY AND ASSIMILATIVE CAPACITY INVESTIGATIONS
OF KALAMAS RIVER AND LAKE PAMVOTIS (IOANNINA)

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ : ΘΕΜ. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ
ΚΥΡΙΟΙ ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ : ΑΛΕ. ΚΟΥΖΕΛΗ - ΚΑΤΣΙΡΗ, ΑΝΔ. ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ,
ΔΗΜ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ, ΛΥΔ. ΒΑΜΒΑΚΕΡΙΔΟΥ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ : ΜΙΛ. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1984
ATHENS, DECEMBER 1984

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΠΕΡΙΛΗΨΗ - SUMMARY

A, B, Γ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.1	ΑΝΑΘΕΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΟΜΑΔΕΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1.1
1.2	ΣΥΝΟΠΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ	1.3
1.3	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	1.5
1.3.1	Πρόγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων λίμνης Ιωαννίνων	1.5
1.3.2	Πρόγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων ποταμού Καλαμά	1.8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1	ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	2.1
2.2	ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	2.2
2.3	ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΚΠΟΝΗΘΕΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	2.2
2.4	ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	2.4
2.4.1	Γεωμορφολογία	2.4
2.4.2	Πληθυσμός και οικονομία	2.5
2.4.3	Υδρευση	2.6
2.4.4,5,6	Αποχέτευση-Βιομηχανίες- Άρδευση	2.7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	2.1
3.1.1	Φυσική περιγραφή της λεκάνης απορροής	2.1
3.1.2	Προβλεπόμενη υδροηλεκτρική εκμετάλλευση	2.1
3.1.3	Υδρομετρικός εξοπλισμός της λεκάνης	3.5
3.1.4	Βροχομετρικός-Μετεωρολογικός εξοπλισμός της λεκάνης	3.6
3.1.5	Δίαιτα βροχοπτώσεων της λεκάνης Καλαμά	3.9
3.1.6	Δίαιτα ετήσιας απορροής του Καλαμά	3.12
3.2	ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ	3.16
3.2.1	Δεδομένα	3.16
3.2.2	Στατιστική επεξεργασία ελαχίστων παροχών	3.21
3.2.3	Συσχέτιση παροχών Σουλόπουλου και Κιοτεκίου	3.26

3.2.4	Παροχές μελέτης	3.29
3.3	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΕΩΣ ΣΤΟΝ ΚΑΛΑΜΑ	3.34
3.4	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	3.36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΟΤΙΔΑΣ; (ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ)

4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	4.1
4.1.1	Φυσική περιγραφή της λεκάνης απορροής	4.1
4.1.2	Υφιστάμενα αποστραγγιστικά-αποχετευτικά έργα - Καταβόθρες	4.2
4.1.3	Γεωλογία - Υδρογεωλογία	4.3
4.1.4	Καλλιεργήσιμες και αρδευόμενες εκτάσεις	4.5
4.2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	4.6
4.2.1	Εξοπλισμός της λεκάνης	4.6
4.2.2	Απορροές τάφρου Λαψίστας	4.6
4.2.3	Βροχόπτωση	4.9
4.2.4	Θερμοκρασία	4.9
4.2.5	Σχετική υγρασία	4.9
4.2.6	Ταχύτητα ανέμου	4.10
4.2.7	Ηλιοφάνεια	4.10
4.2.8	Εξάτμιση λίμνης	4.10
4.2.9	Δυναμική εξατμισοδιαπνοή λεκάνης	4.12
4.2.10	Πραγματική εξατμισοδιαπνοή της λεκάνης	4.14
4.3	ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΛΙΜΝΗΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	4.15
4.3.1	Εξίσωση υδατικού ισοζυγίου - παράμετροι	4.15
4.3.2	Προσδιορισμός των εισόδων	4.15
4.3.3	Προσδιορισμός των εξόδων	4.18
4.4.3	Χρόνος ανανέωσης της λίμνης	4.19
4.4	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	4.22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΧΡΗΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΝΕΡΩΝ

5.1	ΘΕΣΜΟΘΕΤΗΜΕΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΩΝ	5.1
5.2	ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΟΥΜΕΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΩΝ	5.7
5.2.1	Λίμνη Ιωαννίνων	5.7

5.2.2	Αποστραγγιστικές τάφροι νότια της λίμνης	5.7
5.2.3	Τάφρος Λαψίστας	5.7
5.2.4	Ποταμός Καλαμάς	5.7
5.3	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΡΗΣΕΩΝ - ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	5.11
5.3.1	Κατηγορίες χρήσεων γλυκών επιφανειακών νερών	5.11
5.3.2	Κριτήρια Ποιότητας	5.13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΩΝ ΚΑΛΑΜΑ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	6.1
---	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΡΥΠΑΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

7.1	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΠΟ ΑΣΤΙΚΑ ΥΓΡΟΛΥΜΑΤΑ	7.1
7.1.1	Πληθυσμός	7.1
7.1.2	Παροχές ακαθάρτων και ρυπαντικά φορτία	7.3
7.2	ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΠΟ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	7.5
		7.14
7.2.1	Γενικά	7.5
7.2.2	Πηγές Ρύπανσης Ζώνης Α Λεκανοπεδίου	7.5
7.2.3	Πηγές Ρύπανσης ζώνης Β Λεκανοπεδίου	
7.2.4	Λεκάνη Καλαμά	7.26
7.2.5	Σύνολο ρυπαντικών φορτίων λεκάνης Καλαμά	7.27
7.3	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	7.29
7.3.1	Νέο Πτηνοσφαγείο Α.Σ. Ηπείρου	7.29
7.3.2	Βιομηχανία Κρέατος ΣΒΕΚΗ	7.29
7.3.3	Βιομηχανική περιοχή Ιωαννίνων	7.30
7.4	ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΤΑΦΡΟΥ ΛΑΨΙΣΤΑΣ - ΚΑΛΑΜΑ	7.32
7.5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	7.32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

8.1	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	8.1
8.1.1	Εισαγωγή	8.1
8.1.2	Κατάστρωση μοντέλου	8.2
8.1.3	Διεργασίες ρύπων	8.6
8.1.4	Πρόσομοίωση της θερμοκρασίας	8.6
8.1.5	Υπολογιστικό πλαίσιο	8.11
8.2.6	ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ	8.14
8.3	ΣΕΝΑΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	8.16
8.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	8.18
8.5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	8.19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΜΕΛΕΤΗ ΑΦΟΜΟΙΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΟΤΙΔΑΣ; (ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ), ΚΑΙ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΚΑΛΑΜΑ

9.1	ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΑΣ	9.1
9.1.1	Περιοριστικοί Παράγοντες Ανάπτυξης-Οργανισμών	9.1
9.1.2	Φωτοσύνθεση	9.2
9.1.3	Ορισμός ευτροφίας - επιπτώσεις	9.6
9.1.4	Πηγές εκπομπής αζώτου, φωσφόρου	9.9
9.1.5	Δείκτες ευτροφίας	9.12
9.1.6	Ορθολογικά και εμπειρικά μοντέλα	9.17
9.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΟΤΙΔΑΣ	9.33
9.2.1	Προγενέστερες μετρήσεις	9.33
9.2.2	Μετρήσεις της παρούσας μελέτης	9.33
9.2.3	Εκτίμηση υπάρχουσας κατάστασης	9.34
9.3	ΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΚΑΛΑΜΑ	9.66
9.4	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	9.70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

8.1	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	8.1
8.1.1	Εισαγωγή	8.1
8.1.2	Κατάστρωση μοντέλου	8.2
8.1.3	Διεργασίες ρύπων	8.6
8.1.4	Προσομοίωση της θερμοκρασίας	8.6
8.1.5	Υπολογιστικό πλαίσιο	8.11
8.2.6	ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ	8.14
8.3	ΣΕΝΑΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	8.16
8.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	8.18
8.5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	8.19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΜΕΛΕΤΗ ΑΦΟΜΟΙΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΟΤΙΔΑΣ; (ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ), ΚΑΙ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΚΑΛΑΜΑ

9.1	ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΑΣ	9.1
9.1.1	Περιοριστικοί Παράγοντες Ανάπτυξης-Οργανισμών	9.1
9.1.2	Φωτοσύνθεση	9.2
9.1.3	Ορισμός ευτροφίας - επιπτώσεις	9.6
9.1.4	Πηγές εκπομπής αζώτου, φωσφόρου	9.9
9.1.5	Δείκτες ευτροφίας	9.12
9.1.6	Ορθολογικά και εμπειρικά μοντέλα	9.17
9.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΟΤΙΔΑΣ	9.33
9.2.1	Προγενέστερες μετρήσεις	9.33
9.2.2	Μετρήσεις της παρούσας μελέτης	9.33
9.2.3	Εκτίμηση υπάρχουσας κατάστασης	9.34
9.3	ΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΚΑΛΑΜΑ	9.66
9.4	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	9.70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΩΝ,
ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΩΝ
ΦΟΡΤΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΛΑΜΑ ΚΑΙ ΤΗ ΛΙΜΝΗ
ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ, (ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ)

10.1	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΧΡΗΣΗ	10.1
10.2	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΩΝ ΚΑΛΑΜΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΠΟΤΑΜΩΝ	10.5
10.2.1	Υπάρχουσα κατάσταση ρύπανσης	10.5
10.2.2	Άμεσα εφικτές χρήσεις	10.6
10.2.3	Μελλοντικός στόχος χρήσης νερών	10.8
10.2.4	Έλεγχος των προτεινόμενων χρήσεων των νερών	10.9
10.3	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ	10.18
10.4	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΑ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ	10.19
10.5	ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ	10.21
10.5.1	Μόνιμο δίκτυο παρακολούθησης	10.21
10.5.2	Φορέας παρακολούθησης της ποιότητας των νερών	10.22
10.5.3	Πρόταση για άμεση σύσταση διανομαρχιακού οργάνου παρακολούθησης της ποιότητας	10.24
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι:	Δειγματοληψίες και Αναλύσεις Λίμνης Παμβώτιδας	I.1-15
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ:	Μελέτη βιολογικών χαρακτηριστικών λίμνης Παμβώτιδας	II.1-32

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΦΟΜΟΙΩΤΙΚΗΣ
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΩΝ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ ΚΑΙ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ
(ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ)**

**RESEARCH PROJECT: WATER QUALITY AND ASSIMILATIVE CAPACITY
INVESTIGATIONS OF KALAMAS RIVER AND LAKE PAMVOTIS (IOANNINA)**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει τις διερευνήσεις και εκτιμήσεις όλων των κρίσιμων παραμέτρων που αφορούν στην ποιότητα και αφομοιωτική ικανότητα των γλυκών νερών του ποταμού Καλαμά και της λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων).

Μετά από την κατάταξη και αξιολόγηση όλων των προγενέστερων μελετών και δεδομένων ποιότητας και την απογραφή των πηγών ρύπανσης, πραγματοποιήθηκαν και τα ακόλουθα:

- α) Δειγματοληψίες και αναλύσεις για συμπλήρωση των υπαρχόντων δεδομένων ποιότητας των νερών ποταμού Καλαμά και λίμνης Παμβώτιδας.
- β) Αξιολόγηση των προβλέψεων εξέλιξης της ρύπανσης, βάσει των μελετών ύδρευσης-αποχέτευσης - βιομηχανικής ανάπτυξης.
- γ) Υδρολογική διερεύνηση και εκτίμηση ελάχιστων παροχών ποταμού Καλαμά, τόσο για την υπάρχουσα κατάσταση όσο και για την περίπτωση υδροηλεκτρικής αξιοποίησης.
- δ) Υδρολογικό ισοζύγιο λίμνης Παμβώτιδας και εκτίμηση συχνότητας ανανέωσης των νερών της.
- ε) Απογραφή και αξιολόγηση του συνόλου των δεδομένων ποιότητας των νερών Καλαμά, σε συνδυασμό με το σημερινό καθεστώς χρήσης τους.

SUMMARY

The present study includes the investigations and estimations of all critical parameters concerning the quality and assimilative capacity of Kalamas river and lake Pamvotis, (Ioannina), fresh waters.

After the classification and evaluation of all previous water quality data, reports and pollution sources inventories, the following have also being realized:

- a) Sampling and analysis in order to increase the number of the available quality data for both the river Kalamas and the lake Pamvotis.
- b) Estimation of future pollution loads on the basis of studies on water demand and sewage flows as well as industrial development.
- c) Hydrologic investigations and estimation of the minimum flows for the river Kalamas, for the existing situation as well as for the case of hydroelectric development.
- d) Hydraulic balance of the lake Pamvotis and estimation of the hydraulic retention time.
- e) Evaluation of all existing water quality data for the river Kalamas in conjunction with present uses of its water.

- στ) Απογραφή και εκτίμηση των εισόδων υγρών ρυπαντικών φορτίων στον Καλαμά και τη λίμνη Παμβώτιδα, (από συνδυασμό μετρήσεων και βιβλιογραφικών δεδομένων), τόσο για την παρούσα κατάσταση όσο και για δύο μελλοντικές φάσεις ανάπτυξης, (2001 και 2011).
- ζ) Διερεύνηση της αφομοιωτικής ικανότητας του ποταμού Καλαμά για εννέα κρίσιμες παραμέτρους ποιότητας, (T° , $D.O.$, $B.O.D.5$, NH_4-N , NH_3-N , NO_3-N , PO_4-P , MPN , TSS). Η αξιολόγηση βασίστηκε για τη σημερινή κατάσταση, (από μετρήσεις), και στη συνέχεια προσδιορίστηκε για έξι σενάρια ρύπανσης, (χωρίς επεξεργασία ρυπαντικών φορτίων, με πρωτοβάθμια επεξεργασία και με δευτεροβάθμια επεξεργασία), τρία για τις προβλέψεις του έτους 2001 και άλλα τρία για το 2011.
- η) Διερεύνηση αφομοιωτικής ικανότητας λίμνης Παμβώτιδας: Αναλύθηκε πρώτα το γενικό πρόβλημα της ευτροφίας και έγινε κριτική ανασκόπηση των ορθολογικών και εμπειρικών ομοιωμάτων εκτίμησης της βιολογικής και φυσικοχημικής κατάστασης των αποδεκτών, συναρτήσεως της φόρτισής τους με θρεπτικά, κυρίως N και P . Στη συνέχεια αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά ποιότητας της λίμνης Παμβώτιδας, προσδιορίστηκε η σημερινή τροφική της κατάσταση και έγιναν προβλέψεις για την εξέλιξή της σε περίπτωση διαθέσεως των λυμάτων της πόλης Ιωαννίνων στη λίμνη.
- θ) Εκτίμηση τροφικής καταστάσεως μελλοντικών ταμιευτήρων Καλαμά, με και χωρίς την εκτροπή του Αώου.
- ι) Τελικές προτάσεις χρήσεις νερών, προτύπων ποιότητας και εκπιερόμενων φορτίων για τον Καλαμά και τη λίμνη Παμβώτιδα: Συνοψίζοντας όλες τις παραπάνω έρευνες, οι μελετητές προσδιόρισαν τις εφικτές σήμερα χρήσεις
- f) Estimation of present and future (2001 and 2011) pollutional loads entering the river Kalamas and the lake Pamvotis on the basis of sampling and analysis as well as data from the literature.
- g) Evaluation of the assimilative capacity of Kalamas river in terms of the following parameters: T° , $D.O.$, $B.O.D.5$, NH_4-N , NH_3-N , NO_3-N , PO_4-P , MPN , TSS . The evaluation was based on the use of a mathematical model. The model was verified with the aid of existing quality data and future variations of the water quality were determined (for the years 2001 and 2011) for three alternative scenarios (no treatment of the sewage of Ioannina, primary treatment, secondary treatment).
- h) Evaluation of the assimilative capacity of the lake Pamvotis. An analytical presentation of the problem of eutrophication was made and a critical evaluation of the ecological and empirical models relating nutrient loads (N, P) to biological and physicochemical parameters as well as eutrophication. Following that, an analysis of the quality characteristics of lake Pamvotis was concluded, its present trophic state was assessed and finally a prediction of the future quality characteristics of the lake was made on the assumption that the lake receives the treated sewage of the city of Ioannina.
- i) Estimation of the trophic state of the reservoirs of the Kalamas river which may be formed in the future for hydroelectric power purposes. The effect of the diversion of the river Aous was also examined.
- j) Final proposals for the appropriate uses of the water, quality

των νερών του Καλαμά και τις δυνατές μελλοντικές χρήσεις για τα διάφορα σενάρια ρύπανσης. Το πρώτο συμπέρασμα είναι ότι η σημερινή υψηλή ποιότητα των νερών του Καλαμά (ύδρευση, αλιεία σαλμονίδων, κολύμβηση) μπορεί να διατηρηθεί και στο μέλλον, αρκεί να μην αυξηθεί αισθητά η σημερινή βιομηχανική ρύπανση και η ενδεχόμενη διάθεση των λυμάτων της πόλης Ιωαννίνων στον ποταμό να γίνει μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία, με πρόβλεψη πλήρους νιτροποίησης και χλωρίωσης-αποχλωρίωσης. Το δεύτερο συμπέρασμα αναφέρεται στις χρήσεις της λίμνης Παμβώτιδας, που σήμερα είναι οριακά καλές (αλιεία σαλμονίδων, κολύμβηση, άρδευση) αλλά κινδυνεύουν να καταστραφούν λόγω ευτροφισμού, αν αυξηθούν οι φορτίσεις της λίμνης, ιδίως σε P.

- ια) Περιγράφονται τέλος οι γενικές αρχές των προτεινόμενων έργων επεξεργασίας των λυμάτων και αποβλήτων, καθορίζονται τα μέγιστα επιτρεπτά φορτία ρύπανσης και προτείνονται μέτρα για τον αποτελεσματικό έλεγχο της ποιότητας των νερών των αποδεκτών.

standards and maximum pollution loads for the river Kalamas and the lake Pamvotis. On the basis of its work the research team determined all present feasible uses of the water of the river Kalamas and the future possible ones for the different scenarios. The first conclusion is that the present high quality of the river Kalamas (appropriate for drinking purposes, fishing, swimming) can be maintained as long as there is no substantial increase of the industrial pollution loads and the possible disposal to the river of the sewage of Ioannina is adopted after an extensive treatment of the sewage consisting of secondary treatment, nitrification, chlorination and dechlorination. The second conclusion is related to the quality of the lake Pamvotis which is marginally good today (allowing fishing, swimming, irrigation) but will be in danger of serious deterioration due to eutrophication if the nutrition loads, particularly P loads increase in the future.

- k) Finally, the basic principles of the proposed sewage treatment works are outlined, the maximum allowed pollution loads are determined and measures for the effective control of the quality of the receiving water bodies are proposed.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.1 ΑΝΑΘΕΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΟΜΑΔΕΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το Υπουργείο ΧΟΠ, στα πλαίσια του προγράμματος μελετών-ερευνών-μετεκπαίδευσης, ανέθεσε, με την υπ' αριθμ. ΑΠ 9091/22.7.83 απόφαση του Υπουργού, τη μελέτη της αφομοιωτικής ικανότητας του ποταμού Καλαμά και της λίμνης Ιωαννίνων στο ΕΜΠ - Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών - Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων (Καθηγητής: Θ. Ξανθόπουλος Λέκτορες: Α. Κουζέλη-Κατσίου, Α. Ανδρεαδάκης) και την υποστήριξη της μελέτης, από άποψη δειγματοληψιών και εργαστηριακών αναλύσεων, στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Εργαστήρια Αναλυτικής Χημείας και Φυσιολογίας (Καθηγητές: Μ. Καραγιάννης και Γ. Καλλίστρατος). Υπεύθυνος συντονιστής όλου του ερευνητικού προγράμματος ορίστηκε ο Θ. Ξανθόπουλος.

Η ομάδα εργασίας που ανέλαβε από πλευράς ΕΜΠ την εκτέλεση του προγράμματος, ενισχύθηκε από τους επιστημονικούς συνεργάτες Δ. Κουτσογιάννη και Λ. Βαμβακερίδου και τον υγιειονολόγο-μηχανικό Σ. Παππά.

Ειδικότερα, στο πρόγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων, με γενικό υπεύθυνο και σύνδεσμο τον Καθηγητή Μ. Καραγιάννη, εργάστηκαν και οι παρακάτω: Γ. Καλλίστρατος, Καθηγητής (στην α' φάση), Π. Βελτισίτος, Χημικός, Χρ. Νάνος, Βιολόγος, Ε. Χονδρέλης, Χημικός, Β. Βαδαλούκα, Φυσιολγώστης, Χ. Χουλιάρης, Ιατρός, Μ. Σπαρτινού, Βιολόγος του Βιολογικού Τμήματος του Παν/μίου Αθήνας Α. Βάσιος, Παρασκευαστής, Φ. Μασσαλά, Γραμματέας.

Τα υδρολογικά δεδομένα στα οποία στηρίχτηκε η μελέτη αυτή είναι της ΔΕΗ, (Διεύθυνση Αναπτύξεως Υδροηλεκτρικών Έργων - ΔΑΥΕ). Ευχαριστούμε τη ΔΑΥΕ, τους κ.κ. Βαενά και Νικολαΐδη και ιδιαίτερα τις κ.κ. Μπακή και Μαραγγού, που, εκτός από τα δεδομένα και τους χάρτες, μας έδωσαν και πολλές ακόμα πληροφορίες για τον Καλαμά και την προβλεπόμενη ανάπτυξή του.

Ευχαριστίες οφείλονται στον Υπουργό και τα αρμόδια στελέχη του Υ.ΧΟ.Π. για την εμπιστοσύνη με την οποία μας περιέβαλλαν σ'όλες τις φάσεις της παρούσας μελέτης.

Ιδιαίτερα πρέπει να τονιστεί ότι συντάκτες της παρούσας μελέτης υπήρξαν κατά κύριο λόγο η Αλεξ. Κουζέλη-Κατσίρη (Κεφάλαια 2,5,6,7,10), ο Ανδρ. Ανδρεαδάκης (Κεφάλαιο 9), ο Δημ. Κουτσογιάννης (Κεφάλαια 3 και 4) και η Λυδ. Βαμβακερίδου (Κεφάλαιο 8).

Την ευθύνη για την επιστημονική οργάνωση και τη διάρθρωση της μελέτης όπως και για το σύνολο της τελικής παρουσίασης διατηρεί πάντως στο ακέραιο ο Καθηγητής Θεμ. Ξανθόπουλος.

1.2 ΣΥΝΟΠΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η ερευνητική ομάδα του ΕΜΠ, σε συνεργασία με το ΥΧΟΠ και την ερευνητική ομάδα του Παν/μίου Ιωαννίνων, κατέστρωσε το ακόλουθο πρόγραμμα για την εκπόνηση της όλης μελέτης.

1.2.1 Τοπογραφικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδατο-ρεύματος Καλαμά και της τάφρου Λαψίστας (μηκοτομή, διατομές, υδροληψία ελάχιστων παροχών).

1.2.2 Υδρολογικό ισοζύγιο εισροών και εκροών λίμνης Ιωαννίνων. Εκτίμηση της ικανότητας αφομοίωσης οργανικών ουσιών και θρεπτικών τροφών.

1.2.3 Πρόγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων της ποιότητας νερών της λίμνης Ιωαννίνων και του ποταμού Καλαμά, σύμφωνα με το σχετικό σημείωμα, (βλ. παρ. 1.3.1.2).

1.2.4 Πρόγραμμα απογραφής πηγών ρύπανσης. Λεπτομερής απογραφή όλων των πηγών ρύπανσης από αστικά κέντρα, βιομηχανίες και βιομηχανικές περιοχές με εκτίμηση του ρυπαντικού φορτίου κατά πηγή. Αξιολόγηση των μη-σημειακών πηγών ρύπανσης που είναι κυρίως οι επιφανειακές απορροές από καλλιεργημένες ή μη εκτάσεις.

1.2.5 Διερεύνηση των προοπτικών εξέλιξης και ανάπτυξης της ευρύτερης περιοχής Ιωαννίνων με βάση τα υπάρχοντα χωροταξικά και ρυθμιστικά προγράμματα για την εκτίμηση των μελλοντικών φορτίων ρύπανσης.

1.2.6 Απογραφή των χρήσεων των νερών, π.χ. ανάγκες για ύδρευση της περιοχής, ιχθυοκαλλιέργεια, μελλοντική υδροδυναμική αξιοποίηση του Καλαμά από τη ΔΕΗ, κλπ.

1.2.7 Σύνταξη "σεναρίων" ρύπανσης και παροχής με βάση τα αποτελέσματα του προκαταρκτικού προγράμματος δειγματοληψιών και αναλύσεων.

1.2.8 Προσαρμογή του μαθηματικού μοντέλου για τον Καλαμά με βάση τα στοιχεία που περιγράφησαν στην παράγραφο 1.2.1.

1.2.9 Εκτέλεση του δεύτερου προγράμματος δειγματοληψιών και αναλύσεων και ρύθμιση του μοντέλου.

1.2.10 Αποτελέσματα υπολογισμών αφομοιωτικής ικανότητας νερού. Τελικές προτάσεις χρήσεως νερών, προτύπων ποιότητας και επιτρεπομένων ρυπαντικών φορτίων.

Το παραπάνω πρόγραμμα εγκρίθηκε από το ΥΧΟΠ και θεωρήθηκε σαν προδιαγραφή για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης. Οι απαιτήσεις της προδιαγραφής αυτής καλύφθηκαν πλήρως, έγιναν δε και όλες οι αναγκαίες ανακατατάξεις κεφαλαίων, σύμφωνα με τη βαρύτητα και την έκταση των επιμέρους στόχων της μελέτης.

1.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.3.1 Πρόγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων λίμνης Ιωαννίνων

1.3.1.1 Υπάρχοντα δεδομένα

Σχετικά με την ποιότητα του νερού της λίμνης Ιωαννίνων έχουν εκτελεστεί τα παρακάτω ερευνητικά προγράμματα:

- α) Σποραδικές δειγματοληψίες και αναλύσεις από το ΠΕΡΠΑ για την περίοδο 1977-79. Έγιναν συνολικά 4 δειγματοληψίες σε 9 θέσεις στη λίμνη και μετρήθηκαν οι παράμετροι BOD, COD, αιωρούμενα και Π.Α.Κ., (πιθανός αριθμός κολοβακτηριοειδών).
- β) Μετρήσεις του Παν/μίου Ιωαννίνων που καλύπτουν περίοδο από Οκτώβριο 1981-Μάιο 1982, σε 15 θέσεις δειγματοληψίας, 30 cm από την επιφάνεια. Μετρήθηκαν 7 μέταλλα καθώς και το BOD.
- γ) Μελέτη ΙΩΚΑΕ. Η μελέτη αυτή είναι πιο συστηματική. Καλύπτει την περίοδο 1975-1976 και περιέχει στοιχεία αναλύσεων φυσικοχημικών παραμέτρων καθώς και ορισμένων βιολογικών. Δείγματα πάρθηκαν από 5 θέσεις στη λίμνη και σε βάθη 0-7 m. Έγιναν συνολικά 6 δειγματοληψίες.

1.3.1.2 Προβλεπόμενο πρόγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων

Κατά την ανάθεση της μελέτης υποβλήθηκε και εγκρίθηκε το ακόλουθο πρόγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων:

α) Θέσεις δειγματοληψίας - Περίοδος μετρήσεων

Σχετικά με τις θέσεις και τη συχνότητα δειγματοληψίας, σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική θεωρήθηκε προτιμότερο, η

δειγματοληψία να γίνεται σε εβδομαδιαία βάση από μικρό σχετικά αριθμό θέσεων και με μεγαλύτερη συχνότητα για όσες παραμέτρους κρίνεται απαραίτητο να μετρηθούν. Σύμφωνα με τα παραπάνω προτάθηκε:

- α₁) Λήψη δειγμάτων από 4-5 χαρακτηριστικά σημεία στη λίμνη, π.χ. όπως στη μελέτη του ΙΩΚΑΕ, 1-2 δείγματα την ημέρα.
- α₂) Λήψη δειγμάτων από διάφορα βάθη για τη διαπίστωση στρωμάτωσης κατά τους θερινούς μήνες.
- α₃) Διάρκεια δειγματοληψίας 1-2 εβδομάδες, για τέσσερις περιόδους το χρόνο. Σκόπιμο είναι οι περίοδοι αυτές να συσχετιστούν και με την εποχιακή διακύμανση των ευτροφικών φαινομένων για τη μελέτη των τάσεων εξέλιξης της ρύπανσης.
- α₄) Τέλος θεωρήθηκε επιθυμητή και η λήψη δειγμάτων από τον πυθμένα για την έρευνα του βένθους.

β) Παράμετροι

- β₁) Φυσικοχημικές παράμετροι, και ειδικότερα, θερμοκρασία, διαλυμένο οξυγόνο, pH, αγωγιμότητα, χλωριόντα, αλκαλικότητα, θειούχα. Από τις παραπάνω παραμέτρους είναι απαραίτητη η μέτρηση της μεταβολής της θερμοκρασίας και του διαλυμένου οξυγόνου σε κατακόρυφο επίπεδο.
- β₂) Θρεπτικά άλατα και ειδικότερα φωσφορικά, αμμωνιακό - N, νιτρώδη, νιτρικά και πυριτικά άλατα (SiO₄).
- β₃) Βιολογικές παράμετροι, χλωροφύλλη α, φυτοπλαγκτό και ζωοπλαγκτό, βενθικοί οργανισμοί, εφόσον αυτό είναι δυνατό.
- β₄) Οργανικές ουσίες BOD₅ και αιωρούμενα στερεά.

1.3.1.3 Πραγματοποιηθέν Πρόγραμμα Δειγματοληψιών και Αναλύσεων

Το παραπάνω προβλεπόμενο πρόγραμμα τροποποιήθηκε κατά την πορεία της όλης μελέτης για την καλύτερη δυνατή διερεύνηση των πραγματικών συνθηκών ρυπάνσεως της λίμνης. Η

ολοκλήρωσή του οφείλεται κυρίως στην άριστη συνεργασία με το Δ/ντή του Εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας, καθηγητή Μ.Καραγιάννη, και περιέλαβε τελικά τα ακόλουθα:

Κατά το χρονικό διάστημα Νοεμβρίου 1983-Σεπτεμβρίου 1984 πραγματοποιήθηκαν τέσσερις δειγματοληψίες από τη λίμνη Ιωαννίνων (8/11/83, 13/3/84, 11/5/84 και 12/9/84) σε 16 ως 8 θέσεις¹⁾ (που φαίνονται στο σχήμα 16 του Κεφαλαίου 9 και στους πίνακες των αποτελεσμάτων των αναλύσεων στο σχετικό παράρτημα). Τα δείγματα αναλύθηκαν για τις παρακάτω παραμέτρους:

- Θερμοκρασία
- pH
- Αλκαλικότητα
- Ειδική αγωγιμότητα
- Διαλυμένο οξυγόνο
- BOD
- COD
- NH_4
- NO_3
- NO_2
- Cl_2
- Cl^-
- S^{2-}
- PO_4^- (ως P_2O_5)
- SiO_2
- Χλωροφύλλη

Σε δύο θέσεις έγινε δειγματοληψία από διάφορα βάθη. Δύο φορές (11/4/84 και 15/5/84) μετρήθηκε η μεταβολή (διακύμανση) του επιφανειακού διαλυμένου οξυγόνου, του pH και της θερμοκρασίας, σε δύο σημεία της Λίμνης (Λιμνοπούλα και Μόλος) κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας. Από το κανάλι της Λαψίστας έγινε στις 3/4/84 δειγματοληψία από 5 θέσεις και μετρήθηκαν η θερμοκρασία, το pH, η αλκαλικότητα, η ειδική αγωγιμότητα, το διαλυμένο οξυγόνο, η σκληρότητα και το BOD, ενώ την ίδια ημέρα

¹⁾ Σε αρχικό κείμενο 23 θέσεων ελεγχθούν 16 θέσεις για τις δειγματοληψίες της 8/11/83 και περιορίστηκαν στη συνέχεια σε 8 μόνο θέσεις.

πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία και ανάλυση από την έξοδο τού καναλιού Λαγγίστας.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται στο Παράρτημα ενώ η αξιολόγησή τους παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 9.

1.3.2 Πρόγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων ποταμού Καλαμά

Για τη μελέτη των τάσεων εξέλιξης της ρύπανσης του ποταμού Καλαμά προτάθηκε αρχικά να εκτελεσθούν δύο προγράμματα δειγματοληψιών και αναλύσεων. Η εκτέλεση του πρώτου προγράμματος έδειξε ότι με ορισμένες συμπληρώσεις μπορούσε να αποφευχθεί ένα χωριστό δεύτερο πρόγραμμα.

1.3.2.1 Πρώτο και τελικό πρόγραμμα μετρήσεων

Το πρόγραμμα αυτό είχε αρχικό σκοπό να δώσει μερικά προκαταρκτικά στοιχεία για την υφιστάμενη κατάσταση ρύπανσης του ποταμού Καλαμά καθώς και για τη χωροχρονική εξέλιξή της. Με βάση τα αποτελέσματα του προγράμματος αυτού θα αποφαιζόταν η αναγκαιότητα ή μη της εκτέλεσης ενός δεύτερου προγράμματος δειγματοληψιών και αναλύσεων για την τελική ρύθμιση του μοντέλου, αλλά τελικά συμπληρώθηκε έτσι ώστε να μην χρειάζεται η πραγματοποίηση του δεύτερου προγράμματος.

Σε σύσκεψη με τους καθηγητές του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ.κ. Καραγιάννη και Καλλίστρατο συμφωνήθηκαν οι θέσεις δειγματοληψίας καθώς επίσης και το πρόγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων. Επελέγησαν 5 θέσεις δειγματοληψίας που σημειώνονται στην κατά μήκος τομή του ποταμού (βλ. σχέδιο 2).

Στις θέσεις αυτές υπάρχουν υδρομετρικοί σταθμοί της ΔΕΗ που δίνουν τα στοιχεία για την παροχή του ποταμού. Ήταν επομένως σκόπιμο να μετρηθούν οι παράμετροι ποιότητας του ποταμού στις ίδιες θέσεις ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή του μαθηματικού ομοιώματος χωροχρονικής εξέλιξης της ρύπανσης του ποταμού.

Οι θέσεις δειγματοληψίας είναι:

- α₁) στην έξοδο της σήραγγας Λαψίστας,
- α₂) στον Καλαμά, στη θέση Σουλόπουλο, ανάντη της συμβολής της σήραγγας,
- α₃) στον Καλαμά, ανάντη της συμβολής του ρέματος της Τύριας (θέση Βροσίνα ή Ραβεννή κατά τη ΔΕΗ),
- α₄) στον Καλαμά, στη θέση Μινίνα,
- α₅) στον Καλαμά, ανάντη του αρδευτικού φράγματος.

Το πρόγραμμα δειγματοληψιών πραγματοποιήθηκε από τον Ιούλιο 1983 μέχρι τον Οκτώβριο του 1984. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν 7 ημερήσια προγράμματα δειγματοληψιών, στις 27/9, 2/8, 9/8, 7/9, 5/12/83, 14/6/84 και 29/10/84, που περιελάμβαναν 2-3 δειγματοληψίες ανά ημέρα στις 5 θέσεις δειγματοληψίας. Ο χρόνος μεταξύ δειγματοληψιών στην ίδια θέση κυμάνθηκε από 2.30 έως 3 ώρες, και μεταξύ δειγματοληψιών σε διαδοχικές θέσεις, από 30' έως 1 ώρα. Τα δείγματα πάρθηκαν από τα ανάντη προς τα κατόντη. Σε όλα τα δείγματα μετρήθηκαν οι παρακάτω παράμετροι:

- θερμοκρασία
- pH
- ειδική αγωγιμότητα
- διαλυμένο οξυγόνο
- BOD
- COD

Στις θέσεις (1) και (5) και δύο φορές σε όλες τις άλλες θέσεις έγιναν επιπλέον αναλύσεις για:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| - Αμμωνία (NH_4^+) | - Φωσφορικά (PO_4^- , P_2O_5) |
| - Νιτρικά (NO_3^-) | - Πυριτικά (SiO_3) |
| - Νιτρώδη (NO_2^-) | - Αλκαλικότητα |
| - Ελεύθερο χλώριο (Cl_2) | - Θειούχα (S^-) |
| - Χλωριούχα (Cl^-) | |

Στις δειγματοληψίες της 5/12 και 29/10 μετρήθηκαν επιπλέον η σκληρότητα και τα θειικά (SO_3^-).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Τα μέλη της ερευνητικής ομάδας του ΕΜΠ πραγματοποίησαν έξη πολυήμερες επισκέψεις στην περιοχή Ιωαννίνων για τη συγκέντρωση των παρακάτω πληροφοριών:

- α) Από τις υπηρεσίες Υγιεινής, Γεωργίας κλπ. των νομών Ηγουμενίτσας και Ιωαννίνων, δεδομένων για τις πραγματοποιούμενες χρήσεις των νερών του Καλαμά και της λίμνης, τις ιχθυοκαλλιέργειες, τις αρδεύσεις, κλπ.
- β) Επίσκεψη του Καλαμά για τον εντοπισμό των καταλληλότερων θέσεων δειγματοληψίας μετά από συνεννόηση με τις τοπικές υπηρεσίες της ΔΕΗ.
- γ) Σύσκεψη (μετά από επιτόπου επισκέψεις στον ποταμό και τη λίμνη) με τους καθηγητές του Παν/μίου Ιωαννίνων κ.κ. Καραγιάννη και Καλλίστρατο για τον τελικό καθορισμό των θέσεων δειγματοληψίας και του προγράμματος δειγματοληψιών και αναλύσεων.
- δ) Απογραφή όλων των βιομηχανιών, χοιροστασίων κλπ. του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων που διαθέτουν τα απόβλητά τους άμεσα ή έμμεσα στη λίμνη Ιωαννίνων, τις στραγγιστικές τάφρους, την τάφρο της Λαψίστας και τον Καλαμά.
- ε) Συλλογή προσθέτων στοιχείων πάνω στις καλλιέργειες, των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται, τις πραγματοποιούμενες αρδεύσεις, κλπ.
- στ) Απογραφή των νομοθετημένων και πραγματοποιούμενων χρήσεων των νερών της περιοχής μελέτης, συλλογή δεδομένων από τις αρμόδιες υπηρεσίες για τον πληθυσμό, την υδατοκατάναλωση και τις πηγές ρύπανσης.

2.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Πέρα από τα παραπάνω στοιχεία και πληροφορίες τα μέλη της ομάδας συγκέντρωσαν και τα παρακάτω:

- α) Υδρολογικά στοιχεία του ποταμού Καλαμά. Μετρήσεις στάθμης-παροχής, σε τρεις θέσεις μετρήσεων στον ποταμό Καλαμά, από τη ΔΕΗ (κ. Βαενάς και Νικολαΐδης).
- β) Σειρά χαρτών σε διαφανείς φωτοτυπίες σε κλίμακα 1:50.000 και 1:25.000 της περιοχής μελέτης από την Υπηρεσία Οικισμού του ΥΧΟΠ.
- γ) Σειρά χαρτών σε διαφανείς φωτοτυπίες σε κλίμακα 1:20.000 διαφόρων ζωνών της περιοχής, από τη ΔΕΗ.
- δ) Διάφορα δεδομένα από το Υπ. Δημοσίων Έργων.

2.3 ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΚΠΟΝΗΘΕΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

- α) Μελέτη Οικιστικής περιοχής Ιωαννίνων, Γραφείο Δοξιάδη, Δεκέμβριος 1980.
- β) Υπουργείο ΧΟΠ, Πρόγραμμα Ανάπτυξης 1983-1987 - Έκθεσης Νομού Ιωαννίνων - Ομάδα μελέτης, Ιούνιος 1982.
- γ) Υπουργείο ΧΟΠ, Πρόγραμμα Ανάπτυξης 1983-1987, Νομός Ιωαννίνων - Έκθεση για το Περιβάλλον, 1982.
- δ) Ένωση Ελλήνων Χημικών, Πρακτικά συνεδρίου για την προστασία του Περιβάλλοντος, Γιάννενα 1982.
- ε) "Problems of Eutrofication in lake Ioannina and in lake Vegorititis", David Hammerton, WHO 1980.
- στ) Ημερίδα Τ.Ε.Ε., τμήμα Ηπείρου, για το πρόβλημα της ρύπανσης του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων", υπό έκδοση.
- ζ) "Οριστική μελέτη βασικών αποχετευτικών έργων πόλης Ιωαννίνων", ΥΠ.Δ.Ε. ΕΤΟΜΕ/FRANK BASIL/ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ, 1976.
- η) "Αποχετευτικά έργα Ροδοτοπίου", ΕΔΟΚ-ΕΤΕΡ.
- θ) Επέκταση Αρδευτικών Έργων Ζώνης Β πεδιάδας Ιωαννίνων. Περιοχή Ροδοτοπίου, ΕΔΟΚ ΕΤΕΡ, 1969.

- ι) Αρδευτικά Έργα Ζώνης Β Πεδιάδας Ιωαννίνων, περιοχή Ροδοτοπίου, ΕΔΟΚ ΕΤΕΡ, 1971.
- ια) Οριστική μελέτη αρδευτικών έργων Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων, Ζώνη Β, Δίκτυα καταϊωνισμού. Περιοχή Κρύα, Μεισιδανίου Τούμπας. Ζέρης-Δάλλας, 1964.
- ιβ) Υδροηλεκτρική αξιοποίηση ποταμού Καλαμά, ΔΕΗ, Μελέτες Verbund Plan και S.N.C. 1972-1973.
- ιγ) Γεωλογική, κοιτασματολογική αναγνώριση λεκάνης Ιωαννίνων, ΙΓΜΕ, Ι. Μαροσούλης, Π. Γιακκούπης, 1977.
- ιδ) Έκθεση επί της υδρογεωλογικής αναγνώρισης προς εντοπισμό των πηγών πιθανής επικοινωνίας με καταβόθρα Βοινίκου, Δούνας-ΙΓΜΕ, 1969.
- ιε) Έκθεση για την ασφάλεια της περιοχής στην έξοδο της σήραγγας Λαψίστας, ΙΓΜΕ, Καραγεωργίου.
- ιστ) ΓΟΕΒ, "Λεκάνη Ιωαννίνων", 1983 (έκθεση πεπραγμένων έτους 1982).

2.4 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

2.4.1 Γεωμορφολογία

Το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων περιβάλλεται από οροσειρές που δεν ξεπερνούν τα 1000 m. Στο κεντρικό σημείο της λεκάνης βρίσκεται η λίμνη Παμβώτις.

Η πόλη των Ιωαννίνων είναι εγκατεστημένη σε υψόμετρο περίπου 470 m και έχει αναπτυχθεί στα βορεινά της δυτικής όχθης της λίμνης με τη μορφή μιας στενόμακρης ζώνης, (βλ. σχέδιο 2, 1:50.000). Τα εδάφη της περιοχής αποτελούνται από ασβεστολιθικά και αργιλοψαμμιτικά πετρώματα με έντονα καρστικά φαινόμενα.

Στην υδρολογία του λεκανοπεδίου κυριαρχεί η λίμνη και οι υπόγειοι καρστικοί ποταμοί που δημιουργούνται από τη διείσδυση των νερών της περιοχής στα κατώτερα στρώματα του υπεδάφους. Οι ποταμοί αυτοί συχνά σχηματίζουν πηγές μεγάλης παροχής. Λεπτομέρειες δίνονται στο κεφάλαιο 4.

Πριν από την κατασκευή των αποστραγγιστικών έργων (βλ. Κεφ. 3 και 4) η λίμνη βρισκόταν σε ελεύθερη επικοινωνία με το έλος της Λαψίστας που με τη σειρά του επικοινωνούσε με τον ποταμό Καλαμά από τις Καταβόθρες Ροδοτοπίου και Μπερή.

Τα αποστραγγιστικά έργα έφεραν πολύ σοβαρές αλλοιώσεις στο οικοσύστημα της λίμνης με αποτέλεσμα τη σημερινή υποβάθμισή της. Έτσι, σήμερα η λίμνη είναι αποκομμένη από ένα μεγάλο μέρος των πηγών της και έχει εξαφανιστεί κάθε φυσική επικοινωνία της με τους ποταμούς Καλαμά και Λούρο. Αποτέλεσμα είναι η μεγάλη μείωση της ιχθυοπαραγωγής και ιδιαίτερα του κυπρίνου (μείωση των αβαθών και βαλτωδών περιοχών) και των χελιών που η διόδός τους στη λίμνη από τον Καλαμά έχει αποκοπεί.

Τέλος σημαντικό λόγο στην υποβάθμιση της λίμνης παίζει και η αστική και γεωργική ρύπανση μια που η λίμνη είναι σήμερα ο άμεσος και έμμεσος αποδέκτης των απορροών της ευρύτερης περιοχής.

2.4.2 Πληθυσμός και οικονομία

Το ρυθμιστικό Ιωαννίνων που είχε εκπονηθεί από το γραφείο Δοξιάδη έβαλε σαν στόχο την εξέλιξη των Ιωαννίνων σε κέντρο πόλο έλξης πληθυσμού και δραστηριοτήτων ώστε να διατηρηθεί η επιδιωκόμενη ισορροπία στο δίκτυο των αστικών κέντρων της χώρας. Απαραίτητες προϋποθέσεις για την επίτευξη του στόχου αυτού είναι:

- να επεκταθεί ο διοικητικός ρόλος της πόλης ώστε να καλύψει τομείς που λειτουργούν σε επίπεδο χώρας,
- να αναπτυχθεί ο τομέας του τουρισμού με καινούργιες μονάδες,
- να αποτελέσει η πόλη εκπαιδευτικό και νοσηλευτικό κέντρο,
- να δημιουργηθούν μονάδες εξειδικευμένης βιομηχανίας και βιοτεχνίας,
- να γίνουν τα απαραίτητα έργα υποδομής,
- να περιορισθεί η αποδυνάμωση των περιφερειακών οικισμών από πληθυσμιακή και οικονομική άποψη με παράλληλη αναχαίτιση της απρογραμμάτιστης δόμησης και με την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος.

Σήμερα εκπονείται νέα μελέτη του ρυθμιστικού Ιωαννίνων στα πλαίσια των ΕΠΑ, από το γραφείο "Μεσαρέ". Η πρώτη φάση της μελέτης υποβλήθηκε το Μάρτιο του 1984. Τα συμπεράσματά της, που κρίνονται ανεπαρκή, συνοψίζονται παρακάτω:

α) Επισημαίνεται το πρόβλημα της μεγάλης διασποράς των μονάδων εξόρυξης μαρμάρων κτηνοτροφίας και πτηνοτροφίας σε όλο το λεκανοπέδιο.

β) Τίθεται ζήτημα σταδιακής απομάκρυνσης των διαφόρων διάσπαρτων εγκαταστάσεων τόσο προς τη ΒΙΠΕ όσο και προς τις άλλες εκτός λεκανοπεδίου περιοχές. Σύμφωνα με την εκτίμηση της ΕΠΑ η σημερινή ΒΙΠΕ δεν θα επαρκέσει μακροχρόνια για την εγκατάσταση όλων των βιομηχανικών μονάδων αλλά και βρίσκεται

πολύ μακριά από τις νότιες περιοχές. Γι' αυτό προτείνεται μία δεύτερη θέση στα νότια μεταξύ Μπάφρας και λόφου Καστρίτσας.

γ) Σχετικά με τις μονάδες επεξεργασίας μαρμάρων που σκόπιμο είναι να βρίσκονται δίπλα στην εξόρυξη, θα πρέπει σταδιακά να μεταφερθούν εκτός Λεκανοπεδίου. Η περιοχή που προτείνεται περικλείεται από τις κοινότητες Καρίτσας, Κληματιάς, Λόγγου, Ασβεστοχωρίου, Μαρμάρων, Ζωοδόχου και Νεοχωρίου.

δ) Τέλος, για τις χοιροτροφικές μονάδες προτείνεται η σταδιακή απομάκρυνση από το λεκανοπέδιο και η απαγόρευση ίδρυσης νέων μέσα σ' αυτό.

Στην παράγραφο 7.1 δίνονται οι τελευταίες πληθυσμιακές απογραφές και οι προβλέψεις ανάπτυξης, για τα έτη 2001 και 2011.

2.4.3 Υδρευση

Η πόλη των Ιωαννίνων υδρεύεται κύρια από καρστική πηγή στις υπώρειες του όρους Μιτσικέλι (περιοχή Κρύας) σε απόσταση 9 km από την πόλη, (υψόμετρο 1470 m). Η πηγή έχει μέγιστη παροχή $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ και ελαχ. $0.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ και υπεραρκεί για τις μελλοντικές απαιτήσεις, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της μελέτης της ΟΤΟΜΕ.

Το νερό αντλείται σε εξισωτική δεξαμενή σε υψόμετρο +564 m και με φυσική ροή οδηγείται σε δύο κεντρικές δεξαμενές της πόλης. Μέγιστη ικανότητα αντλιοστασίου $450 \text{ m}^3/\text{h}$.

Το δίκτυο είναι κατασκευασμένο από χυτοσιδηρούς σωλήνες $\varnothing 70-275 \text{ mm}$ και αμιαντσωλήνες μέχρι $\varnothing 300$ και είναι σε καλή κατάσταση. Μερικές ελλείψεις (πτώση πιέσεως) που παρατηρούνται τους θερινούς μήνες οφείλονται σε ανεπάρκεια του δικτύου. Η εκμετάλλευση του δικτύου ανήκει στο Δήμο.

Οι υπόλοιποι οικισμοί του λεκανοπεδίου υδροδοτούνται μέσω κοινού εξωτερικού δικτύου που τροφοδοτείται από τις πηγές Τούμπας, ή έχουν δικό τους δίκτυο από τοπικές πηγές.

Στοιχεία υδατοκατανάλωσης υπάρχουν από το Δήμο και συνοψίζονται στην παραγρ. 7.1 .

2.4.4 Αποχέτευση

Τα έργα αποχέτευσης ομβρίων και ακαθάρτων βρίσκονται σήμερα υπό κατασκευή σύμφωνα με την εγκεκριμένη μελέτη. Τα έργα αυτά προβλέπεται να εξυπηρετήσουν ολόκληρη την έκταση του εγκεκριμένου ρυμοτομικού σχεδίου της πόλης Ιωαννίνων, (340 ha), την προβλεπόμενη από το γραφείο Δοξιάδη επέκταση της πόλης, (540 ha) καθώς επίσης 46 ha του οικισμού Ανατολής και σεισμό-πλήκτων. Το δίκτυο ακαθάρτων θα μπορεί επίσης να εξυπηρετήσει τις κοινότητες Περάματος, Μπισδανίου, Ελεούσας, Αγ. Ιωάννου, Κατσικά και της πανεπιστημιούπολης Ιωαννίνων. Το δίκτυο έχει σχεδιαστεί για πληθυσμό 85,000 κατοίκων, (πρόβλεψη για το 2010).

Η πόλη σήμερα συνεχίζει να αποχετεύεται σε βόθρους. Λόγω της καλής απορροφητικότητας του εδάφους δεν υπάρχει γενικά πρόβλημα για τις περιοχές της πόλης που είναι ψηλά. Αντίθετα στις χαμηλές περιοχές κοντά στη λίμνη οι σηπτικοί βόθροι βρίσκονται μέσα στον υπόγειο ορίζοντα με συνέπεια την έμεση διάθεση των λυμάτων στη λίμνη. Επίσης έχουν γίνει πολλές παράνομες συνδέσεις ακαθάρτων στο υπάρχον δίκτυο ομβρίων που εκβάλλει στη λίμνη.

2.4.5 Βιομηχανίες (βλ. και κεφ. 7)

Η περιοχή μελέτης δεν έχει σοβαρές ρυπαίνουσες βιομηχανίες. Το κυριότερο πρόβλημα ρύπανσης αποτελούν οι χοιροτροφικές μονάδες που είναι εγκατεστημένες κύρια στα νότια της λίμνης, καθώς και κατά μήκος της τάφρου της Λαψίστας. Οι χοιροτροφικές μονάδες διαθέτουν τα απόβλητά τους επιφανειακά.

Οι άλλες κυριότερες βιομηχανικές μονάδες βρίσκονται κατά μήκος της τάφρου Λαψίστας και είναι δύο πτηνοσφαγεία, ένα γαλακτοκομείο και ένα εργοστάσιο ζωικών λιπασμάτων.

Τέλος, μέσα στη λίμνη διαθέτουν τα απόβλητά τους τα Δημοτικά Σφαγεία, και το Νοσοκομείο, ενώ κάποια μικρή ρύπανση προέρχεται και από τα ιχθυοτροφεία.

Στην περιοχή Ιωαννίνων έχει ιδρυθεί βιομηχανική ζώνη από την ΕΤΒΑ, (σχετικές αποφάσεις, 45 πράξη Υπουργικού Συμβουλίου 10.4.73 (ΦΕΚ 86 Α'), 45031/30.5.74 και 8614/29.1.76 κοινές αποφάσεις Υπουργών Εσωτερικών, Δημοσίων Έργων και Βιομηχανίας).. Έχει έκταση 2105 στρέμματα και βρίσκεται στο 11ο χιλιόμετρο της εθνικής οδού Ιωαννίνων-Ηγουμενίτσας. Η ΕΤΒΑ έχει συντάξει και υποβάλλει μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων τύπου Β σύμφωνα με το Π.Δ. 1180/81. Σύμφωνα με πληροφορίες από το ΥΧΟΠ η έγκριση της μελέτης αυτής δεν θα προχωρήσει πριν ολοκληρωθεί η μελέτη Καλαμά. Η μελέτη περιλαμβάνει κατάλογο 12 βιομηχανιών που έχουν εγκατασταθεί ή πρόκειται να εγκατασταθούν στην ΒΙ.ΠΕ., (στην πλειοψηφία τους δεν παράγουν απόβλητα).

Η υδροδότηση της ΒΙ.ΠΕ. προβλέπεται από τις πηγές Τούμπας. Η συνολική κατανάλωση νερού εκτιμάται σε $2000 \text{ m}^3/\text{ημ.}$ Η μελέτη προτείνει σαν αποδέκτη των αποβλήτων την τάφρο της Λαψίστας με αγωγό μήκους 3270 m. Εναλλακτική πρόταση προβλέπει τη διάθεση των λυμάτων από κοινού με την πόλη, με όριο BOD_5 500 mg/l.

Λεπτομερής περιγραφή των βιομηχανικών μονάδων δίνεται στην παραγρ. 7.2.

2.4.6 Άρδευση

Οι συνολικές αρδευόμενες εκτάσεις στην περιοχή του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων ανέρχονται σε 66.000 στρέμματα, εκ των οποίων τα 32.600 αρδεύονται με καταιωτισμό και τα 30.400 με επιφανειακή άρδευση.

Χωρίζονται σε δύο κυρίως ζώνες, η μία περίπου 30.000 στρεμμάτων βρίσκεται στα νότια της πόλης των Ιωαννίνων, και η

άλλη στα βόρεια της πόλης, (περιοχή Λαψίστας).

Η μέση απαιτούμενη παροχή νερού αρδεύσεως εκτιμάται σε $643 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$ για την επιφανειακή άρδευση και σε $500 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$ για τον καταλωνισμό.

Οι πραγματικές ετήσιες ανάγκες σε νερό για άρδευση δίνονται στο Κεφ. 4, παρατηρείται δε ότι μικρό μόνο ποσοστό των αρδεύσεων πραγματοποιείται στην όλη περιοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

3.1.1 Φυσική περιγραφή της λεκάνης απορροής

Ο ποταμός Καλαμάς, (ή θύαμις), είναι ένας από τους αξιολογότερους, από άποψη υδατικού δυναμικού, ποταμούς της Ελλάδας. Η μέση υπερετήσια παροχή του κοντά στην εκβολή του φτάνει τα $57 \text{ m}^3/\text{sec}$. Η λεκάνη απορροής του βρίσκεται νοτιοανατολικά της ελληνοαλβανικής μεθορίου. Σχεδόν το σύνολο της λεκάνης (>99%) ανήκει στο ελληνικό έδαφος. Η έκταση της λεκάνης μέχρι της θέσης της εκτροπής του Καλαμά, κοντά στην εκβολή του φτάνει τα 1.722 km^2 . Το μέγιστο υψόμετρο είναι 2198 m (κορυφή όρους Δούσκου, στο βορειότερο σημείο του υδροκρίτη).

Οι σημαντικότεροι παραπόταμοι του Καλαμά είναι, (κατά σειρά από ανάντη προς τα κατόντη): Γόρμος, Μέζερος, Βελτσιστικός, Σμολίτσας, Κούτσης, Τύρια, Μπανιά, Λαγκαβίτσα, Καλπακιώτικος. Μέσα στη λεκάνη υπάρχει και η λίμνη Τζαραβίνας, μικρής εκτάσεως.

Στον Καλαμά οδηγούνται μέσω της τάφρου Λαψίστας και της σήραγγας Λαψίστας, οι υπερχειλίσσεις της λίμνης Ιωαννίνων. Η σήραγγα Λαψίστας εκβάλλει στον παραπόταμο Βελτσιστικό, που συμβάλλει στον Καλαμά κοντά στο Σουλόπουλο.

Περισσότερα στοιχεία της λεκάνης φαίνονται στον υδρολογικό χάρτη (σχέδιο 1) και στο υπόμνημά του.

3.1.2 Προβλεπόμενη υδροηλεκτρική εκμετάλλευση

Κανένα σοβαρό έργο εκμετάλλευσης του υδατικού δυναμικού του Καλαμά δεν έχει κατασκευαστεί μέχρι σήμερα. Υπάρχει μόνο ένα μικρής σημασίας αρδευτικό φράγμα κοντά στο Κιοτέκι.

Λόγω του αξιόλογου υδατικού δυναμικού του Καλαμά, έχουν

εκπονηθεί από τη ΔΕΗ σχέδια υδροηλεκτρικής εκμετάλλευσής του. Η πρώτη σχετική μελέτη εκπονήθηκε το 1972 από την Verbund-Plan (Αυστρία) στα πλαίσια σχετικού προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών. Η δεύτερη μελέτη εκπονήθηκε το 1973 από την S.N.C. (Καναδάς) στα πλαίσια της προκαταρκτικής εκθέσεως αξιοποίησεως Αώου. Η τελευταία προβλέπει εμπλουτισμό της φυσικής παροχής του Καλαμά με εκτροπή του Αώου.

Τα προτεινόμενα έργαστον ποταμό Καλαμά, που είναι τα ίδια και στις δύο μελέτες, είναι τα ακόλουθα:

- (α) Υδροηλεκτρικό έργο στον παραπόταμο Γόρμο, με όγκο ταμιευτήρα $35 \times 10^6 \text{ m}^3$, εγκατεστημένη ισχύ 10,7 MW και ετήσια ολική ενέργεια 21,7 GWh.
- (β) Υδροηλεκτρικό έργο στον παραπόταμο Σμολίτσα, με όγκο ταμιευτήρα $42 \times 10^6 \text{ m}^3$, εγκατεστημένη ισχύ 56 MW και ετήσια ολική ενέργεια 114,4 GWh.
- (γ) Υδροηλεκτρικό έργο Γλύζιανης, χωρίς ετήσια ρύθμιση, με εγκατεστημένη ισχύ 540 MW και ετήσια πρωτεύουσα ενέργεια 515 GWh.
- (δ) Υδροηλεκτρικό έργο Σουλόπουλου, με όγκο ταμιευτήρα $90 \times 10^6 \text{ m}^3$, εγκατεστημένη ισχύ 140 MW και ετήσια πρωτεύουσα ενέργεια 136 GWh.
- (ε) Υδροηλεκτρικό έργο Βροσίνας, με όγκο ταμιευτήρα $434 \times 10^6 \text{ m}^3$, εγκατεστημένη ισχύ 390 MW και ετήσια πρωτεύουσα ενέργεια 317 GWh.
- (στ) Υδροηλεκτρικό έργο Μινίνας, με όγκο ταμιευτήρα $69 \times 10^6 \text{ m}^3$, εγκατεστημένη ισχύ 195 MW και ετήσια πρωτεύουσα ενέργεια 144 GWh.
- (ζ) Υδροηλεκτρικό έργο Κιοτεκίου, χωρίς ρύθμιση, με όγκο ταμιευτήρα $321 \times 10^6 \text{ m}^3$, εγκατεστημένη ισχύ 195 MW και ετήσια πρωτεύουσα ενέργεια 148 GWh.

Από τα παραπάνω, τα έργα με αριθμούς (α) και (β) δεν επηρεάζονται από την εκτρεπόμενη παροχή του Αώου. Για τα

υπόλοιπα έργα, οι τιμές της ισχύος και της ενέργειας που αναφέρονται, είναι αυτές της μελέτης της SNC, που προβλέπει εμπλουτισμό με εκτροπή από τον Αώο ρυθμισμένης παροχής $44 \text{ m}^3/\text{sec}$.

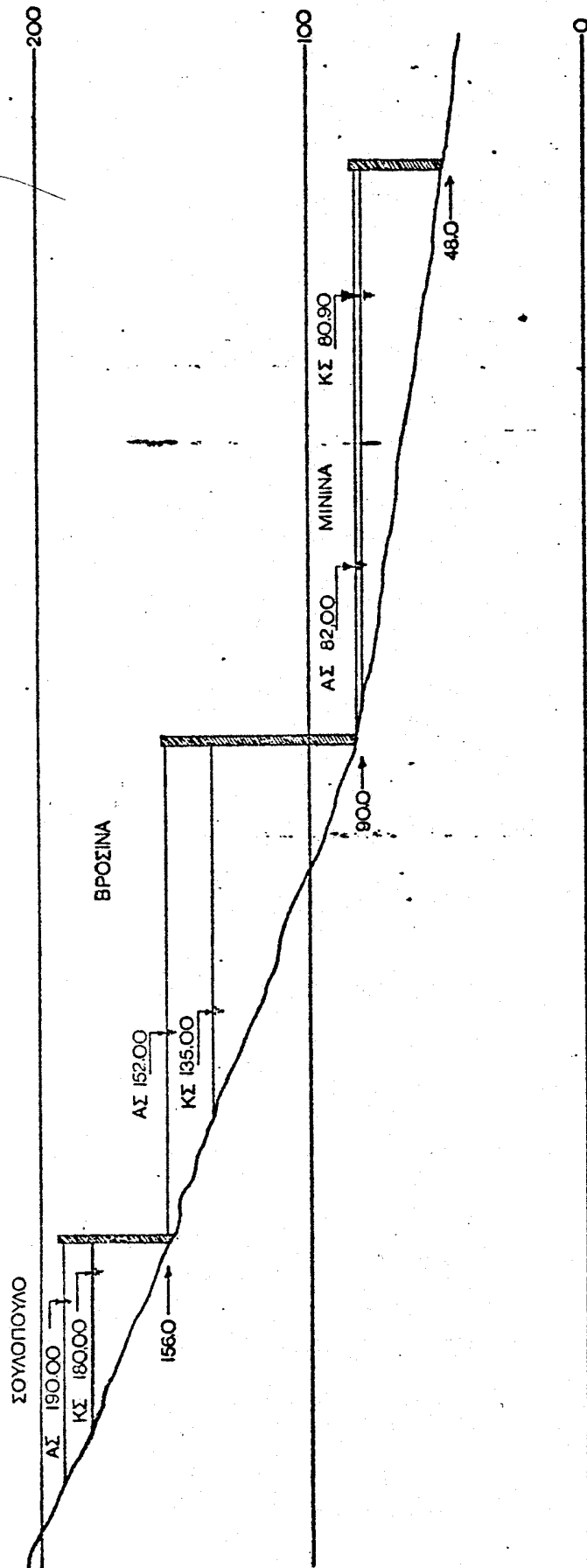
Σύμφωνα με νεώτερες μελέτες και εκτιμήσεις της ΔΕΗ το έργο Κιοτεκίου (αρ. ζ) θεωρείται αντιοικονομικό λόγω της μεγάλης επιφάνειας καταλήψεως της τεχνητής λίμνης και έχει εγκαταλειφθεί. Θεωρείται οικονομικότερη λύση η αύξηση της ισχύος του έργου Μινίνας, με κατασκευή του σταθμού παραγωγής σε χαμηλότερο υψόμετρο, στη θέση του προβλεπόμενου σταθμού του Κιοτεκίου. Η λύση αυτή βέβαια προϋποθέτει μία σημαντικού μήκους σήραγγα, με ροή υπό πίεση. Από τα υπόλοιπα έργα μελετώνται τα υπ'αρ. (γ) έως (στ). Η ιδέα της εκτροπής του Αώου έχει γίνει αποδεκτή, δεδομένου ότι μόνο μετά από εμπλουτισμό της παροχής γίνεται οικονομικά συμφέρουσα η κατασκευή των έργων του Καλαμά. Έχουν όμως γίνει οι ακόλουθες τροποποιήσεις, που αφορούν την παροχή εκτροπής:

<u>Παροχή εκτροπής Αώου (m^3/sec)</u>	<u>Ελάχιστη</u>	<u>Μέση ετήσια</u>
- Από υδροηλ. έργο Ελεύθερου (ποταμός Αώος)	11,00	11,00
- Από υδροηλ. έργο Αγ.Βαρβάρας (ποταμός Σαραντάπορος)	12,69	12,69
- Από υδροηλ. έργο ποταμού Βοΐδομάτη	4,17	8,97
Σύνολο	27,86	32,66

Για κανένα από τα παραπάνω έργα δεν έχει προγραμματιστεί κατασκευή ή δημοπράτηση μέσα στην τρέχουσα δεκαετία που λήγει το 1992. Είναι ενδεχόμενο ότι θα προγραμματιστούν την επόμενη δεκαετία.

Τα μόνα έργα που θα έχουν επιπτώσεις στο αντικείμενο της μελέτης αυτής, αν κατασκευαστούν, είναι τα (δ) έως (στ). Τα

ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΟΓΚΟΣ ($m^3 \times 10^6$)	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km^2)	ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΟΓΚΟΣ ($m^3 \times 10^6$)	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km^2)	ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΟΓΚΟΣ ($m^3 \times 10^6$)	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km^2)
ΑΝΟΙΓΓΗ	91,5	43	152,00	440	16,4	8200	61,5	405
ΜΕΣΗ	88,0	42	147,90	375	15,0	8180	61,0	400
ΚΑΤΟΤΑΠΗ	48,2	33	135,00	208	10,6	8090	58,5	390



Σχήμα 1. Ενδεικτική μηκοτομή έργων υδροηλεκτρικής ανάπτυξης Καλαμά, κατάντη του Σουλδόπουλου

έργα αυτά φαίνονται στον υδρολογικό χάρτη 1:200.000 (σχέδιο 1) και στην ενδεικτική μηκοτομή του σχήματος 1.

3.1.3 Υδρομετρικός εξοπλισμός της λεκάνης

Στη λεκάνη του Καλαμά λειτουργούν οι ακόλουθοι υδρομετρικοί σταθμοί της ΔΕΗ, που φαίνονται και στον υδρολογικό χάρτη.

(α) ΤΑΦΡΟΣ ΛΑΨΙΣΤΑΣ

Θέση: μετά την έξοδο της σήραγγας Λαψίστας, λίγο ανάντη της συμβολής της με τον παραπόταμο Βελτσίστικο.

Έκταση λεκάνης (λίμνης Ιωαννίνων): $475,0 \text{ km}^2$

Τύπος εγκατάστασης: Ανάρτηση.

Περίοδος υδρομετρήσεων: Από 1971.

Διαθέσιμα (επεξεργασμένα) δεδομένα: Από 1971-72 μέχρι 1981-82.

(β) ΓΕΦΥΡΑ ΑΡΕΤΗΣ

Θέση: Κατάντη της συμβολής Καλαμά και Γόρμου

Έκταση λεκάνης: $382,2 \text{ km}^2$ (χωρίς τη λίμνη Ιωαννίνων)

Τύπος εγκατάστασης: Στέλεχος από γέφυρα

Περίοδος υδρομετρήσεων: Από 1969.

Διαθέσιμα (επεξεργασμένα) δεδομένα: Από 1964-65 μέχρι 1972-73.

(γ) ΣΟΥΛΟΠΟΥΛΟ

Θέση: Κατάντη της συμβολής Βελτσίστικου και Καλαμά

Έκταση λεκάνης: $661,4 \text{ km}^2$

Τύπος εγκατάστασης: Ανάρτηση.

Περίοδος υδρομετρήσεων: Από 1969.

Διαθέσιμα (επεξεργασμένα) δεδομένα: Από 1969-70 έως 1977-78.

(δ) ΡΑΒΕΝΗ

Θέση: Κοντά στην ομώνυμη τοποθεσία

Εκταση λεκάνης: 1264,2 km²

Τόπος εγκατάστασης: Ανάρτηση

Περίοδος υδρομετρήσεων: Από 1969.

Διαθέσιμα (επεξεργασμένα) δεδομένα: Από 1969-70 μέχρι 1971-72.

(ε) ΚΙΟΤΕΚΙ

Θέση: Περίπου 7 km κατάντη της ομώνυμης τοποθεσίας

Εκταση λεκάνης: 1481,4 km²

Τύπος εγκατάστασης: Ανάρτηση.

Περίοδος υδρομετρήσεων: Από 1963 μέχρι 1981.

Διαθέσιμα (επεξεργασμένα) δεδομένα: Από 1963-64 μέχρι 1977-78. Λείπουν τα στοιχεία του υδρολογικού έτους 1964-65.

Από τους σταθμούς αυτούς, ο σταθμός Γέφυρας Αρετής βρίσκεται εκτός της περιοχής που μας ενδιαφέρει από άποψη ρύπανσης (ανάντη του Σουλόπουλου). Για το σταθμό Ραβενής υπάρχουν ελάχιστα (3 χρόνια) επεξεργασμένα υδρολογικά δεδομένα.

3.1.4 Βροχομετρικός-Μετεωρολογικός εξοπλισμός της λεκάνης

Για λόγους πληρότητας, καταγράφονται στους πίνακες 1 και 2 οι υπάρχοντες βροχομετρικοί και μετεωρολογικοί σταθμοί των λεκανών Καλαμά και λίμνης Ιωαννίνων, παρόλο που η ανάλυση των βροχοπτώσεων δεν είναι άμεσο αντικείμενο της μελέτης αυτής.

Στη λεκάνη Καλαμά λειτουργούν 14 βροχομετρικοί σταθμοί, από τους οποίους οι 10 είναι της ΔΕΗ και λειτουργούν από τη δεκαετία του '70 και μετά. Ο πιο παλιός σταθμός βρίσκεται στο Σουλόπουλο (ΥΠΔΕ) και λειτουργεί από το 1950.

Στη λεκάνη λίμνης Ιωαννίνων λειτουργούν 3 σταθμοί, από

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Βροχομετρικοί - Μετεωρολογικοί Σταθμοί λεκάνης Καλαμά

A/A	Θέση	Υπηρεσία	Νομός	Γεωγραφικό Μήκος	Πλάτος	Υψόμετρο	Περίοδος λειτουργίας	Είδος οργάνων
1.	Λετός	ΔΕΗ	Θεσπρωτίας	20°24'	39°35'	150	76	ΒΓ
2.	Ανθοχώρι	ΔΕΗ	Ιωαννίνων	20°40'	39°31'	450	73	ΒΜ, ΧΜ
3.	Βέλλα Μονή	ΥΠΔΕ	Ιωαννίνων	20°38'	39°52'	560	50	ΒΜ
4.	Βέλλα Μονή	ΔΕΗ	Ιωαννίνων	20°36'	39°51'	560	72	ΒΓ, ΧΜ
5.	Δεσποτικό	ΔΕΗ	Ιωαννίνων	20°35'	39°44'	280	70	ΒΓ, ΧΜ
6.	Σίτσα	ΔΕΗ	Ιωαννίνων	20°39'	39°45'	700	76	ΒΓ, ΧΜ
7.	Καλλιθέα	ΔΕΗ	Θεσπρωτίας	20°20'	39°40'	300	78	ΒΜ, ΘΑ
8.	Κεστρινή	ΥΠΓΕ	Θεσπρωτίας	20°12'	39°34'	10	76	ΒΜ, ΘΑ, ΥΑ, ΕΞ
9.	Λίστα	ΔΕΗ	Θεσπρωτίας	20°28'	39°45'	450	73	ΒΓ, ΧΜ
10.	Πλακωτή	ΔΕΗ	Θεσπρωτίας	20°28'	39°35'	360	73	ΒΜ, ΧΜ
11.	Πολύδρο	ΔΕΗ	Ιωαννίνων	20°34'	39°38'	280	73	ΒΜ, ΧΜ, ΘΑ, ΥΑ, ΕΞ, ΑΝ
12.	Πολύλοφο	ΔΕΗ	Ιωαννίνων	20°42'	39°38'	70	72	ΒΓ, ΧΜ
13.	Σουλόπουλο	ΥΠΔΕ	Ιωαννίνων	20°36'	39°43'	169	50	ΒΜ
14.	Φιλιάτες	ΥΠΔΕ	Θεσπρωτίας	20°18'	39°36'	180	53	ΒΜ
15.	Ηγουμενίτσα*	ΥΠΔΕ	Θεσπρωτίας	20°16'	39°30'	21	51	ΒΜ
Παλιόι Σταθμοί εκτός λειτουργίας								
	Άνω Πεδινά	ΥΠΔΕ	Ιωαννίνων	20°42'	39°53'	870	33-41	ΒΜ
	Βέλλα Παρακάλαμου	ΥΠΓΕ	Ιωαννίνων	20°35'	39°32'	450	32-41	ΒΜ
	Ζίτσα	ΥΠΓΕ	Ιωαννίνων	20°39'	39°45'	650	32-39	ΒΜ
	Λίμνη Ζαραβλνας	ΥΠΓΕ	Ιωαννίνων	20°30'	39°54'	520	65-71	ΒΜ, ΘΑ, ΥΑ
	Σουλόπουλο (κάτω Χώρα)	ΥΠΓΕ	Ιωαννίνων	20°36'	39°43'	220	32-40	ΒΜ
	Φιλιάτες	ΥΠΓΕ	Θεσπρωτίας	20°18'	39°36'	180	33-40	ΒΜ

* Βρίσκεται έξω από τη λεκάνη Καλαμά

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Βροχομετρικοί-Μετεωρολογικοί Σταθμοί Λεκάνης Αίμης Ιωαννίνων

Α/Α	Θέση	Υπηρεσία	Νομός	Γεωγραφικό Μήκος	Πλάτος	Υψόμετρο	Περίοδος Λειτουργίας	Είδος οργάνων
1.	Ιωάννινα	ΕΜΥ	Ιωαννίνων	20°48'	39°42'	438	31-40, 50-	ΒΜ, ΒΓ, ΘΑ, ΥΑ, ΘΕ
2.	Ιωάννινα	ΥΠΔΕ	Ιωαννίνων	20°51'	39°40'	487	53-	ΕΞ, ΑΜ, ΑΓ, ΗΓ, ΒΑ, ΒΜ, ΒΓ
3.	Κατσίκια (Στ.Κτην.Ερευν.)	ΥΠΓΕ	Ιωαννίνων	20°53'	39°47'	480	66-	ΒΜ, ΘΑ, ΥΑ
ΠΑΛΙΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ								
-	Εθν. Αγροκτ.Οικοτρ.Ιωανν.	ΥΠΓΕ	Ιωαννίνων	20°48'	39°42'	480	52-68	ΒΜ
-	Ιωάννινα	ΕΘ.ΑΣΤ.ΑΘ.	Ιωαννίνων	20°51'	39°41'	466	15-31	ΒΜ, ΘΑ, ΥΑ, ΒΑ
-	Ιωάννινα	ΕΤΑΙΡ.ΜΠΟΥΤ.	Ιωαννίνων	20°51'	39°41'	479	30-32	ΒΜ
-	Ιωάννινα	ΥΠΓΕ	Ιωαννίνων	20°51'	39°40'	474	35-64	ΒΜ, ΘΑ, ΥΑ
-	Λίμνη Ιωαννίνων	ΥΠΓΕ	Ιωαννίνων	20°52'	39°40'	470	32-41	ΒΜ, ΘΑ, ΥΑ
-	Ροδοτόπι	ΥΠΓΕ	Ιωαννίνων	20°44'	39°43'	510	37-45	ΒΜ

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΙΝΑΚΩΝ 1 και 2

ΒΜ:	Βροχόμετρο
ΒΓ:	Βροχογράφος
ΧΜ:	Χιονόμετρο
ΘΑ:	Θερμόμετρο (Θερμοκρασία αέρα)
ΘΕ:	Θερμόμετρο (Θερμοκρασία εδάφους)
ΥΑ:	Όργανα μετρήσεως υγρασίας αέρα
ΕΞ:	Εξατμισόμετρο
ΑΜ:	Ανεμόμετρο
ΑΓ:	Ανεμογράφος
ΗΓ:	Ηλιογράφος
ΒΑ:	Βαρόμετρο

τους οποίους οι δύο βρίσκονται μέσα στην πόλη των Ιωαννίνων και ο τρίτος στα περίχωρα. Ο σταθμός Ιωαννίνων της ΕΜΥ είναι ο πιο παλιός (λειτουργεί συνεχώς από το 1950, και λειτούργησε επίσης και την περίοδο 1931-40) και ο πιο πλήρης και για τις δύο λεκάνες.

3.1.5 Διάταξη βροχοπτώσεων της λεκάνης Καλαμά

Οι ετήσιες βροχοπτώσεις 7 σταθμών της ΔΕΗ, με δεδομένα τουλάχιστον μιας 5ετίας φαίνονται στον Πίνακα 3. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από την έκδοση της ΔΕΗ "ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΟΚΤ. 1964-ΣΕΠΤ. 1978". Οι 6 από τους 7 σταθμούς έχουν δεδομένα μόνο την 5ετία 1973-74 μέχρι 1977-78. Για την 5ετία αυτή υπολογίστηκε με τη μέθοδο Thiessen η μέση βροχόπτωση της λεκάνης Καλαμά. Η μέση υπερετήσια τιμή της είναι 1256,8 mm και η τυπική της απόκλιση, 178,1 mm.

Στον πίνακα 4 φαίνονται οι μέσες βροχοπτώσεις της λεκάνης Καλαμά σε αντιστοιχία με τις μέσες βροχοπτώσεις της λεκάνης Αράχθου, ανάντη της θέσεως φράγματος Αγ. Νικολάου, που καλύπτουν την περίοδο 1950-51 μέχρι 1977-78, (28 έτη). Λόγω των παρόμοιων κλιματικών συνθηκών των δύο λεκανών, αναμένεται η ύπαρξη ισχυρής συσχέτισης, μεταξύ των δύο υδρολογικών σειρών. Τα δείγματα της κοινής περιόδου, εύρους 5 ετών, δίνουν συντελεστή συσχέτισης $r=0,93$. Επομένως μπορεί να βελτιωθούν οι τιμές των στατιστικών χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων του Καλαμά με βάση τη συσχέτιση με τις αντίστοιχες του Αράχθου. Οι βελτιωμένες εκτιμήσεις είναι οι ακόλουθες:

- Μέση ετήσια βροχόπτωση λεκάνης: 1359,3 mm
- Τυπική απόκλιση: 246,6 mm

Οι αντίστοιχες τιμές για τον Αράχθο είναι 1668,6 mm και 267,1 mm.

Οι παραπάνω τιμές δείχνουν ότι η λεκάνη του Καλαμά είναι

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Ετήσιες Βροχοπτώσεις Λεκάνης Καλαμά (mm)

ΒΡΟΧΟΝ.ΣΤΑΘΜ.	Μονή Βελλιά	Λίτσα	Δεσπο- τικό	Πολύ- δωρο	Πολύ- λοφο	Πλακω- τή	Ανθο- χώρι	Μ.Τ. Λεκάνης
ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	560	450	280	280	710	360	450	
ΕΠΙΦ.ΕΠΙΡΡ.(%)	23,3	15,0	10,1	8,0	8,0	24,5	12,1	
1970-71			1816,7					
71-72			1496,5					
72-73			1626,8					
73-74	1097,1	1836,8*	1625,7	1274,0	1127,0	1188,5	1523,1	1356,0
74-75	994,4	857,3	1228,7	976,1	621,7	1254,9	1142,5	1048,0
75-76	969,7	1242,4	1296,9	1015,7	764,4	1249,9	1092,1	1114,4
76-77	1372,9	1326,8	1437,1	1147,0	1221,6	1217,6	1167,3	1279,4
77-78	1498,9*	1486,6*	1639,5	1508,0	1480,7*	1346,4	1606,8	1486,2
Μ.Ο.(Σετ(ας)	1186,6	1355,4	1445,6	1184,2	1043,1	1251,5	1306,4	1256,8

* Υπάρχουν ελλείψεις μηνιαίων τιμών (το πολύ 3 μήνες) που έχουν συμπληρωθεί με τη μέθοδο των αντιστρόφων τετραγώνων αποστάσεως.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΜΕΣΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΚΑΛΑΜΑ ΚΑΙ ΑΡΑΧΘΟΥ (mm)

Υδρολογικό έτος	Αραχθός Λεκάνη Αγ. Νικολάου 1118 km ²	Καλαμάς Λεκάνη Ανάντη Ραγίου 1724,1 km ²	
1950-51	1664		Εξίσωση γραμμικής συσχέτισης
51-52	1328		$Y=0,89X-123,47$
52-53	1756		$r=0,93$
53-54	1354		
54-55	1605		Βελτίωση εκτιμήσεων στατιστι-
55-56	1604		κών χαρακτηριστικών βροχοπτώ-
56-57	1975		σεων Καλαμά: $E(y)=1256,8-0,89$
57-58	1975		$(1553,4-1668,6)=1359,3$ mm.
58-59	1724		
59-60	1755		
1960-61	1377		
61-62	1806		$\sigma_y^2 = 178,1^2 - 0,89^2 (186,0^2 - 267,1^2)$
62-63	1684		$= 60326,4$ mm ²
63-64	1566		
64-65	1810		$\sigma_y = 246,6$ mm
65-66	2068		
66-67	1935		
67-68	1474		
68-69	1581		
69-70	1711		
1970-71	1649		
71-72	1653		
72-73	1696		
73-74	1633	1356,0	
74-75	1380	1048,0	
75-76	1331	1114,4	
76-77	1676	1279,4	
77-78	1747	1486,2	
28ετίας M.O.	1668,6	-	
T.A.	267,1	-	
5ετίας M.O.	1553,4	1256,8	
T.A.	186,0	178,1	

από τις πλουσιότερες σε βροχοπτώσεις περιοχές της Ελλάδας.

3.1.6 Δίαιτα ετήσιας απορροής του Καλαμά

Οι μετρημένες παροχές του ποταμού Καλαμά και της τάφρου Λαψίστας, φαίνονται στον Πίνακα 5. Από τους υπάρχοντες σταθμούς, ο σταθμός της Ραβενής διαθέτει επεξεργασμένα στοιχεία για περίοδο 3 μόνο ετών, που είναι ελάχιστη για να μπορούν να αξιοποιηθούν. Τα δεδομένα των σταθμών Σουλόπουλου και Κιοτεκίου, που αφορούν στην παρούσα μελέτη φαίνονται επίσης στον Πίνακα 6 σε αντιστοιχία με την ετήσια απορροή της Λεκάνης Αράχθου, ανάντη της θέσεως φράγματος Αγίου Νικολάου. Οι διαθέσιμες τιμές της τελευταίας καλύπτουν την περίοδο 1950-51 μέχρι 1977-78 (28 έτη).

Λόγω των παρόμοιων κλιματικών συνθηκών των λεκανών Καλαμά και Αράχθου, αναμένεται ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των τιμών της απορροής τους. Πράγματι από τα δείγματα του Πίνακα 6 προκύπτουν οι εξής τιμές του συντελεστή συσχέτισης:

$r=0,95$ (Καλαμάς ανάντη Σουλόπουλου-Αραχθος)

$r=0,84$ (Καλαμάς ανάντη Κιοτεκίου-Αραχθος)

Η μεγιστοποίηση των δειγμάτων των δύο σταθμών του Καλαμά, με βάση τη συσχέτιση με το δείγμα του Αράχθου δίνει τις ακόλουθες τελικές εκτιμήσεις των στατιστικών χαρακτηριστικών της απορροής:

Σταθμός:	Σουλόπουλο	Κιοτέκι
Μέση ετήσια απορροή ($m^3 \times 10^6$)	799,81	1594,04
Τυπική απόκλιση ($m^3 \times 10^6$)	207,39	247,82

Από τις μέσες τιμές της απορροής, αφού αφαιρεθεί η μέση ετήσια παροχή της τάφρου Λαψίστας, ίση με $121,04 \times 10^6 m^3$, προκύπτουν οι ακόλουθες τιμές του μέσου ετήσιου συντελεστή απορροής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Ετήσιες Απορροές Καλαμά σε $m^3 \times 10^6$

ΘΕΣΗ	Λ Ε Κ Α Ν Η		Κ Α Λ Α Μ Α		ΤΑΦΡΟΣ ΛΑΨΙΣΤΑΣ
	Γέφυρα Αρετής	Σουλό- πουλο	Ραβενή	Κιοτέ- κι	
Εκταση (km^2)	382,2	661,4	1264,2	1481,4	-
1963-64				1238,39	
64-65	403,45				
65-66	352,79			1916,00	
66-67	338,03			1753,40	
67-68	229,28			1408,04	
68-69	294,38			1536,71	
69-70	1137,76	978,40	1685,09*	1876,08	
1970-71	371,05	865,59	1508,35	1648,73	
71-72	45,16	763,37	1293,07	1504,69	120,41
72-73	363,67	847,20		1667,64	177,97
73-74		711,03		1478,82	110,69
74-75		565,95		1329,97	73,46
75-76		397,77		1144,30	36,53
76-77		588,71		1605,73	86,40
77-78		740,80		1655,50	100,04
78-79					178,93
79-80					163,45
1980-81					156,14
81-82					127,38
Ιστορικού Μ.Ο.	426,17	717,65	1495,5	1554,57	121,04
Δείγματος Τ.Α.	271,49	177,23	196,33	224,76	45,63
Σετίας Μ.Ο.	-	600,85	-	1442,86	81,42
1973-79 Τ.Α.	-	136,32	-	209,12	28,75
1977-78 Μ.Ο. (mm)	-	908,5	-	974,0	-

* Λείπει η μέτρηση του Οκτωβρίου, ενώ το άθροισμα των υπολοίπων μηνών είναι 1648,4 ($m^3 \times 10^6$). Η τιμή 1685,9 έχει υπολογιστεί κατ'αναλογία με τις αντίστοιχες μετρήσεις του Σουλόπουλου. $1685,09 = 1648,4 \times 978,4 / (978,4 - 21,3)$

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΡΡΟΕΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΚΑΛΑΜΑ ΚΑΙ ΑΡΑΧΘΟΥ ($m^3 \times 10^6$)

Υδρολογικό έτος	Αραχθός Λεκάνη Αγ. Νικολάου(X) 1118km ²	Κ α λ α μ ά ς		
		Λεκάνη Σουλδόπουλου(Y) 661,4 km ²	Λεκάνη Κιοτεκίου(Z) 1481,4 km ²	
1950-51	1324,51			Εξισώσεις γραμμικής συσχετίσεως $Y=0,65X-144,69$ $r=0,95$
51-52	1220,62			
52-53	1504,27			
53-54	1368,66			$Z=0,70X+570,92$ $r=0,84$
54-55	1333,97			
55-56	1590,61			
56-57	1195,21			Βελτίωση εκτιμήσεων στατιστικών χαρακτηρι- στικών απορροών Καλα- μά
57-58	1520,04			
58-59	1419,12			
59-60	1596,93			
60-61	1157,37			$E(y)=717,65-0,65 \times$ $[1333,95-1460,35]=$ $=799,81$
61-62	1841,70			
62-63	2507,11			
63-64	1451,47		1238,39	$\sigma_y = [177,23^2 - 0,65^2 \times$ $(261,34^2 - 309,31^2)]^{\frac{1}{2}} =$ $=207,31$
64-65	1655,64		-	
65-66	1930,00		1916,00	
66-67	1652,49		1753,40	$E(z)=1554,5-0,70 \times$ $(1403,87-1460,35)=$ $=1594,04$
67-68	1261,73		1408,04	
68-69	1352,89		1536,71	
69-70	1652,49	978,40	1876,08	$\sigma_z = [224,72^2 - 0,7^2 \times$ $(270,91^2 - 309,31^2)]^{\frac{1}{2}} =$ $=247,82$
70-71	1488,56	865,59	1648,73	
71-72	1372,41	763,37	1504,69	
72-73	1529,50	847,20	1667,64	
73-74	1524,43	711,03	1478,82	
74-75	1009,15	565,95	1329,97	
75-76	828,51	397,77	1144,30	
76-77	1274,05	588,71	1605,73	
77-78	1425,43	740,80	1655,50	
23ετίας Μ.Ο.	1460,35	-	-	
T.A.	309,31	-	-	
9ετίας Μ.Ο.	1333,95	717,65	-	
T.A.	261,34	177,23	-	
14ετίας Μ.Ο.	1403,87	-	1354,50	
T.A.	270,91	-	224,72	

Λεκάνη ανάντη Σουλόπουλου

Μέση βροχόπτωση $E(P) = 1359,3 \text{ mm}$

Μέση απορροή $E(R) = (799,81 - 121,04) \times 10^3 / 661,4 = 1026,3 \text{ mm}$

Μέσος συντελ. απορροής $E(R)/E(P) = 0,76$

Λεκάνη ανάντη Κιοτεκίου

Μέση βροχόπτωση $E(P) = 1359,3 \text{ mm}$

Μέση απορροή $E(R) = (1594,04 - 121,04) \times 10^3 / 1481,4 = 994,3 \text{ mm}$

Μέσος συντελ. απορροής $E(R)/E(P) = 0,73$

Ο αντίστοιχος συντελεστής του Άραχθου, ανάντη του Αγίου Νικολάου είναι $E(R)/E(P) = 1306,22 / 1668,6 = 0,78$.

Παρατηρούμε ότι ο συντελεστής απορροής στον Καλαμά (όπως άλλωστε και στον Άραχθο) είναι ασυνήθιστα υψηλός. Εξαιτίας αυτού, ο Καλαμάς παρουσιάζει ένα αρκετά μεγάλο εκμεταλλεύσιμο υδατικό δυναμικό.

3.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ

Το αντικείμενο της παρούσας υδρολογικής μελέτης περι-
ρίζεται ουσιαστικά στη μελέτη των ελαχίστων τιμών της παροχής
στον Καλαμά, δεδομένου ότι για τις ελάχιστες τιμές της παρο-
χής παρατηρούνται οι μέγιστες τιμές συγκεντρώσεως ρυπαντών
στο νερό. Στην παράγραφο αυτή εξετάζονται οι ελάχιστες φυσικές
παροχές, ενώ στην επόμενη (3.3) εξετάζονται οι ελάχιστες ρυθμι-
σμένες παροχές, που θα εμφανιστούν αν κατασκευαστούν τα έργα
που περιγράφονται στην παράγραφο 3.1.3 .

3.2.1 Δεδομένα

Από το σύνολο των υπάρχοντων υδρομετρικών σταθμών του
Καλαμά, δεν λαμβάνονται υπόψη τα δεδομένα του σταθμού Ραβενής,
λόγω της πολύ μικρής περιόδου για την οποία διατίθενται στοι-
χεία, και της Γέφυρας Αρετής, που βρίσκεται έξω από την περιοχή
που μας ενδιαφέρει.

Για τους υπόλοιπους 3 σταθμούς, δηλ. της Τάφρου Λαψίστας,
του Σουλόπουλου και του Κιοτεκίου έχουν υπολογιστεί από τις
ημερήσιες τιμές της παροχής, που δίνονται στα ετήσια φύλλα
της ΔΕΗ, οι μέσες τιμές ανά δεκαήμερο και οι μέσες μηνιαίες
τιμές των μηνών Αυγούστου έως και Νοεμβρίου, όπου εμφανίζονται
οι ελάχιστες παροχές, (βλ. Πίνακα 7).

Η χρονική βάση του δεκαήμερου θεωρείται σαν η πιο κατάλ-
ληλη για την περιγραφή των φαινομένων μεταφοράς ρυπαντών σε
μόνιμη δίοδια.

Από τον πίνακα 7 έχουν ληφθεί στη συνέχεια και παρου-
σιάζονται στους Πίνακες 8 έως 10 οι ανά έτος ελάχιστες τιμές
10ημέρου και μηνιαίες. Οι ελάχιστες παρατηρημένες τιμές
είναι οι ακόλουθες:

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1968 ΑΥ												
ΣΕ									14,90	16,30	15,95	15,72
OK									14,41	14,30	14,50	14,40
NO									14,21	13,34	15,66	14,45
									14,98	17,61	19,64	17,41
1969 ΑΥ												
ΣΕ									19,32	16,61	16,55	17,46
OK					8,23	8,06	7,60	7,95	15,51	18,64	15,41	16,52
NO					7,64	8,36	15,94	10,65	14,64	14,69	14,28	14,53
									14,69	14,83	22,01	17,21
1970 ΑΥ												
ΣΕ					11,77	11,15	10,44	11,10	20,87	19,92	18,02	19,55
OK					11,35	7,31	9,16	9,27	18,65	17,54	17,05	17,72
NO					10,28	9,66	29,01	16,73	19,30	15,30	37,20	24,36
					11,35	14,74	15,47	13,85	19,14	28,24	25,54	24,31
1971 ΑΥ												
ΣΕ					11,15	10,08	9,60	10,26	19,51	16,75	16,12	17,42
OK	0,900	0,852	0,708	0,817	9,61	10,11	9,31	9,66	16,32	18,09	15,86	16,70
NO	0,603	0,488	3,254	1,448	9,13	10,02	27,76	15,64	16,00	17,60	60,05	31,22
1972 ΑΥ												
ΣΕ	1,44	1,00	1,47	1,306	11,91	10,33	12,47	11,60	17,81	16,50	20,04	18,18
OK	1,07	0,95	2,84	1,617	10,17	10,54	12,18	10,96	17,58	16,63	19,10	17,74
NO	6,91	13,45	10,20	10,20	21,69	45,39	36,18	34,48	45,45	94,17	56,97	65,20
	8,49	2,60	4,06	5,05	27,31	19,80	24,34	23,82	40,50	36,36	45,55	40,80
1973 ΑΥ												
ΣΕ	0,685	0,103	0,145	0,305	10,61	9,44	10,25	10,10	18,83	17,00	16,41	17,38
OK	0,000	0,029	0,346	0,125	10,44	9,85	11,42	10,57	18,03	19,33	18,36	18,57
NO	0,310	0,408	0,159	0,288	10,04	10,11	10,10	10,09	17,11	19,88	17,91	18,29
	0,108	0,972	0,434	0,938	10,95	10,30	12,45	11,23	18,50	19,56	22,83	20,30

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1974 AY	0,083	0,036	0,030	0,049	10,05	9,18	8,79	9,32	19,19	18,67	19,52	18,76
ΣΕ	0,006	0,106	1,542	0,552	9,34	9,38	12,09	10,27	18,70	17,62	25,20	20,51
OK	0,804	1,943	3,691	2,196	10,99	14,68	24,08	16,83	20,01	45,89	77,92	48,91
NO	4,456	2,675	6,806	4,546	35,34	23,90	38,56	32,63	100,36	53,73	84,53	81,54
1975 AY	0,875	0,070	0,011	0,308	8,66	8,24	7,50	8,12	15,21	9,36*	7,69*	10,65*
ΣΕ	0,159	0,008	0,145	0,104	8,04	8,02	7,00	7,68	37,58*	42,22*	42,23*	40,68*
OK	0,013	0,905	0,301	0,403	7,19	10,94	9,47	9,21	14,17	19,30	17,82	17,12
NO	0,038	0,709	1,160	0,635	8,35	13,64	14,92	12,32	14,63	25,99	24,10	23,24
1976 AY	0,177	0,268	0,323	0,258	7,00	6,49	6,59	6,69	13,94	14,15	14,93	14,36
ΣΕ	0,244	0,472	0,245	0,258	7,56	6,51	6,35	6,81	16,64	14,43	12,90	14,62
OK	0,065	0,000	0,557	0,218	6,54	6,88	6,40	6,60	11,89	14,33	16,45	14,30
NO	0,120	3,295	3,606	2,340	14,93	17,96	23,23	18,71	62,24	82,67	111,24	85,52
1977 IA	0,000	0,000	0,010	0,004								
AY	0,444	0,164	0,377	0,330	7,10	6,58	6,79	6,82	12,95	11,97	11,62	12,16
ΣΕ	0,070	0,059	0,128	0,080	7,81	7,39	9,33	8,17	12,86	12,72	18,23	14,60
OK	0,040	0,025	0,018	0,027	8,22	7,75	7,18	7,70	15,56	14,98	13,77	14,74
NO	0,028	0,622	4,805	1,818	6,83	10,83	26,28	14,65	14,98	49,27	56,29	40,18
1978 AY	0,302	0,164	0,302	0,258	10,14	9,77	8,97	9,61	21,24	19,46	18,42	19,66
ΣΕ	0,842	2,084	2,265	1,730	10,38	10,52	9,55	10,15	21,16	20,48	17,92	19,85
OK	2,060	0,252	1,015	1,106					-	-	-	-
NO	0,620	0,484	1,212	0,772					-	-	-	-
1979 AY	0,171	1,567	3,003	1,626					-	-	-	-
ΣΕ	4,502	4,039	2,946	3,819					-	-	-	-
OK	1,666	1,765	1,895	1,779					-	-	-	-
NO	1,990	5,292	4,341	3,974					-	-	-	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1980 ΑΥ	1,832	2,507	1,554	1,951					-			
ΣΕ	1,739	0,836	1,344	1,306					-			-
ΟΚ	2,192	2,830	3,288	2,787					-			-
ΝΟ	3,432	5,340	4,521	4,431					-			-
1981 ΑΥ	1,130	0,996	1,412	1,187					-			-
ΣΕ	1,196	1,335	0,852	1,128					-			-
ΟΚ	1,145	1,126	2,696	1,689					-			-
ΝΟ	2,054	30,22	2,113	2,396					-			-
1982 ΑΥ	0,645	0,313	0,421	0,459					-			-
ΣΕ	0,116	0,297	0,262	0,225					-			-
ΟΚ									-			-
ΝΟ									-			-

* Κατά τη ΔΕΗ οι τιμές αυτές οφείλονται σε χειρισμούς του αρδευτικού φράγματος και δεν λαμβάνονται υπόψη.

- Σταθμός Τάφρου Λαψίστας
Ελάχιστες τιμές σε 10 έτη παρατηρήσεων
Δεκαημέρου: $Q_{10} = 0,00$ (εμφανίζεται σε 3 έτη)
Μηνιαίες: $Q_M = 0,004 \text{ m}^3/\text{sec}$.
- Σταθμός Σουλόπουλου
Ελάχιστες τιμές σε 8 έτη παρατηρήσεων:
Δεκαημέρου: $Q_{10} = 6,40 \text{ m}^3/\text{sec}$
Μηνιαία: $Q_M = 6,60 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Οι αντίστοιχες ελάχιστες ημερήσιες τιμές που παρατηρήθηκαν είναι: 0,000, 5,10 και 11,00 m^3/sec .

3.2.2 Στατιστική επεξεργασία ελαχίστων παροχών

Στο σταθμό της τάφρου Λαψίστας η τιμή $Q_{10}=0,00$ έχει πιθανότητα εμφάνισης $\hat{p}_0$ μη μηδενική. Δεδομένου ότι στο δείγμα των 10 ετών εμφανίζεται 3 φορές, μία εκτίμηση της πιθανότητας αυτής είναι η $\hat{p}_0 = 3/10 = 30\%^*$. Η αντίστοιχη περίοδος επαναφοράς είναι $T_0=10/3=3,33$ έτη. Δεδομένου ότι στην ουσία τη μελέτη μας ενδιαφέρουν τιμές της περιόδου επαναφοράς μεγαλύτερες ή ίσες των 5 ετών, για τις οποίες βέβαια η τιμή της ελάχιστης παροχής δεκαημέρου είναι μηδενική, δεν υπάρχει λόγος να προχωρήσουμε σε στατιστική ανάλυση του δείγματος. Η παροχή σχεδιασμού σεναρίων ρυπάνσεως για την τάφρο Λαψίστας θα θεωρηθεί ίση με μηδέν.

Για τα δεδομένα των δύο άλλων σταθμών ακολουθείται η τυπική στατιστική διαδικασία προσαρμογής ενός νόμου κατανομής ελαχίστων. Χρησιμοποιούνται κατ'αρχήν οι ακόλουθοι τρεις νόμοι κατανομής:

*Η αντίστοιχη τιμή για τις ημερήσιες παροχές είναι $\hat{p}_0=60\%$.

- Κατανομή ελαχίστων τύπου I (Gumbel)
- Κατανομή ελαχίστων τύπου III (Weibull)
- Εκθετικά μετασχηματισμένη κανονική κατανομή.

Παρακάτω δίνονται οι εξισώσεις που διέπουν τις κατανομές αυτές καθώς και οι σχέσεις υπολογισμού των παραμέτρων τους.

1. Κατανομή ελαχίστων τύπου I (Gumbel) [6, παρ. 2.7.2.2]

Συνάρτηση κατανομής και πυκνότητας πιθανότητας:

$$F(x) = e^{-e^{-a(x-x_0)}} = F(w) = e^{-e^{-w}}, \quad (+\infty > x, w > -\infty, a > 0)$$

όπου, $x_0 = x_{\text{mod}} =$ παράμετρος αρχής και $s = \frac{1}{a} =$ παράμετρος κλίμακας.

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας είναι, $(f(x) = af(w))$,

$$f(x) = ae^{-a(x-x_0)} \cdot e^{-e^{-a(x-x_0)}} \quad \text{και} \quad f(w) = e^{-w} \cdot e^{-e^{-w}}.$$

Πρόκειται για μια θετικά ασύμμετρη, (υπερκανονική) κατανομή με συνήθεις παραμέτρους θέσεως και ροπές,

$$\bar{w} = \int_{-\infty}^{+\infty} we^{-w} \cdot e^{-e^{-w}} dw, \quad (e^{-w} = u, w = -\ln u, dw = -\frac{1}{u} du),$$

$$\bar{w} = \int_{+\infty}^0 \ln u \cdot e^{-u} du = - \int_0^{\infty} \ln u \cdot e^{-u} du = 0,577, \quad (\text{σταθερά Euler})$$

οπότε, $\bar{x} = x_0 + \frac{0,577}{a}$. Εξάλλου, $w_{\text{mod}} = 0$, αφού $x_0 = x_{\text{mod}}$. Ομοίως,

$$w_{\text{med}} = 0,36665, \mu_2(w) = 1,645, \mu_3(w) = 2,404.$$

2. Κατανομή ελαχίστων τύπου III (Weibull) [3], [6, παρ. 2.2.7.1]

$$\text{Συνάρτηση κατανομής: } F(x) = e^{-\left(\frac{x-x_0}{s}\right)^a}$$

Η μεταβλητή $z' = \ln(x-x_0)$ ακολουθεί την κατανομή ελαχίστων τύπου I με παραμέτρους $a' = a$ και $s' = \ln s$. Επομένως οι παράμετροι της κατανομής τύπου III υπολογίζονται από τις εξισώσεις της κατανομής τύπου I, με βάση και την πιο πάνω παρατήρηση.

3. Εκθετικά μετασχηματισμένη κατανομική κατανομή [1], [2], [6]

$$\text{Συνάρτηση κατανομής: } F_y(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^y e^{-(\psi - \mu_y)^2 / 2\sigma^2} d\psi$$

$$\text{όπου } y = (x^\lambda - 1) / \lambda, \lambda \neq 0$$

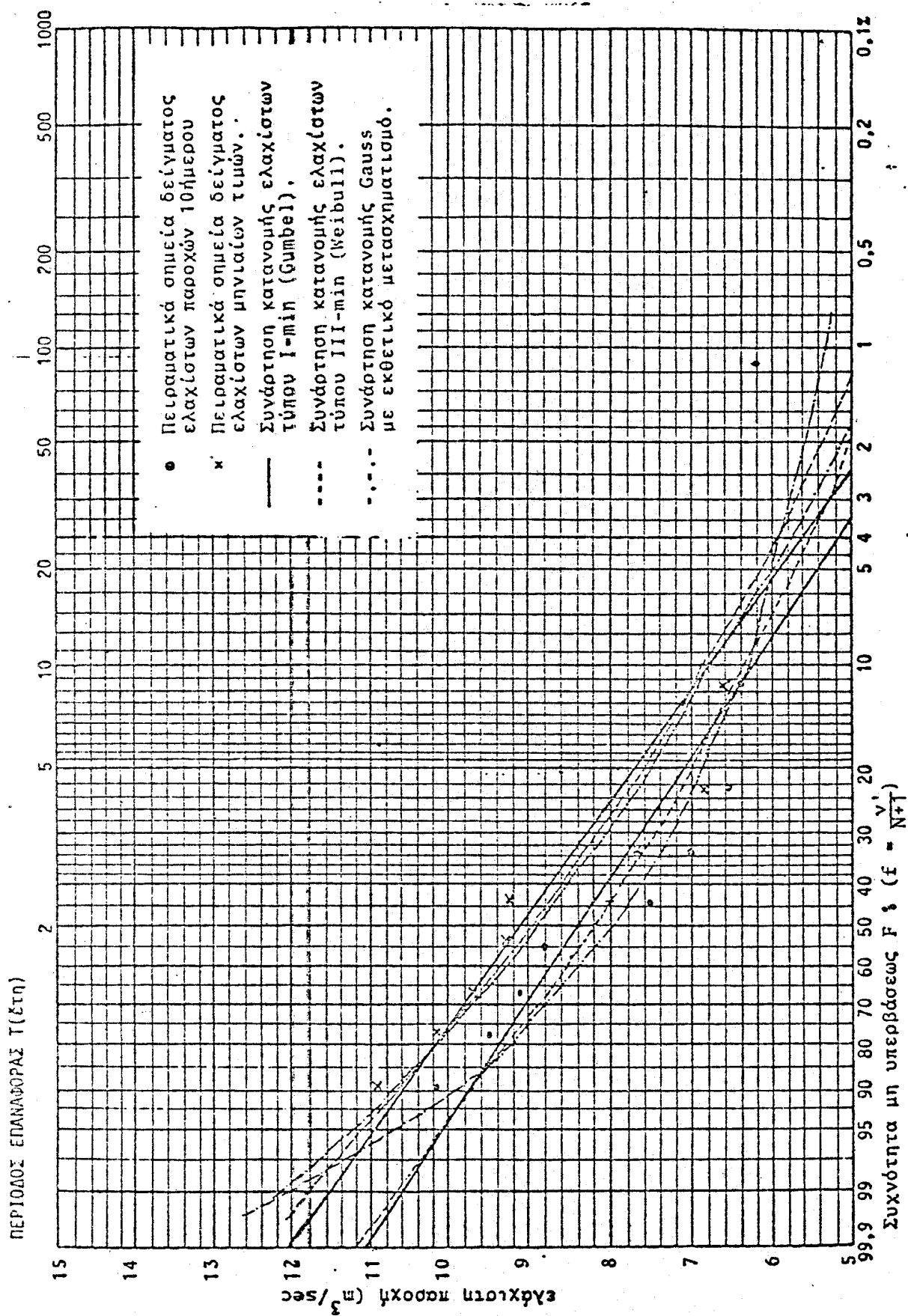
Η μεταβλητή x είναι η αρχική ελάχιστη παροχή, ενώ η y είναι η μετασχηματισμένη και ακολουθεί κανονική κατανομή. Η παράμετρος λ υπολογίζεται (με τη μέθοδο του μεγίστου της αληθοφάνειας) από τη σχέση

$$\lambda(\lambda) = \frac{\prod_{i=1}^n x_i^{\lambda-1}}{\sigma_y^n} = \max.$$

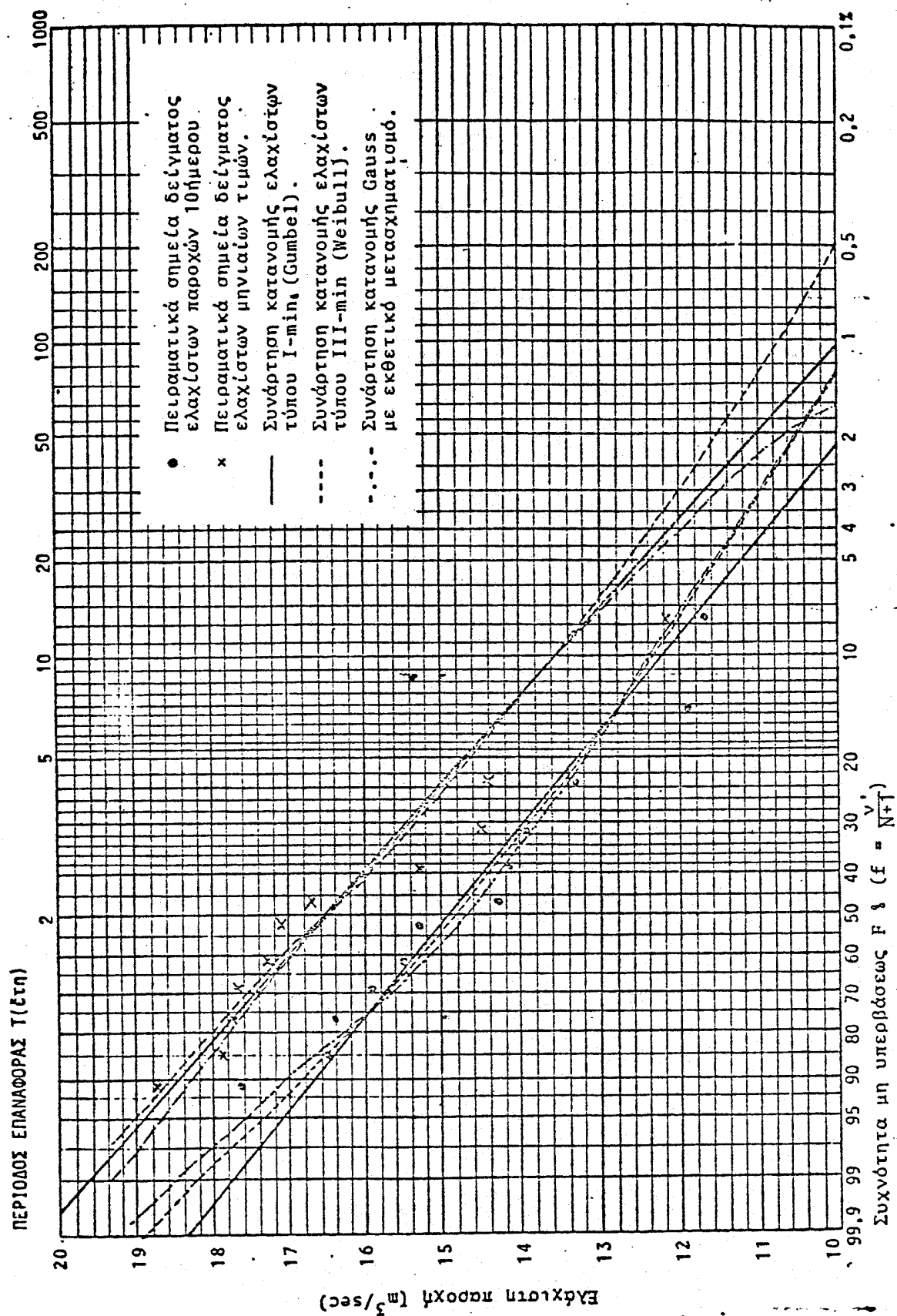
Η πιο πάνω σχέση λύνεται μόνο αριθμητικά. Οι παράμετροι μ_y και σ_y τίθενται ίσες με τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση του μετασχηματισμένου ως προς y δείγματος.

Οι υπολογισμοί των παραμέτρων έχουν γίνει στους Πίνακες 8 έως 10 όπου έχουν επίσης υπολογιστεί και οι τιμές της ελάχιστης παροχής για διάφορες τιμές της περιόδου επαναφοράς, δηλ. για $T=2, 5, 10, 20, 50$ και 100 έτη. Οι τρεις συναρτήσεις κατανομής για τις ελάχιστες παροχές Σουλόπουλου και Κιοτεκίου απεικονίζονται στα σχήματα 2 και 3. Από αυτά συνάγουμε ότι

Σχήμα 2. Κατανομή ελαχίστων παροχών Καλαμά - Σταθμός Σουλόπουλου



Σχήμα 3. Κατανομή ελαχίστων παροχών Καλαμά - Σταθμός Κιοτεκίου



την καλύτερη προσαρμογή στα δεδομένα παρουσιάζει η εκθετικά μετασχηματισμένη κανονική κατανομή. Δυστυχώς όμως, και για τους δύο σταθμούς οι δύο καμπύλες της εν λόγω κατανομής για δεκαήμερες και μηνιαίες τιμές τέμνονται για μεγάλες περιόδους επαναφοράς, γεγονός που δεν μπορεί να γίνει αποδεκτό. Ο λόγος που παρατηρείται αυτό είναι ότι τα δείγματα έχουν πολύ μικρό εύρος, (8 και 12 έτη). Έτσι τελικά επιλέγεται η αμέσως επόμενη ως προς την προσαρμογή κατανομή, που είναι η κατανομή ελαχίστων τύπου III-min. (Weibull).

3.2.3 Συσχέτιση παροχών Σουλόπουλου και Κιοτεκίου

Για λόγους που εξηγούνται στην επόμενη παράγραφο εξετάστηκε η συσχέτιση μεταξύ των μετρημένων μέσων παροχών δεκαημέρου και μηνιαίων των δύο σταθμών Σουλόπουλου και Κιοτεκίου, της ξηρής περιόδου (Αυγούστου-Νοεμβρίου). Τα δεδομένα

ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Διατεταγμένα Δείγματα Ετήσιων Ελαχίστων Παροχών Τάφρου Λαψίστας

	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΑΡΟΧΗ ΔΕΚΑΗΜΕΡΟΥ (m ³ /sec)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /sec)	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΜΗ ΥΠΕΡΒΑ- ΣΕΩΣ $f_1 = 100 \times \frac{v}{N+1}$
1	0,000	0,004	9,1
2	0,000	0,049	18,2
3	0,000	0,104	27,3
4	0,006	0,125	36,4
5	0,013	0,218	45,5
6	0,164	0,258	54,5
7	0,171	1,128	63,6
8	0,836	1,306	72,7
9	0,852	1,306	81,8
N=10	0,950	1,662	90,9

ΠΙΝΑΚΑΣ 9. Διατεταγμένα δείγματα και στατιστική επεξεργασία
ετήσιων ελαχίστων παροχών ποταμού Καλαμά - Σταθμός
Σουλόπουλου

ν	Ελαχίστη ετήσια παροχή		Πιθανότητα μη υπερβ. $F(\%) = 100 \times \frac{\nu}{n+1}$	Μεταβλ. Εκθ.Μετασχημ.	
	10ήμερου (m ³ /sec)	Μηνιαία (m ³ /sec)		10ήμερου (λ=0,1)	Μηνιαία (λ=1,7)
1	6,40	6,60	11,1	1,694	14,00
2	6,58	6,82	22,2	1,717	14,80
3	7,00	7,68	33,3	1,768	18,23
4	7,31	9,27	44,4	1,804	25,33
5	8,79	9,32	55,6	1,954	25,57
6	9,10	9,66	66,7	1,981	27,21
7	9,44	10,09	66,8	2,011	29,35
η=8	10,17	10,96	88,9	2,070	33,86
Μέση τιμή (μ)	8,80	8,80		1,875	23,54
Τυπ.αποκλ. (σ)	1,44	1,58		0,145	7,15
Τρίτη ροπή (μ ₃)	0,46	-1,28		45×10^{-6}	-63,98
Συντ.ασυμ. (α ₃)	0,15	-0,32		0,014	-0,18

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

	ΠΑΡΟΧΕΣ ΔΕΚΑΗΜΕΡΟΥ			ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ		
	Καταν. I-min	Καταν. III-min	Εκθ.Μετασχ.	Καταν. I-min	Καταν. III-min	Εκθ.Μετασχ.
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ	α=0,888 β=8,749	α=7,164 β=8,654	μ _γ =1,875 σ _γ =0,145	α=0,809 β=9,513	α=6,841 β=9,433	μ _γ =23,54 σ _γ =7,15
ΤΙΜΕΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ						
T=2	8,34	8,22	7,98	9,06	8,96	8,89
5	7,06	7,02	6,86	7,66	7,58	7,50
10	6,22	6,32	6,36	6,73	6,79	6,71
20	5,40	5,72	5,97	5,84	6,11	6,00
50	4,36	5,02	5,56	4,69	5,33	5,12
100	3,57	4,55	5,30	3,83	4,81	4,47

ΠΙΝΑΚΑΣ 10 Διατεταγμένα δείγματα και στατιστική επεξεργασία
ετήσιων ελαχίστων παροχών ποταμού Καλαμά - Σταθμός
Κιοτεκίου

ν	Ελαχίστη ετήσια παροχή		Πιθανότητα μη υπερβ. $F(\%) = 100 \times \frac{\nu}{n+1}$	Μεταβλ. Εκθ. Μετασχημ.	
	10ήμερου (m ³ /sec)	Μηνιαία (m ³ /sec)		10ήμερου (λ=1,90)	Μηνιαία (λ=3,60)
1	11,62	12,16	7,7	55,08	2235,65
2	11,89	14,30	15,4	57,66	4007,53
3	13,34	14,40	23,1	71,76	4109,35
4	13,96	14,53	30,8	78,27	4244,49
5	14,17	15,25	38,5	80,54	5051,79
6	14,28	16,70	46,2	81,74	7005,83
7	15,30	17,12	53,8	93,26	7661,17
8	15,48	17,38	61,5	95,37	8088,38
9	15,86	17,66	69,2	99,89	8567,42
10	16,41	17,72	76,9	106,61	8672,67
11	16,50	17,74	84,6	107,73	8707,96
n=12	17,62	18,76	92,3	122,12	10649,38
Μέση τιμή (μ)	14,70	16,14		87,50	6583,47
Τυπ. αποκλ. (σ)	1,84	1,97		20,41	2566,00
Τρίτη ροπή (μ ₃)	-1,84	-5,16		-733,23	-3,529×10 ⁹
Συντ. ασυμ. (α ₃)	-0,30	-0,67		-0,09	-0,21

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

	ΠΑΡΟΧΕΣ ΔΕΚΑΗΜΕΡΟΥ			ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ		
	Καταν. I-min	Καταν. III-min	Εκθ. Μετασχ.	Καταν. I-min	Καταν. III-min	Εκθ. Μετασχ.
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ	α=0,888 β=8,749	α=7,164 β=8,654	μ _γ =1,875 σ _γ =0,145	α=0,809 β=9,513	α=6,841 β=9,433	μ _γ =23,54 σ _γ =7,15
ΤΙΜΕΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ						
T=2	15,01	14,91	14,48	16,47	16,37	16,41
5	13,38	13,30	13,19	14,73	14,62	14,69
10	12,30	12,34	12,29	13,57	13,56	13,55
20	11,27	11,48	11,49	12,47	12,62	12,35
50	9,93	10,45	10,53	11,04	11,50	10,49
100	8,93	9,75	9,84	9,96	10,73	8,49

του Πίνακα 7, με εξαίρεση εκείνα όπου έχει παρατηρηθεί κάποιο πλημμυρικό γεγονός, που έχει δώσει μεγάλη αύξηση στην παροχή δεκαημέρου ή τη μηνιαία, δείχνουν ότι υπάρχει έντονη γραμμική συσχέτιση μεταξύ των παροχών των δύο σταθμών. Οι εξισώσεις γραμμικής συσχέτισεως και οι αντίστοιχοι συντελεστές συσχέτισεως είναι:

$$\text{Τιμές δεκαημέρου: } y = 1,32x + 4,82 \quad (r=0,84)$$

$$\text{Μηνιαίες τιμές: } y = 1,21x + 5,87 \quad (r=0,90)$$

όπου x και y οι παροχές στο Σουλόπουλο και Κιοτέκι αντίστοιχα.

3.2.4 Παροχές μελέτης

Εφόσον καθοριστεί η περίοδος επαναφοράς, μπορούν να υπολογιστούν από τις συναρτήσεις κατανομής της παραγράφου 3.2.2 οι τιμές της παροχής των δύο σταθμών Σουλόπουλου και Κιοτεκίου. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι εν γένει οι τιμές αυτές δεν είναι ταυτόχρονες, δηλαδή, όταν στο Σουλόπουλο εμφανίζεται παροχή που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς T , η παροχή στο Κιοτέκι εν γένει αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς $T' \neq T$.

Εφόσον στην ουσία ενδιαφερόμαστε για ταυτόχρονες παροχές, πρέπει η μία από τις δύο να υπολογιστεί με βάση την αντίστοιχη συνάρτηση κατανομής, ενώ η άλλη είναι σκόπιμο να εκτιμηθεί από την συσχέτιση των παροχών μεταξύ των δύο σταθμών. Η πρώτη μάλιστα από τις δύο θα πρέπει να είναι η παροχή του Σουλόπουλου, δεδομένου ότι στο Σουλόπουλο εμφανίζονται οι κρισιμότερες (μικρότερες) παροχές.

Στους Πίνακες 11 και 12 έχουν πινακοποιηθεί οι τελικές τιμές των ελαχίστων παροχών δεκαημέρου και μηνιαίων για τους δύο σταθμούς, και για $T=2,5,10,20,50,100$, όπως προκύπτουν από τις συναρτήσεις κατανομής ελαχίστων τύπου III min. (Weibull).

ΠΙΝΑΚΑΣ 11. Ελάχιστες Παροχές 10ημέρου (m^3/sec).

Περίοδος επανα- φοράς (T, έτη)	ΣΟΥΛΟΠΟΥΛΟ	ΚΙΟΤΕΚΙ	Από συσχέτιση με Σουλόπουλο
	Από νόμο κατανομής ελαχίστων (III/min)	Από νόμο κατανομής ελαχίστων (III/min)	
2	8,22	14,91	15,29
5	7,02	13,30	13,91
10	6,32	12,34	13,11
20	5,72	11,48	12,42
50	5,02	10,45	11,61
100	4,55	9,75	11,07

ΠΙΝΑΚΑΣ 12. Ελάχιστες Μηνιαίες Παροχές

Περίοδος επανα- φοράς (T, έτη)	ΣΟΥΛΟΠΟΥΛΟ	ΚΙΟΤΕΚΙ	Από συσχέτιση με Σουλόπουλο
	Από νόμο κατανομής ελαχίστων (III/min)	Από νόμο κατανομής ελαχίστων (III/min)	
2	8,94	16,37	16,62
5	7,58	14,62	14,83
10	6,79	13,56	13,78
20	6,11	12,62	12,89
50	5,33	11,50	11,86
100	4,81	10,73	11,17

Επίσης στους ίδιους πίνακες έχουν υπολογιστεί με βάση τις εξισώσεις γραμμικής συσχέτισεως της παρ. 3.2.3 οι παροχές του Κιοτεκίου που αντιστοιχούν στις παροχές του Σουλόπουλου. Οι τελευταίες, που είναι λίγο μεγαλύτερες από τις τιμές που δίνει η συνάρτηση κατανομής, θα είναι και οι παροχές μελέτης για τη θέση Κιοτέκι.

Προκειμένου να εκτιμηθούν οι παροχές σε ενδιάμεσες θέσεις του Καλαμά, η διαφορά των δύο παροχών Κιοτεκίου και Σουλόπουλου, θα θεωρηθεί ότι προκύπτει κατά ομοιόμορφο τρόπο από το σύνολο της ενδιάμεσης λεκάνης απορροής, εκτάσεως $1481,4-661,4 = 820 \text{ km}^2$. Με βάση τη θεώρηση αυτή έχουν υπολογιστεί και δίνονται στον Πίνακα 13 οι παροχές υπολογισμού σε 12 θέσεις του Καλαμά και για περιόδους επαναφοράς $T=2,5,10,20, 50$ και 100 έτη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13. Ελάχιστες παροχές μελέτης Καλαμά (10ημέρου)

ΘΕΣΗ		Περίοδος Επαναφοράς						
α/α	Περιγραφή	F (km ²)	2	5	10	20	50	100
0	Υδρομ. σταθμός Σουλίουπουλου	661,4	8,22	7,02	6,32	5,72	5,02	4,55
1	Ανάπτυξη συμβολής ρεμ. Κούτση	750,9	8,99	7,77	7,06	6,45	5,74	5,26
2	Κατάπτυξη συμβολής ρεμ. Κούτση	767,0	9,13	7,91	7,19	6,58	5,87	5,39
3	Κατάπτυξη συμβολής ρεμ. Τίρρα	1031,4	11,41	10,13	9,38	8,74	7,99	7,49
4	Θέση φράγματος Βροσίνας	1035,5	11,45	10,16	9,42	8,76	8,03	7,52
5	Κατάπτυξη συμβολής ρεμ. Μπανιά	1112,9	12,11	10,81	10,06	9,41	8,65	8,14
6	Κατάπτυξη συμβολής ρεμ. Λαγκα- βίτσας	1260,3	13,38	12,05	11,28	10,61	9,83	9,31
7	Θέση φράγματος Μίνινας	1347,4	14,13	12,78	12,00	11,33	10,53	10,00
8	Θέση φράγματος Κιοτεκίου	1424,2	14,80	13,43	12,64	11,95	11,15	10,62
9	Υδρομ. σταθμός Κιοτεκίου	1481,4	15,29	13,91	13,11	12,42	11,61	11,07
10	Ανάπτυξη συμβολής ρεμ. Καλπα- κιώτικου	1505,4	15,50	14,11	13,31	12,62	11,80	11,26
11	Κατάπτυξη συμβολής ρεμ. Καλπα- κιώτικου	1673,5	16,95	15,52	14,70	13,99	13,15	12,60
12	Κατάπτυξη συμβολής ρεμ. Πλάσιου (έως εκβολή)	1722,5	17,37	15,94	15,11	14,39	13,55	12,99

ΠΙΝΑΚΑΣ 14. Ελάχιστες παροχές μελέτης υδροηλεκτρικών έργων Καλαμά

A/A	Περιγραφή	Τιμή χωρίς εκτροπή του Αώου (m^3/sec)	Τιμή με εκτροπή της ελαχίστης παροχής, Αώου* (m^3/sec)
A. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ			
1.	Εισροή ταμιευτήρα Σουλόπουλου (φυσική παροχή, ελάχιστη μηνιαία τιμή).		
	α) T= 2	8,94	36,80
	β) T= 5	7,58	35,44
	γ) T=10	6,79	34,65
	δ) T=20	6,11	33,97
	ε) T=50	5,33	33,19
	στ) T=100	4,81	32,67
2.	Εκροή ταμιευτήρα Σουλόπουλου Ελάχιστη τιμή	10,57	38,43
3.	Ελάχιστη μηνιαία φυσική παροχή υπολεκάνης Σουλόπουλου- Βροσίνας	0,0	0,0
4.	Εισροή ταμιευτήρα Βροσίνας Ελάχιστη τιμή	10,57	38,43
5.	Εκροή ταμιευτήρα Βροσίνας Ελάχιστη τιμή	24,24	52,10
6.	Ελάχιστη μηνιαία φυσική παροχή υπολεκάνης Βροσίνας-Μινίνας	2,61	2,61
7.	Εισροή ταμιευτήρα Μινίνας** Ελάχιστη τιμή	26,85	54,71
8.	Εκροή ταμιευτήρα Μινίνας** Ελάχιστη τιμή	26,85	54,71
B. ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ			
9.	Μέση ετήσια παροχή στο Σουλόπουλο	22,91	55,57
10.	Μέση ετήσια παροχή στη Βροσίνα	31,97	64,63
11.	Μέση ετήσια παροχή στη Μινίνα	43,94	76,60

* Παροχή εκτροπής Αώου: Ελάχιστη $27,86 m^3/sec$, Μέση ετήσια $32,66 m^3/sec$.

** Χωρίς ρύθμιση

3.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΕΩΣ ΣΤΟΝ ΚΑΛΑΜΑ

Εφόσον κατασκευαστούν τα προβλεπόμενα έργα υδροηλεκτρικής αναπτύξεως στον Καλαμά, που περιγράφονται στην παρ. 3.1.2 θα μεταβληθούν τελείως οι εικόνες της υδραυλικής και υδρολογικής συμπεριφοράς του ποταμού. Πιο συγκεκριμένα:

- 1) Από την περιοχή του Σουλόπουλου μέχρι το Κιοτέκι θα αλλάξει τελείως η φυσιογραφική και υδραυλική εικόνα του ποταμού. Από το Σουλόπουλο μέχρι τη Μινίνα θα διαμορφωθούν 3 κλιμακωτοί ταμιευτήρες, ώστε το τμήμα του ποταμού με ελεύθερη ροή θα είναι σχεδόν μηδενικό, (βλ. σχ. 1). Τέλος, από την Μινίνα μέχρι το Κιοτέκι η ροή θα γίνεται υπό πίεση μέσω της προβλεπόμενης σήραγγας.
- 2) Η κατασκευή των ταμιευτήρων του Σουλόπουλου και της Βροσίνας, ως ταμιευτήρων υπηρετήσιας ρυθμίσεως θα μεταβάλλει τελείως την υδρολογική δίαυτα των παροχών κατάντη του Σουλόπουλου. Αντίθετα δεν θα μεταβληθεί η δίαυτα εισροών του Σουλόπουλου, δεδομένου ότι ο ανάντη ταμιευτήρας της Γλύζιανης δεν θα έχει δυνατότητα ρυθμίσεως.
- 3) Τη μεγαλύτερη μεταβολή στη δίαυτα των παροχών θα προκαλέσει η σχεδιαζόμενη εκτροπή του Αώου προς τον Καλαμά, δεδομένου ότι θα διπλασιαστεί σχεδόν η μέση φυσική παροχή του Καλαμά.

Είναι λοιπόν προφανές ότι οι ελάχιστες παροχές που υπολογίστηκαν στην παραγρ.3.2 δεν θα έχουν νόημα μετά την κατασκευή των έργων. Η προσέγγιση του ζητήματος των ελάχιστων παροχών στην περίπτωση αυτή γίνεται με διαφορετικό τρόπο, δεδομένου ότι το βασικό ρόλο παίζει πλέον το πρόγραμμα λειτουργίας των ταμιευτήρων. Σημειώνουμε ότι οι ελάχιστες παροχές θα είναι αρκετά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες φυσικές, εξαιτίας της υπερετήσιας ρυθμίσεως, καθώς επίσης ότι οι ελάχιστες παροχές εκροής από τους ταμιευτήρες είναι εγγυημένες,

με την έννοια ότι θα μπορούν να ληφθούν και στην περίπτωση των ξηρών υδρολογικών ετών, με εξαίρεση κάποια σπάνια περίπτωση διαδοχής εξαιρετικά ξηρών υδρολογικών ετών.

Με βάση τα στοιχεία που μας έδωσε η ΔΕΗ σχετικά με τη λειτουργία των ταμιευτήρων, καταρτίσαμε τον Πίνακα 14, όπου γίνεται η εκτίμηση των ελαχίστων παροχών των υδροηλεκτρικών έργων του Καλαμά. Σημειώνεται ότι οι ελάχιστες παροχές εκροής από τους ταμιευτήρες έχουν καθοριστεί στις μελέτες των έργων, ενώ σαν ετήσιες παροχές των ενδιαμέσων λεκανών έχουν ληφθεί οι αντίστοιχες μετρημένες ελάχιστες τιμές.

3.4 BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Kumar, A. and Devi, R. (1982) Statistical Determination of Design Low Flows - A Comment. J. Hydrol. Vol. 58, No 1/2, p. 175.
2. Chander, S., Spolia, S.K. and Kumar, A. (1978) Flood Frequency Analysis by Power Transformation, Proc. ASCE, Vol. 104, No. HY 11, p. 1495.
3. Thomas Croley II. Limiting Extreme-Value Distributions and Fits, in: "Hydrologic and Hydraulic Computations on Small Programmable Calculators," Iowa University.
4. ΔΕΗ - Arakthos River - Middle Course - Hydrology Report, Αθήνα, 1982.
5. Ξανθόπουλος, Θ. κ.α.. (1981) "Προκαταρκτική Μελέτη Έργων Διαθέσεως Υγρών Αποβλήτων Θεσ/κού Πεδίου", ΥΠΑΕ.
6. Ξανθόπουλος, Θ. (1984) "Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία", ΕΜΠ, Αθήνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ (ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ)

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

4.1.1 Φυσική περιγραφή της λεκάνης απορροής

Η λεκάνη απορροής της λίμνης Ιωαννίνων είναι μία κλειστή υδρολογική λεκάνη με εδαφική έκταση 475 km^2 . Η αντίστοιχη υδρογεωλογική λεκάνη δεν μπορεί να θεωρηθεί κλειστή, εξαιτίας της έντονης εμφάνισης καρστικών φαινομένων. Η ανάπτυξη καρστικών υπόγειων οριζόντων και κύρια η εκτεταμένη εμφάνιση καταβοθρών έχουν συνέπεια τη διαφυγή του υδατικού δυναμικού της λεκάνης προς άλλες γειτονικές, (π.χ. λεκάνη ποταμού Καλαμά).

Ένα μεγάλο τμήμα της λεκάνης, με έκταση 140 km^2 περίπου, είναι πεδινό, και βρίσκεται σε υψόμετρο 470-500 m. Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης είναι 1810 m, και βρίσκεται στο όρος Μιτσικέλι, που καταλαμβάνει το βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής.

Η λίμνη Ιωαννίνων ή Παμβώτιδα έχει έκταση 22 km^2 . Η στάθμη της λίμνης διακυμαίνεται, (σε m), ως εξής:

Στάθμη πλημμύρας : +470,70

Ανώτατη στάθμη : +470,20

Κατώτατη στάθμη : +468,80

Η στάθμη της λίμνης ελέγχεται με έργο υπερχείλισης προς την τάφρο Λαψίστας, που έχει κατασκευαστεί κοντά στο Πέραμα. Η έκταση της λίμνης ελέγχεται με αργιλικό ανάχωμα που έχει στέψη στα +472,30 m, και κατά περιοχές με κρηπιδότοιχο και παραλίμνια οδό με στάθμη 471,00 m.

Το βάθος της λίμνης, μετρούμενο από τη μέση στάθμη που θεωρείται η στάθμη των 470,00 m, φτάνει τα 9,2 m (μέγιστη τιμή). Το μέσο βάθος υπολογίστηκε από τα βυθομετρικά σημεία του χάρτη 1:50,000 της ΓΥΣ, που κατανέμονται σχεδόν ομοιόμορφα στην επιφάνεια της λίμνης, και προέκυψε ίσο με 4,3 m. Έτσι ο μέσος όγκος της λίμνης, (που αντιστοιχεί στη μέση στάθμη των

470,00 m) είναι $22 \times 10^6 \times 4,3 \approx 95 \times 10^6 \text{ m}^3$.

4.1.2 Υφιστάμενα αποστραγγιστικά-αποχετευτικά έργα - Καταβόθρες

Παλιότερα, εκτός από την Παμβώτιδα, σχηματιζόταν στο βορειοδυτικό τμήμα της πεδινής έκτασης της λεκάνης μία ακόμα λίμνη, η Λαψίστα, με έκταση περίπου 10 km^2 . Την ίδια εποχή η Παμβώτιδα είχε υψηλότερη στάθμη και πολύ μεγαλύτερη έκταση, (περιέβρεχε το λόφο Καστρίτσας). Οι δύο άλλες λίμνες επικοινωνούσαν μεταξύ τους και αποχετεύονταν μέσω καταβόθρων προς τον Καλαμά. Η μεταξύ των δύο λιμνών εδαφική έκταση ήταν ελώδης.

Με τα αποστραγγιστικά-αποχετευτικά έργα που κατασκευάστηκαν αποξηράνθηκε η λίμνη Λαψίστα και το μεταξύ των λιμνών έλος και αποδόθηκαν στην καλλιέργεια, ενώ παράλληλα έγινε δυνατός ο έλεγχος της στάθμης της λίμνης Ιωαννίνων. Τα κυριότερα από τα έργα αυτά είναι: (α) η τάφρος Λαψίστας μήκους 17.100 m και παροχετευτικότητας $40 \text{ m}^3/\text{sec}$, που ξεκινάει από τη λίμνη Παμβώτιδα κοντά στο Πέραμα, προς την οποία οδηγούνται οι υπερχειλίσσεις της λίμνης, από το ρυθμιστικό έργο, και (β) η σήραγγα Λαψίστας, όπου καταλήγει η τάφρος Λαψίστας, μήκους 4.200 m και παροχετευτικότητας $40 \text{ m}^3/\text{sec}$, που διοχετεύει τα νερά της τάφρου προς τον παραπόταμο Βελτσίστικο ή Βελτισιώτιο του Καλαμά. Αναφέρονται ακόμα η τάφρος Κουτσελιού, μήκους 6.500 m και παροχετευτικότητας $14 \text{ m}^3/\text{sec}$, που διοχετεύει τα νερά της περιοχής ανατολικά του λόφου Καστρίτσας προς τη λίμνη, και τέλος οι τάφροι Λαγκάτσας και Κοσμηράς, με μήκη 6.810 m και 2.900 m, που οδηγούν τα νερά της περιοχής Μπάφρας-Πεδινής (ΝΔ της λίμνης) στην σήραγγα Λαγκάτσας, μήκους 1036 m και παροχετευτικότητας $40 \text{ m}^3/\text{sec}$, η οποία στη συνέχεια τα διοχετεύει στη λίμνη.

Όλα τα παραπάνω έργα λειτουργούν από το 1958 ή 1959 (με

εξαίρεση την τάφρο Κουτσελιού που λειτουργεί από το 1950).

Εκτός από τα παραπάνω έργα, σοβαρό ρόλο παίζουν στην αποστράγγιση-αποχέτευση της περιοχής και οι ακόλουθες καταβόθρες:

- (α) Στην περιοχή του λόφου Καστρίτσας (νότια της λίμνης) οι καταβόθρες Κουτσελιού (παροχ. $2 \text{ m}^3/\text{sec}$) και Καστρίτσας (παροχ. $0,8 \text{ m}^3/\text{sec}$) που συμβάλλουν στην αποχέτευση της περιοχής.
- (β) Στην περιοχή Μπάφρας-Πεδινής (νοτιοδυτικά της λίμνης) οι καταβόθρες Μπάφρας (παροχετευτικότητα $2,5 \text{ m}^3/\text{sec}$) και Πεδινής (παροχετευτικότητα $1,2 \text{ m}^3/\text{sec}$) που αποτελούν τη μοναδική οδό στραγγίσεως των νερών των αντίστοιχων περιοχών, και εξυπηρετούν εκτάσεις 5 km^2 και 3 km^2 αντίστοιχα.
- (γ) Στην περιοχή της εισόδου της σήραγγας Λαψίστας οι καταβόθρες Ροδοτοπίου (παροχ. $5 \text{ m}^3/\text{sec}$) και Λαψίστας (παροχ. $1 \text{ m}^3/\text{sec}$) που λειτουργούν βοηθητικά σε περιπτώσεις μεγάλων πλημμυρών.

4.1.3 Γεωλογία - Υδρογεωλογία

Στο μεγαλύτερο ποσοστό των ορεινών σχηματισμών της λεκάνης εμφανίζονται ασβεστολιθικοί σχηματισμοί ενώ σε πολύ μικρό ποσοστό εμφανίζεται και ο φλύσχης (στα ανατολικά και νοτιοανατολικά της λίμνης). Ο κυριότερος ορεινός σχηματισμός, που ταυτόχρονα αποτελεί και τον σημαντικότερο τροφοδότη υπόγειου νερού της λεκάνης, είναι το Μιτσικέλι. Ο σχηματισμός αυτός αποτελεί μεγάλο αντίκλινο, ελαφρά κεκλιμένο προς ΒΑ και συνίσταται, [5],

- από έντονα καρστικοποιημένα ασβεστολιθικά πετρώματα, με εμφάνιση πολλών επιφανειακών καρστικών μορφών (γιαυτό και παρουσιάζεται έλλειψη επιφανειακής απορροής), και

- από φλύσχη, που εμφανίζεται στις βορειοανατολικές κλιτύες και καμπτόμενος προς νότο καλύπτει τα υψώματα των νοτιοανατολικών παρυφών.

Ο περιορισμός του ασβεστολιθικού όγκου του Μιτσικέλι από αδιαπέρατο σχηματισμό φλύσχη ευνοεί την εκδήλωση πηγών νερών στις νοτιοδυτικές υπώρειες και ειδικότερα στη ζώνη επαφής με τα ιζήματα, (ζώνη Ντραμπάτοβας-Σάντινίκου-Κρύας-Λυκοτριχίου).

Η πεδινή έκταση δημιουργήθηκε από αποθέσεις πάνω στις βυθίσεις και τα ρήγματα που δημιουργήθηκαν από τη δράση τεκτονικών κινήσεων της αλλικής ορογένεσης [2]. Θεωρείται ότι υπήρχε λιμναίο καθεστώς που κάλυπτε μεγάλο τμήμα του λεκανοπεδίου, πέραν των σημερινών ορίων της Παμβώτιδας [6]. Σύμφωνα με το [5], τα ιζήματα της πεδινής εκτάσεως είναι κατ'εξοχήν αργιλικής συστάσεως, και συνεπώς αδιαπέρατα. Υπάρχουν όμως και στρώσεις με κάποια διαπερατότητα (ιλύς, τύρφη). Οι υδροπερατοί ορίζοντες έρχονται σε επαφή με υδροφόρους και πολύ υδροπερατούς κώνους κορημάτων που βρίσκονται στα περιμετρικά υψώματα. Έτσι γίνονται υδατικές μεταγγίσεις και σχηματίζεται ψηλός υδροφόρος ορίζοντας στο πεδινό τμήμα της λεκάνης. Από τη γεωλογική τομή που δημοσιεύεται στο [5], προκύπτει ότι το υπόβαθρο της λίμνης είναι λιμναίες αποθέσεις πάχους μεγαλύτερου των 70-80 m. Τέλος σύμφωνα με το [6] το μεγαλύτερο τμήμα της πεδιάδας γύρω από τη λίμνη των Ιωαννίνων καταλαμβάνεται από αποθέσεις σύγχρονου αλλούβιου. Οι αποθέσεις αυτές έχουν βαθμό υδροπερατότητας που ποικίλει σημαντικά. Σαν ενιαίο σύνολο αποτελεί σχηματισμό χαμηλού συντελεστή διαπερατότητας, λόγω αυξημένου ποσοστού αργιλικού υλικού. Επίσης, σύμφωνα πάντα με το [5], γύρω από τη λίμνη Ιωαννίνων σχηματίζεται ασθενής υδροφόρος ορίζοντας, που έχει άμεση σχέση με τη στάθμη της λίμνης, ενώ είναι ανεξάρτητος από τους καρστικούς ορίζοντες, λόγω του χαμηλού συντελεστή διαπερατότητας των ενδιάμεσων στρωμάτων, (αποθέσεων).

Το πρόβλημα της στεγανότητας της λίμνης δεν εξετάζεται στις παραπάνω μελέτες. Σύμφωνα όμως με τα αναφερθέντα συμπεραίνουμε ότι αποκλείεται να έχουμε σημαντικές διαρροές από τη λίμνη, λόγω του μεγάλου πάχους αποθέσεων χαμηλού συντελεστή διαπερατότητας. Σε αυτό συνηγορεί και η παρατήρηση ότι η στάθμη της λίμνης δεν έχει ποτέ ταπεινωθεί σημαντικά, ούτε και στα πολύ ξηρά υδρολογικά έτη, οπότε η τροφοδότηση από τους πλευρικούς ορίζοντες, που άλλωστε είναι ασθενείς, δεν θα ήταν σημαντική, ακόμα και αν αυτοί επικοινωνούσαν με τους καρστικούς ορίζοντες.

4.1.4 Καλλιεργήσιμες και αρδευόμενες εκτάσεις [3]

Η περίμετρος των εγγειοβελτιωτικών έργων περιλαμβάνει έκταση 75.000 στρ., από τα οποία καλλιεργήσιμα είναι 66.000 στρ. Τα αρδευτικά έργα καλύπτουν 63.000 στρ.—από τα οποία 30.400 στρ. αρδεύονται με επιφανειακή άρδευση και τα υπόλοιπα 32.600 με τεχνητή βροχή.

Οι ετήσιες ανάγκες σε νερό για άρδευση των εκτάσεων της περιοχής είναι $36 \times 10^6 \text{ m}^3$ και εξασφαλίζονται κατά το μεγαλύτερο μέρος από τη λίμνη Παμβώτιδα ($27 \times 10^6 \text{ m}^3$ ή 75%) και κατά το υπόλοιπο από τις πηγές Τούμπας, Κρύας και Σεντινίκου.

Στην πραγματικότητα οι πραγματικά αρδευόμενες κάθε χρόν εκτάσεις είναι πολύ μικρότερες. Έτσι το 1976 αρδεύτηκαν μόνο 5.500 στρέμματα ενώ το 1982, 22.000 στρ. Προκειμένου να εκτιμήσουμε την ποσότητα νερού που πραγματικά καταναλώνεται παίρνουμε σαν βάση την έκταση που καλλιεργήθηκε το 1982, οπότε με παραδοχή αναλογίας προκύπτει

$$\frac{22.000}{66.000} \times 36 \times 10^6 \text{ m}^3 = 12 \times 10^6 \text{ m}^3$$

και η ποσότητα που προέρχεται από τη λίμνη Παμβώτιδα είναι

$$75\% \times 12 \times 10^6 = 9 \times 10^6 \text{ m}^3$$

4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

4.2.1 Εξοπλισμός της λεκάνης

Για μία σοβαρή μελέτη του υδρολογικού ισοζυγίου της λίμνης Ιωαννίνων, απαραίτητα υδρολογικά δεδομένα είναι,

- (α) μετρήσεις της διακύμανσης της στάθμης της λίμνης,
- (β) μετρήσεις παροχής των κυριότερων τάφρων και χειμάρρων που εκβάλλουν στη λίμνη καθώς και των σημαντικών πηγών που τροφοδοτούν τη λίμνη,
- (γ) μετρήσεις παροχής στην είσοδο της τάφρου Λαψίστας και στην έξοδο της σήραγγας Λαψίστας.

Δυστυχώς τα (α) και (β) δεν υπάρχουν, ούτε καν σποραδικά, ενώ από το (γ) υπάρχουν μόνο οι μετρήσεις στην έξοδο της σήραγγας. Έτσι θα περιοριστούμε αναγκαστικά σε χονδροειδείς εκτιμήσεις του υδρολογικού ισοζυγίου, χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα υδρομετρικά δεδομένα, και καταφεύγοντας παράλληλα και στις μετρήσεις μετεωρολογικών παραμέτρων.

Οι υπάρχοντες μετεωρολογικοί σταθμοί της λεκάνης Ιωαννίνων είναι τρεις και περιγράφονται στο Κεφ. 3. Οι δύο βρίσκονται στα Ιωάννινα και ο τρίτος στον Κατσικά, πολύ κοντά δηλαδή στα Ιωάννινα και στο ίδιο υψόμετρο με τους δύο πρώτους. Έτσι, τελικά χρησιμοποιούμε μόνο το σταθμό Ιωαννίνων της ΕΜΥ που είναι ο πληρέστερος και ο πιο αξιόπιστος δεδομένου ότι η βελτίωση από την πληροφορία των άλλων δύο είναι ασήμαντη.

4.2.2 Απορροές τάφρου Λαψίστας

Ο υδρομετρικός σταθμός της τάφρου Λαψίστας είναι εγκατεστημένος μετά την έξοδο της σήραγγας, λίγο ανάντη της συμβολής με το χείμαρρο Βελτισίστικο και ανήκει στη ΔΕΗ. Λειτουργεί από το 1971.

Τα δεδομένα του σταθμού που αφορούν ετήσιες παροχές φαίνονται στον Πίνακα 1. Το εύρος του ιστορικού δείγματος είναι 11 χρόνια. Ο μέσος υπερετήσιος όγκος απορροής που προκύπτει από το ιστορικό δείγμα είναι $121,04 \times 10^6 \text{ m}^3$ και η αντίστοιχη τυπική απόκλιση είναι $45,63 \times 10^6 \text{ m}^3$. Η παρατηρηθείσα ελάχιστη τιμή της απορροής είναι $36,53 \times 10^6 \text{ m}^3$ (έτος 1975-76). Η αντίστοιχη εμπειρική περίοδος επαναφοράς της είναι $T = \frac{11+1}{1} = 12$ έτη. Με θεώρηση, όμως, της κανονικής κατανομής, σαν κατάλληλης για την περιγραφή των απορροών της τάφρου Λαψίστας, προκύπτει ότι η περίοδος επαναφοράς της ελάχιστης παροχής 1975-76 είναι 40 έτη, (βλ. Πίνακα 1). Επισημαίνεται ακόμα ότι κατά την τριετία 1974-75 έως 1976-77 παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα χαμηλές τιμές, (μέχρι $86,40 \times 10^6 \text{ m}^3$) ενώ κατά την πενταετία 1973-74 έως 1977-78, οι τιμές είναι συνεχώς μικρότερες από τη μέση τιμή. Η παρατηρηθείσα μέγιστη τιμή είναι $178,93 \times 10^6 \text{ m}^3$, (έτος 1978-79).

Σε συσχέτιση με τις απορροές της τάφρου Λαψίστας, δίνονται στον Πίνακα 1 και οι απορροές της λεκάνης ανάντη της θέσης φράγματος Αγίου Νικολάου του Άραχθου, με εύρος ιστορικού δείγματος 30 ετών. Η κοινή περίοδος παρατηρήσεων είναι 9 έτη. Λόγω παρόμοιων κλιματικών συνθηκών των λεκανών Ιωαννίνων και Αράχθου, (οι δύο λεκάνες είναι γειτονικές) αναμένεται ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των τιμών της απορροής τους. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1 η συσχέτιση είναι γραμμική. Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισεως είναι ιδιαίτερα υψηλός: $r = 0,92$ (βλ. Πίνακα 1). Η μεγιστοποίηση του δείγματος της τάφρου Λαψίστας, με βάση τη συσχέτιση με το δείγμα του Αράχθου είναι εφικτή λόγω του μεγάλου συντελεστή συσχέτισεως, και δίνει τις ακόλουθες τελικές εκτιμήσεις των στατιστικών χαρακτηριστικών της τάφρου Λαψίστας:

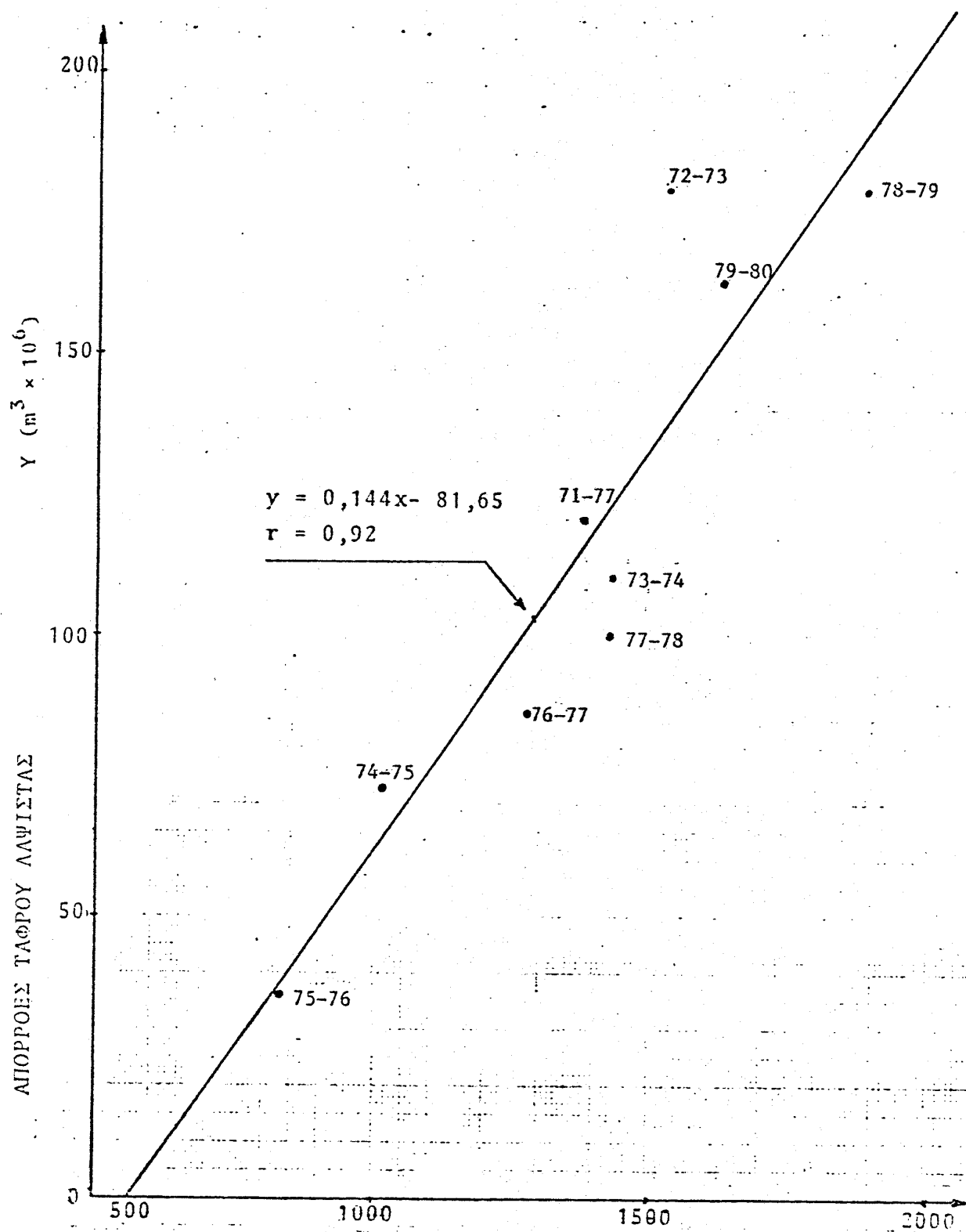
Μέση ετήσια απορροή, $131,59 (\text{m}^3 \times 10^6)$

Τυπική απόκλιση, $48,48 (\text{m}^3 \times 10^6)$

Συντελ. διασποράς $48,48/131,59 = 0,37$

Πίνακας 1. Συσχέτιση ετησίων όγκων απορροής (σε $m^3 \times 10^6$) τάφρου
Λαψίστας και Αράχθου (Λεκάνη Ανάντη Αγ.Νικολάου, $1118 km^2$)

Υδρολ.έτος	Αραχθος (x)	Τάφος Λαψίστας (y)	Υπολογισμοί
1950-51	1.324,51		
51-52	1.220,62		Εξίσωση γραμμικής συ- σχετίσεως
52-53	1.504,27		$y=0,144x-81,654$
53-54	1.368,66		$r=0,92$
54-55	1.333,97		
55-56	1.590,61		
56-57	1.195,21		
57-58	1.520,04		Βελτίωση εκτιμήσεων
58-59	1.419,12		στατιστικών χαρακτηρι- στικών απορροών Τάφρου
59-60	1.157,37		Λαψίστας:
1960-61	1.157,37		$E(y)=116,43-0,144(1374,59-$
61-62	1.841,70		$-1479,89)=$
62-63	2.507,11		$=131,59 (m^3 \times 10^6)$
63-64	1.451,47		$\sigma_y = (49,19^2 - 0,144^2(314,86^2 -$
64-65	1.655,64		$309,51^2))^{\frac{1}{2}} =$
65-66	1.930,00		$= 48,48(m^3 \times 10^6)$
66-67	1.652,49		
67-68	1.261,73		
68-69	1.352,39		
69-70	1.652,49		
1970-71	1.488,56		
71-72	1.372,41	120,41	Υπολογισμός περιόδου επα- ναφοράς απορροής έτους
72-73	1.529,50	177,97	1975-76 ($36,53 \times 10^6 m^3$)
73-74	1.425,43	110,69	(Με θείωση κατανομής Gauss)
74-75	1.009,15	73,46	$w = \frac{36,53-131,59}{48,48} = -1,96$
75-76	828,51	36,53	
76-77	1.274,05	86,40	
77-78	1.425,43	100,04	$F(w) = 0,025$
78-79	1.885,85	178,93	$T = \frac{1}{F(w)} = 40 \text{ έτη}$
79-80	1.620,95	163,45	
1980-81	-	156,14	
81-82	-	127,38	
30ετίας MO	1.479,89	-	
TA	309,51	-	
11ετίας MO	-	121,04	
TA	-	45,63	
Κοινής MO	1.374,59	116,43	
περιόδου TA	314,86	49,19	



Σχήμα 1: Απορροές Αράχθου (λεκάνη ανάντη Αγ. Νικολάου, 1118 km²). Συσχέτιση απορροών τάφρου λαΐστας και Αράχθου

4.2.3 Βροχόπτωση

Οι μέσες υπερετήσιες τιμές των μηνιαίων βροχοπτώσεων του σταθμού Ιωαννίνων φαίνονται στον Πίνακα 3, (σειρά 6). Παρατηρούμε ότι η τιμή του μέσου ετήσιου ύψους βροχής είναι αρκετά υψηλή: 1217,7 mm. Η μέγιστη μηνιαία τιμή παρατηρείται το Δεκέμβριο, (191,5 mm) και η ελάχιστη τον Αύγουστο, (26,1 mm). Παρόλο που τους θερινούς μήνες η βροχόπτωση μειώνεται πολύ, εντούτοις παραμένει σε σημαντικά επίπεδα.

Ελλείπει άλλων βροχομετρικών δεδομένων από σταθμούς μεγαλύτερου υψόμετρου, θα θεωρήσουμε ότι οι πιο πάνω τιμές είναι αντιπροσωπευτικές για το σύνολο της λεκάνης.

4.2.4 Θερμοκρασία

Οι μέσες υπερετήσιες τιμές των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών του σταθμού Ιωαννίνων της περιόδου 1931-40 και 1950-75 φαίνονται στον Πίνακα 2 (σειρά 1). Η μέση ετήσια τιμή είναι 14,7°C. Η μέγιστη τιμή εμφανίζεται τον Ιούλιο (25,4°C) και η ελάχιστη τον Ιανουάριο (5,1°C).

Θεωρώντας ότι η θερμομετρική βαθμίδα είναι -6,5°C ανά 1000 m (υψομ. διαφορά) και ότι το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι κατά 150 m μεγαλύτερο του υψόμετρου του σταθμού Ιωαννίνων προκύπτει ότι οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες της λεκάνης θα είναι μικρότερες κατά $\approx 1^\circ\text{C}$. Οι τιμές αυτές φαίνονται στον Πίνακα 3, (σειρά 1).

4.2.5 Σχετική υγρασία

Οι μέσες υπερετήσιες τιμές της μέσης μηνιαίας σχετικής υγρασίας του σταθμού Ιωαννίνων για την περίοδο 1931-40 και 1950-75 φαίνονται στον Πίνακα 2 (σειρά 5). Η μέση ετήσια τιμή είναι 67% και η μέγιστη διακύμανση 51% (Ιούλιος-Αύγουστος)

μέχρι 81% (Δεκέμβριος).

4.2.6 Ταχύτητα ανέμου

Οι μέσες υπερετήσιες τιμές των μέσων μηνιαίων ταχυτήτων ανέμου του σταθμού Ιωαννίνων για την περίοδο 1951-70, φαίνονται στον Πίνακα 3, (σειρά 4). Οι τιμές αυτές δίνονται από την EMY σε Beaufort, και η διακύμανσή τους είναι από 0,7 B. (Νοέμβριος-Δεκέμβριος) μέχρι 1,2 B (Μάρτιος, Απρίλιος), με μέση ετήσια τιμή 1,0 B. Δεδομένου ότι στην κλίμακα Beaufort το 1 Beaufort αντιστοιχεί σε ταχύτητες ανέμου 0,3-1,5 m/sec (με μέση τιμή 0,9 m/sec) και δεδομένου ότι όλες οι τιμές κυμαίνονται γύρω στο 1 B, θα θεωρήσουμε ότι τα ίδια νούμερα εκφράζουν και την ταχύτητα σε m/sec. Παρατηρούμε πάντως ότι οι ταχύτητες είναι ιδιαίτερα χαμηλές σε βαθμό που να μοιάζουν αναξιόπιστες.

4.2.7 Ηλιοφάνεια

Οι μέσες υπερετήσιες τιμές της μέσης πραγματικής ηλιοφάνειας ανά μήνα της περιόδου 1968-76 του σταθμού Ιωαννίνων, φαίνονται στον Πίνακα 2 (σειρά 6) και κυμαίνονται από 30% (Δεκέμβριος) μέχρι 69% (Ιούλιος-Αύγουστος) με μέση ετήσια τιμή 39%.

Η πραγματική ηλιοφάνεια ορίζεται από το κλάσμα,

$$\frac{\text{πραγματικές ώρες ηλιοφάνειας}}{\text{δυνατές ώρες ηλιοφάνειας}} \times 100.$$

4.2.8 Εξάτμιση λίμνης, [7]

Δεν υπάρχουν πραγματικά δεδομένα μετρήσεων της εξάτμισης της λίμνης Ιωαννίνων. Για το λόγο αυτό υπολογίσαμε την τιμή της εξάτμισης για το μέσο υδρολογικό έτος με τη μέθοδο Penman (βλ. [7], παρ. 4.3.4) και τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΗΣ ΥΠΕΡΕΠΙΘΕΙΑΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ ΑΙΩΝΗΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PENMAN (albedo=0,06, γεωγρ. πλάτος=39°40').

	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
1. Μέση θερμοκρασία $T^{\circ}\text{C}$	5,1	6,3	9,0	12,9	17,5	22,2	25,4	25,0	20,6	15,3	10,3	6,6
2. Τάση υδρατμών, e_w (mmHg)	6,58	7,16	8,61	11,15	14,99	20,06	24,35	23,75	18,20	13,03	9,39	7,3
3. Κλίση $\Delta e_w / \Delta T$ (mmHg/ $^{\circ}\text{C}$)	0,47	0,50	0,58	0,71	0,93	1,23	1,56	1,52	1,12	0,85	0,64	0,50
4. Μέση ταχ. ανέμου u_2 (m/sec)	0,9	1,0	1,2	1,2	1,0	1,0	1,1	1,0	0,9	1,0	0,7	0,7
5. Μέση σχ. υγρασία U (%)	77	75	69	67	65	59	51	51	62	71	80	81
6. Πραγμ. ηλιοφάνεια n/N (%)	32	37	38	46	55	61	69	69	63	52	40	30
7. Εξωήλινη ακτινοβολ. R_A (mm/ημ.)	6,12	9,20	11,34	14,48	15,90	17,12	16,09	14,42	12,29	9,03	6,79	5,44
8. Παράμετρος E_a (mm/ημ.)	0,52	0,65	1,07	1,48	1,91	2,99	4,57	4,24	2,39	1,38	0,58	0,43
9. Παράμετρος $\frac{R}{1-U}$ (m/ημ.)	0,63	1,83	2,69	4,31	5,48	6,51	6,33	5,35	4,01	2,06	0,96	0,44
10. Μέση εξάτμιση E (mm/μην.)	17,8	35,3	60,6	94,9	132,0	165,5	183,2	157,5	105,7	56,2	23,9	13,4

4.2.9 Δυναμική εξατμισοδιαπνοή λεκάνης

Στην πραγματικότητα μας χρειάζεται μία εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής της λεκάνης, που όμως λόγω ελλείψεως υδρομετρικών δεδομένων, τέτοια εκτίμηση μπορεί να γίνει από τη δυναμική εξατμισοδιαπνοή (βλ. παρ. 4.2.10). Λόγω της μειωμένης ακρίβειας του τρόπου υπολογισμού της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής δεν θα χρησιμοποιήσουμε εδώ τη μέθοδο Penman αλλά την απλούστερη, μικρότερης όμως ακρίβειας, μέθοδο Thornthwaite, (βλ. [7], σελ. 4.11 και 4.29).

Η μέθοδος Thornthwaite είναι εμπειρική και για την εφαρμογή της απαιτείται μόνο η θερμοκρασία αέρα και το γεωγραφικό πλάτος.

Συνίσταται στην εφαρμογή των σχέσεων:

$$PET = E_o \frac{DT}{360}$$

$$E_o = 16 \left(\frac{10T_a}{J} \right)^\alpha$$

όπου PET = δυναμική εξατμισοδιαπνοή (mm/μήνα)

E_o = πρώτη προσέγγιση της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής (mm/μήνα)

$\frac{DT}{360}$ = διόρθωση γεωγραφικού πλάτους

D = αριθμός ημερών μήνα

T = μέσος αριθμός ωρών ημέρας του υπόψη μήνα (από ανατολή σε δύση) (συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους)

$$J = \sum_{i=1}^{12} 0,09 T_{ai}^{3/2}$$

$$\alpha = 0,016J + 0,5$$

T_{ai} = μέση θερμοκρασία αέρα το μήνα

Οι τιμές της μεθόδου Thornthwaite φαίνονται στον Πίνακα 3 (σειρά 5). Η ετήσια δυναμική εξατμισοδιαπνοή προκύπτει

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Υπολογισμός μέσης υπερεπίστας δυναμικής εξατμισοδιαπνοής λεκάνης Ιωαννίνων (με τη μέθοδο Thornthwaite) και εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής.

	O	N	Δ	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	ΕΤΟΣ
1. Μέση μηνιαία θερμοκρ. T(°C)	14,30	9,30	5,60	4,10	5,30	8,00	11,90	16,50	21,20	24,40	24,00	19,60	
2. Θερμικός δείκτης μήνα J	4,87	2,55	1,19	0,75	1,10	2,04	3,69	6,03	8,79	10,	10,85	7,81	13,68
3. Πρώτη προσέγγιση δυν.εξατμ. (mm)	56,7	30,2	14,4	9,1	13,3	24,2	43,3	69,9	100,9	124,0	121,0	90,0	60,24
4. Διόρθωση νεωγρ.πλάτους	0,96	0,83	0,81	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	
5. Δυναμική εξατμισοδιαπνοή PET (mm)	54,4	25,1	11,6	7,7	11,00	25,0	48,1	86,7	126,2	157,5	142,8	93,6	789,6
6. Βροχόπτωση P (mm)	130,8	172,2	191,5	156,6	132,5	103,0	85,8	77,3	55,2	30,6	26,1	56,1	1217,7
7. Διαφορά P-PET (mm)	76,4	147,1	179,9	148,9	121,5	78,0	37,7	-9,4	-71,0	-126,9	-116,7	-37,5	
8. Μεταβολή εδωφ.υγρασ.ΔS (mm)	76,4	23,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-9,4	-71,0	-19,6	0,0	0,0	
9. Εδαφική υγρασία S (mm)	76,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	90,6	19,6	0,0	0,0	0,0	
10. Πραγματική εξατμισοδιαπνοή ET (mm)	54,4	25,1	11,6	7,7	11,0	25,0	48,1	86,7	126,2	50,2	26,1	56,1	528,2
11. Έλεγμα >> (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	107,3	116,7	37,5	261,5
12. Απορροή(επιφ.+υπογ.) ΩΗG (mm)	0,0	123,5	179,9	148,9	121,5	78,0	37,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	689,5

789,6 mm, δηλαδή κατά 25% μικρότερη από την εξάτμιση της λίμνης υπολογισμένη με τη μέθοδο Penman.

4.2.10 Πραγματική εξατμισοδιαπνοή της λεκάνης

Η εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής γίνεται με βάση τις γνωστές τιμές της βροχόπτωσης και δυναμικής εξατμισοδιαπνοής, με το απλουστευμένο μοντέλο εδαφικής αποθήκευσης νερού. Σύμφωνα με αυτό η αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους έχει μία μέγιστη τιμή $\max S$ που εδώ έχει θεωρηθεί ίση με 100 mm. Η απορροή, επιφανειακή και υπόγεια, πραγματοποιείται μόνο όταν έχει κορεστεί η αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους, ($S = \max S$).

Επισημαίνεται ότι το εν λόγω μοντέλο έχει βασικές αδυναμίες για την περίπτωση της λεκάνης Ιωαννίνων, όπου εμφανίζονται σημαντικές εκτάσεις, γυμνών από έδαφος, καρστικών πετρωμάτων. Γι' αυτό και η εκτίμηση που κάνουμε πρέπει να θεωρηθεί χονδροειδώς προσεγγιστική.

Οι σχετικοί υπολογισμοί γίνονται στον Πίνακα 3, όπου προκύπτει ότι η ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (για το μέσο υδρολογικό έτος) είναι 528,2 mm. Πάντως, η τιμή αυτή φαίνεται πολύ λογική, συγκρινόμενη με την πραγματική εξατμισοδιαπνοή της γειτονικής λεκάνης του Άραχθου, που είναι της τάξης των 500 mm, (η λεκάνη του Άραχθου έχει μεγαλύτερο μέσο υψόμετρο).

4.3 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΛΙΜΝΗΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4.3.1 Εξίσωση υδατικού ισοζυγίου - παράμετροι

Η εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου για τη λίμνη Ιωαννίνων μπορεί να διατυπωθεί με τον ακόλουθο τρόπο, (σε ετήσια βάση: (βλ. και [7], σελ. 4.11)).

$$P + Q + G_I = E + Y + A + G_O$$

Είσοδοι I

Έξοδοι O

όπου P = βροχόπτωση

Q = επιφανειακή απορροή προς τη λίμνη

G_I = συμβολή υπόγειων οριζόντων προς τη λίμνη

E = εξάτμιση λίμνης

Y = υπερχείλιση προς την τάφρο Λαψίστας

A = απόληψη για άρδευση

G_O = υπόγειες διαφυγές από τη λίμνη.

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης φτάνει ο προσδιορισμός του ενός από τα μέλη της εξισώσεως, χωρίς να είναι γνωστές όλες οι παράμετροι που υπεισέρχονται σε αυτή. Παρατηρούμε μάλιστα ότι ο προσδιορισμός του δεύτερου μέλους (από τις παραμέτρους του) μπορεί να γίνει με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια, παρά του πρώτου μέλους. Εν πάση περιπτώσει θα κάνουμε μία προσπάθεια για τον χωριστό προσδιορισμό και των δύο μελών από τις παραμέτρους τους. Οι σχετικές εκτιμήσεις αφορούν το μέσο υδρολογικό έτος.

4.3.2 Προσδιορισμός των εισόδων

4.3.2.1 Βροχόπτωση P

Η βροχόπτωση προσδιορίζεται με μεγάλη ακρίβεια και προφανώς ο μέσος ετήσιος όγκος της βροχόπτωσης θα είναι

$$1217,7 \times 10^{-3} \times 22 \times 10^6 = 27 \times 10^6 \text{ m}^3$$

4.3.2.2 Επιφανειακή απορροή, Q

Το τμήμα της συνολικής εκτάσεως της λεκάνης που απορρέει στη λίμνη εκτιμήθηκε σε 355 km^2 ή 75% του συνόλου, (475 km^2). Δυστυχώς η χάραξη του ακριβούς υδροκρίτη των δύο υπολεκανών (λίμνης και τάφρου Λαψίστας) δεν ήταν δυνατό να γίνει με ακρίβεια από το διατιθέμενο χάρτη κλίμακας 1:50.000.

Ο προσδιορισμός της επιφανειακής απορροής μπορεί να γίνει με εφαρμογή ενός συντελεστή απορροής. Μία λογική εκτίμηση για τις γεωλογικές και κλιματικές συνθήκες της λεκάνης των Ιωαννίνων θεωρείται η τιμή 0,20, οπότε το ισοδύναμο ύψος απορροής θα είναι,

$$0,20 \times 1217,7 = 243,5 \text{ mm}$$

και ο αντίστοιχος όγκος

$$243,5 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6 = 86 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Για τεκμηρίωση του παραπάνω συντελεστή συγκρίνουμε τη λεκάνη Ιωαννίνων με την αντίστοιχη του οροπεδίου Λασιθίου. Η τελευταία έχει παρόμοια υδρογεωλογική συμπεριφορά με την πρώτη. Η ομοιότητα συνίσταται σε εκτεταμένες εμφανίσεις καρστικών ασβεστολίθων 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 στο οροπέδιο Λασιθίου το 18-20%. Οι κλιματικές συνθήκες είναι παρόμοιες. Η βροχόπτωση στο οροπέδιο Λασιθίου είναι 1341 mm, η μέση θερμοκρασία $12,9^\circ\text{C}$ (στο πεδινό τμήμα), η μέση σχετική υγρασία 56%, και τέλος η μέση εξάτμιση κατά Penman προκύπτει 1239 mm. Ο συντελεστής απορροής στη λεκάνη του οροπεδίου Λασιθίου προέκυψε από υδρομετρικά δεδομένα και βρέθηκε ίσος με 13%. Έτσι η τιμή 20% θεωρήθηκε λογική για τη λεκάνη Ιωαννίνων δεδομένου ότι στην τελευταία η έκταση του πεδινού τμήματος είναι ποσοστιαία, (αλλά και απόλυτα), μεγαλύτερη.

4.3.2.3 Συμβολή υπόγειων οριζόντων προς τη λίμνη, G_I

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του Πίνακα 3 το συνολικό ισοδύναμο ύψος επιφανειακής και υπόγειας απορροής είναι 689,5 mm. Αν το ύψος επιφανειακής απορροής είναι, σύμφωνα με την παραδοχή της προηγούμενης παραγράφου, 243,5 mm, τότε το ισοδύναμο ύψος υπόγειας απορροής είναι:

$$689,5 - 243,5 = 446 \text{ mm.}$$

Βέβαια απ' αυτό, ένα πολύ μικρό τμήμα καταλήγει στη λίμνη, ενώ το μεγαλύτερο προφανώς θα διαφεύγει προς άλλες λεκάνες.

Για να προσδιορίσουμε την πραγματική συμβολή των υπόγειων οριζόντων στη λίμνη, παίρνουμε υπόψη τις υπάρχουσες σημαντικές πηγές που την τροφοδοτούν. Οι πηγές αυτές δίνουν μία ποσότητα νερού εκμεταλλεύσιμη για άρδευση ίση με $9 \times 10^6 \text{ m}^3$ το καλοκαίρι (βλ. παρ. 1.4). Θεωρώντας ότι η τιμή αυτή αναφέρεται σε 5μηνη περίοδο και ότι η παροχή των πηγών τους υπόλοιπους 7 χειμερινούς μήνες είναι περίπου διπλάσια της θερινής θα έχουμε

$$2 \times \frac{7}{5} \times 9 \times 10^6 = 25 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

Προσθέτοντας στην τιμή αυτή άλλα $5 \times 10^6 \text{ m}^3$, ($\approx 20\%$), θεωρώντας ότι προέρχονται από μικρότερες πηγές καθώς και από τον ασθενή προσχωματικό ορίζοντα, προκύπτει ότι η συνολική συμβολή των υπόγειων οριζόντων είναι ίση με $30 \times 10^6 \text{ m}^3$.

4.3.2.4 Συνολικές εισοδοι στη λίμνη, I

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι συνολικές εισοδοι στη λίμνη θα είναι

$$I = (27 + 86 + 30) \times 10^6 = 143 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

4.3.3 Προσδιορισμός των εξόδων

4.3.3.1 Εξάτμιση, E

Η εξάτμιση υπολογίστηκε στην παράγραφο 4.2.8 και είναι 1046,0 mm, επομένως ο αντίστοιχος όγκος είναι

$$1046 \times 10^{-3} \times 22 \times 10^6 = 23 \times 10^6 \text{ m}^3$$

4.3.3.2 Υπερχείλιση, Υ

Στην παράγραφο 4.2.2 προσδιορίστηκε ο υπερετήσιος μέσος όγκος απορροής της τάφρου Λαψίστας, και βρέθηκε ίσος με $131,59 \times 10^6 \text{ m}^3$. Θεωρώντας ότι το τμήμα που αντιστοιχεί στη λίμνη (υπερχείλιση λίμνης) είναι ανάλογο της έκτασης της επιφάνειας της λεκάνης απορροής της λίμνης, (βλ. παρ. 4.3.2.2), θα είναι

$$Υ = 0,75 \times 131,59 \times 10^6 = 99 \times 10^6 \text{ m}^3$$

4.3.3.3 Απόληψη για άρδευση, Α

Στην παράγραφο 4.1.4 υπολογίστηκε ότι η ποσότητα αρδευτικού νερού που προέρχεται από τη λίμνη είναι $9 \times 10^6 \text{ m}^3$. Θεωρώντας ότι περίπου το 20% ξαναγυρνάει στη λίμνη από το στραγγιστικό δίκτυο, θα έχουμε

$$Α = 0,80 \times 9 \times 10^6 = 7 \times 10^6 \text{ m}^3$$

4.3.3.4 Υπόγειες διαφυγές από τη λίμνη, G₀

Για λόγους που εξηγήθηκαν στην παράγραφο 4.1.3 οι διαφυγές από τη λίμνη θα είναι μικρές. Θεωρούμε μία εκτίμηση

$$G_0 = 12 \times 10^6 \text{ m}^3 (\rightarrow 0,4 \text{ m}^3/\text{sec}).$$

4.3.3.5 Συνολικές έξοδοι από τη λίμνη, O

Σύμφωνα με τα παραπάνω οι συνολικές έξοδοι από τη λίμνη θα είναι

$$O = (22+99+7+12) \times 10^6 = 140 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

Η τιμή αυτή πρακτικά συμπίπτει με την τιμή $I=143 \times 10^6 \text{ m}^3$ που υπολογίστηκε στην παράγραφο 4.3.2.

4.3.4 Χρόνος ανανέωσης της λίμνης

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς των προηγούμενων παραγράφων οι μέσες ετήσιες εισροές στη λίμνη καθώς και οι εκροές απ' αυτή είναι περίπου $140 \times 10^6 \text{ m}^3$. Προκειμένου να υπολογίσουμε το χρόνο ανανέωσης θα αφαιρέσουμε από την εν λόγω τιμή την τιμή της εξάτμισης, ή με άλλα λόγια θα θεωρήσουμε σαν είσοδο την τιμή (βροχόπτωση)-(εξάτμιση) για το λόγο ότι κατά τη διαδικασία της εξάτμισης φεύγει από τη λίμνη μόνο καθαρό νερό, και δεν μεταβάλλονται από τη διαδικασία αυτή οι συνολικά περιεχόμενες στη λίμνη ποσότητες αλάτων, ρύπων κλπ. Για τον ίδιο λόγο η ποσότητα των $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ που θεωρήθηκε ότι επιστρέφει στη λίμνη από το αρδευτικό νερό πρέπει να θεωρηθεί ότι προστίθεται στις εισόδους, και όχι ότι αφαιρείται από τις εξόδους, όπως έγινε. Αυτό γιατί από το νερό που επιστρέφει συγκρατούνται κατά τη διήθησή του στο έδαφος σχεδόν καθ'ολοκληρία οι ρύποι και ορισμένα άλατα (φωσφόρου). Για την περίπτωση του αζώτου αυτό δεν είναι σωστό, λόγω των υψηλών, σε συγκρίση με της λίμνης, συγκεντρώσεων αζώτου στα στραγγιζόμενα νερά, αλλά και εδώ η διαφορά είναι μικρή, λόγω της πολύ μικρής ποσότητας νερού.

Έτσι τελικά θα έχουμε:

$$I = O = (140-23+2+2) \times 10^6 = 121 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}.$$

Ο μέσος όγκος της λίμνης είναι $95 \times 10^6 \text{ m}^3$, οπότε ο μέσος χρόνος ανανέωσης της λίμνης προκύπτει

$$L_p = \frac{V}{O} = \frac{95 \times 10^6}{121 \times 10^6} = 0,79 \text{ έτη} = 9,4 \text{ μήνες}$$

και η αντίστοιχη συχνότητα ανανέωσης

$$V_p = \frac{1}{t_p} = 1,27 \text{ φορές/έτος.}$$

Οι παραπάνω τιμές είναι μέσες ετήσιες, και αν θεωρηθεί ότι τα μεγέθη I και O ακολουθούν κανονική κατανομή, θα αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς $T=2$. Προκειμένου να υπολογίσουμε τιμές και για άλλες περιόδους επαναφοράς δεχόμαστε την κανονική κατανομή, και δεχόμαστε ακόμα ότι ο συντελεστής διασποράς είναι ίσος με τον αντίστοιχο των απορροών της τάφρου Λαψίστας, δηλ. 0,37. Η παραδοχή αυτή είναι λογική δεδομένου ότι το μεγαλύτερο τμήμα των συνολικών εξόδων, δηλαδή τα 99 από τα $121 \times 10^6 \text{ m}^3$, οφείλονται στην τάφρο Λαψίστας. Έτσι θα έχουμε: $\sigma_o = 0,37 \times 121 = 44,8 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Υπολογίζουμε λοιπόν τις αντίστοιχες τιμές του O για $T = 5$ έτη/ελάχιστη τιμή ($F = 0,20$) και $T = 5$ έτη/μέγιστη τιμή ($F_1 = 0,20$, $F = 0,80$).

$$F = 0,20 \rightarrow w_{0,2} = \frac{O_{0,2} - \bar{O}}{\sigma_o} = -0,84$$

$$O_{0,2} = (121 - 0,84 \times 44,8) \times 10^6 = 83 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\text{άρα } t_p = \frac{95 \times 10^6}{83 \times 10^6} = 1,14 \text{ έτη} = 13,7 \text{ μήνες.}$$

$$F = 0,80 \rightarrow w_{0,8} = \frac{O_{0,8} - \bar{O}}{\sigma_o} = 0,84$$

$$O_{0,8} = (121 + 0,84 \times 44,8) \times 10^6 = 159 \times 10^6 \text{ m}^3$$

άρα $t_p = \frac{95 \times 10^6}{159 \times 10^6} = 0,60 \text{ έτη} = 7,1 \text{ μήνες.}$

Συνοψίζουμε τα παραπάνω στον ακόλουθο πίνακα:

Περίοδος επαναφοράς (έτη)	Χρόνος ανανέωσης (έτη) (μήνες)		Συχνότητα ανανέωσης φορές/έτος
T=2 (μέση τιμή)	0,79	9,4	1,27
T=5/ξηρές συνθήκες	1,14	13,7	0,87
T=5/υγρές συνθήκες	0,60	7,2	1,67

Στο [4] έχει εκτιμηθεί ότι η συχνότητα ανανέωσης της λίμνης Ιωαννίνων είναι, με συντηρητικές εκτιμήσεις, 3 έως 5 φορές το χρόνο. Τα παραπάνω συμπεράσματα μας βρίσκονται σε ριζική αντίθεση με την εκτίμηση αυτή. Σημειώνεται ότι μία τέτοια εκτίμηση ισοδυναμεί με μέσες ετήσιες εισροές $285 \div 475 \times 10^6 \text{ m}^3$, από τις οποίες αν αφαιρεθεί η διαφορά (βροχόπτωση)-(εξατμισοδιαπνοή) της λίμνης ($\approx 5 \times 10^6 \text{ m}^3$) προκύπτει η συμβολή της επιφανειακής και υπόγειας απορροής ίση με $280 \div 470 \text{ m}^3 \times 10^6$ και το ισοδύναμο ύψος $788 \div 1323 \text{ mm}$. Η πρώτη τιμή είναι μεγαλύτερη από τη συνολική επιφανειακή και υπόγεια απορροή της λεκάνης, (690 mm) και η δεύτερη είναι μεγαλύτερη ακόμα και από τη βροχόπτωση (1218 mm). Κατά συνέπεια, τα συμπεράσματα της [4] ως προς την εκτίμηση αυτή είναι προφανώς εσφαλμένα.

4.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δ. Κουτσογιάννης, 1983: "Υδρολογία ποταμού Καλαμά", στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.
2. ΤΕΕ, Τμήμα Ηπείρου, Μ.Ε. περιβάλλοντος, 1983: Εισήγηση στην ημερίδα "Καθαρισμός και διάθεση των αστικών λυμάτων της πόλης Ιωαννίνων".
3. ΓΟΕΒ Λεκάνης Ιωαννίνων, 1983: "Έκθεση πεπραγμένων έτους 1982".
4. Hamnerton, D. 1980: "Report on a visit to Greece to advise on Problems of eutrophication in Lake Ioannina and in Lake Vegoritis", WMO.
5. Ι. Μπροσούλης, Π. Γιακκουπής, 1977: "Γεωλογική-κοιτασμα-τόλογική ανάγνωση λεκάνης Ιωαννίνων", (ΙΓΜΕ).
6. Δούνας, 1969: "Έκθεση επί της υδρογεωλογικής αναγνωρίσεως προς εντοπισμόν των πηγών αι οποίαι πιθανόν να επικοινωνούν με την καταβόθραν Βοϊνίκου, ήτις προτείνεται ως αποδέκτης των λυμάτων της πόλεως Ιωαννίνων", (ΙΓΕΥ).
7. Θ. Ξανθόπουλος, "Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία", Ε.Μ.Π., 1984.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΧΡΗΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΝΕΡΩΝ

5.1 ΘΕΣΜΟΘΕΤΗΜΕΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΩΝ

Για τα επιφανειακά νερά των νομών Ιωαννίνων και Θεσπρωτίας έχουν εκδοθεί και ισχύουν οι παρακάτω νομαρχιακές αποφάσεις:

α) Η υπ' αριθμ. 2234/8.2.1975 κοινή νομαρχιακή απόφαση Νομαρχών Ιωαννίνων και Θεσπρωτίας "περί καθορισμού αποδέκτου και όρων διαθέσεως λυμάτων πόλης Ιωαννίνων". Η απόφαση αυτή ορίζει αποδέκτη των λυμάτων της πόλης Ιωαννίνων τον ποταμό Καλαμά και καθορίζει:

1. Σημείο εκβολής των λυμάτων την εκβολή της σήραγγας Λαψίστας (καταρράκτης Κληματιάς).
2. Τα νερά, από την εκβολή και σε απόσταση ενός, (1), χιλιομέτρου, για χρήση αλιείας και κάθε άλλη χρήση, εκτός από ύδρευση και κολύμβηση, και στη συνέχεια για ύδρευση και κάθε άλλη χρήση.
3. Η διάθεση των λυμάτων θα πραγματοποιείται μετά από βιολογικό καθαρισμό υψηλού βαθμού απόδοσης.
4. Τα διατιθέμενα λύματα θα χλωριώνονται.
5. Η συντήρηση του αποδέκτη, όποτε υπάρχει ανάγκη θα πραγματοποιείται με μέριμνα και δαπάνες του Δήμου Ιωαννιτών.
6. Σε περίπτωση που απαιτηθούν πρόσθετα μέτρα επεξεργασίας των λυμάτων, θα καθορισθούν με νεώτερη απόφαση οι προς τούτο όροι.

Η παραπάνω απόφαση είναι ασαφής ως προς την ποιότητα των νερών για τις αναφερόμενες χρήσεις (π.χ. ο όρος "ύδρευση" περιέχει ευρύτατες διακυμάνσεις, ανάλογα με το σύστημα επεξεργασίας πριν από τη διάθεση, γι' αυτό και σήμερα ορίζεται, ύδρευση κατηγορίας A1, A2, A3).

β) Η υπ' αριθμ. ΚΥ/1503/2.6.1981 νομαρχιακή απόφαση του Νομάρχη Θεσπρωτίας με την οποία ανακαλείται μονομερώς η παραπάνω κοινή

νομαρχιακή απόφαση (ΚΥ/2234/8.2.75) που ορίζει τον ποταμό Καλαμά σαν αποδέκτη των λυμάτων της πόλεως Ιωαννίνων. Η ανάκληση αυτή επικαλείται σαν λόγους:

- Τη διαμαρτυρία της ένωσης Δήμων και Κοινοτήτων του Νομού Κερκύρας για αποτροπή της ρύπανσης του ποταμού Καλαμά και της θάλασσας από τη διάθεση των λυμάτων της πόλης Ιωαννίνων.
- Την αλλαγή φορέα με τη σύσταση εταιρείας ύδρευσης και αποχέτευσης της πόλης Ιωαννίνων.

γ) Το υπ' αριθμ. Α₅/1928/5.8.81 έγγραφο του Γεν. Γραμματέα του Υπουργείου Κοινωνικών Υπηρεσιών σε απάντηση στην παραπάνω νομαρχιακή απόφαση όπου αναφέρονται τα εξής:

"Σύμφωνα με τη σχετική υγειονομική διάταξη (221/65), οι κοινές αποφάσεις των Νομαρχών για τον καθορισμό της χρήσης των αποδεκτών και των ειδικών όρων διάθεσης λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, τροποποιούνται με τήρηση της ίδιας διαδικασίας, που ακολουθήθηκε για την έκδοσή τους, (αριθμ. 6, παρ. 3).

Επομένως, για την τροποποίηση της σχετικής διανομαρχιακής απόφασης (2234/8.2.75), εφόσον έχει εκδηλωθεί επίσημα σχετική πρόθεση από τη μια πλευρά, κρίνεται σκόπιμο, ύστερα από πρόταση της μίας Νομαρχίας, να κινηθεί η νομότυπη διαδικασία στο διανομαρχιακό επίπεδο και σε περίπτωση διαφωνίας, να παραπεμφθεί η υπόθεση στους αρμόδιους υπουργούς για τελική απόφαση (αριθμ. 6, παρ. 2)."

δ) Η υπ' αριθμ. 758 νομαρχιακή απόφαση του Νομάρχη Ιωαννίνων περί "καθορισμού χρήσεων επιφανειακών υδάτων" που καθορίζει:

1. Τα νερά του ποταμού Άραχθου από τη γέφυρα Μπαλντούμας και κάτω μέχρι τα όρια των νομών Ιωαννίνων-Άρτας και των παραποτάμων του, Ζαγορίτικου και Ζουρίκα, για αλιεία και κάθε άλλη χρήση, εκτός από ύδρευση και κολύμβηση.
2. Τα νερά της λίμνης Παμβώτιδας, (Ιωαννίνων), καθώς και της περιφερειακής της τάφρου για κολύμβηση και κάθε άλλη χρήση εκτός από ύδρευση.

3. Τα νερά των στραγγιστικών αποχετευτικών τάφρων και χανδάκων του ανατολικού και νοτιοανατολικού λεκανοπεδίου Ιωαννίνων που περιλαμβάνονται απ' τις κοινότητες Ανατολής, Κατσικάς, Κουτσελίου, Χαροκοπίου και μέχρι Λογγάδων, τα νερά που χύνονται στη λίμνη Παμβώτιδα, και συγκεκριμένα διακόσια (200) μέτρα πριν απ' την είσοδό τους στη λίμνη, για αλιεία και κάθε άλλη χρήση εκτός από ύδρευση και κολύμβηση. Τα νερά των χειμάρρων που χύνονται στις τάφρους αυτές, για άρδευση.
4. Τα νερά των στραγγιστικών τάφρων και αποχετευτικών χανδάκων που διασχίζουν το ΝΔ λεκανοπέδιο Ιωαννίνων και καταλήγουν στις μικρολίμνες και καταβόθρες των αγροτικών περιοχών Ανατολής, Μπάφρας, Νεοκαισάρειας, Μπιζανίου, Αυγού, Επισκοπικού, Αμπελιάς και Πεδινής για αλιεία και κάθε άλλη χρήση εκτός από ύδρευση και κολύμβηση.
5. Εξουσιοδοτεί τη Διεύθυνση Υγιεινής και τις συναρμόδιες υπηρεσίες για τον έλεγχο και την έγκριση των υποβαλλομένων μελετών διάθεσης λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων στους ανωτέρω αποδέκτες.

ε) Η υπ' αριθμ. 9451/11.11.78 Απόφαση της Νομαρχίας Ιωαννίνων περί "Καθορισμού χρήσεων των νερών της συλλεκτηρίου κεντρικής στραγγιστικής αποχετευτικής τάφρου Λάψιστας", που θεωρήθηκε αναγκαίο να συμπληρωθεί με νεώτερη απόφαση, ως εξής:

I. Ορίζει σαν ανώτερης τάξης χρήση των νερών της τάφρου Λάψιστας, την αλιεία και άρδευση και κάθε άλλη χρήση εκτός από ύδρευση και κολύμβηση, καταργώντας ταυτόχρονα την υπ' αριθμ. ΚΥ/14730/5.9.76 παρόμοια απόφαση.

II. Επιτρέπει τη διάθεση λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων στην τάφρο Λάψιστας κατόπιν άδειας που χορηγείται σύμφωνα με την παρ. V της παρούσας και εφόσον τηρούνται όλοι οι όροι της Υγειονομικής Διάταξης ΕΙΒ/221/65 και επιπλέον οι ακόλουθοι ειδικοί όροι:

1. Τα διατιθέμενα λύματα και βιομηχανικά απόβλητα θα υποβάλλονται στην κατάλληλη επεξεργασία καθαρισμού ώστε μετά τη διάθεσή τους στην τάφρο τα νερά της να διατηρούν τα γενικά χαρακτηριστικά τα προβλεπόμενα από την ανωτέρω διάταξη για τις καθοριζόμενες χρήσεις, (άρθρο 4, παρ. 1), καθώς και τα παρακάτω ειδικά χαρακτηριστικά:

- pH 6,5-8,3
- στερεά αιωρούμενα μέχρι 25 mg/l
- αγωγιμότητα μέχρι 750 $\mu\text{mhos/cm}$
- χλωριόντα μέχρι 100 mg/l
- βαθμός αλκαλίωσης μέχρι 60%
- βόριο μέχρι 0,3 mg/l
- να μην έχουν ιδιόζουσα οσμή
- να μην περιέχουν τοξικά στοιχεία και ενώσεις σε συγκεντρώσεις επικίνδυνες για τις καλλιέργειες, τα εδάφη και τους ανθρώπους, (μέσω τροφικής αλυσίδας)

2. Οι θέσεις των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των λυμάτων και αποβλήτων καθώς και οι θέσεις εκβολής τους μετά την επεξεργασία καθαρισμού, καθορίζονται έτσι ώστε να μη δημιουργούνται ενοχλήσεις για τους περίοικους και να εξασφαλίζεται γρήγορη ανάμιξη και επαρκής αραίωση με τα νερά του αποδέκτη.

III. Η παρακολούθηση της εφαρμογής σε ό,τι αφορά την αρδευτική χρήση των νερών, ανατίθεται στην εποπτεία Ε.Β. Ιωαννίνων, που θα διενεργεί κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου δειγματοληψίες των νερών της τάφρου Λάψιστας στις κατάλληλες θέσεις, καθώς και από οποιαδήποτε άλλη διώρυγα ή τάφρο των δικτύων κρίνει σκόπιμο, και θα αποστέλλει τα δείγματα στο εδαφοϋδρολογικό εργαστήριο της Γ.Δ.Ε.Β. (Νίκαια, Πειραιά) για έλεγχο της ποιότητάς τους.

Για τον έλεγχο των υγειονομικών απαιτήσεων θα μεριμνά η Διεύθυνση Υγιεινής της Νομαρχίας. Επίσης η ίδια Υπηρεσία μαζί με την Εποπτεία Ε.Β. Ιωαννίνων είναι αρμόδιες να εισηγηθούν

τυχόν συμπληρώσεις ή τροποποιήσεις της παρούσας απόφασης, εφόσον διαπιστωθεί τέτοια ανάγκη κατά την εφαρμογή της.

IV. Η συντήρηση και ο καθαρισμός της τάφρου γίνεται με μέριμνα και δαπάνη των οικείων Οργανισμών Ε.Β. που καθορίζουν τα τυχόν απαιτούμενα ανταποδοτικά τέλη στους ενδιαφερόμενους.

V. Οι άδειες διάθεσης αποβλήτων χορηγούνται στους ενδιαφερόμενους σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 14 της Διάταξης, και:

- α. μετά από έγκριση της υποβαλλόμενης μελέτης από τις ενδιαφερόμενες υπηρεσίες, και
- β. μετά από έγκριση της σχετικής αίτησης από τον οικείο οργανισμό Ε.Β. που στη δικαιοδοσία του υπάγεται η θέση εκβολής.

στ) Η υπ' αριθμ. 6854/9.7.1980 Νομαρχιακή Απόφαση του Νομάρχη Ιωαννίνων περί "καθορισμού χρήσεως Επιφανειακών νερών της Συλλεκτηρίου Κεντρικής Στραγγιστικής τάφρου Λαγγάτσας που:

1. Καθορίζει ότι τα νερά της συλλεκτήριας κεντρικής στραγγιστικής αποχετευτικής τάφρου Λαγγάτσας, από το σημείο εκκίνησης της περιοχής Βουνοπλαγιάς, μέχρι 200 μ. πριν το τέρμα, πρέπει να είναι της τάξης "για αλιεία και κάθε άλλη χρήση", εκτός από ύδρευση και κολύμβηση, τροποποιώντας ταυτόχρονα και την υπ' αριθμ. ΚΥ/14729/3.9.76 παρόμοια απόφαση.
2. Εξουσιοδοτεί τη Δ/ση Υγιεινής της Νομαρχίας Ιωαννίνων σαν αρμόδια Υπηρεσία, για την έγκριση κάθε μελέτης διάθεσης λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, στον αποδέκτη αυτόν.

ζ) Η υπ' αριθμ. 10347/20.11.1975 Νομαρχιακή Απόφαση του Νομάρχη Ιωαννίνων "περί καθορισμού αποδέκτη και όρων διάθεσης λυμάτων Νέου Οικισμού Δωδώνης Ιωαννίνων, που:

1. Ορίζει αποδέκτη των λυμάτων του Νέου Οικισμού Δωδώνης Ιωαννίνων τον ποταμό Σμόλιτσα.

2. Καθορίζει:

- Σημείο εκβολής των λυμάτων τη Γέφυρα "Μέγα Λάκκου"
- Τα νερά, από το σημείο εκβολής και εκείθεν για άρδευση, ψύξη μηχανών και κάθε άλλη χρήση, εκτός από ύδρευση, κολύμβηση και αλιεία.
- Η διάθεση των λυμάτων θα πραγματοποιείται μετά από βιολογικό καθαρισμό ψηλού βαθμού απόδοσης.
- Τα διατιθέμενα λύματα θα χλωριώνονται.
- Τα επεξεργασμένα λύματα από την εγκατάσταση μέχρι το σημείο εκβολής θα παροχετεύονται με κλειστό αγωγό.
- Η συντήρηση του αποδέκτη, όποτε παρίσταται ανάγκη, θα πραγματοποιείται με μέριμνα και δαπάνη του Νέου Οικισμού Δωδώνη.
- Σε περίπτωση που απαιτηθούν πρόσθετα μέτρα επεξεργασίας των λυμάτων, θα καθορισθούν με νεώτερη απόφαση οι προς τούτο όροι.

5.2 ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΟΥΜΕΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΩΝ

Οι πραγματοποιούμενες χρήσεις των επιφανειακών υερών της περιοχής μελέτης είναι οι παρακάτω:

5.2.1 Λίμνη Ιωαννίνων

Χρησιμοποιείται για,

- άρδευση των εκτάσεων της περιοχής του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων,
- αλιεία ιχθύων, κυρίως πέστροφας, κυπρίνου και χελιών,
- κολύμβηση,
- αναψυχή, (κωπηλασία, ιστιοπλοία)

Η διάθεση λυμάτων απαγορεύεται στη λίμνη. Πραγματοποιούνται όμως κάποιες παράνομες διαθέσεις κυρίως από τα Δημοτικά Σφαγεία, το Νοσοκομείο της πόλης και τις παράνομες συνδέσεις στο δίκτυο ομβρίων.

5.2.2 Αποστραγγιστικές τάφροι νότια της λίμνης

Οι τάφροι αυτές χρησιμοποιούνται, πέρα από την αποστράγγιση και για τη διάθεση αποβλήτων, κυρίως κτηνοτροφικών έμμεσων ή άμεσων.

5.2.3 Τάφος Λαψίστας

Η τάφος αυτή χρησιμοποιείται για,

- άρδευση,
- διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων, γεωργικών βιομηχανιών και χοιροτροφείων.

5.2.4 Ποταμός Καλαμάς

Στον ποταμό Καλαμά πραγματοποιούνται οι χρήσεις:

- Αλιεία πέστροφας και κυπρίνου από τις πηγές και τουλάχιστον μέχρι το ύψος της Βροσίνας.

- Αρδευση: Σύμφωνα με στοιχεία της Νομαρχίας Θεσπρωτίας από τον ποταμό Καλαμά αρδεύονται εκτάσεις που βρίσκονται κοντά στις εκβολές του Καλαμά, σημαντικότερες από τις οποίες είναι οι κάμποι της Σαγιάδας, του Ραγίου, της Κεστρίνας, του Ασπροκλησιού και της Ν. Σελεύκειας.

Πιο συγκεκριμένα:

- α) Αρδευτικό έργο Κάτω Καλαμά. Αρδεύτηκαν το 1983, 16.734 στρ. με φυσική ροή από το φράγμα και 966 με άντληση. Η αρδευτική έκταση του έργου ανέρχεται σε 22.158 στρ. και με την κατασκευή συμπληρωματικών έργων μπορεί να φθάσει σε 32.000 στρ.
 - β) Αρδευτικό έργο Βρυσελλών-Παραποτάμου. Αρδεύτηκαν το 1983, 2.000 στρέμματα με άντληση από τον Καλαμά. Η αρδεύσιμη έκταση ανέρχεται σε 2450 στρ. που μπορεί να φθάσει τα 2.750 με την εκτέλεση διαφόρων μικρών έργων.
 - γ) Με άντληση από κοινότητες και γεωργούς αρδεύτηκαν επίσης άλλα 2.650 στρ. από τα οποία τα 1250 με άντληση και τα 1400 με φυσική ροή.
- Υδρευση. Σύμφωνα με στοιχεία της Υπηρεσίας Υγιεινής της Ηγουμενίτσας το νερό του Καλαμά χρησιμοποιείται για την ύδρευση 9 κοινοτήτων του νομού Θεσπρωτίας. Τα στοιχεία αυτά, όπως μας τα διαβίβασε η Νομαρχία, είναι συγκεντρωμένα στον πίνακα 1. Πάνω στον πίνακα αυτό πρέπει να γίνουν οι εξής παρατηρήσεις:
 - α) Οι κοινότητες Σίδερης και Ελαίας υδρεύονται από φρέαρ που απέχει 15 μ από την κοίτη του Καλαμά. Σύμφωνα με έγγραφο της Κοινότητας Σίδερης η υδροληψία αυτή δεν είναι καθόλου ικανοποιητική λόγω του μεγάλου κόστους των αντλήσεων (το νερό αντλείται διαδοχικά σε τρείς δεξαμενές) που ανεβάζουν την τιμή του νερού σε 500 δραχ./m³. Η Κοινότητα φαίνεται

να επιθυμεί την εξεύρεση άλλης πηγής υδροδότησης. Εξάλλου, η μέση ετήσια κατανάλωση νερού από τα στοιχεία του πίνακα είναι 35 λ/κάτοικο/ημ. που δείχνει ότι η υδροληψία πρέπει να γίνεται μόνο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

- β) Οι Κοινότητες Ράγιο, Καστρί, Μαυρούδι, Αγ. Βλάσης και Παραπόταμος έχουν σχηματίσει ένα Σύνδεσμο Ύδρευσης και αντλούν το νερό από φρέαρ που βρίσκεται σε απόσταση 500 μ. από τον Καλαμά. Η μέση ετήσια κατανάλωση είναι και στην περίπτωση αυτή 35 λ/κάτοικο/ημ.
- γ) Η Κοινότητα Ραβενής βρίσκεται σε υψόμετρο 150 μ. πάνω από την κοίτη του Καλαμά, σε έδαφος ορεινό και σε απόσταση 1.000 μ. από την κοίτη. Φαίνεται μάλλον απίθανο η Κοινότητα αυτή να υδροδοτείται από τον Καλαμά δεδομένου ότι η περιοχή είναι ιδιαίτερα πλούσια σε πηγές. Εξάλλου, η ποσότητα των 29.000 m³ που αντλείται το χρόνο, κατά δήλωση της Κοινότητας είναι υπερβολική, (490 λ/κατ./ημ.).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Ύδρευση από τον ποταμό Καλαμά (τα στοιχεία προέρχονται από παραποτάμιες Κοινότητες)

α/α	Κοινότητα ή Συνοικισμός	Αρ. κατοίκων (απ. 1981)	Θέση υδροληψίας	Απόσταση θέσης υδροληψίας και ποταμού (m)	Ποσότητα νερού ανά έτος (m ³)	Διάρκεια ύδρευσης	Επεξεργασία
1	Σίδερη	166	"Κέρβα"	50	4.000	όλο το χρόνο	-
2	Ελαία	150					
3	Βουσέλα	242	γέφ. Μπέλεϋ	20	10.000	" "	-
4	Ράγιο	174	" "				
5	Καστρί	684	πίσω από τα ψυγεία			" "	
6	Μαυρούδι	283	κ. Βεζδρεβάνη	500	35.000	" "	χλωρίωση
7	Αν. Βλάσης	431					
8	Παραπόταμος	663					
9	Ραβενή	162	;	100	29.000	" "	-

5.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΡΗΣΕΩΝ - ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

5.3.1 Κατηγορίες χρήσεων γλυκών επιφανειακών νερών

Στον Πίνακα 2 φαίνονται οι κατηγορίες χρήσεων των γλυκών επιφανειακών νερών όπως αναγνωρίζονται σήμερα από την ΕΟΚ και άλλους Οργανισμούς. Επισημαίνεται ότι ο όρος "χρήση" έχει πολύ πλατειά έννοια και περιλαμβάνει ανάγκες για ύδρευση, αλιεία, κολύμβηση, βιομηχανική χρήση, άρδευση, αναψυχή κλπ. Στον πίνακα έχουν περιληφθεί μόνο οι χρήσεις εκείνες που απαιτούν ειδικά ποιοτικά κριτήρια για την ικανοποίησή τους. Δεν περιλαμβάνονται π.χ. χρήσεις όπως η διάθεση λυμάτων, η ναυσιπλοΐα κλπ.

Μερικές από τις γενικές κατηγορίες χρήσεων περιλαμβάνουν και υποκατηγορίες. Αυτό είναι αναγκαίο π.χ. στην περίπτωση της χρήσης για υδροληψία πόσιμου νερού όπου διακρίνονται τρεις διαφορετικές κατηγορίες ποιότητας νερών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υδροληψία αλλά απαιτούν διαφορετικούς βαθμούς επεξεργασίας για να γίνουν κατάλληλες για πόσιμο νερό.

Αντίστοιχα διακρίνονται δύο γενικές υποκατηγορίες ποιότητας για τη διαβίωση ιχθύων εφόσον όλα τα ψάρια δεν έχουν τις ίδιες απαιτήσεις, κυρίως σε διαλυμένο οξυγόνο.

Επίσης αναγνωρίζονται δύο βασικές αγροτικές χρήσεις, η άρδευση και η ύδρευση ζώων. Όσον αφορά την άρδευση, οι απαιτήσεις ποιότητας των νερών εξαρτώνται από το είδος της καλλιέργειας, τον τύπο του εδάφους και την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται. Έτσι, τα ποιοτικά κριτήρια είναι γενικά και αφορούν τις πιο ευαίσθητες καλλιέργειες. Κάτι ανάλογο συμβαίνει με την ύδρευση ζώων, όπου π.χ. τα πρόβατα είναι πιο ευαίσθητα στη λήψη χαλκού από τους χοίρους.

Η μεγαλύτερη δυσκολία στη συγκρότηση ποιοτικών κριτηρίων εμφανίζεται για τα νερά που προορίζονται για βιομηχανική χρήση όπου οι απαιτήσεις ποικίλουν εξαιρετικά όχι μόνο μεταξύ διάφορων τύπων βιομηχανιών αλλά και μεταξύ βιομηχανιών του ίδιου τύπου. Έτσι, οι τιμές των κριτηρίων που δίνονται στη βιβλιογραφία θα πρέπει να θεωρούνται σαν ενδεικτικές.

Τέλος, η χρήση για σκοπούς αναψυχής και διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος αναφέρεται εδώ για να τονιστεί ότι οι υδάτινοι αποδέκτες, λίμνες, ποτάμια, παράκτια νερά αποτελούν ένα αναπόσπαστο τμήμα του περιβάλλοντος χώρου και συνεισφέρουν εξαιρετικά στη γενική αισθητική του τοπίου ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται για σκοπούς αναψυχής.

Επίσης, ορισμένοι αποδέκτες αποτελούν υδροβιότοπους μεγάλης σημασίας για τη διατήρηση σπάνιων ειδών του ζωικού και φυτικού βασιλείου και η βιολογική αξία τους θα πρέπει να αναγνωρισθεί πριν από τον καθορισμό των χρήσεων και των σχετικών κριτηρίων ποιότητας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Ταξινόμηση χρήσεων γλυκών επιφανειακών νερών

Κύρια Κατηγορία Χρήσης	Υποκατηγορίες για τις οποίες υπάρχουν κριτήρια ποιότητας
I. Υδροληψία πόσιμου νερού	A₁ - Απλή φυσική επεξεργασία (ταχεία διύλιση) και απολύμανση A₂ - Τυπική φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση (προ-χλωρίωση, κροκκίδωση, καθίζηση, διύλιση, τελική απολύμανση). A₃ - Προχωρημένη φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση (χλωρίωση, κροκκίδωση, καθίζηση, διύλιση, προσρόφηση με ενεργό άνθρακα, απολύμανση)
II. Αλιεία	II-1 Διαβίωση σαλμονίδων (πέστροφες, κορήγονος) II-2 Διαβίωση κυπρινίδων (τούρνα, πέρκα, χέλι)
III. Αγροτική χρήση	III-1 Άρδευση III-2 Ύδρευση ζώων
IV. Κολύμβηση	
V. Βιομηχανική χρήση	
VI. Διατήρηση φυσικού περιβάλλοντος και αναψυχή	

5.3.2 Κριτήρια Ποιότητας

Επειδή η κάθε επιμέρους χρήση παίζει το δικό της ρόλο στον υδάτινο κύκλο είναι βασικό να προσδιορισθούν και τα όρια των ποιοτικών χαρακτηριστικών που εξασφαλίζουν αυτή τη χρήση. Τα κριτήρια ποιότητας είναι ακριβώς το αποτέλεσμα του συσχετισμού της ποιότητας του νερού με την ειδική χρήση του.

Τα κριτήρια ποιότητας εκφράζονται συνήθως με τη μορφή μέγιστης επιθυμητής και μέγιστης επιτρεπτής συγκέντρωσης. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός δημοσιεύσεων που προσδιορίζουν κριτήρια ποιότητας των νερών για τις διάφορες χρήσεις. Η μελέτη αυτή βασίστηκε στις σχετικές κατευθυντήριες οδηγίες (directives) της ΕΟΚ, (από τον Ιανουάριο 1981 η χώρα μας έπρεπε να εναρμονισθεί πλήρως με όλες τις κατευθυντήριες οδηγίες της ΕΟΚ που αφορούν σε θέματα ποιότητας των νερών ποταμών). Στη συνέχεια παραπέμπουμε στις παρακάτω οδηγίες της ΕΟΚ σχετικά με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά των γλυκών επιφανειακών νερών ανάλογα με τη χρήση τους:

1. Κατευθυντήρια οδηγία L194/76 της 16ης Ιουνίου 1975 "Απαιτούμενη ποιότητα επιφανειακών νερών για την υδροληψία ποσίμου".
2. Κατευθυντήρια οδηγία L271/44, Οκτωβρίου 1979 "Μέθοδοι μετρήσεως, συχνότητες δειγματοληψίας και αναλύσεως ύδατος για χρήση υδροληψίας ποσίμου".
3. Κατευθυντήρια οδηγία L31/1 της 8ης Δεκεμβρίου 1975 "Απαιτούμενη ποιότητα επιφανειακών νερών για κολύμβηση".
4. Κατευθυντήρια οδηγία L222/1 της 18ης Ιουλίου 1978 "Απαιτούμενη ποιότητα νερών για τη διαβίωση ιχθύων".

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΩΝ ΚΑΛΑΜΑ

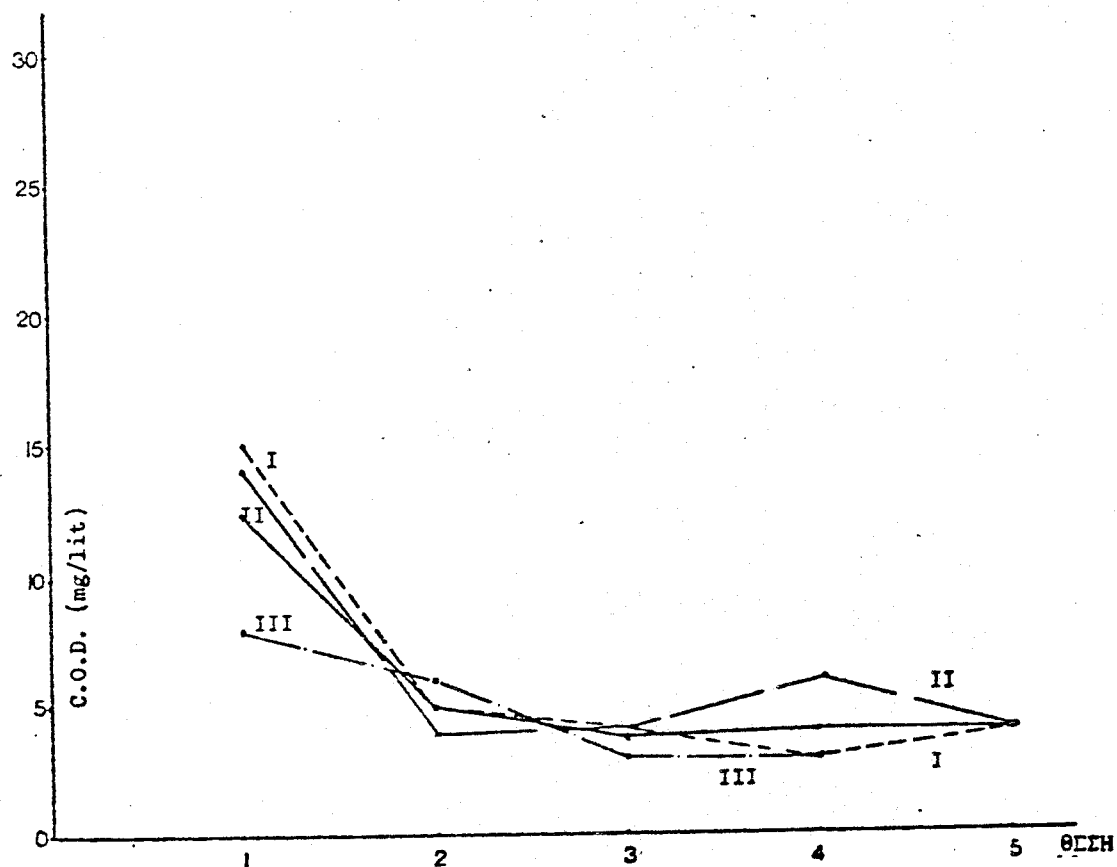
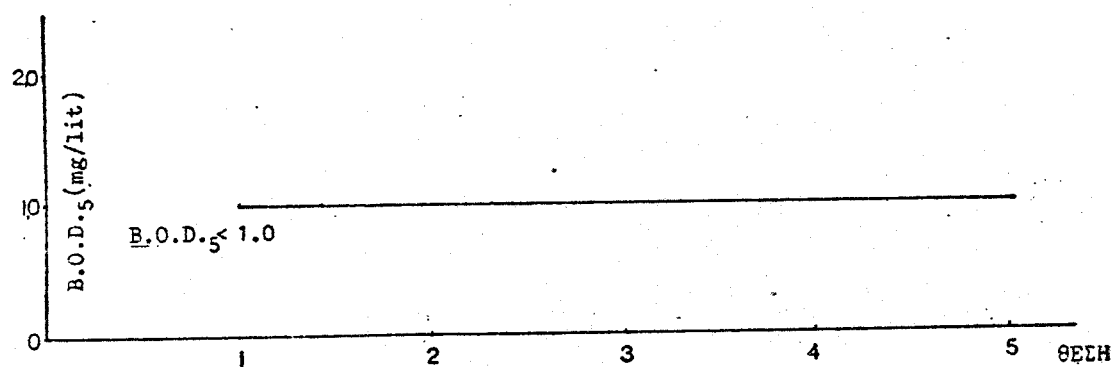
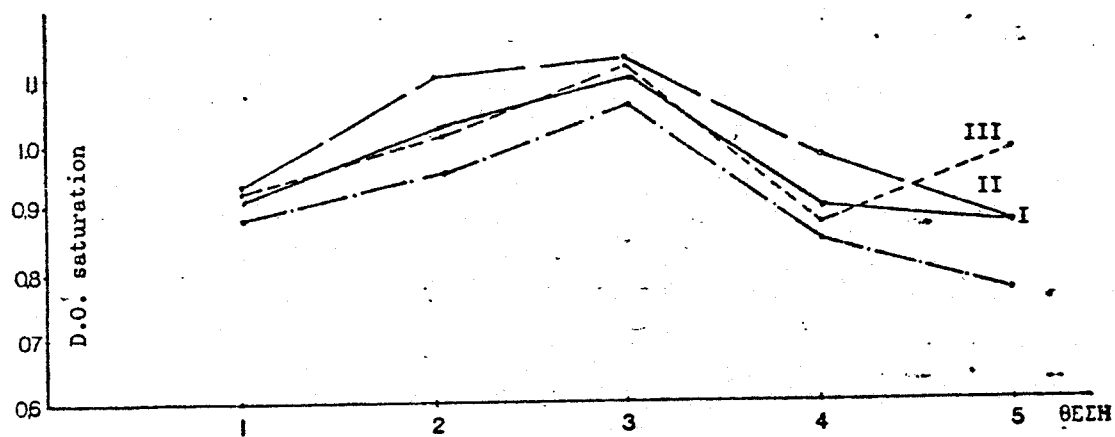
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Στους έξι πρώτους πίνακες που ακολουθούν δίνονται τα αποτελέσματα των τριών μετρήσεων σε κάθε θέση για καθεμία από τις πέντε θέσεις δειγματοληψίας, καθώς και ο μέσος όρος τους. Επίσης δίνονται οι γραφικές παραστάσεις της διαίτηάς του διαλυμένου οξυγόνου (βαθμός κορεσμού), του COD και του BOD₅ κατά μήκος του ποταμού Καλαμά, (Σχήματα 1 ως 6), αντίστοιχα, για τις 5 θέσεις δειγματοληψίας.

Πρέπει να σημειωθεί για τη δειγματοληψία της 7/9/83, ότι έγινε δύο μέρες μετά από ισχυρή βροχόπτωση στην περιοχή. Έτσι πολλά από τα δείγματα είχαν μεγάλο βαθμό θολερότητας. Επίσης στις 5/12/83 δεν έγινε η τρίτη σειρά δειγματοληψίας λόγω κακών καιρικών συνθηκών.

Στον τελευταίο πίνακα 7 έγινε μία μέτρηση σε κάθε θέση και διαπιστώθηκε η αυξημένη παρουσία θεικών. Προφανώς χρειάζεται πληρέστερη διερεύνηση με περισσότερες από μία μετρήσεις σε κάθε θέση.

ΣΧΗΜΑ 1. Σχηματική αξιολόγηση Πίνακα 1
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ 27/7/83



ΠΙΝΑΚΑΣ 1.α. Θέση 1, έξοδος σήραγγας Λαψίστας - 27/7/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	8:18	11:35	14:40	
Θερμοκρασία(°C)	19,0	19,2	19,5	19,2
pH	7,8	7,5	7,5	7,6
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	385	381	378	381
D.O. (mg/l)	8,3	8,6	8,7	8,5
D.O. saturation	0,88	0,92	0,93	0,91
B.O.D. ₅ (mg/l)	<1	<1	<1	<1
C.O.D. (mg/l)	15	14	8	12,3
NH ₄ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₂ ⁻ (ppb)	11,6	10,8	9,5	10,6
Cl ₂ (ppm)	0,28	0,14	0,42	0,28
Cl ⁻ (ppm)	21	21,3	22,8	21,7
S ⁼ (ppb)	5	5	5	5
PO ₄ ⁼ (ppb)	20	19	18	19
SiO ₃ (ppm)	4,73	5,43	5,37	5,18
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	163	166	167	165,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.β. Θέση 2, Σουλόπουλο - 27/7/83 .

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	9:36	12:20	15:20	
Θερμοκρασία(°C)	17,0	17,8	18,8	17,9
pH	8,0	7,8	7,8	7,9
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	700	684	717	700
D.O. (mg/l)	9,2	9,8	10,4	9,8
D.O. saturation	0,95	1,01	1,1	1,02
B.O.D. ₅ (mg/l)	<1	<1	<1	<1
C.O.D. (mg/l)	5	4	6	5
NH ₄ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₂ ⁻ (ppb)	<2	<2	<2	<2
Cl ₂ (ppm)	0,28	0,21	0,40	0,30
Cl ⁻ (ppm)	9,7	10	9,4	9,7
S ⁼ (ppb)	5	5	5	5
PO ₄ ⁼ (ppb)	<1	<1	<1	<1
SiO ₃ (ppm)	6,51	6,49	6,54	6,51
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	171	168	166	168,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.γ. Θέση 3, Βροσίνα - 27/7/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	10:35	13:00	16:05	
Θερμοκρασία(°C)	18,0	20,0	21,0	19,7
pH	7,9	7,8	7,6	7,8
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	638	638	640	639
D.O. (mg/l)	10,1	10,3	10,2	10,2
D.O. saturation	1,06	1,12	1,13	1,10
B.O.D. ₅ (mg/l)	<1	<1	<1	<1
C.O.D. (mg/l)	4	4	3	3,7
NH ₄ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₂ ⁻ (ppb)	<2	<2	<2	<2
Cl ₂ (ppm)	0,31	0,16	0,17	0,21
Cl ⁻ (ppm)	10,5	10,5	10	10,3
S ⁼ (ppb)	15	15	15	15
PO ₄ ⁼ (ppb)	<1	<1	<1	<1
SiO ₃ (ppm)	6,21	6,29	6,35	6,28
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	159	158	153	156,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.6. Θέση 4, Μινίνα - 27/7/83

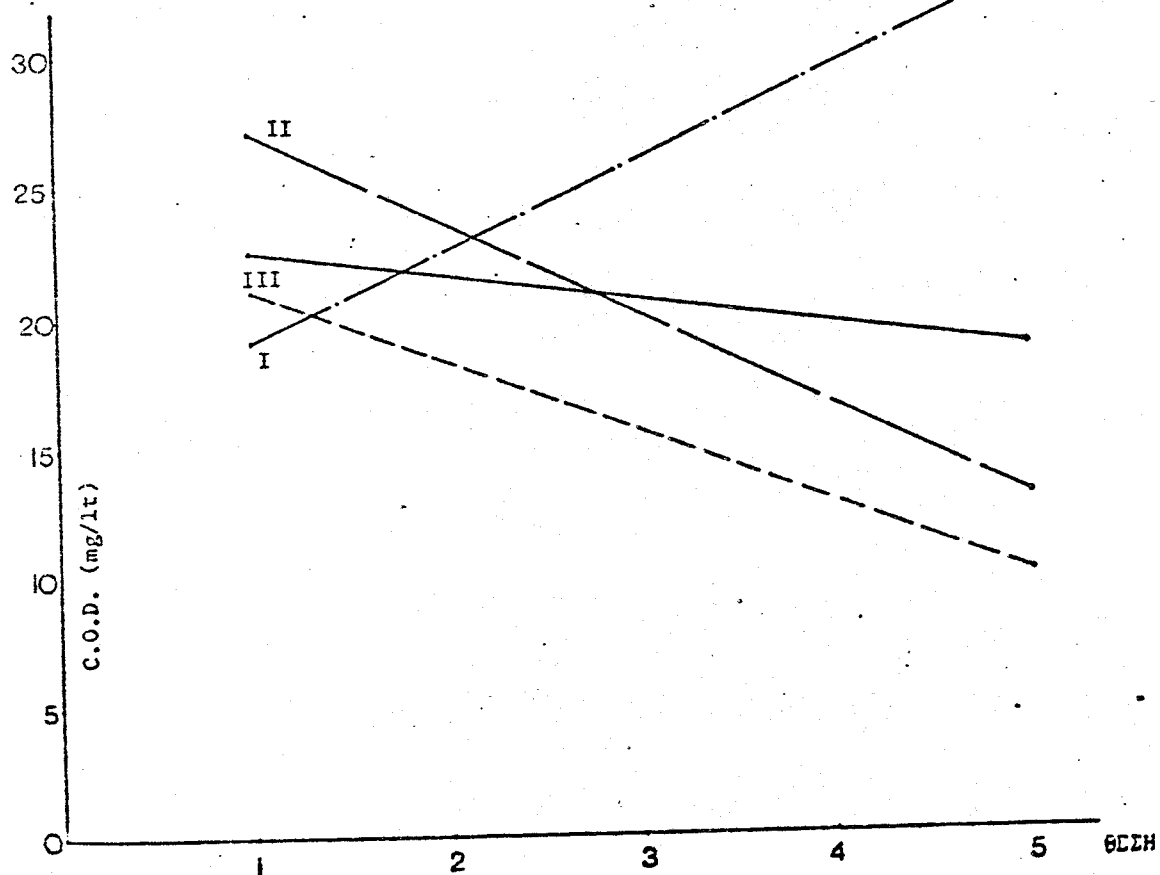
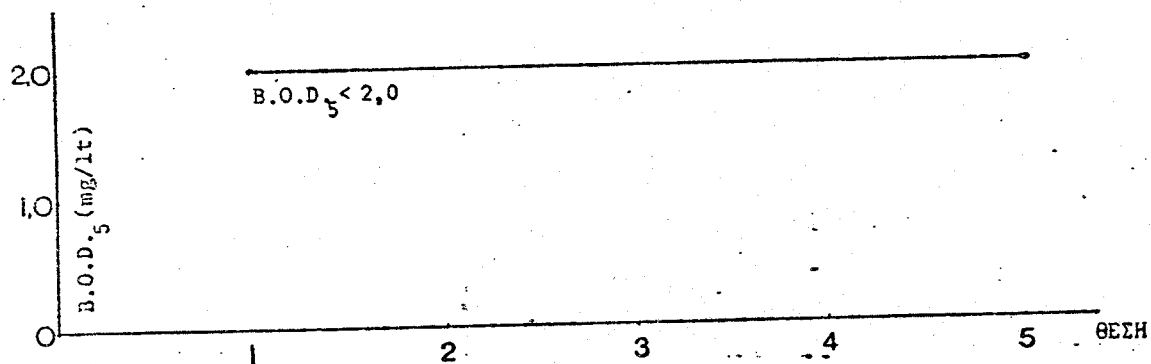
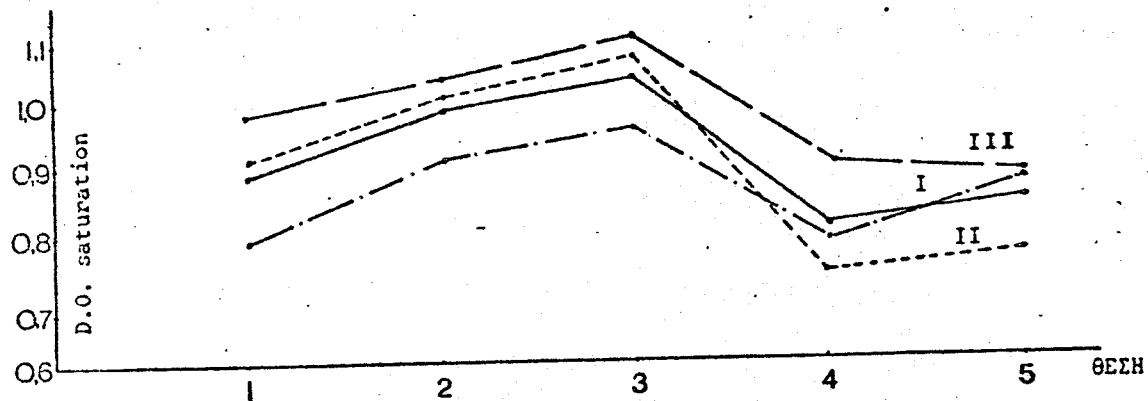
Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	11:40	15:00	16:35	
Θερμοκρασία(°C)	18,8	20,0	20,8	19,9
pH	8,3	8,3	8,3	8,3
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	493	505	495	498
D.O. (mg/l)	8,0	9,0	8,0	8,3
D.O. saturation	0,85	0,98	0,88	0,90
B.O.D. (mg/l)	<1	<1	<1	<1
C.O.D. (mg/l)	3	6	3	4
NH ₄ ⁺ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₂ ⁻ (ppb)	<2	<2	<2	<2
Cl ₂ (ppm)	0,19	0,14	0,21	0,18
Cl ⁻ (ppm)	8,3	8,3	8,3	8,3
S ⁼ (ppb)	15	15	15	15
PO ₄ ⁼ (ppb)	<1	<1	<1	<1
SiO ₃ (ppm)	5,64	5,14	5,18	5,32
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	149	146	144	146,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.ε. Θέση 5, Κιοτέκι - 27/7/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	12:30	15:35	17:10	
Θερμοκρασία(°C)	20,5	21,3	21,3	21
pH	8,0	8,1	8,1	8,1
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	487	485	498	490
D.O. (mg/l)	7,0	8,0	9,0	8,0
D.O. saturation	0,77	0,88	0,99	0,88
B.O.D. (mg/l)	1,0	<1	<1	<1
C.O.D. (mg/l)	4	4	4	4
NH ₄ ⁻ (ppm)	≤0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO ₂ ⁻ (ppb)	<2	<2	<2	<2
Cl ₂ (ppm)	0,16	0,23	0,33	0,24
Cl ⁻ (ppm)	8,3	8,3	8,3	8,3
S ⁼ (ppb)	25	25	25	25
PO ₄ ⁼ (ppb)	<1	<1	<1	<1
SiO ₃ (ppm)	5,84	5,36	5,89	5,7
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	154	153	151	152,6

ΣΧΗΜΑ 2. Σχηματική αξιολόγηση Πίνακα 2

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ 2/8/83



ΠΙΝΑΚΑΣ 2.α. Θέση 1, έξοδος σήραγγας Λαψίστας - 2/8/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	8:35	10:50	14:15	
Θερμοκρασία(°C)	22,0	22,5	24,5	23,0
pH	7,4	7,4	7,9	7,6
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	375	382	389	382
D.O. (mg/l)	7,0	8,0	8,3	7,8
D.O. saturation	0,79	0,91	0,98	0,89
B.O.D. ₅ (mg/l)	<2	<2	<2	<2
C.O.D. (mg/l)	19	27	21	22,3
NH ₄ ⁻ (ppm)	0,3	0,3	0,4	0,33
NO ₃ ⁻ (ppm)	0,5	0,5	0,5	0,5
NO ₂ ⁻ (ppb)	112,0	96,0	84,0	97,3
Cl ₂ (ppm)	0,2	0,2	0,2	0,2
Cl ⁻ (ppm)	39	34	28	33,7
S ⁼ (ppb)	16	18	12	15,3
PO ₄ ⁼ (ppb)	335	320	315	323
SiO ₃ (ppm)	6	6	6	6
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	136	140	142	139

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.β. Θέση 2, Σουλόπουλο - 2/8/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	9:00	11:25	14:50	
Θερμοκρασία(°C)	16,0	17,0	19,0	17,3
pH	7,6	7,6	8,0	7,7
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	693	710	707	703
D.O. (mg/l)	9,1	9,8	9,8	9,6
D.O. saturation	0,91	1,01	1,04	0,99
B.O.D. ₅ (mg/l)	<2	<2	<2	<2
C.O.D. (mg/l)	-	-	-	-
NH ₄ ⁺ (ppm)	Δεν έγιναν μετρήσεις			
NO ₃ ⁻ (ppm)				
NO ₂ ⁻ (ppb)				
Cl ₂ (ppm)				
Cl ⁻ (ppm)				
S ⁼ (ppb)				
PO ₄ ⁼ (ppb)				
SiO ₃ (ppm)				
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	178	178	168	175

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.γ. Θέση Βροσίνα - 2/8/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	9:40	12:05	15:25	
Θερμοκρασία(°C)	18,0	19,5	21,2	19,6
pH	7,7	7,9	8,0	7,9
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	613	603	612	609
D.O. (mg/l)	9,2	10,0	9,9	9,7
D.O. saturation	0,96	1,07	1,1	1,04
B.O.D. ₅ (mg/l)	<2	<2	<2	<2
C.O.D. (mg/l)	-	-	-	-
NH ₄ ⁻ (ppm)	Δεν έγιναν μετρήσεις			
NO ₃ ⁻ (ppm)				
NO ₂ ⁻ (ppb)				
Cl ₂ (ppm)				
Cl ⁻ (ppm)				
S ⁼ (ppb)				
PO ₄ ⁼ (ppb)				
SiO ₃ (ppm)				
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	164	161	153	159

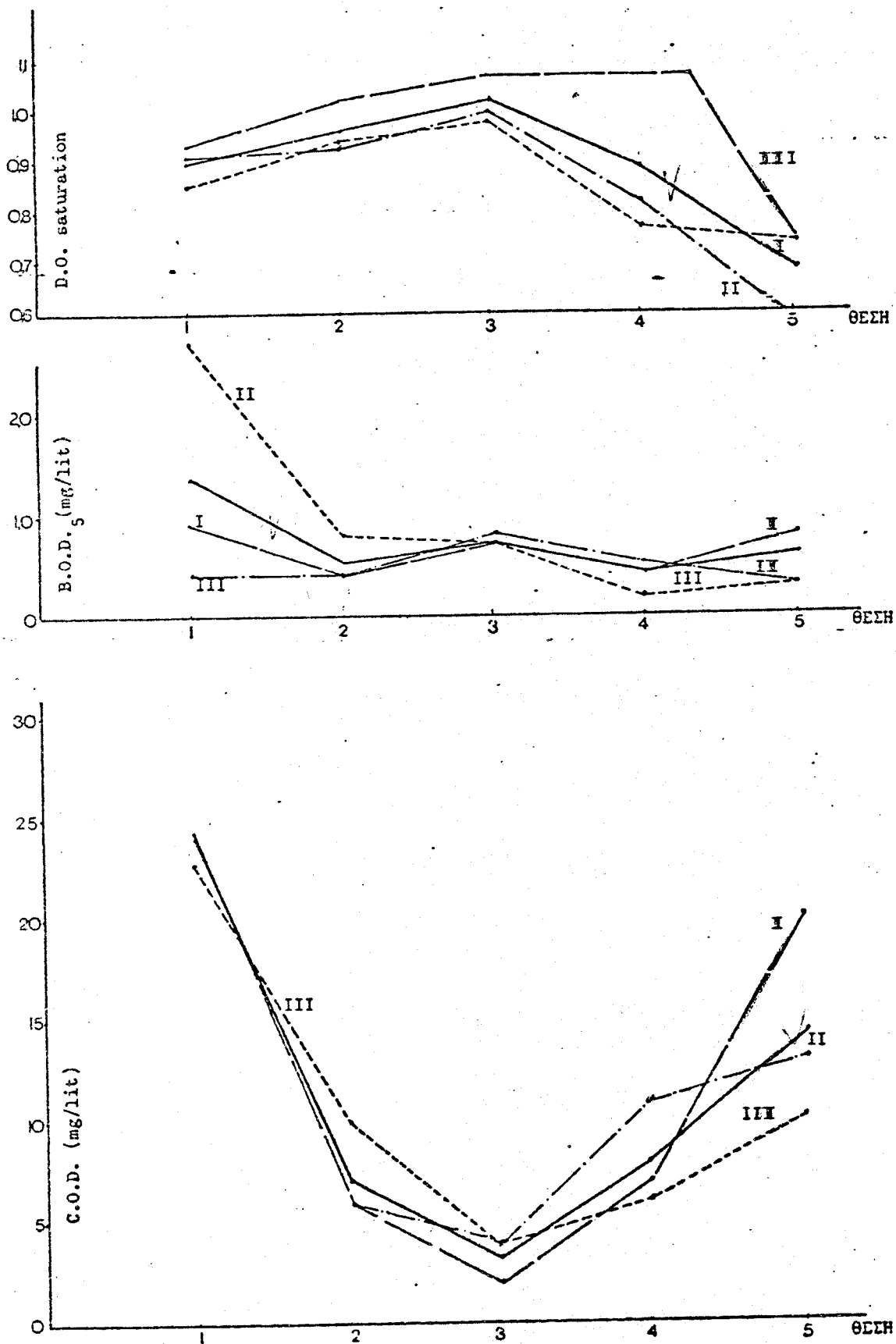
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8. Θέση 4, Μινίνα - 2/8/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	10:20	11:50	14:45	
Θερμοκρασία(°C)	18,0	19,0	19,5	18,8
pH	8,32	8,2	8,3	8,3
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	500	490	505	498
D.O. (mg/l)	7,5	8,0	8,5	8,0
D.O. saturation	0,79	0,74	0,91	0,81
B.O.D. ₅ (mg/l)	<2	<2	<2	<2
C.O.D. (mg/l)	-	-	-	-
NH ₄ ⁺ (ppm)	Δεν έγιναν μετρήσεις			
NO ₃ ⁻ (ppm)				
NO ₂ ⁻ (ppb)				
Cl ₂ (ppm)				
Cl ⁻ (ppm)				
S ⁼ (ppb)				
PO ₄ ⁼ (ppb)				
SiO ₃ (ppm)				
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	150	147	146	148

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.ε. Θέση 5, Κιοτέκι - 2/8/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	11:05	12:35	15:30	
Θερμοκρασία(°C)	20,5	20,8	21,0	20,8
pH	8,0	7,0	8,1	7,7
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	485	488	480	484
D.O. (mg/l)	8,0	7,0	8,0	7,7
D.O. saturation	0,88	0,77	0,89	0,85
B.O.D. ₅ (mg/l)	<2	<2	<2	<2
C.O.D. (mg/l)	33	13	10	18,7
NH ₄ ⁻ (ppm)	0,2	0,4	0,1	0,23
NO ₃ ⁻ (ppm)	0,7	0,6	0,7	0,67
NO ₂ ⁻ (ppb)	3,0	3,0	3,0	3,0
Cl ₂ (ppm)	0,2	0,1	0,4	0,23
Cl ⁻ (ppm)	4	5	6	5
S ⁼ (ppb)	22	20	18	20
PO ₄ ⁼ (ppb)	<1	<1	<1	<1
SiO ₃ (ppm)	4	4	4	4
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	159	150	153	154

ΣΧΗΜΑ 3. Σχηματική αξιολόγηση Πίνακα 3
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ 9/8/83



ΠΙΝΑΚΑΣ 3.α. Θέση 1, έξοδος σήραγγας Λάψιστας - 9/8/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	8:15	10:15	12:50	
Θερμοκρασία(°C)	19,0	19,5	21,0	19,8
pH	7,1	7,3	7,3	7,3
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	368	352	373	364
D.O. (mg/l)	8,0	8,5	8,4	8,3
D.O. saturation	0,85	0,91	0,93	0,90
B.O.D. ₅ (mg/l)	0,9	2,7	0,4	1,33
C.O.D. (mg/l)	24	24	23	23,7
NH ₄ ⁻ (ppm)	1,2	1,0	1,1	1,1
NO ₃ ⁻ (ppm)	0,5	0,6	0,4	0,5
NO ₂ ⁻ (ppb)	61	59	49	56,3
Cl ₂ (ppm)	0,1	0,1	0,1	0,1
Cl ⁻ (ppm)	29	28	27	28
S ⁼ (ppb)	20	15	15	16,7
PO ₄ ⁼ (ppb)	151	151	145	149
SiO ₃ (ppm)	4,7	5,1	5,6	5,1
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	139	133	135	135,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.β. Θέση 2, Σουλόπουλο - 9/8/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	8:50	10:45	13:20	
Θερμοκρασία(°C)	15.5	16.0	18.0	16.5
pH	7.1	7.3	7.3	7.3
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	720	674	714	703
D.O. (mg/l)	9.5	9.3	9.7	9.5
D.O. saturation	0.94	0.99	1.02	0.96
B.O.D. ₅ (mg/l)	0.4	0.8	0.4	0.51
C.O.D. (mg/l)	6	6	10	7.3
NH ₄ ⁻ (ppm)	Δεν έγιναν μετρήσεις			
NO ₃ ⁻ (ppm)				
NO ₂ ⁻ (ppb)				
Cl ₂ (ppm)				
Cl ⁻ (ppm)				
S ⁼ (ppb)				
PO ₄ ⁼ (ppb)				
SiO ₃ (ppm)				
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	157	158	153	156

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.γ. Θέση 3, Βροσίνα - 9/8/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	9:25	11:30	14:00	
Θερμοκρασία(°C)	16.5	19.0	20.0	18.5
pH	7.2	7.6	7.3	7.4
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	638	623	639	633
D.O. (mg/l)	9.7	9.4	9.9	9.7
D.O. saturation	0.98	1.0	1.07	1.02
B.O.D. (mg/l)	0.7	0.7	0.8	0.72
C.O.D. (mg/l)	2	4	4	3,33
NH ₄ ⁻ (ppm)	Δεν έγιναν μετρήσεις			
NO ₃ ⁻ (ppm)				
NO ₂ ⁻ (ppb)				
Cl ₂ (ppm)				
Cl ⁻ (ppm)				
S ⁼ (ppb)				
PO ₄ ⁼ (ppb)				
SiO ₃ (ppm)				
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	144	139	141	141.3

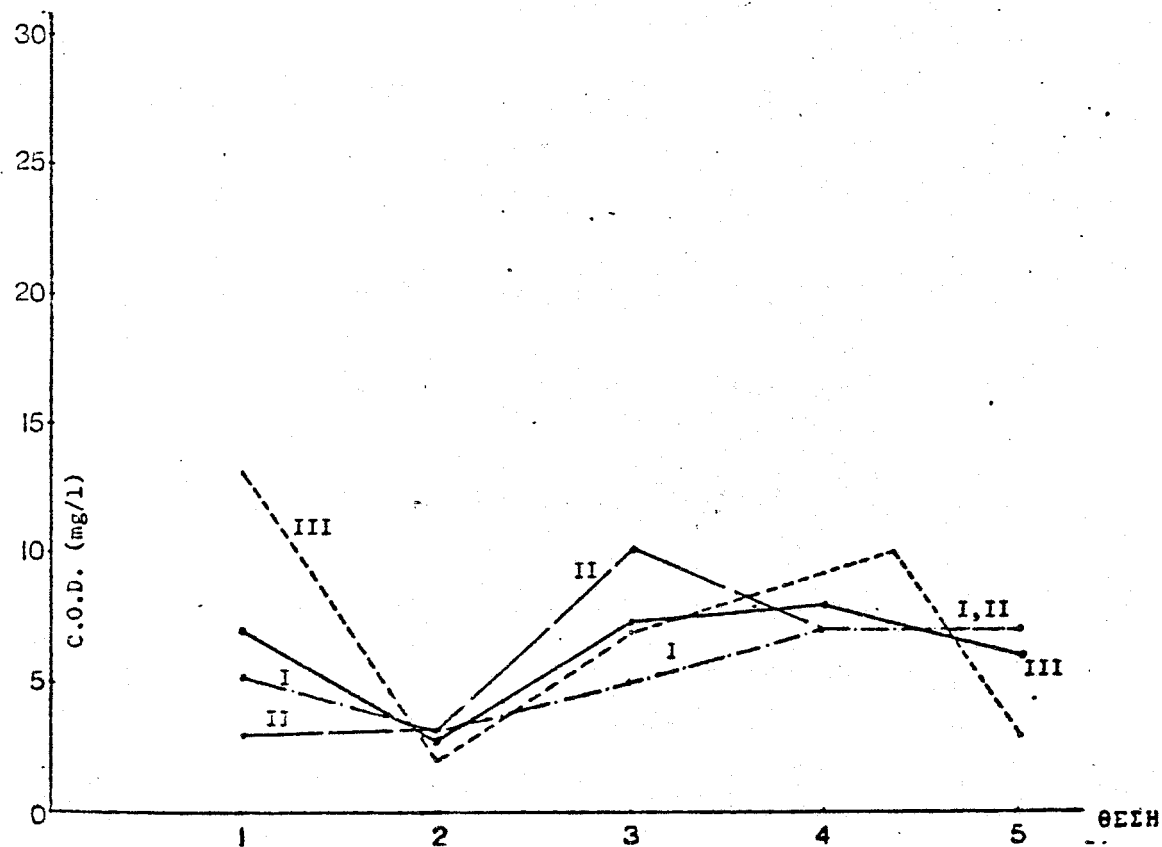
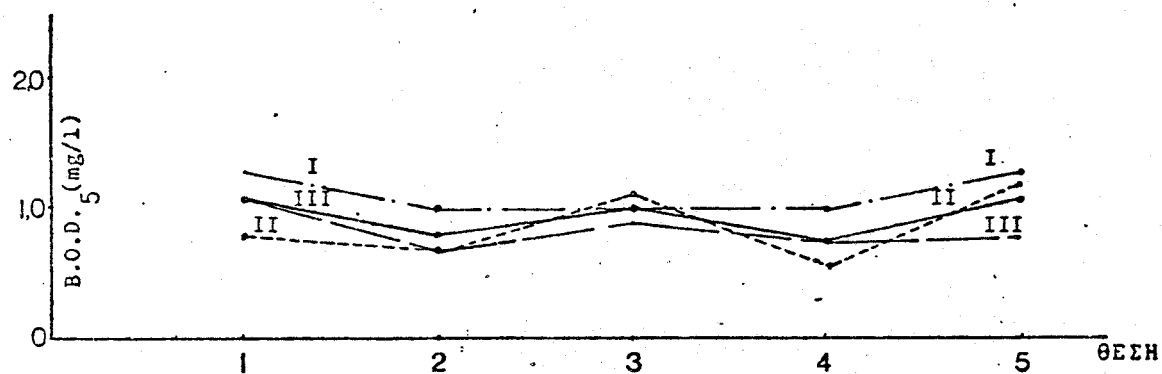
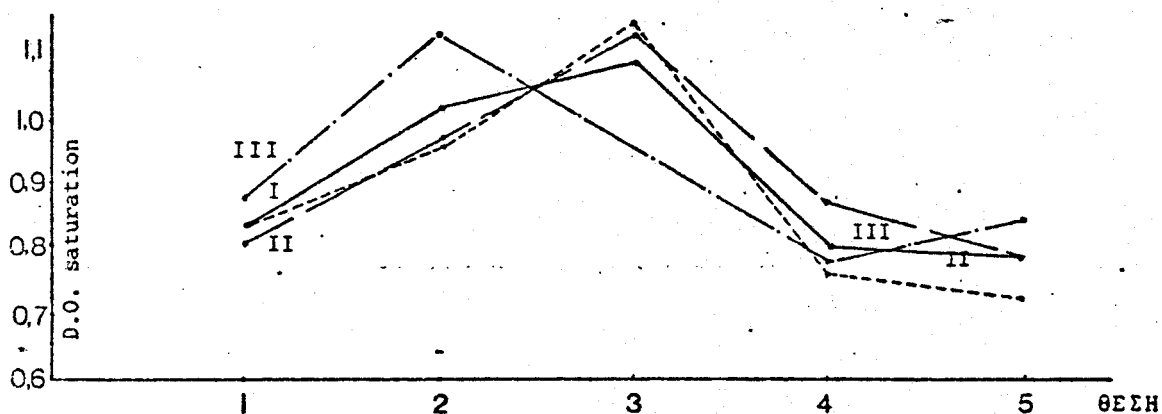
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.δ. Θέση 4, Μινίνα - 9/8/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	10:20	12:00	15:50	
Θερμοκρασία(°C)	17,0	17,0	19,5	17,8
pH	8,3	8,3	8,2	8,3
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	496	496	496	496
D.O. (mg/l)	7,5	8,0	10,0	8,5
D.O. saturation	0,77	0,82	1,07	0,89
B.O.D. (mg/l)	0,4	0,2	0,5	0,38
C.O.D. (mg/l)	7	11	6	8
NH ₄ ⁺ (ppm)	Δεν έγιναν μετρήσεις			
NO ₃ ⁻ (ppm)				
NO ₂ ⁻ (ppb)				
Cl ₂ (ppm)				
Cl ⁻ (ppm)				
S ⁼ (ppb)				
PO ₄ ⁼ (ppb)				
SiO ₃ (ppm)				
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	135	134	133	134

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.ε. Θέση 5, Κιοτέκι - 9/8/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	11:00	12:30	16:30	
Θερμοκρασία(°C)	18,7	18,9	19,5	19,0
pH	8,2	8,2	8,0	8,1
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	486	494	468	483
D.O. (mg/l)	7,0	5,5	7,0	6,5
D.O. saturation	0,74	0,58	0,75	0,69
B.O.D. (mg/l)	0,8	0,7	0,3	0,6
C.O.D. (mg/l)	20	13	10	14,3
NH ₄ ⁻ (ppm)	0,5	0,5	0,3	0,43
NO ₃ ⁻ (ppm)	0,5	0,5	0,4	0,47
NO ₂ ⁻ (ppb)	3	3	3	3
Cl ₂ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cl ⁻ (ppm)	9	9	8	8,7
S ⁼ (ppb)	15	15	10	13,3
PO ₄ ⁼ (ppb)	<1	<1	<1	<1
SiO ₃ (ppm)	4,1	4,1	4,3	4,2
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	143	141	141	141,7

ΣΧΗΜΑ 4. Σχηματική αξιολόγηση Πίνακα 4
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ 7/9/83.



ΠΙΝΑΚΑΣ 4.α. Θέση 1, Έξοδος σήραγγας Λαψίστας - 7/9/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	8:40	10:45	13:15	
Θερμοκρασία(°C)	19,5	19,8	21,0	20,1
pH	7,9	8,0	8,3	8,1
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	307	307	307	307
D.O. (mg/l)	7,9	7,5	7,9	7,77
D.O. saturation	0,84	0,81	0,88	0,84
B.O.D. ₅ (mg/l)	1,3	0,8	1,1	1,1
C.O.D. (mg/l)	5	3	13	7
NH ₄ ⁻ (ppm)	0,2	0,2	0,2	0,2
NO ₃ ⁻ (ppm)	0,6	0,6	0,7	0,63
NO ₂ ⁻ (ppb)	106	91	97	98
Cl ₂ (ppm)	70,5	94,0	70	78,2
Cl ⁻ (ppm)	12,9	13,1	12,3	12,8
S ⁼ (ppb)	15	20	15	16,7
PO ₄ ⁼ (ppb)	225	230	209	221,3
SiO ₃ (ppm)	1,4	1,5	1,4	1,43
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	143	142	140	141,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.β. Θέση 2, Σουλόπουλο - 7/9/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	9:15	11:25	13:50	
Θερμοκρασία(°C)	15,2	16,0	16,9	16,0
pH	7,9	7,8	7,8	7,8
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	769	764	764	766
D.O. (mg/l)	9,8	9,7	11,0	10,2
D.O. saturation	0,96	0,97	1,13	1,02
B.O.D. ₅ (mg/l)	1,0	0,7	0,7	0,8
C.O.D. (mg/l)	3	3	2	2,66
NH ₄ ⁺ (ppm)	Δεν έγιναν μετρήσεις			
NO ₃ ⁻ (ppm)				
NO ₂ ⁻ (ppb)				
Cl ₂ (ppm)				
Cl ⁻ (ppm)				
S ⁼ (ppb)				
PO ₄ ⁼ (ppb)				
SiO ₃ (ppm)				
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	161	158	156	158,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.γ. Θέση 3, Βροσίνα - 7/9/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	10:00	12:00	14:25	
Θερμοκρασία(°C)	15,9	17,5	18,6	17,3
pH	7,9	7,8	7,8	7,8
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	659	659	659	659
D.O. (mg/l)	11,5	11,0	9,2	10,6
D.O. saturation	1,15	1,14	0,97	1,09
B.O.D. ₅ (mg/l)	1,0	1,1	0,9	1,0
C.O.D. (mg/l)	5	10	7	7,33
NH ₄ ⁻ (ppm)	Δεν έγιναν μετρήσεις			
NO ₃ ⁻ (ppm)				
NO ₂ ⁻ (ppb)				
Cl ₂ (ppm)				
Cl ⁻ (ppm)				
S ⁼ (ppb)				
PO ₄ ⁼ (ppb)				
SiO ₃ (ppm)				
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	152	151	149	150,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6. Θέση 4, Μενίνα - 7/9/83

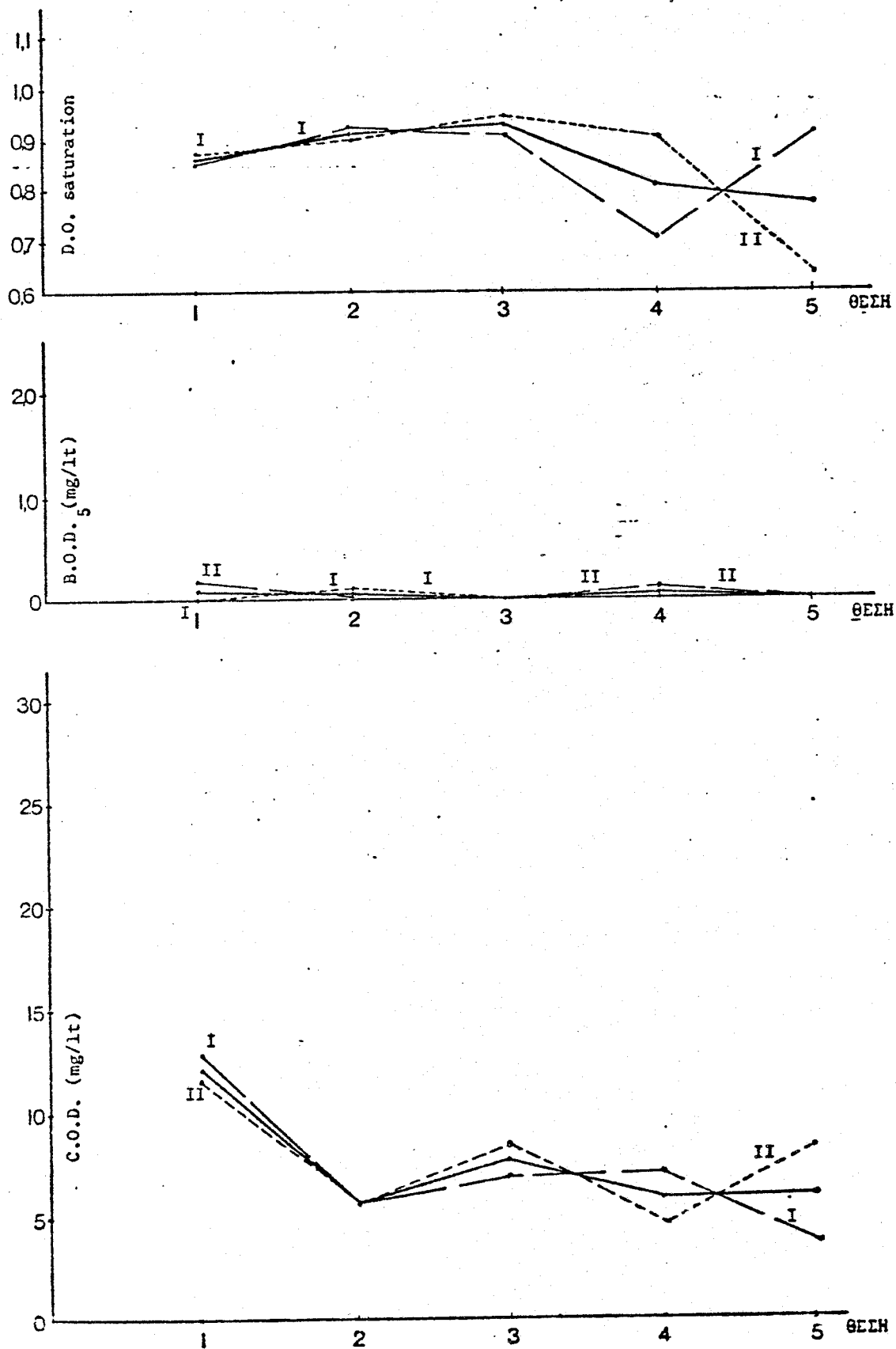
Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	10:10	12:20	14:35	
Θερμοκρασία(°C)	17,0	17,2	18,0	17,4
pH	8,0	8,0	8,2	8,1
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	546	546	546	546
D.O. (mg/l)	7,5	8,5	7,5	7,8
D.O. saturation	0,77	0,88	0,78	0,81
B.O.D. ₅ (mg/l)	1,0	0,6	0,7	0,77
C.O.D. (mg/l)	7	7	10	8
NH ₄ ⁻ (ppm)	Δεν έγιναν μετρήσεις			
NO ₃ ⁻ (ppm)				
NO ₂ ⁻ (ppb)				
Cl ₂ (ppm)				
Cl ⁻ (ppm)				
S ⁼ (ppb)				
PO ₄ ⁼ (ppb)				
SiO ₃ (ppm)				
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	139	137	134	136,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.ε. Θέση 5, Κιοτέκι - 7/9/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	10:45	12:50	15:00	
Θερμοκρασία(°C)	18,0	19,0	18,5	18,5
pH	8,2	8,0	7,9	8,0
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	516	516	516	516
D.O. (mg/l)	7,0	7,5	8,0	7,5
D.O. saturation	0,73	0,79	0,85	0,79
B.O.D. ₅ (mg/l)	1,3	1,2	0,8	1,1
C.O.D. (mg/l)	7	7	3	5,7
NH ₄ ⁻ (ppm)	0,4	0,1	0,4	0,3
NO ₃ ⁻ (ppm)	0,7	0,7	0,8	0,73
NO ₂ ⁻ (ppb)	2	2	2	2
Cl ₂ (ppm)	156	197	132	161,7
Cl ⁻ (ppm)	6,9	6,9	6,9	6,9
S ⁼ (ppb)	15	10	5	10
PO ₄ ⁼ (ppb)	39,0	45,0	50,0	44,7
SiO ₃ (ppm)	1,5	1,5	1,4	1,47
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	141	138	137	138,7

ΣΧΗΜΑ 5. Σχηματική αξιολόγηση Πίνακα 5

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ 5/12/83



ΠΙΝΑΚΑΣ 5.α. Θέση 1, Έξοδος σήραγγας Λαψίστας - 5/12/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	9:15	11:20	-	-
Θερμοκρασία(°C)	8,5	8,8	-	8,65
pH	6,4	6,6	-	6,5
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	546	546	-	546
D.O. (mg/l)	10,0	10,10	-	10,05
D.O. saturation	0,85	0,87	-	0,86
B.O.D. ₅ (mg/l)	0,0	0,2	-	0,1
C.O.D. (mg/l)	12,8	11,6	-	12,2
NH ₄ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	-	<0,1
NO ₃ ⁻ (ppm)	5,3	5,3	-	5,3
NO ₂ ⁻ (ppb)	37,6	39,8	-	38,7
Cl ₂ (ppm)	20,8	20,8	-	20,8
Cl ⁻ (ppm)	7,6	7,9	-	7,75
S ⁼ (ppb)	15	15	-	15
PO ₄ ⁼ (ppb)	38,9	64,9	-	51,9
SiO ₃ (ppm)	11,0	10,9	-	10,95
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	223	221	-	222
Σκληρότητα	34,0	35,0	-	34,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.β. Θέση 2, Σουλόπουλο - 5/12/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	9:45	11:45	-	-
Θερμοκρασία(°C)	11,0	11,0	-	11,0
pH	6,6	6,6	-	6,6
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	590	590	-	590
D.O. (mg/l)	10,1	9,9	-	10,0
D.O. saturation	0,92	0,90	-	0,91
B.O.D. ₅ (mg/l)	0,1	0,0	-	0,05
C.O.D. (mg/l)	5,7	5,8	-	5,75
NH ₄ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	-	<0,1
NO ₃ ⁻ (ppm)	1,4	1,3	-	1,35
NO ₂ ⁻ (ppb)	5,1	6,3	-	5,7
Cl ₂ (ppm)	15,3	14,6	-	15,0
Cl ⁻ (ppm)	4,2	4,0	-	4,1
S ⁼ (ppb)	8	5	-	6,5
PO ₄ ⁼ (ppb)	0,0	0,0	-	0,0
SiO ₃ (ppm)	8,8	8,6	-	8,7
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	192	198	-	195
Σκληρότητα	40,0	40,0	-	40,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.γ... Θέση 3, Βροσίνα - 5/12/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	10:30	12:25	-	
Θερμοκρασία(°C)	10,3	10,8	-	10,55
pH	6,6	6,7	-	6,65
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	460	460	-	460
D.O. (mg/l)	10,2	10,4	-	10,3
D.O. saturation	0,91	0,94	-	0,93
B.O.D. ₅ (mg/l)	0,0	0,0	-	0,0
C.O.D. (mg/l)	6,9	8,4	-	7,65
NH ₄ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	-	<0,1
NO ₃ ⁻ (ppm)	0,9	1,0	-	0,95
NO ₂ ⁻ (ppb)	5,7	6,9	-	6,3
Cl ₂ (ppm)	10,7	10,4	-	10,55
Cl ⁻ (ppm)	4,5	4,4	-	4,45
S ⁼ (ppb)	5	5	-	5
PO ₄ ⁼ (ppb)	0,0	0,0	-	0,0
SiO ₃ (ppm)	10,4	10,4	-	10,4
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	213	213	-	213
Σκληρότητα	29,0	29,1	-	29,05

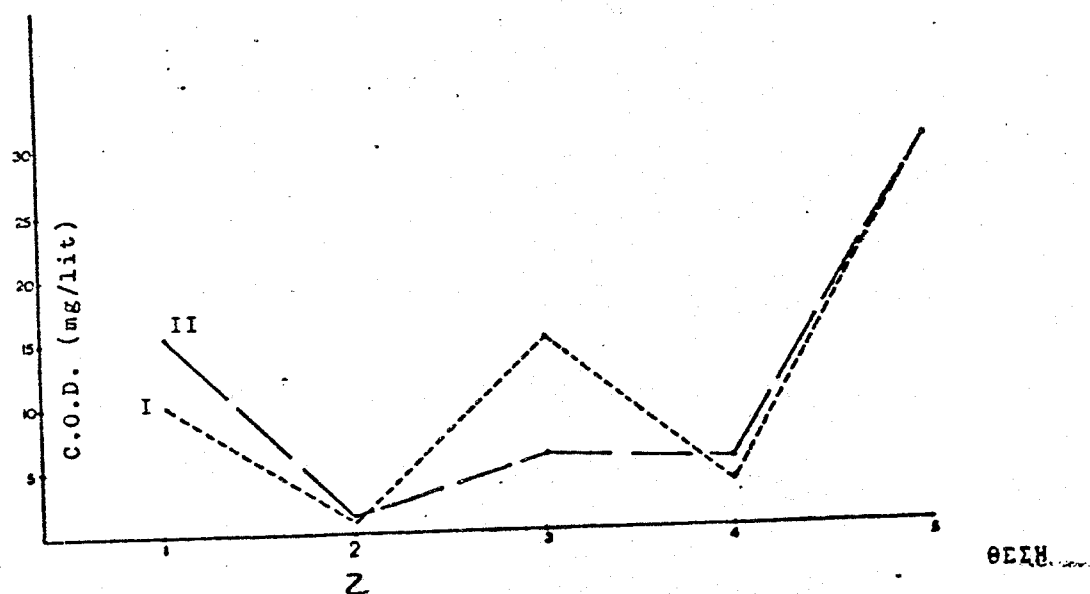
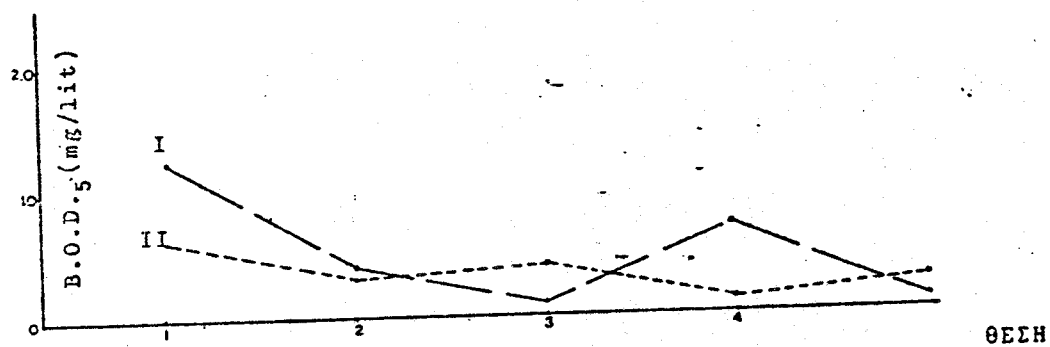
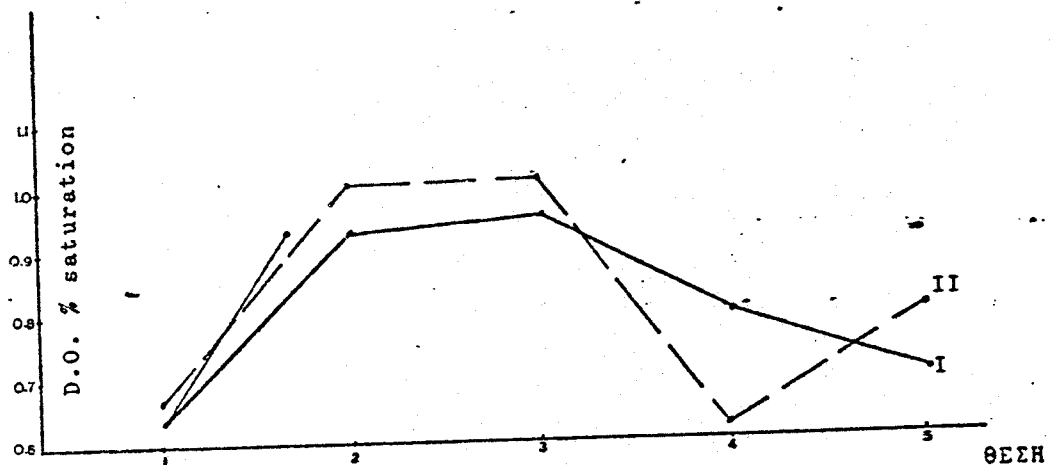
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6. Θέση 4, Μινίνα - 5/12/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	10:00	12:00	-	
Θερμοκρασία(°C)	10,0	10,5	-	10,25
pH	8,3	8,3	-	8,3
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	431	431	-	431
D.O. (mg/l)	8,0	10,0	-	9,0
D.O. saturation	0,71	0,90	-	0,81
B.O.D. ₅ (mg/l)	0,0	0,1	-	0,05
C.O.D. (mg/l)	7,0	4,8	-	5,9
NH ₄ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	-	<0,1
NO ₃ ⁻ (ppm)	0,7	0,6	-	0,65
NO ₂ ⁻ (ppb)	2,6	2,2	-	2,4
Cl ₂ (ppm)	8,9	8,4	-	8,65
Cl ⁻ (ppm)	4,4	4,2	-	4,3
S ⁼ (ppb)	5	5	-	5
PO ₄ ⁼ (ppb)	0,0	0,0	-	0,0
SiO ₃ (ppm)	10,0	10,0	-	10,0
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	206	206	-	206
Σκληρότητα	26,8	27,0	-	26,9

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.ε. Θέση 5, Κιοτέκι - 5/12/83

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	11:10	13:00		
Θερμοκρασία(°C)	11,0	11,2	-	11,1
pH	8,2	8,3	-	8,25
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	424	424	-	424
D.O. (mg/l)	10,0	7,0	-	8,5
D.O. saturation	0,91	0,64	-	0,78
B.O.D. ₅ (mg/l)	0,0	0,0	-	0,0
C.O.D. (mg/l)	3,7	8,5	-	6,1
NH ₄ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	-	<0,1
NO ₃ ⁻ (ppm)	0,7	0,6	-	0,65
NO ₂ ⁻ (ppb)	2,6	2,2	-	2,4
Cl ₂ (ppm)	9,2	9,5	-	9,35
Cl ⁻ (ppm)	4,4	4,3	-	4,35
S ⁼ (ppb)	10	10	-	10
PO ₄ ⁼ (ppb)	0,0	0,0	-	0,0
SiO ₃ (ppm)	10,0	10,0	-	10,0
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	207	207	-	207
Σκληρότητα	26,3	26,4	-	26,35

ΣΧΗΜΑ 6 Σχηματική αξιολόγηση Πίνακα 6
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ 30/5/84



ΠΙΝΑΚΑΣ 6.α. Θέση 1, έξοδος σήραγγας Λαψίστας - 20/5/84

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	8:35	8:45	-	
Θερμοκρασία(°C)	17.0	18.0	-	17,5
pH	7.2	7.4	-	7,3
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	446	428	-	437
D.O. (mg/l)	6.4	6.4	-	6,4
D.O. saturation	0.64	0.67	-	0,66
B.O.D. (mg/l)	1.2	0.0	-	0,6
C.O.D. (mg/l)	9.9	16.0	-	12,95
NH ₄ ⁺ (ppm)	958	967	-	962,5
NO ₃ ⁻ (ppm)	753	742	-	747,5
NO ₂ ⁻ (ppb)	673	684	-	678,5
Cl ₂ (ppm)	62	63	-	62,5
Cl ⁻ (ppm)	26	26	-	26
S ⁼ (ppb)	<5	<5	-	<5
PO ₄ ⁼ (ppb)	375	400	-	387,5
SiO ₃ (ppm)	1.0	1.1	-	1,05
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	167	168	-	167,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.β. Θέση 2, Σουλόπουλο - 20/5/84

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	8:55	11:20	-	
Θερμοκρασία(°C)	14,5	15	-	14,75
pH	7,8	7,9	-	7,85
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	587	600	-	593,5
D.O. (mg/l)	9,8	10,2	-	10
D.O. saturation	0,93	1,02	-	0,98
B.O.D. (mg/l)	0,4	0,3	-	0,35
C.O.D. (mg/l)	1,2	1,2	-	1,2
NH ₄ ⁺ (ppm)	65	69	-	67
NO ₃ ⁻ (ppm)	370	-	-	370
NO ₂ ⁻ (ppb)	27	30	-	28,5
Cl ₂ (ppm)	16	15	-	15,5
Cl ⁻ (ppm)	22	26	-	24
S ⁼ (ppb)	5	5	-	5
PO ₄ ⁼ (ppb)	38	100	-	69
SiO ₃ (ppm)	7,5	7,8	-	7,65
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	169	167	-	168

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.γ. . Θέση 3, Βροσίνα - 30/5/84

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	9:35	11:55	-	
Θερμοκρασία($^{\circ}\text{C}$)	15,0	16,0	-	15,5
pH	8.2	8.0	-	8,1
Ειδική αγωγιμότητα L^* (μmohs)	526	563	-	544,5
D.O. (mg/l)	10,5	10,4	-	10,45
D.O. saturation	0,95	1,0	-	0,98
B.O.D. (mg/l)	0,0	0,4	-	0,2
C.O.D. (mg/l)	14,8	6,7	-	10,5
NH_4^+ (ppm)	54	57	-	55,5
NO_3^- (ppm)	270	-	-	270
NO_2^- (ppb)	23	25	-	24
Cl_2 (ppm)	12	12	-	12
Cl^- (ppm)	20	20	-	20
$\text{S}^{=}$ (ppb)	5	5	-	5
$\text{PO}_4^{=}$ (ppb)	25	25	-	25
SiO_3 (ppm)	7.5	6.2	-	6,85
Αλκαλικότητα mg CaCO_3 /lit	172	176	-	174

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6. Θέση 4, Μινίνα - 30/5/84

Παράμετροι	I	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	9:30	11:30	-	
Θερμοκρασία(°C)	-	-	-	
pH	8.0	7.9	-	7,95
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	468	434	-	451
D.O. (mg/l)	8.0	6.0	-	7
D.O. saturation	0.8	0.6	-	0,7
B.O.D. (mg/l)	0.7	0.0	-	0,35
C.O.D. (mg/l)	3.7	4.9	-	4,3
NH ₄ ⁺ (ppm)	47	46	-	46,5
NO ₃ ⁻ (ppm)	228	-	-	228
NO ₂ ⁻ (ppb)	24	24	-	24
Cl ₂ (ppm)	11	11	-	11
Cl ⁻ (ppm)	15	15	-	15
S ⁼ (ppb)	10	10	-	10
PO ₄ ⁼ (ppb)	50	162	-	106
SiO ₃ (ppm)	7.2	7.3	-	7,25
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	172	173	-	172,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.ε. Θέση 5, Κιοτέκι - 30/5/84

Παράμετροι	I -	II	III	Μέσος όρος
Ώρα	10·30	12:15	-	
Θερμοκρασία(°C)	-	-	-	
pH	7.5	7.6	-	7,55
Ειδική αγωγιμότητα L* (μmohs)	456	470	-	463
D.O. (mg/l)	7.0	8.0	-	7,5
D.O. saturation	0,7	0,8	-	0,75
B.O.D. (mg/l)	0,0	0,2	-	0,1
C.O.D. (mg/l)	29,6	29,6	-	29,6
NH ₄ ⁻ (ppm)	51	52	-	51,5
NO ₃ ⁻ (ppm)	203	-	-	203
NO ₂ ⁻ (ppb)	28	31	-	29,5
Cl ₂ (ppm)	10	11	-	10,5
Cl ⁻ (ppm)	12	12	-	12
S ⁼ (ppb)	15	10	-	12,5
PO ₄ ⁼ (ppb)	25	325	-	175
SiO ₃ (ppm)	7.1	7.3	-	7,2
Αλκαλικότητα mg CaCO ₃ /lit	171	173		172

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Δειγματοληψία της 29/10/84

Παράμετροι	Θ έ σ ε ι ς				
	1	2	3	4	5
Θερμοκρασία, °C	12	12	12	13,5	14
pH	8,0	7,7	7,7	7,9	7,6
Ειδική αγωγιμότητα μmhos	379	781	781	523	557
D.O., mg/l	9,8	9,9	11,1	11,0	9,6
B.O.D. ₅ , mg/l	0,1	0,0	0,8	0,8	0,3
C.O.D., mg/l	12,9	4,3	4,3	12,9	21,5
NH_4^- , ppb	71,6	28,4	26,1	28,9	30,2
NO_3^- , ppm	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO_2^- , ppb	30	14,6	12,8	16,2	17,4
Cl_2 , ppb	10,4	6,8	6,3	5,5	5,1
Cl^- , ppm	21,4	20,2	19,8	20,7	21,3
$\text{S}^{=}$, ppb	<10	<10	<10	<10	<10
$\text{SO}_4^{=}$, ppm	29,1	282	265	194	187
SiO_3 , ppm	1,7	8,5	8,2	7,4	7,3
αλκαλικότητα, ppm	154	165	152	151	152
σκληρότητα	17,6	47,2	37,0	34,0	33,0

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΡΥΠΑΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

7.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΠΟ ΑΣΤΙΚΑ ΥΓΡΟΛΥΜΑΤΑ

7.1.1 Πληθυσμός

Η "ευρύτερη πόλη" Ιωαννίνων περιλαμβάνει το Δήμο Ιωαννιτών, τις κοινότητες Ανατολής και Νήσου και τους οικισμούς Βελισσαρίου, Εξοχής, Καρδαμισίων και Τσιφλικόπουλου, που αποτελούν σύμφωνα με την οικιστική μελέτη του Γραφείου Δοξιάδη αλλά και τη μελέτη του αποχετευτικού της πόλης Ιωαννίνων, ένα οικιστικό σύνολο με κοινό δίκτυο αποχέτευσης.

Στοιχεία του πληθυσμού της ευρύτερης πόλης αλλά και του Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων που έχουν ληφθεί από την επίσημη απογραφή της Ε.Σ.Υ. φαίνονται στον Πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Στοιχεία απογραφής πληθυσμού

Έτος	Πράγματική πόλη	Λεκανοπέδιο Ιωαννίνων	Απόλυτη αύξηση	
			πόλη (%)	Λεκανοπέδιο (%)
1951	33.731	52.126	10.3	9.9
1961	37.209	57.309	21.5	14.0
1971	45.216	65.503	14.8	16.0
1981	51.311	75.998		

Ο πραγματικός σημερινός πληθυσμός της ευρύτερης πόλης εκτιμάται από τη μελέτη των ΕΠΑ (γραφείο Ι. ΜΕΣΑΡΕ) σε 66.181 κατοίκους. Η διαφορά από τον πληθυσμό της απογραφής αποδίδεται στο ότι αφενός πολλοί κάτοικοι φεύγουν από την πόλη για να απογραφούν στα χωριά και αφετέρου επειδή στην πόλη εκτός από το μόνιμο πληθυσμό κατοικούν 4.000 περίπου σπουδαστές και 2500 στρατιώτες.

Η εκτίμηση του μελλοντικού πληθυσμού της ευρύτερης πόλης έγινε θεωρώντας ανάπτυξη του πληθυσμού κατά λογιστική καμπύλη S και για τιμές των σταθερών που προέκυψαν με βάση την αύξηση της δεκαετίας 61-71.

Ο πληθυσμός κορεσμού ελήφθη ίσος με 100,000 και αντιστοιχεί στο 90% του πληθυσμού κορεσμού του ρυθμιστικού σχεδίου "Δοξιάδη" που θεωρείται ως ρεαλιστική πρόβλεψη.

Η εκτίμηση έγινε για δύο φάσεις ανάπτυξης δηλαδή για 15 και 25 χρόνια, (έτη 2001 και 2011 αντίστοιχα). Οι πληθυσμοί που προέκυψαν είναι:

Συνολικός πληθυσμός ευρύτερης πόλης Ιωαννίνων

α) έτος 1986

- Μόνιμοι κάτοικοι	55.000
- Επισκέπτες	1.300
- Σπουδαστές	4.200
- Ένοπλες δυνάμεις	<u>2.500</u>
σύνολο:	63.000

β) έτος 2001

- Μόνιμοι κάτοικοι	69.000
- Επισκέπτες	
(3% αύξηση το χρόνο)	2.000
- Σπουδαστές	5.000
- Ένοπλες δυνάμεις	<u>2.500</u>
σύνολο:	78.500

γ) έτος 2011

- Μόνιμοι κάτοικοι	76.000
- Επισκέπτες	2.500
- Σπουδαστές	5.500
- Ένοπλες δυνάμεις	<u>2.500</u>
σύνολο:	86.500

7.1.2 Παροχές ακαθάρτων και ρυπαντικά φορτία

Ο υπολογισμός των παροχών και ρυπαντικών φορτίων των λυμάτων έγινε με τις παρακάτω παραδοχές:

α) Ειδικές κατανalώσεις νερού

1986	205 λ/κατ./ημ.
2001	230 λ/κατ./ημ.
2011	240 λ/κατ./ημ.

β) Ρυπαντικά φορτία (g/κατ./ημ.)

	<u>BOD</u>	<u>SS</u>	<u>N</u>	<u>P</u>
1986	57	70	12	3
2001	65	80	15	4
2011	70	85	15	4

γ) Παροχή ακαθάρτων 80% της κατανάλωσης νερού.

δ) Μέσες εισροές υπόγειων νερών, ομβρίων κλπ. $2.0 \mu^3/\text{ha ημ.}$ (έκταση πόλης 960 ha).

ε) Μέγιστη ημερήσια (θερινή παροχή) $= 1.5 Q_{\text{μεσ.}}$

στ) ωριαία αιχμή παροχής με βάση τη μέγιστη ημερήσια παροχή επί συντελεστή αιχμής $q = 1.50 + \frac{2.50}{\sqrt{Q}}$ όπου Q η θερινή παροχή σε λ/δλ.

Σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές, οι τελικές παροχές ακαθάρτων και τα ρυπαντικά φορτία με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις φαίνονται στους πίνακες 2α και 2β.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2α. Παροχές Ακαθάρτων

Έτος	Πληθυσμός	Ειδική κατα- νάληψη νερού ℓ/κατ./ημ.	Ποσοστό αποχε- τευόμενου πληθυσμού (%)	Παροχή λυμάτων m ³ /ημ.	Θερμική παροχή λυμάτων ℓ/ημ.	Εισροές Ομβρίων m ³ /ημ.	Μέση ετήσια παροχή ακα- θάρτων m ³ /ημ.	Μέση θερινή παροχή ακα- θάρτων m ³ /ημ.	Συντελεστής αιχμής, q=1.5+ $\frac{2.5}{\sqrt{Q}}$	Οριαία αιχμή ακαθάρτων m ³ /sec
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				(2)×(3)×(4)×(0.8)	(5)×1,5		(5)+(7)	(6)+(7)	(6)×(10)+(7)	
1986	63.000	205	60%	6.200	9.300	1.150	7.350	10.450	1.74	0.20
2001	78.500	230	80%	11.555	17.330	1.540	13.100	18.900	1.68	0.35
2011	86.500	240	95%	15.780	23.670	1.825	17.600	25.500	1.65	0.47

ΠΙΝΑΚΑΣ 2β. Ρυπαντικά Φορτία και Συγκεντρώσεις

Ρυπαντικά φορτία (kg/ημ.)						Συγκεντρώσεις (mg/l)			
	BOD ₅	SS	N	P		BOD ₅	SS	N	P
1986	2155	2646	455	114		206	253	43,5	11,0
2001	4082	5024	942	251		216	266	50,0	13,3
2011	5752	6985	1233	330		226	274	48,4	13,0

7.2 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΠΟ ΥΓΡΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

7.2.1 Γενικά

Στην περιοχή της μελέτης δεν υπάρχουν ιδιαίτερα ρυπαίνουσες βιομηχανίες. Την πλειοψηφία αποτελούν οι χοιροτροφικές μονάδες και οι βιομηχανίες τροφίμων (σφαγεία, γαλακτοκομεία, κλπ.). Στα πλαίσια της έρευνας αυτής έγινε μία πρώτη απογραφή των κυριότερων βιομηχανικών μονάδων σε συνεργασία και με τον Περιβαλλοντολόγο Ιωαννίνων κ. Κ. Κωνσταντή. Επειδή τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα απηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τους τρεις αποδέκτες της περιοχής μελέτης, δηλαδή τη λίμνη Παμβώτιδα, την τάφρο της Λαψίστας και τον ποταμό Καλαμά, θεωρήθηκε σκόπιμο να ταξινομηθούν οι πηγές ρύπανσης σε τρεις ενότητες ανάλογα με τη γεωγραφική τους θέση ως προς τους τρεις αυτούς αποδέκτες. Έτσι διακρίνουμε: α) τις πηγές ρύπανσης που βρίσκονται νότια-νοτιοανατολικά της πόλης των Ιωαννίνων (Ζώνη Α λεκανοπεδίου, περιοχές Πόρου, Ανατολής και Καστρίτσας), με αποδέκτη τη λίμνη Παμβώτιδα, β) τις πηγές που βρίσκονται στα βόρεια-βορειο-δυτικά της πόλης (Ζώνη Β του λεκανοπεδίου - περιοχές Κρύας, Λαψίστας, Τοῦμπας, Πετσάλη, Ροδοτοπίου) με άμεσο αποδέκτη την τάφρο της Λαψίστας, και γ) τις πηγές που ρυπαίνουν άμεσα τον Καλαμά. Οι κυριότερες πηγές ρυπάνσεως του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων φαίνονται στο σχέδιο 2.

7.2.2 Πηγές Ρύπανσης Ζώνης Α Λεκανοπεδίου

7.2.2.1 Χοιροτροφικές μονάδες

Από τις μονάδες που είναι διάσπαρτες στη Ζώνη Α του λεκανοπεδίου έγινε απογραφή όσων είχαν αριθμό ζώων (χοιρομητέρων) μεγαλύτερο του 50. Οι υπόλοιπες δεν θεωρούνται ότι παρουσιάζουν σοβαρό πρόβλημα ρύπανσης.

Τά χαρακτηριστικά στοιχεία των κυριότερων κτηνοτροφικών μονάδων, δηλαδή το μέγεθός τους, (αριθμός χοιρομητέρων), ο όγκος των παραγόμενων αποβλήτων, το ρυπαντικό φορτίο, BOD_5 και εξαερώσιμων στερεών και το φορτίο θρεπτικών, P και N, φαίνονται στον Πίνακα 3. Οι τιμές του Πίνακα έχουν προκύψει από επεξεργασία στοιχείων απογραφής κτηνοτροφικών μονάδων που έγινε από το ΠΕΡΠΑ καθώς επίσης και από στοιχεία της βιβλιογραφίας [5], [7], [13].

Διαπιστώθηκε από την επιτόπου επίσκεψη ότι όλες γενικά οι μονάδες διαθέτουν τα απόβλητά τους στο έδαφος, αφού τα συγκεντρώνουν σε κάποιο στεγανό βόθρο. Κατά δήλωση των ιδιοκτητών οι βόθροι αδειάζονται περιοδικά με βυτία και το περιεχόμενο απορρίπτεται στον σκουπιδότοπο.

Κατά τους θερινούς μήνες, λόγω και της μεγάλης απορροφητικότητας του εδάφους δεν παρατηρείται επιφανειακή απορροή προς τη λίμνη. Το χειμώνα όμως που ο υπόγειος ορίζοντας είναι ψηλά, κάποιες απορροές προς τη λίμνη είναι αναπόφευκτες. Για την εκτίμηση των ρυπαντικών φορτίων και των φορτίων θρεπτικών που διαφεύγουν τελικά προς τη λίμνη χρησιμοποιήθηκαν τα κριτήρια για επιφανειακή διάθεση λυμάτων και λάσπης που προτείνει η ΕΡΑ, [14], [15].

Στις τελευταίες στήλες του Πίνακα 3 φαίνονται οι εκτάσεις που απαιτούνται για την ικανοποίηση του υδραυλικού (κριτήριο α) και οργανικού φορτίου (κριτήριο β) καθώς επίσης και οι διαθέσιμες σήμερα εκτάσεις.

Όσον αφορά στην απορροφητικότητα του εδάφους διακρίθηκαν δύο περιπτώσεις: (1) παραλίμνιες περιοχές με μικρή απορροφητικότητα και με μέγιστη επιτρεπόμενη υδραυλική φόρτιση $0,25 \mu^3/\mu^2/\acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma$, (2) υπόλοιπες περιοχές με μέση απορροφητικότητα και επιτρεπόμενη φόρτιση $1.0 \mu^3/\mu^2/\acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma$.

Η έκταση που απαιτείται για την ικανοποίηση του οργανικού φορτίου εκτιμήθηκε με την παραδοχή μέγιστης επιτρεπόμενης φόρτισης BOD_5 , $3.0 \text{ kg}/\mu^2/\acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma$, που συνιστάται από την ΕΡΑ [15].

Τέλος οι ποσότητες των θρεπτικών που διαφεύγουν προς τη λίμνη εκτιμήθηκαν με την παραδοχή μέγιστης επιτρεπόμενης φόρτισης N και P, 50 g/μ²/έτος και 2.6 g/μ²/έτος αντίστοιχα. -- Για τις φορτίσεις αυτές και λαμβάνοντας υπόψη στοιχεία από εκτεταμένη έρευνα που έγινε στην Ιρλανδία οι συνολικές ποσότητες N και P που διαφεύγουν προς τη λίμνη ανέρχονται περίπου στο 50% και 20% αντίστοιχα των συνολικών φορτίων N και P που διατίθενται στο έδαφος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Στοιχεία χημειοτροφικών μονάδων ζώνης Α

α/α	Μέγεθος (χοιρομητέρες)	Όγκος αποβλητων $\mu^3/\eta\mu.$	Φορτίο BOD ₅ kg/ημ.	Φορτίο VS kg/ημ.	Φορτίο P kg/ημ.	Φορτίο N kg/ημ.	Απαιτούμενη έκταση (στρ.)		Υπάρχουσα έκταση (στρ.)
							κριτήριο (α)	κριτήριο (β)	
1	50	5,21	64,5	168	9,6	14,4	7,0	3,9(1)	6,0
2	150	10,1	207	540	12,4	48,1	25,2	14,8(1)	4,0
3	160	10,8	221	581	13,0	50,0	26,0	16,0(1)	8,0
4	210	21,2	290	756	15,1	61,0	34,0	5,0(2)	12,0
5	170	11,5	235	612	14,0	54,5	28,5	4,2(2)	15,0
6	70	4,7	100	252	6,2	24,0	11,7	1,7(2)	6,0
7	80	5,4	110	288	7,0	26,0	13,4	2,0(2)	2,0
8	360	24,0	500	1656	30,0	112,0	59,0	8,0(2)	2,0
Συνολα	1250	91,0	1727,5	4853	97,3	390			

(1) παραλμνια περιοχή, (2) υπόλοιπες περιοχές

Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 3 γίνεται στη συνέχεια μία εκτίμηση της κατάστασης της κάθε μονάδας.

1. Χοιροτροφική μονάδα Χ. Βαρτζιώτη. Η διατιθέμενη έκταση των 6.0 στρεμμάτων είναι ικανοποιητική ώστε να μην παρατηρείται επιφανειακή απορροή ούτε κατά τους χειμερινούς μήνες, εφόσον η διάθεση στο έδαφος γίνεται με τρόπο συστηματικό. Η έκταση επαρκεί επίσης για την ικανοποίηση της ζήτησης BOD_5 θα παρατηρείται όμως διαφυγή N στο υπέδαφος.
2. Χοιροτροφική μονάδα Β. Τσούρη. Η μονάδα αυτή σύμφωνα και με στοιχεία της νομαρχίας διαθέτει στεγανό βόθρο όγκου $400 \mu^3$. Βρίσκεται κοντά στην καταβόθρα της Μπενίκοβας. Κατά την ημέρα της επίσκεψης (5.1.84) υπήρχε εμφανώς ρύπανση της στραγγιστικής τάφρου, όπου η μονάδα διοχετεύει ένα μέρος των αποβλήτων της ενώ ένα άλλο τμήμα αντλείται με σωλήνα προς την καταβόθρα της Μπενίκοβας. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3 η διατιθέμενη έκταση των 4.0 στρεμμάτων δεν επαρκεί για να ικανοποιήσει ούτε την υδραυλική αλλά ούτε και την οργανική φόρτιση. Αν θεωρήσουμε κατακράτηση BOD_5 στο βόθρο 50% και στο έδαφος 12,5% τότε το διατιθέμενο στην τάφρο οργανικό φορτίο εκτιμάται σε 78 kg/ημ.
3. Χοιροτροφική μονάδα Ζαρογιάννη. Η υπάρχουσα έκταση δεν επαρκεί για ικανοποιητική επιφανειακή διάθεση. Η μονάδα διαθέτει στεγανό βόθρο που τον αδειάζει με βυτιοφόρο στο σκουπιδότοπο. Η κατακράτηση BOD_5 στον βόθρο και στο έδαφος εκτιμάται σε 40% και 15% αντίστοιχα και η διάθεση στην τάφρο 44.0 kg BOD_5 /ημ.
4. Χοιροτροφικές μονάδες Ε. Τζίρα. Βρίσκεται κοντά στην τάφρο του Κουτσελιού και διαθέτει στεγανό βόθρο. Η υπάρχουσα έκταση είναι αρκετή ώστε να μην υπάρχει επιφανειακή απορροή στην τάφρο. Δεν ικανοποιείται όμως το κριτήριο της οργανικής φόρτισης και κατά συνέπεια θα υπάρχει διαφυγή τόσο οργανικού

φορτίου όσο και N και P στο υπέδαφος. Εάν θεωρήσουμε κατακράτησή του BOD_5 κατά 40% στο βόθρο και κατά 30% στο έδαφος το υπόλοιπο 30% ή 87 kg BOD_5 /ημ. θα διαφεύγει είτε προς το υπέδαφος είτε προς τη στραγγιστική τάφρο.

5. Χοιροτροφική μονάδα Κ. Θεοχάρη. Η μονάδα κατά δήλωση του ιδιοκτήτη διαθέτει 15 στρέμματα που επαρκούν για την αποφυγή επιφανειακής απορροής. Εντούτοις, κατά την επιτόπου επίσκεψη (6.1.84) διαπιστώθηκε απορροή προς τη στραγγιστική τάφρο επειδή η χρησιμοποιούμενη έκταση για διάθεση ήταν πολύ μικρότερη των 15 στρεμμάτων. Με την προϋπόθεση διάθεσης των αποβλήτων σε έκταση 15 στρεμμάτων, η διαφυγή οργανικού φορτίου προς το έδαφος και την τάφρο εκτιμάται για το BOD_5 παρακράτηση 40% στο βόθρο και 30% στο έδαφος, άρα διαφυγή 70 kg BOD_5 /ημ.

6. Χοιροτροφική μονάδα Κ. Μηλιγγιώτη. Δεν παρουσιάστηκε επιφανειακή απορροή συνεπώς η διάθεση είναι ικανοποιητική. Η μονάδα αυτή έχει στεγανό βόθρο. Η διαφυγή ρυπαντών στο έδαφος εκτιμάται: για το BOD_5 παρακράτηση 40% στο βόθρο και 25% στο έδαφος, άρα διαφυγή στο υπέδαφος 35 kg BOD_5 /ημ.

7. Χοιροτροφική μονάδα Κ. Παππά. Η μονάδα αυτή έχει και μικρό τυροκομείο. Το παραγόμενο τυρόγαλο δίνεται για τροφή στα γουρούνια. Η μονάδα διαθέτει τα απόβλητα σε μικρή φραγμένη έκταση 20 στρεμμάτων περίπου. Κατά την επιτόπου επίσκεψη η έκταση είχε μεταβληθεί σε λίμνη που έφθανε μέχρι 1 μ. βάθος σε ορισμένα σημεία. Δεν παρατηρήθηκε όμως εκροή στην τάφρο. Η διαφυγή ρυπαντών εκτιμάται σε: α) BOD_5 , παρακράτηση 40% στο βόθρο, 30% στο έδαφος, άρα διαφυγή στο υπέδαφος 33 kg BOD_5 /ημ.

8. Χοιροτροφική μονάδα αγνώστων στοιχείων. Η μονάδα διαθέτει ελλειπές σύστημα βιολογικής επεξεργασίας και διαθέτει τα απόβλητα σε έκταση περίπου 20 στρεμμάτων. Η ποσότητα του BOD_5 που διαφεύγει προς τη λίμνη, λαμβάνοντας υπόψη μία μείωση του

φορτίου BOD_5 κατά 70% θεωρείται αμελητέα.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω εκτιμήσεις, το σύνολο των ρυπαντικών φορτίων που απορρέουν προς στη λίμνη συνοψίζονται ως εξής:

φορτίο BOD_5 = 350 kg/ημ.

φορτίο N = 200 kg/ημ.

φορτίο P = 20 kg/ημ.

Τα φορτία αυτά επειδή προέρχονται από επιφανειακή διάθεση αποβλήτων θεωρούνται σαν μη-σημειακή πηγή ρύπανσης και λαμβάνονται υπόψη στην εκτίμηση της αφομοιωτικής ικανότητας της λίμνης Παμβώτιδας.

7.2.2.2 Δημοτικά σφαγεία

Τα Δημοτικά Σφαγεία βρίσκονται μέσα στην πόλη στο νότιο τμήμα του Κάστρου και έχουν άμεσο αποδέκτη τη λίμνη. Τα σφαγεία είναι αρνιά, μοσχάρια, χοίροι και αγελάδες. Η ετήσια δυναμικότητα των σφαγείων τα χρόνια 1981, 82, 83 φαίνονται στον Πίνακα 4. Η μέση μηνιαία παραγωγή το 1983 ήταν 261 t/μήνα. Η μέγιστη παραγωγή παρουσιάζεται το μήνα Αύγουστο και είναι 338 t/μήνα ενώ η ελάχιστη το μήνα Ιανουάριο, 198 t/μήνα.

Η κατανάλωση νερού στα σφαγεία ποικίλει ανάλογα με το είδος του ζώου που σφάζεται και εξαρτάται από την πληρότητα του μηχανικού εξοπλισμού. Η παραγωγική διαδικασία του σφαγείου είναι συνοπτικά η ακόλουθη: Προσαγωγή των ζώων στο χώρο σφαγής, σφαγή, αφαίμαξη, γδάρσιμο για βοοειδή και αιγοπρόβατα, αποτρίχωση για χοίρους, αφαίρεση εντοσθίων, πλύσιμο του κρέατος και των εντοσθίων, τεμαχισμός, διαλογή των εντοσθίων, διάθεση

βρώσιμων προϊόντων, διάθεση μη βρώσιμων προϊόντων.

Υγρά απόβλητα παράγονται στους χώρους σφαγής και αφαιμάξης, στους χώρους πλυσίματος του κρέατος και των εντοσθίων και από το πλύσιμο των χώρων αυτών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Δημοτικά σφαγεία - παραγωγή ανά έτος

Είδος ζώου	Βάρος ζώου (kg)	1981		1982		1983	
		Αριθμός ζώων	Βάρος (tn)	Αριθμός ζώων	Βάρος (tn)	Αριθμός ζώων	Βάρος (tn)
Αρνιά γάλακτος	20	33891	678	39516	790	43815	876
" μεγαλύτερα	45	9579	431	6800	306	9914	446
Αιγοπρόβατα	70	12807	897	13687	958	18929	1325
Μοσχάρια	250	916	229	446	112	461	115
Χοιρινά	65	6884	447	3390	220	5636	336
Σύνολα ζωντανού			2682		2386		3128
βάρους tn/έτος							

Μέση παραγωγή/μήνα (1983) $3128/12 = 261$ tn/μήνα

Μέγιστη παραγωγή (Αυγ.) 338 tn/μήνα

Ελάχιστη " (Ιαν.) 198 tn/μήνα

Μέσο βάρος ζώων

Αγελάδα 500 kg

Μοσχάρι 250 kg

Χοίρος 65 kg

Αρνί 45-70 kg

Από πληροφορίες που έδωσε η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης-Αποχέτευσης Ιωαννίνων δεν γίνεται διαχωρισμός του αίματος από τα υπόλοιπα απόβλητα. Επειδή δεν υπάρχουν στοιχεία για τα

ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων γίνεται εκτίμηση του ρυπαντικού φορτίου με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα, [5], [8], [9], [10] :

- παραγωγή κρέατος 260 t/μήνα
- παραγωγή αποβλήτων $5 \mu^3$ /tn ζωντανού βάρους
- φορτίο BOD_5 10 kg BOD_5 /tn " "
- φορτίο SS 6 kg SS/tn " "
- λίπη 2.5 kg/tn " "
- οργανικό άζωτο 17/kg/tn " "
- φορτίο COD = $2.2 \times BOD_5$: 22 kg COD/tn

Κατά δήλωση της Δ.Ε.Υ.Α.Ι. τα απόβλητα του σφαγείου συγκεντρώνονται σε στεγανό βόθρο όγκου $5 \mu^3$. Ο βόθρος αδειάζει μια φορά την ημέρα με βυτίο στο σκουπιδότοπο. Εκτιμάται ότι μία ποσότητα $45 \mu^3$ /ημ. αποβλήτων διοχετεύεται στη λίμνη χωρίς καμιά επεξεργασία. Για λόγους ασφαλείας θεωρείται ότι δεν επιτυγχάνεται καμμία μείωση των ρυπαντικών φορτίων του σφαγείου. Κατά συνέπεια το ρυπαντικό φορτίο αποβλήτων Δημοτικού σφαγείου που διατίθεται στη λίμνη είναι:

- παραγωγή κρέατος : 260 tn/μήνα = 10 t/ημ.
- όγκος αποβλήτων : $50 \mu^3$ /ημ.
- φορτίο BOD_5 : 100 kg BOD_5 /ημ.
- φορτίο SS : 60 kg SS/ημ.
- λίπη : 25 kg λίπη/ημ.
- οργανικό άζωτο : 17 kg N/ημ.

Συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων:

- BOD_5 : 2.000 mg/l
- SS : 1.200 mg/l
- λίπη : 500 mg/l
- οργανικό άζωτο: 340 mg/l

7.2.3 Πηγές ρύπανσης ζώνης Β λεκανοπεδίου

7.2.3.1 Πτηνοσφαγείο πτηνοτροφικού συνεταιρισμού

Το πτηνοσφαγείο του συνεταιρισμού βρίσκεται στις όχθες της λίμνης και κοντά στον οικισμό Στρούνι. Διαθέτει τα απόβλητά του στον Αύλακα Σεντηνέκου που χύνεται στην τάφρο Λαψίστας. Το πτηνοσφαγείο έχει δυναμικότητα 25.000-30.000 πτηνών την ημέρα.

Σε γενικές γραμμές η παραγωγική διαδικασία των πτηνοσφαγείων είναι η ακόλουθη: ξεφόρτωμα του ζωντανού πτηνού, σφαγή, αφαίμαξη, βούτηγμα σε ζεστό νερό, αποφτέρωση, εξωτερικό πλύσιμο, αφαίρεση μη φαγώσιμων μερών, εσωτερικό πλύσιμο, ψύξη σε νερό, ζύγισμα, διαλογή και προετοιμασία, μεταφορά, διάθεση ή κατάψυξη.

Υγρά απόβλητα παράγονται από την αφαίμαξη, από το πλύσιμο του δαπέδου του χώρου σφαγής, από το πλύσιμο των ζώων, από την ανακύκλωση του ζεστού νερού βουτήγματος και τέλος από το πλύσιμο των εντοσθίων.

Στοιχεία για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων έχουν ληφθεί από βιβλιογραφικές πηγές και είναι:

- παροχή αποβλήτων	: 20 l/πτηνό
- φορτίο BOD ₅	: 15 kg/1000 πτηνά
- φορτίο COD = 4.0xBOD ₅	: 60 kg/1000 πτηνά
- φορτίο SS	: 6-9 kg/1000 πτηνά
- λίπη	: 0.5-1.0 kg/1000 πτηνά
- οργανικό N	: 0.8-1.2 kg/1000 πτηνά

Συνεπώς τα απόβλητα του πτηνοσφαγείου πριν την επεξεργασία θα έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Δυναμικότητα	: 25,000-30,000 πτηνά/ημ.
- Παραγωγή αποβλήτων	: 500-600 μ ³ /ημ.
- Φορτίο BOD ₅	: 375-450 kg/ημ.

- φορτίο COD : 1500-1800 kg/ημ.
- φορτίο SS : 200-240 "
- λίπη : 17-22.5 "
- οργανικό N : 25-30 "
- συγκέντρωση BOD : 750 mg/l

Σημερινή κατάσταση: Η μονάδα διαθέτει μερικές υποτυπώσεις εγκαταστάσεις επεξεργασίας που περιλαμβάνουν σχάρες και επίπλευση για το διαχωρισμό των λιπών. Τα απόβλητα μετά την επεξεργασία χύνονται στον αύλακα Σεντηνέκου που αποχετεύει στην τάφρο της Λαψίστας.

Η μείωση στα ρυπαντικά φορτία από την υπάρχουσα επεξεργασία είναι:

- μείωση του BOD₅ και COD, 25%
- μείωση των αιωρούμενων στερεών, 50%
- μείωση των λιπών, 60%
- μείωση οργανικού N, 20%

Κατά συνέπεια διατίθενται στην τάφρο της Λαψίστας :

- όγκος αποβλήτων : 500-600 μ³/ημ.
- φορτίο BOD₅ : 280-340 kg/ημ.
- φορτίο COD : 1125-1350 "
- φορτίο SS : 100-120 kg/ημ.
- λίπη : 8 "
- οργανικό N : 20-24 "

7.2.3.2 Πτηνοσφαγείο Δρούγκα-Καψάλη, (Ζωοτεχνική)

Η μονάδα έχει δυναμικότητα 7500 πτηνών/ημ. Βρίσκεται στο βόρειο άκρο της λίμνης Παμβώτιδας στη θέση Πέραμα. Η εκτίμηση των στοιχείων των αποβλήτων γίνεται με βάση τα βιβλιογραφικά

δεδομένα της προηγούμενης παραγράφου:

- δυναμικότητα : 7.500 πτηνά/ημ.
- όγκος αποβλήτων : 150 μ^3 /ημ.
- φορτίο BOD₅ : 115 kg/ημ.
- φορτίο COD : 460 "
- φορτίο SS : 65 "
- λίπη : 6 "
- οργανικό N : 7.5 "

Σημερινή κατάσταση: Σύμφωνα με πληροφορίες των αρμόδιων Υπηρεσιών η μονάδα βρίσκεται σε κακή οικονομική κατάσταση και πρόκειται να κλείσει. Τα απόβλητα της μονάδας αφού περάσουν από κάποιο λιποσυλλέκτη συλλέγονται σε δεξαμενή 200 μ^3 , και από εκεί υπερχειλίζουν στην τάφρο της Λαψίστας. Η λάσπη που σχηματίζεται αποθηκεύεται προσωρινά σε λάκκο έξω από το εργοστάσιο με αποτέλεσμα σημαντική όχληση στη γύρω περιοχή. Ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων στη δεξαμενή είναι 1.5 ημέρες περίπου. Η κατακράτηση ρυπαντικού φορτίου στη δεξαμενή αυτή εκτιμάται σε:

- μείωση αιωρούμενων στερεών : 50%
- μείωση BOD₅ και COD : 20%
- αφαίρεση λιπών : 50%
- μείωση οργανικού N : 15%

Συνεπώς το φορτίο που διατίθεται στην τάφρο της Λαψίστας από τη μονάδα εκτιμάται σε:

- όγκος αποβλήτων : 150 μ^3 /ημ.
- φορτίο BOD₅ : 100 kg/ημ.
- φορτίο COD : 370 "
- φορτίο SS : 32 "
- λίπη : 3 "
- οργανικό N : 6 "

7.2.3.3 Εργοστάσιο γαλακτοκομικών προϊόντων "ΔΩΔΩΝΗ"

Το εργοστάσιο γαλακτοκομικών προϊόντων "Δωδώνη" της ένωσης γεωργικών συνεταιρισμών Ιωαννίνων βρίσκεται στα βόρεια της πόλης Ιωαννίνων, κοντά στον οικισμό Ελεούσα. Το εργοστάσιο επεξεργάζεται αγελαδινό, πρόβειο και κατσικίσιο γάλα και παράγει, εκτός από γάλα, φέτα, γραβιέρες, βούτυρο και γιαούρτη. Οι συνολικές ποσότητες γάλακτος που επεξεργάστηκε το εργοστάσιο από το 1971 αυξήθηκαν από 10.000 t/χρόνο το 1970 σε 35.000 t/χρόνο το 1978. Μετά το 1978 η παραγωγή του εργοστασίου μειώθηκε στους 30.000 t/χρόνο.

Η μέγιστη παραγωγή του εργοστασίου εμφανίζεται το μήνα Μάιο και ποικίλει από 5.000-6.000 t/μήνα. Η μέση παραγωγή αποβλήτων εκτιμάται σε 400-600 μ^3 /ημ.

Υπάρχουσα κατάσταση: Το εργοστάσιο έχει εγκατάσταση βιολογικής επεξεργασίας που έχει σχεδιασθεί με τις παρακάτω παραδοχές:

- μέγιστη περοχή αποβλήτων : 900 μ^3 /ημ., για 16 ώρες λειτουργίας
- μέση συγκέντρωση BOD₅ στα απόβλητα : 1100 mg/l
- μέγιστο φορτίο BOD₅ : 1000 kg/ημ.
- COD = 1.4xBOD : 1400 kg/ημ.

Οι όροι που πρέπει να πληρούν τα επεξεργασμένα απόβλητα σύμφωνα με τη σχετική νομαρχιακή απόφαση είναι:

- BOD₅ : 20 mg/l
- pH : 6.5-8.5
- χωρίς ευκρινώς επιπλέοντα ή αιωρούμενα στερεά
- χωρίς τοξικές ή λιπαρές ουσίες

Η υπάρχουσα εγκατάσταση είναι τύπου ενεργού ιλύος παρατεταμένου αερισμού και έχει σχεδιασθεί για να απομακρύνει 95%

του οργανικού φορτίου. Αποτελείται από:

- α) Δύο ορθογωνικές δεξαμενές αερισμού σε σειρά με ωφέλιμο όγκο $1200 \mu^3$ η καθεμία. Η πρώτη δεξαμενή λειτουργεί και σαν δεξαμενή εξισορρόπησης της παροχής. Είναι εξοπλισμένη με 2 επιφανειακούς αεριστές των 20 HP. Η δεύτερη δεξαμενή έχει 3 σταθερούς αεριστές των 20 HP. Η συνολική φόρτιση ιλύος και στις δύο δεξαμενές είναι $0.12 \text{ kg BOD/kg MLSS ημ.}$ και ο συνολικός χρόνος παραμονής 2,33 ημ.
- β) Μία δεξαμενή καθίζησης, ορθογωνική, με επιφάνεια $112 \mu^2$ και επιφανειακή φόρτιση $0.33 \mu^3/\mu^2 \cdot \omega\rho.$
- γ) Φίλτρα άμμου πάχους 0,30 μ.
- δ) Δεξαμενή αποθήκευσης ιλύος με σύστημα επανακυκλοφορίας.
- ε) Κλίνες ξήρανσης.
- στ) Χλωρίωση.
- ζ) Σύστημα ρύθμισης pH και προσθήκης θρεπτικών.

Εκτίμηση κατάστασης ρύπανσης. Το 1981, [11], έγινε μία έρευνα πάνω στην απόδοση της εγκατάστασης επεξεργασίας του εργοστασίου που περιλάμβανε συστηματικές δειγματοληψίες και αναλύσεις για την περίοδο από 21/6/81 μέχρι 10/8/81. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής συνοψίζονται παρακάτω:

- παροχή αποβλήτων : $142-364 \mu^3/\eta\mu.$ (8ωρη λειτουργία)
- BOD_5 : $1750-13.700 \text{ mg/l}$
- οργανικό φορτίο : $305-3507 \text{ kg/ημ.}$
- COD αποβλήτων : $2140-20.910 \text{ mg/l}$
- αιωρούμενα στερεά : $400-940 \text{ mg/l}$
- BOD_5 επεξεργασμένων αποβλήτων : $45-190 \text{ mg/l}$
- COD " : $190-1180 \text{ mg/l}$
- αιωρούμενα στερεά : $75-450 \text{ mg/l}$

Σημειώνεται, ότι κατά την περίοδο της δειγματοληψίας, στην εγκατάσταση επεξεργασίας έπεφτε και το τυρόγαλα, η χωριστή επεξεργασία του οποίου είχε κριθεί αντιοικονομική. Στην παρουσία του τυρόγαλα οφείλονται οι μεγάλες τιμές ρυπαντικού φορτίου που παρατηρήθηκαν. Σήμερα, σύμφωνα με βεβαιώσεις του εργοστασίου "Δωδώνη" καθώς επίσης και της αρμόδιας Υπηρεσίας Υγιεινής και της Υπηρεσίας Περιβάλλοντος των Ιωαννίνων, το παραγόμενο τυρόγαλα διατίθεται χωριστά στους κτηνοτρόφους για ζωοτροφή.

Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη: α) τη μελέτη των έργων επεξεργασίας των αποβλήτων, β) τα στοιχεία από την έρευνα του 1981, γίνονται οι παρακάτω εκτιμήσεις για τη σημερινή κατάσταση:

1. Η ημερήσια παροχή των αποβλήτων την περίοδο που έγιναν οι μετρήσεις, (Ιούνιος-Αύγουστος 1981) ήταν $175-317 \text{ m}^3/\text{ημ.}$, δηλαδή πολύ μικρότερη από την παροχή σχεδιασμού ($600-900 \text{ m}^3/\text{ημ.}$). Από πληροφορίες που πήραμε φαίνεται πώς και σήμερα οι παροχές των αποβλήτων κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα λόγω μειωμένης παραγωγής του εργοστασίου.
2. Αντίθετα η συγκέντρωση του BOD_5 στα απόβλητα, ακόμα και τις μέρες που δεν έπεφτε το τυρόγαλα ήταν της τάξης των 2.000 mg/l [11]. Η παρατήρηση αυτή συμφωνεί εξάλλου και με πολλά βιβλιογραφικά δεδομένα [2], [4]. Κατά συνέπεια η οργανική φόρτιση των έργων παραμένει περίπου σταθερή, $650 \text{ kg BOD}_5/\text{ημ.}$
3. Για να είναι δυνατόν να επιτευχθεί το όριο των 20 mg/l BOD_5 στα επεξεργασμένα απόβλητα που ορίζει η σχετική νομαρχιακή απόφαση, θα απαιτηθεί βαθμός απόδοσης των έργων 99%. Εκτιμάται ότι οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις μπορούν να πετύχουν ένα βαθμό απόδοσης 90-97%, εφόσον λειτουργούν κανονικά και δεν παρουσιάζονται φαινόμενα "filamentous bulking", που παρατηρούνται συχνά στα απόβλητα γάλακτος.

Το διατιθέμενο συνεπώς στην τάφρο ρυπαντικό φορτίο εκτιμάται σε:

- BOD_5 , συγκέντρωση : 50-100 mg/l
- φορτίο BOD_5 για $300 \mu^3/\eta\mu.$ παροχή : 15-30 kg/ημ.
- φορτίο BOD_5 για $600 \mu^3/\eta\mu.$: 30-60 "
- συγκέντρωση SS : 50-100 mg/l
- φορτίο SS : 15-60 kg/ημ.

7.2.3.4 Εργοστάσιο ζωικών λευκωμάτων "Λαϊνά"

Η μονάδα βρίσκεται κοντά στον οικισμό της Άνω Λαψίστας. Επεξεργάζεται τα παραπροϊόντα των σφαγείων όπως εντόσθια, κεφάλια, πόδια, κλπ. και παράγει βρώσιμα λίπη και ζωικά λευκώματα. Η παραγωγική διαδικασία περιλαμβάνει βράσιμο των προϊόντων με ατμό ψηλής θερμοκρασίας και πίεσης μέχρι 40 psi, και διαχωρισμό των παραγόμενων λιπών και λευκωμάτων από τα νερά με φυγοκέντρωση. Τα νερά ανακυκλώνονται μερικώς για την παραγωγή ατμού.

Η ημερήσια παραγωγή αποβλήτων εκτιμάται σε $40 \mu^3/\eta\mu.$ Από περιορισμένα βιβλιογραφικά στοιχεία [1], [6] φαίνεται ότι τα απόβλητα αυτά είναι ιδιαίτερα βεβαρυμένα, και ότι έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- BOD_5 : 2.200 mg/l
- SS : 1.380 "
- οργανικό N : 186 "

Σημερινή κατάσταση: Η μονάδα διαθέτει ορισμένα έργα επεξεργασίας των αποβλήτων που περιλαμβάνουν δεξαμενές καθίζησης και αμμόφιλτρα. Η πραγματοποιούμενη μείωση του ρυπαντικού φορτίου εκτιμάται σε:

- μείωση BOD₅ : ~70%
- μείωση SS : ~80%
- μείωση οργ. N : ~20%

Συνεπώς το ρυπαντικό φορτίο που πέφτει στην τάφρο της Λαψίστας από τη μονάδα εκτιμάται σε:

- παροχή : 40 μ³/ημ.
- φορτίο BOD₅: 26.0 kg/ημ.
- φορτίο SS : 11 "
- φορτίο N : 15 "

7.2.3.5 Χοιροτροφικές μονάδες

Πρόκειται για 4 χοιροτροφικές μονάδες που βρίσκονται στον οικισμό Πετσάλη οι δύο πρώτες, και στον οικισμό Ροδοτοπίου οι δεύτερες. Τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων τους φαίνονται στον Πίνακα 5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Κτηνοτροφικές μονάδες περιοχής Λαψίστας-Πετσάλη

α/α	Μέγεθος	Όγκος αποβλήτων μ ³ /ημ.	BOD ₅ kg/ημ.	VSS kg/ημ.	P kg/ημ.	N kg/ημ.
X ₉	600* χοιρίδια	4.0	77	210	4.0	16.0
X ₁₀	250 "	17.0	345	921	18.0	72.6
X ₁₁	50 "	3.5	64.5	168	3.6	14.4
X ₁₂	100 "	7.0	138	336	7.2	29.0
Σύνολο	400 "	31.5	624.5	1635	32.8	132.0

*μόνο πάχυνση

Με στοιχεία που μαζεύτηκαν κατά την επιτόπου επίσκεψη γίνονται οι παρακάτω εκτιμήσεις για το βαθμό ρύπανσης της τάφρου της Λαψίστας.

Χοιροτροφική μονάδα Χ₉

Διαθέτει τα απόβλητα σε λίμνες εκτάσεως 3 στρεμμάτων περίπου, και στη συνέχεια με επιφανειακή άρδευση στο έδαφος, σε έκταση 4 στρεμμάτων. Εκτιμάται ότι η μείωση στο οργανικό φορτίο από το πρώτο στάδιο θα είναι 60% για το BOD₅ και 60% για τα VSS, 50% για το άζωτο και 65% για το φωσφόρο. Συνεπώς το ρυπαντικό φορτίο που διατίθεται στο έδαφος είναι 30 kg/ημ. BOD₅, 126 kg/ημ. VSS, 8,0 kg/ημ. N και 1,4 kg/ημ. P. Η έκταση των 4 στρεμμάτων που διατίθεται επαρκεί, με κριτήριο το υδραυλικό φορτίο και το φορτίο BOD₅, ακόμη και για τους χειμερινούς μήνες. Εκτιμάται όμως ότι θα υπάρχει διαρροή N και P: 4.0 kg/ημ. N και 0.5 kg/ημ. P.

Χοιροτροφική μονάδα Χ₁₀

Η μονάδα διαθέτει σύστημα δέκα αναερόβιων λιμνών σε σειρά, για την επεξεργασία των αποβλήτων. Οι λίμνες έχουν ορθογωνική κάτοψη με διαστάσεις 10.50 × 10.50 και τραπεζοειδή διατομή με πλάτος πυθμένα 5.0 μ. και βάθος 3.5 μ. Η χωρητικότητα των λιμνών είναι περίπου 2500 μ³. Ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων είναι περίπου 5 μήνες και η οργανική φόρτιση 370 gr VS/μ³/ημ. Η απόδοση των αναερόβιων λιμνών εκτιμάται σύμφωνα με βιβλιογραφικές πηγές ως εξής:

- μείωση BOD₅ 60%
- " VSS 50%
- " N 60%
- " P 70%

Τα επεξεργασμένα απόβλητα χρησιμοποιούνται για την άρδευση 15 στρεμμάτων περίπου. Η έκταση αυτή είναι αρκετή για την αφομοίωση του φορτίου BOD_5 , διαφεύγει όμως ένα φορτίο 15 kg N/ημ. και 2 kg P/ημ.

Χοιροτροφικές μονάδες X_{11} και X_{12}

Πρόκειται για δύο μονάδες μικρού μεγέθους. Διαθέτουν έκταση 4 στρεμμάτων η πρώτη και 15 η δεύτερη. Βρίσκονται κοντά στην καταβόθρα Ροδοτοπίου. Από τα στοιχεία των πινάκων 1 και 3 φαίνεται ότι οι διατιθέμενες εκτάσεις εφόσον χρησιμοποιηθούν ορθολογικά επαρκούν για επιφανειακή διάθεση. Θα υπάρχει όμως μία διαρροή N και P της τάξης 10 kg N/ημ. και 2 kg P/ημ. από την πρώτη και 15 kg N/ημ. και 3 kg P/ημ. από τη δεύτερη.

7.2.3.6 Ιχθυοτροφεία πέστροφας

Στην περιοχή μελέτης υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός ιχθυοτροφείων πέστροφας που βρίσκονται κυρίως κοντά στις πηγές Τούμπας και Κρύας. Ιχθυοτροφεία υπάρχουν ακόμα στον Γόρμο, παραπόταμο του Καλαμά και στις εκβολές του Καλαμά.

Τρεις είναι οι κυριότερες επιπτώσεις των ιχθυοτροφείων στο περιβάλλον: (α) απαίτηση μεγάλων ποσοτήτων νερού υψηλής ποιότητας, (β) ρύπανση από περίσσεια τροφής και τα περιττώματα των ψαριών, (γ) μετάδοση ασθενειών.

Επειδή όλα τα ιχθυοτροφεία βρίσκονται κοντά σε πηγές δεν υπάρχει πρόβλημα ποιότητας νερού. Τα κυριότερα προβλήματα είναι το πρόβλημα της ρύπανσης των νερών από τη διάθεση αχρησιμοποίητης τροφής και τα περιττώματα των ψαριών.

Κατανάλωση νερού: Σύμφωνα με στοιχεία του ιχθυογεννητικού σταθμού Λούρου, η κατανάλωση νερού κυμαίνεται από 60-100 lt/sec/

στρέμμα πέστροφας, η παραγωγή πέστροφας είναι 15 τόννοι/στρέμμα/χρόνο, συνεπώς 4-6,6 lt/sec/t/πέστροφα. Τα στοιχεία αυτά συμφωνούν και με βιβλιογραφικά δεδομένα [16].

Τροφή: Χρησιμοποιούνται 2 ειδών τροφές, η τεχνητή τροφή και το υποπροϊόν. Η κατανάλωση τροφής είναι 2 kg τεχνητής τροφής και 8 kg υποπροϊόντος/kg εκτρεφόμενης πέστροφας. Η σύσταση ενός αντιπροσωπευτικού σιτηρέσιου είναι η εξής:

- ιχθυάλευρα	20%
- πτηνάλευρα	25%
- χαρουπάλευρο	20%
- βίτες	30%
- ιχνοστοιχεία	0,2%
- βιταμίνες	0,077%
- χολίνη	0,6%
- βιταμίνη Ε	1,5 mg
- μεθειονίνη	0,7%
- λινέλαιο	0,4%
- BHT	0,02%

Μεγάλες διαρροές τροφής στο νερό μπορούν να αποφευχθούν με καλή διαχείριση του ιχθυοτροφείου. Η διαρροή τροφής γενικά κυμαίνεται από 1-5%.

Χαρακτηριστικά αποβλήτων: Δεν υπάρχουν πολλά στοιχεία πάνω στην ποιότητα των νερών των ιχθυοτροφείων, κυρίως επειδή παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις μέσα στο χρόνο. Η χειρότερη ποιότητα εμφανίζεται κατά την εποχή των μικρών παροχών και εξαρτάται από την ποιότητα του χρησιμοποιούμενου νερού και τη θερμοκρασία. Τα τυπικά χαρακτηριστικά εκροής ιχθυοτροφείου τους θερινούς μήνες είναι:

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Ρυπαντικό φορτίο ιχθυοτροφείων

α/α	Ιχθυοτροφείο	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή tn/χρόνο	Παροχή* $\mu^3/\delta\lambda$	Φορτίο BOD ₅ kg/ημ.	Φορτίο SS kg/ημ.	NH ₃ -N kg/ημ.	PO ₄ -P kg/ημ.
1.	A. Ντούμα, Τούμπα	22,0	100	0,5	30,2	1300	17,3	1,7
2.	Γ. Πανταζή, Τούμπα	3,5	70	0,35	21,2	90,7	12,1	1,2
3.	Χ. Πανταζή, Κρύα	1,0	15	0,075	4,5	19,4	2,6	0,3
4.	Β. Τζιζάλας, Στρούνη	3,0	50	0,25	15,1	64,8	8,6	0,8
5.	Αφού Τσιτώνη, Πέραμα	2,0	20	0,1	6,0	25,9	3,4	0,3
6.	Β. Ντέλλας, Δολιανά	4,0	100	0,5	30,2	130,0	17,3	1,7
7.	Κ. Παπαστέφος, Γόρμος	4,0	100	0,5	30,2	130,0	17,3	1,7
8.	Κ. Χαράλας, Γόρμος	2,0	30	0,15	9,1	40,0	5,2	0,5
9.	Κ. Λιούρης, Καλαμάς	4,0	50	0,25	15,1	64,8	8,6	0,8
10.	Α. Κανδύλης, Καλαμάς	2,0	10	0,1	6,0	25,9	3,4	0,3

* με την παραδοχή 5,0 lt/sec/tn πέστροφας.

BOD ₅ , mg/l	0,7 mg/l
Διαλυμένο οξυγόνο	6,0 "
Αμμωνία	0,4 "
Αιωρούμενα στερεά	3,0 "
Φωσφόρος PO ₄ -P	0,04 "

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα το ρυπαντικό φορτίο των ιχθυοτροφείων που διατίθεται στη Λαψίστα φαίνεται στον Πίνακα 6.

7.2.4 Λεκάνη Καλαμά

Στη λεκάνη απορροής του Καλαμά υπάρχουν μερικές μικρής σημασίας μονάδες κυρίως κτηνοτροφικές και τροφίμων και τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία περιγράφονται στη συνέχεια. Επειδή η διάθεση των αποβλήτων τους γίνεται επιφανειακά και δεν υπάρχει άμεση απορροή στον Καλαμά, δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της αφομοιωτικής ικανότητας του ποταμού.

Πηγές ρύπανσης Καλαμά

Τύρια

X ₁₃	Χοιροστάσιο Ρομπογιάννη:	200 χοιρομητέρες
X ₁₄	" Παπακωνσταντίνου:	100 "

Ωραιόκαστρο

X₁₅ Τρία χοιροστάσια με 150 χοιρομητέρες σύνολο, που αποχετεύουν σε κοινό βόθρο.

Δολιανά

X ₁₆	Χοιροστάσιο Αλεξίου	: 100 χοιρομητέρες
X ₁₇	" Χριστοδούλου:	200 "
Τ.6.Τυροκομείο συνεταιρισμού, παραγωγή 15 τν/ημέρα με υπεδάφια διάθεση.		

Παρακάλαμος

Τ.7. Κοινοτικά σφαγεία

7.2.5 Σύνολο ρυπαντικών φορτίων λεκάνης Καλαμά

Στον Πίνακα 7 ανακεφαλαιώνονται τα ρυπαντικά φορτία από βιομηχανική δραστηριότητα, που έχουν τελικό αποδέκτη τον ποταμό Καλαμά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Σημερινά ρυπαντικά φορτία βιομηχανικών αποβλήτων περιοχής Ιωαννίνων, (με αποδέκτη τον Καλαμά)

	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ						ΦΟΡΤΙΑ ΠΟΥ ΔΙΑΤΙΘΕΝΤΑΙ ΣΤΟΝ ΑΠΟΔΕΚΤΗ					
	Δυναμικότητα εργοστασίου	Q μ³/ημ.	BOD 5 kg/ημ.	COD kg/ημ.	SS kg/ημ.	N kg/ημ.	P kg/ημ.	BOD 5 kg/ημ.	COD kg/ημ.	SS kg/ημ.	N kg/ημ.	P kg/ημ.
1. Δημοτικά σκαμνιά	261 τη/μήνα	50	100	220	60	17	-	100	220	60	17	-
2. Πτηνοσκαμνίο πηνοτροφικού Συνετ.	25.000-30.000 πηπνά/ημέρα	600	450	1800	240	30	-	340	1350	120	24	-
3. Πτηνοσκαμνίο δρούγκα-καμάλη	7500 πτηνά/ημ	150	115	460	65	7,5	-	100	370	32	6	-
4. Εργοστάσιο γάλακτος Δωδώνη	5.000-6.000 γάλα/μήνα	600	1000	1300	240	-	-	40	120	100	-	-
5. Εργοστάσιο ζωικών λευκω- μάτων		40	90	360	60	7,5	-	26	180	11	2.0	-
6. Χοιροτροφικές μονάδες	400 χοίροι.	(31)*	(625)*		(1635)*	(132)*	33	-	-	-	19.0	2,5
7. Ιχθυοτροφεία Κρύας	85 τη/χρόνο (μ³/δλ.)	(0.425) [†]	26.0	50	110	15	1.5	26	50	110	15	-
8. Ιχθυοτροφεία Τουμπας	170 τη/χρόνο (μ³/δλ.)	(0.85) [†]	52.0	100	220	30	3.0	52.5	100	220	30	3,0
ΣΥΝΟΛΑ		1440	1833	4290	995	107	37,5	705	2390	653	113.0	5,5

*Διάθεση υπεδάφια, δεν αθροίζεται στον αποδέκτη.

[†]Παροχή επανακυκλοφορίας (πηγές-ιχθυοτροφεία-Καλαμάς), δεν αθροίζεται στον αποδέκτη.

7.3 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Από πληροφορίες του Υπουργείου Γεωργίας και της Αγροτικής Τράπεζας, στην περιοχή μελέτης προβλέπεται η κατασκευή δύο νέων μονάδων, ενός πτηνοσφαγείου του Αγροτικού Συνεταιρισμού Ιωαννίνων δυναμικότητας 12.000.000 πτηνών το χρόνο με μονάδα μεταποίησης δυναμικότητας 300-500 tn/χρόνο έτοιμου παρασκευάσματος και ενός σφαγείου μεγάλων ζώων, 3 γραμμών σφαγής και δυναμικότητας 9000 tn νωπού κρέατος/χρόνο της Συνεταιριστικής Βιομηχανίας Κρέατος Ηπείρου (ΣΒΕΚΗ). Επίσης στην περιοχή Λαψίστας έχει ιδρυθεί και η νέα βιομηχανική περιοχή Ιωαννίνων που είναι υπό κατασκευή.

Τα ρυπαντικά φορτία από τις τρεις αυτές βασικές πηγές εκτιμώνται στη συνέχεια σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Τα σύνολα των ρυπαντικών φορτίων φαίνονται στον Πίνακα 8.

7.3.1 Νέο Πτηνοσφαγείο Α.Σ. Ηπείρου

- Δυναμικότητα	: 12.000.000 πτηνών/χρόνο, 35.000 πτ./ημ.
- όγκος αποβλήτων	: $35.000 \times 25 \times 10^{-3} = 875 \mu^3/\eta\mu.$
- φορτίο BOD_5	: $15 \times 10^{-3} \times 35.000 = 525 \text{ kg}/\eta\mu.$
- φορτίο SS	: $8 \times 10^{-3} \times 35.000 = 280 \text{ "}$
- φορτίο οργανικού N	: $1.0 \times 10^{-3} \times 35.000 = 35 \text{ "}$
- λίπη	: $0.75 \times 10^{-3} \times 35.000 = 26 \text{ "}$

7.3.2 Βιομηχανία κρέατος ΣΒΕΚΗ

- Δυναμικότητα	: 9.000 tn νωπό κρέας /έτος
	: 25 tn νωπό κρέας/ημ.
- όγκος αποβλήτων	: $10 \mu^3/\text{tn} = 250 \mu^3/\eta\mu.$
- φορτίο B.O.D. ₅	: $6 \text{ kg}/\text{tn} = 150 \text{ kg}/\eta\mu.$
- φορτίο SS	: $8 \text{ kg}/\text{tn} = 200 \text{ "}$
- φορτίο οργ. N	: $1.75/\text{tn} = 42,5 \text{ "}$
- λίπη	: $2.5 \text{ kg}/\text{tn} = 62,5 \text{ "}$

Πρόκειται, κατά πληροφορίες, να εγκατασταθεί στη βιομηχανική περιοχή.

7.3.3 Βιομηχανική περιοχή Ιωαννίνων

Η βιομηχανική περιοχή Ιωαννίνων βρίσκεται στα πρώτα στάδια της κατασκευής της. Έχει έκταση 2105 στρέμματα από τα οποία τα 494 στρ. προορίζονται για την εγκατάσταση βιοτεχνιών, τα 1197 στρ. για βιομηχανίες, τα 73 για κέντρο εξυπηρέτησης και τα υπόλοιπα 341 για πράσινο. Σύμφωνα με τη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων της βιομηχανικής περιοχής, που έχει υποβληθεί από την ΕΤΒΑ, έχουν δηλώσει ενδιαφέρον για εγκατάσταση 12 βιομηχανίες που δεν παράγουν αξιόλογα απόβλητα. Η συνολική παραγωγή αποβλήτων εκτιμάται σε $160 \mu^3/\eta\mu.$ Η ΒΙ.ΠΕ προβλέπεται να υδροδοτηθεί από τις πηγές Τούμπας. Στη βιομηχανική περιοχή πρόκειται να εγκατασταθεί και η βιομηχανία του ΣΒΕΚΗ. Η ίδια μελέτη προβλέπει ότι η ΒΙ.ΠΕ στην τελική φάση ανάπτυξης θα έχει τη δυνατότητα να δεχθεί βιομηχανίες με παραγωγή αποβλήτων μέχρι $2500 \mu^3/\eta\mu.$ και $BOD_5 = 500 \text{ mg/l}$. Η τιμή αυτή του BOD_5 αποτελεί όριο αποδοχής της βιομηχανίας στην βιομηχανική περιοχή μετά από πιθανή προεπεξεργασία. Έτσι, για τους σκοπούς της μελέτης αυτής γίνονται οι παρακάτω παραδοχές για τα φορτία από τη βιομηχανική περιοχή, (στα οποία περιλαμβάνονται και τα φορτία από τη βιομηχανία ΣΒΕΚΗ):

Έτος	Παροχή $\mu^3/\eta\mu.$	BOD_5 (mg/l)	φορτίο BOD_5 (kg/ημ.)
2011	25 0	500	1250

ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Μελλοντικά φορτία βιομηχανικών αποβλήτων περιοχής Ιωαννίνων

Μονάδα	Δυναμικότητα	Παροχή μ ³ /ημ.	BOD ₅ kg/ημ.	COD kg/ημ.	SS kg/ημ.	N kg/ημ.
<u>Φορτία 2001</u>						
1. Πτηνοσφαγείο Γ.Σ. Ηλείρου	35.000 πτηνά/ημ.	875	525	2100	300	35
2. Συν. Βιομ. Κρέατος Ηλείρου (ΣΒΕΚΗ)	750 tn/μήνα	250	150	330	200	43
Σύνολο		1125	675	2430	500	78
<u>Φορτία 2011</u>						
1. ΒΙ.ΠΕ.Η		2500	1250	2500	1250	150
2. Πτηνοσφαγείο		875	525	2100	300	35
Σύνολο		3375	1775	4600	1550	185

7.4 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΤΑΦΡΟΥ ΛΑΨΙΣΤΑΣ - ΚΑΛΑΜΑ.

Στον πίνακα 9 ανακεφαλαιώνεται το σύνολο των σημερινών και μελλοντικών ρυπαντικών φορτίων από αστική και βιομηχανική ρύπανση του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων που έχουν σαν αποδέκτη την τάφρο της Λαψίστας και τον ποταμό Καλαμά. Τα ρυπαντικά φορτία που διατίθενται στη λίμνη προέρχονται από μη σημειακές πηγές ρύπανσης και από την επιφανειακή απορροή των πτηνοτροφικών μονάδων που περιγράφησαν στην παρ. 7.2.3. Το σύνολο των ρυπαντικών φορτίων που επιβαρύνουν τη λίμνη περιγράφεται στο Κεφάλαιο 9.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9. Συνολικός πίνακας φορτίων και παροχών υπολογισμού που διατίθενται στην τάφρο Λαψίστας-Καλαμά

<u>1986</u>	Παροχή μ ³ /ημ.	BOD ₅	COD (kg/ημ.)	SS	N	P
Αστικά λύματα	10.450	2.155	4.675	2.646	455	114
Βιομηχανικά	1.440	705	2.390	653	113	12
Σύνολο	11.890	2.860	7.065	3.300	568	126
<u>2001</u>						
Αστικά λύματα	18.900	4.082	8.980	5.024	942	251
Βιομηχανικά	1.440	705	2.390	653	113	12
ΣΒΕΚΗ	250	150	330	200	43	4
Πτηνοσφαγείο	875	525	2.100	280	35	4
Σύνολο	21.465	5.462	13.800	6.157	1.133	271
<u>2011</u>						
Αστικά λύματα	25.500	5.752	12.654	6.985	1.233	330
Βιομηχανικά	1.440	705	2.390	653	113	12
Πτηνοσφαγείο	875	525	2.100	280	35	4
ΒΙ.ΠΕ.	2.500	1.250	2.500	1.250	150	-
Σύνολο	30.315	8.232	19.644	9.168	1.531	346

7.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. N.L. Nemerow, "Liquid Waste of Industry", Addison-Wesley (1971).
2. "Dairy Effluent Treatment", Intn. Dairy Dederation Annual Bulletin (1974).
3. W.J. Harrer, "In plant control of dairy wastes", Food & Technology, (June 1974).
4. C.W. Watson, "Practical Aspects of Dairy Waste Treatment", Int. Waste Conf. Purdue Univ., (1960).
5. R.C. Loer, "Agricultural Waste Management", Academic Press, New York-London, (1974).
6. C.F. Gurnham, "Industrial Wastewater Control", Meat products, Academic Press, New York, (1965).
7. E.P. Taiganides, "Animal wastes", Applied Science Publishers Ltd., London (1977).
8. Degremont, "Water Treatment Handbook", (1973).
9. "Αποχέτευση σφαγείων-πτηνοσφαγείων", Υπουργείο Κοινωνικών Υπηρεσιών, ΠΕΡΠΑ, (1977).
10. M.C. Dart, "Treatment of Wastewaters from the meat industry", Process Biotechnology, p. 11, June 1974.
11. D.J. Economides, "Experimental Evaluation of the waste treatment plant of a dairy factory", M.Sc. Thesis report, Queen Elizabeth College, U.L., (1981).
12. D.J. Tervet, "The impact of Fish Farming on water quality", Wat. Poll. Control, 80, p. 571, (1981).
13. "Απογραφή κτηνοτροφικών μονάδων", ΠΕΡΠΑ, (1981).
14. "Land application of wastewater", U.S.E.P.A. Process design manual, (1977).
15. "Land application of municipal sludge", U.S.E.P.A. Process design manual, (1983).

3. ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

3.1. Μαθηματικό μοντέλο χωροχρονικής εξέλιξης της ρύπανσης.

3.1.1. Εισαγωγή

Η μελέτη αυτοκαθαρισμού του ποταμού Καλάμα έγινε με χρήση του μαθηματικού μοντέλου ποιότητας υδατορρέυματος QUAL-II.

Το QUAL II είναι ένα ευέλικτο μοντέλο με δυνατότητα προσομοίωσης μέχρι 13 συνιστωσών υδάτινης ποιότητας, με το σύνδυομά που επιθυμεί ο μελετητής. Οι προσομοίωσιμες συνιστώσες είναι:

- (1) Διαλυμένο οξυγόνο (DO)
- (2) Βιοχημική ζήτηση οξυγόνου (BOD)
- (3) Θερμοκρασία
- (4) Άλζη ως κλωροφύλλη Α
- (5) Αμμωνία (ως N)
- (6) Νιτρώδη
- (7) Νιτρικά
- (8) Διαλυμένα ορθοφωσφορικά (ως P)
- (9) Κολοβακτηρίδια
- (10) Αυθαίρετη μη συντηρητική συνιστώσα
- (11) Τρεις αυθαίρετες συντηρητικές συνιστώσες

Το μοντέλο είναι εφαρμόσιμο σε καλά αεριζόμενα δενδριτικά υδατορρέυματα στα οποία οι κύριοι μηχανισμοί μεταφοράς, μεταμόρφωσης και διάσπαρσης, είναι σημαντικοί μόνο κατά την κύρια κατεύθυνση ροής. Επιτρέπει την ύπαρξη πολλών εισροών αποβλήτων, παραποτάμων, εκροών βαθμηδών αυξανόμενων εισροών. Είναι επίσης σε θέση να υπολογίσει την αναγκαία διάλυση ρύπων, ώστε να φθάσει η ροή σε προδιαγεγραμμένα επίπεδα DO.

Το QUAL-II περιορίζεται στην προσομοίωση χρονικών περιόδων, για τις οποίες οι παροχές είναι ουσιαστικά σταθερές, όπως άλλωστε συμβαίνει και με τα εισρέοντα φορτία αποβλήτων. Το QUAL-II μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν "στατικό" ή "δυναμικό" μοντέλο. Στην δεύτερη περίπτωση είναι δυνατή η μελέτη της υδάτινης ποιότητας (κύρια του DO και της θερμοκρασίας), όπως επηρεάζεται από τις ημερήσιες αλλαγές μετεωρολογικών δεδομένων.

Όταν η χρήση του μοντέλου αποβλέπει στη μελέτη του αντίκτυπου των φορτίων των αποβλήτων στην ποιότητα των υδάτων, είναι δυνατό ο σύνδυομά με ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας από το πεδίο, να εξακριβωθεί το μέγεθος και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά σημειακών και μη σημειακών πηγών αποβλήτων.

Η δυναμική θεώρηση του μοντέλου επιτρέπει τη μελέτη των ημερήσιων μεταβολών του DO που οφείλονται στην ανάπτυξη και αναπνοή των άλγυ καθώς και την ανίκνευσή του αντίκτυπου στην υδάτινη ποιότητα "ηλεκτρικών" φορτίσεων, όπως υπερχειλίσεις, και περιοδικών ή εποχικών

εκφορτίσεων.

Το μοντέλο QUAL-II αποτελείται από ένα κύριο πρόγραμμα :-το QUAL2- και από 23 υποπρογράμματα. Το σχήμα 8-A δίνει μία γραφική απεικόνιση των συσχετίσεων μεταξύ του κυρίου προγράμματος και των 23 υποπρογραμμάτων (υπορουτινών). Σημειώνεται εδώ, ότι υπάρχει η ευχέρεια εισαγωγής νέων παραμέτρων ή η μεταβολή των συσχετίσεων των παραμέτρων που ήδη υπάρχουν, με ελάχιστη αναδόμηση του μοντέλου.

Το QUAL-II είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN IV-EXTENDED.

8.1.2. Κατάστροφση Μοντέλου.

Η πορεία που ακολουθείται στην κατάστροφση του μοντέλου προσομοίωσης των υδρολογικών συνιστωσών και των συνιστωσών ποιότητας ενός υδατορρέυματος έχει 3 φάσεις:

- (1) Εννοιολογική αναπαράσταση
- (2) Συναρτησιακή μορφοποίηση
- (3) Υπολογιστικό πλαίσιο (βλ. παράγραφος 8.1.5)

Εννοιολογική αναπαράσταση

Το υδατορρέυμα παριστάνεται με ένα νήμα πλήρως πεπλεγμένων υπολογιστικών στοιχείων (COMPUTATIONAL ELEMENTS), που συνδέονται μεταξύ τους με μηχανισμούς μεταφοράς και διασποράς. Συνεχείς ομάδες τέτοιων όμοιων υπολογιστικών στοιχείων ορίζονται ως τμήματα (REACHES) στα οποία τα στοιχεία έχουν τα ίδια υδραυλικά χαρακτηριστικά: κλίση υδατορρέυματος, διάτομή, τραχύτητα κλπ., καθώς και τις αυτές σταθερές βιολογικών ρυθμών: ρυθμό μείωσης BOD, ρυθμό παραγωγής βένθους κλπ. Έτσι το ποτάμι μπορεί εννοιολογικά να παρασταθεί από ομαδοποιημένα τμήματα και στοιχεία, όπως φαίνεται στο σχήμα 8.8.

Τα υπολογιστικά στοιχεία μήκους Δx διέπονται από τις ακόλουθες σχέσεις ισορροπίας:

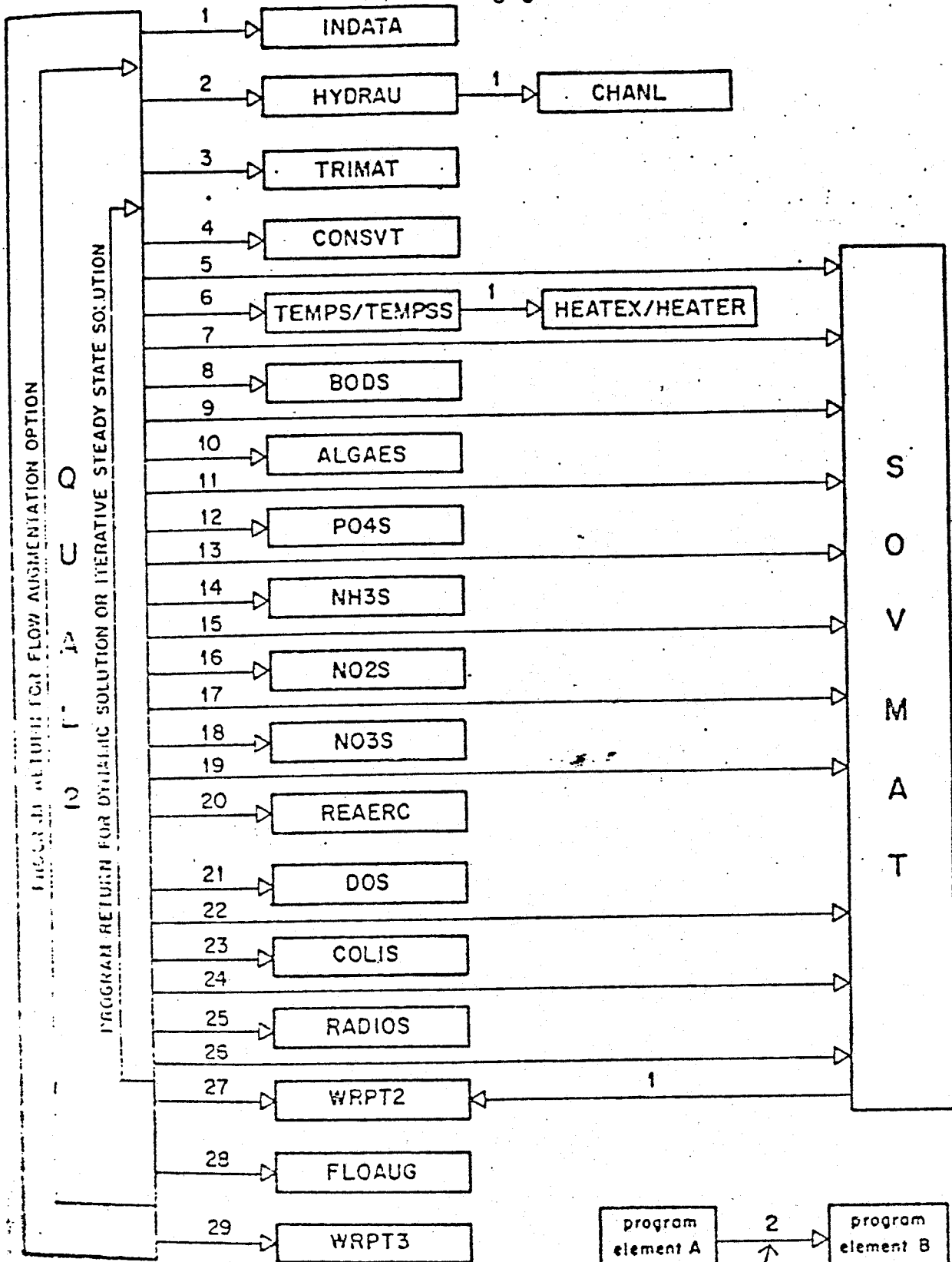
- (1) Υδρολογικής (νόμος συνέχειας), που εφαρμόζεται σε όρους παροχής εισόδου στα ανάντη του στοιχείου $Q(J-1)$, εξωτερικών εισροών ή εκροών $QX(I)$ και παροχής εξόδου στην κατάντη παρεία του στοιχείου $Q(J)$.
- (2) Συγκεντρώσεως χιλά κάθε συνιστώσα (C), σε όρους μεταφορές $(Q.C)$ και διασποράς $(A \cdot DL/Dx) \cdot (BC/Bx)$ κατά μήκος του άξονα του ποταμού, φορτίων αποβλήτων $(Qx.Cx)$ και εσωτερικών πηγών ή καταβροθών $S(I)$, όπως πηγές βένθους και βιολογικών μεταβολών, διατήρηση μάζας.

Η μίξη σε κάθε στοιχείο πρέπει να είναι πλήρης.

Συναρτησιακή μορφοποίηση

Εξίσωση μεταφοράς μάζας

Η βασική εξίσωση που επιλύεται από το QUAL-II είναι η εξίσωση μεταφοράς μάζας με διασπορά και μεταφορά η οποία ολοκληρώνεται



Σχήμα 8-Α

Γενική δομή του μοντέλου QUAL-II

αριθμητικά ως προς το χρόνο για κάθε συνιστώσα υδατινής ποιότητας. Για οποιαδήποτε συνιστώσα με συγκέντρωση C , η εξίσωση μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$\partial M / \partial T = \partial (A x * D L * \partial C / \partial x) / \partial x * D x - \partial (A x * U * C) / \partial x * D x + (A x * \Delta x) D C / D T + S \quad (8.1)$$

όπου: M = μάζα (M)

x = απόσταση (L)

T = χρόνος (T)

C = συγκέντρωση (M/L^3)

Ax = επιφάνεια διατομής (L^2)

DL = συντελεστής διασποράς (L^2/T)

U = μέση ταχύτητα (L/T)

S = εξωτερική πηγή ή καταβόθρα (M/T)

Επειδή $M = V * C$ και $V = Ax * D x$ = στοιχειώδης όγκος, για σταθερή ροή ($\partial Q / \partial T = 0$) ισχύει:

$$\partial C / \partial T = \partial (A x * D L * (\partial C / \partial x)) / A x * \partial x - \partial (A x * U * C) / A x * \partial x + D C / D T + S / V \quad (8.2)$$

Οι όροι στην εξίσωση (8.2) εκφράζουν αντίστοιχα διασπορά, μεταφορά, μεταβολές συνιστωσών (αύξηση/μείωση), εξωτερικές πηγές / καταβόθρες και ερπίωση.

Ο όρος $D C / D T$ εκφράζει φυσικές, χημικές και βιολογικές αντιδράσεις και αλληλεπιδράσεις που εμφανίζονται στο υδατόρρευμα (δηλ. μεταβολές ανεξάρτητες της μεταφοράς, διασποράς και εισροής αποβλήτων), π.χ. επανασεισμό, φωτοσύνθεση, αναπνοή των αλγών και καταστροφή (DIE OFF) των κολλοβακτηριδίων. Για "στατικές" συνθήκες ισχύει $\partial C / \partial T = 0$.

Υδραυλικά Χαρακτηριστικά - Διαμήκης Διασπορά

Η υδραυλική διαίτα του υδατορρέυματος υποτίθεται σταθερή και για κάθε στοιχείο ισχύει:

$$(\partial Q / \partial x)_x = (Q x)_x \quad (8.3)$$

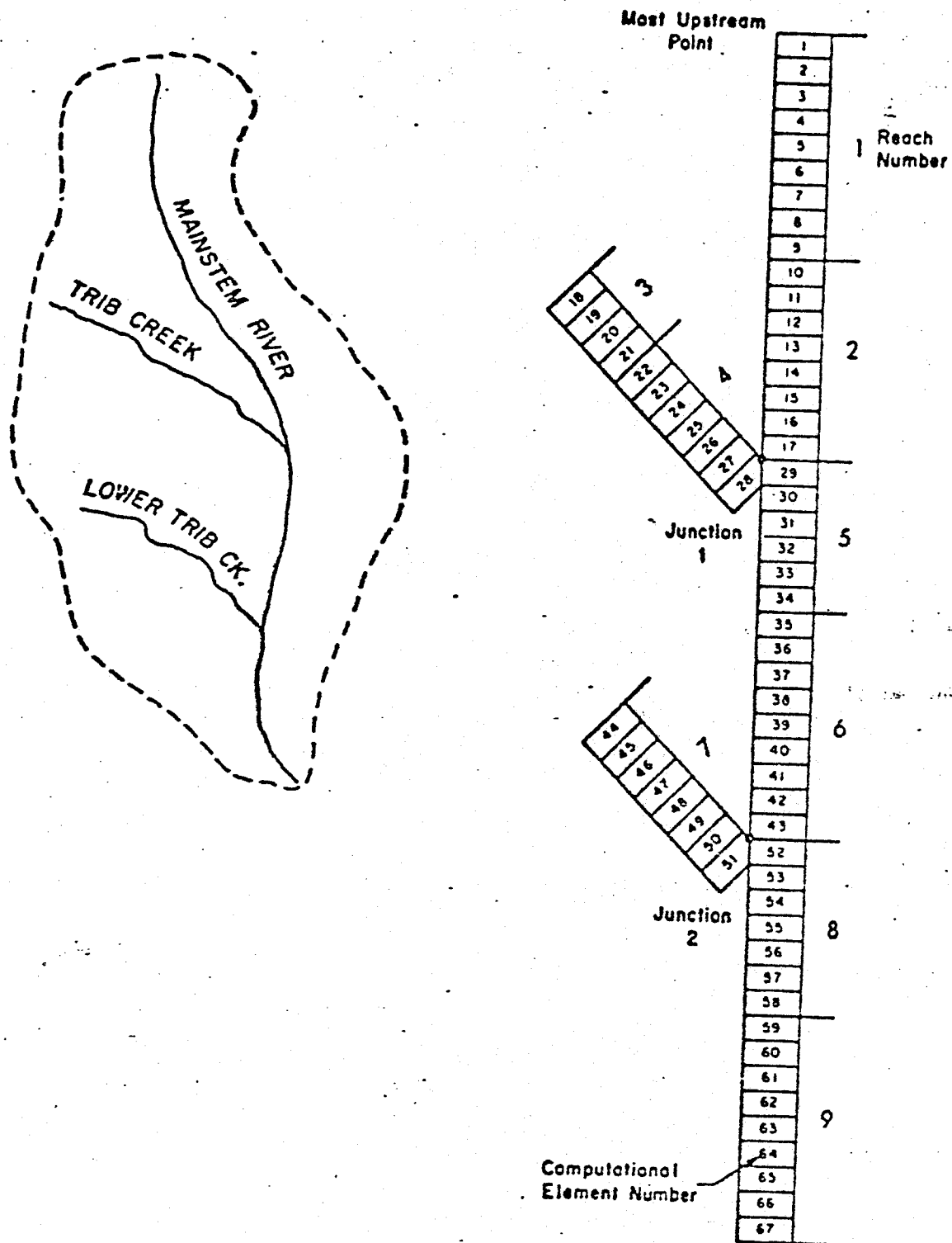
όπου $(Q x)_x$ το άθροισμα των εξωτερικών εισροών και/ή εκροών στο στοιχείο αυτό.

Όταν είναι γνωστή η Q προσδιορίζονται τα:

$$\begin{aligned} U &= a Q^b \\ A x &= Q / U \\ D &= \gamma Q^\delta \end{aligned} \quad (8.4)$$

όπου a, b, γ, δ σταθερές και D το βάθος του υδατορρέυματος. Οι σταθερές αυτές μπορούν συνήθως να προσδιοριστούν από καμπύλες στάθμης-παροχής.

Εναλλακτικά, αν η διατομή του εκάστοτε τμήματος του υδατορρέυματος είναι γνωστή, τα υδραυλικά στοιχεία μπορούν να ληφθούν από απ' ευθείας επίλυση της εξίσωσης MANNING:



Σχήμα 8-Β

Σχηματική παράσταση τμήματος υδατορρεύματος

$$Q = (1.486/\pi) * A * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (8.5)$$

Ο συντελεστής διαμήκους διάσποράς DL, υπολογίζεται από τον τύπο ELDER για όχι μεγάλου πλάτους υδατορρέυματα. Από συνδυασμό των τύπων ELDER και CHEZY προκύπτει:

$$DL = 22.6 * \pi * U * D^{0.833} \quad (8.6)$$

όπου π = συντελεστής τραχύτητας κατά MANNING

U = μέση ταχύτητα ροής

D = βάθος υδατορρέυματος

R = υδραυλική ακτίνα

S = κλίση γραμμής ενεργείας

A = διατομή ποταμού

8.1.3. Διεργασίες ρύπων

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία για τον προσδιορισμό της αφομοιωτικής ικανότητας απαβλήτων ενός υδατορρέυματος, είναι η ικανότητά του να διατηρεί επαρκή συσκέन्द्रωση διαλυμένου οξυγόνου (DO). Το διαλυμένο οξυγόνο ρυθμίζεται στα ποτάμια από τον ατμοσφαιρικό επαναέρισμό, τη φωτοσύνθεση, την αναπνοή φυτών και ζώων, τη ζήτηση βένθους, το BOD, τη νιτροποίηση, την αλατότητα και τη θερμοκρασία, καθώς και από διάφορους άλλους παράγοντες.

Το QUAL-II προσομοιώνει τις βασικές αλληλεπιδράσεις των κύκλων αζώτου, παραγωγής αλγών, ζήτησης οξυγόνου από το βένθος, αποβολής διαζειδίου του άνδρακα και ατμοσφαιρικής αέρωσης, καθώς και τον αντίκτυπό τους στην συμπεριφορά του DO. Το σχήμα 8.Γ μας δίνει μια γραφική απεικόνιση των διεργασιών αυτών.

Τα κολλοβακτηρίδια και η αυθαιρετη μη συντηρητική συνιστώσα σχηματικά εκφράζονται σαν μη συντηρητικές φθίνουσες συνιστώσες, και δεν αλληλεπιδρούν με άλλες συνιστώσες. Πρωφανώς οι συντηρητικές συνιστώσες δεν διασπώνται, ούτε αλληλεπιδρούν με οποιοδήποτε τρόπο με άλλες συνιστώσες.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται συνοπτικά οι μαθηματικές σχέσεις που περιγράφουν τις ξεχωριστές αντιδράσεις και αλληλεπιδράσεις των συνιστωσών εκείνων που προσομοιώθηκαν κατά την εφαρμογή του μοντέλου στον ποταμό Καλαμά.

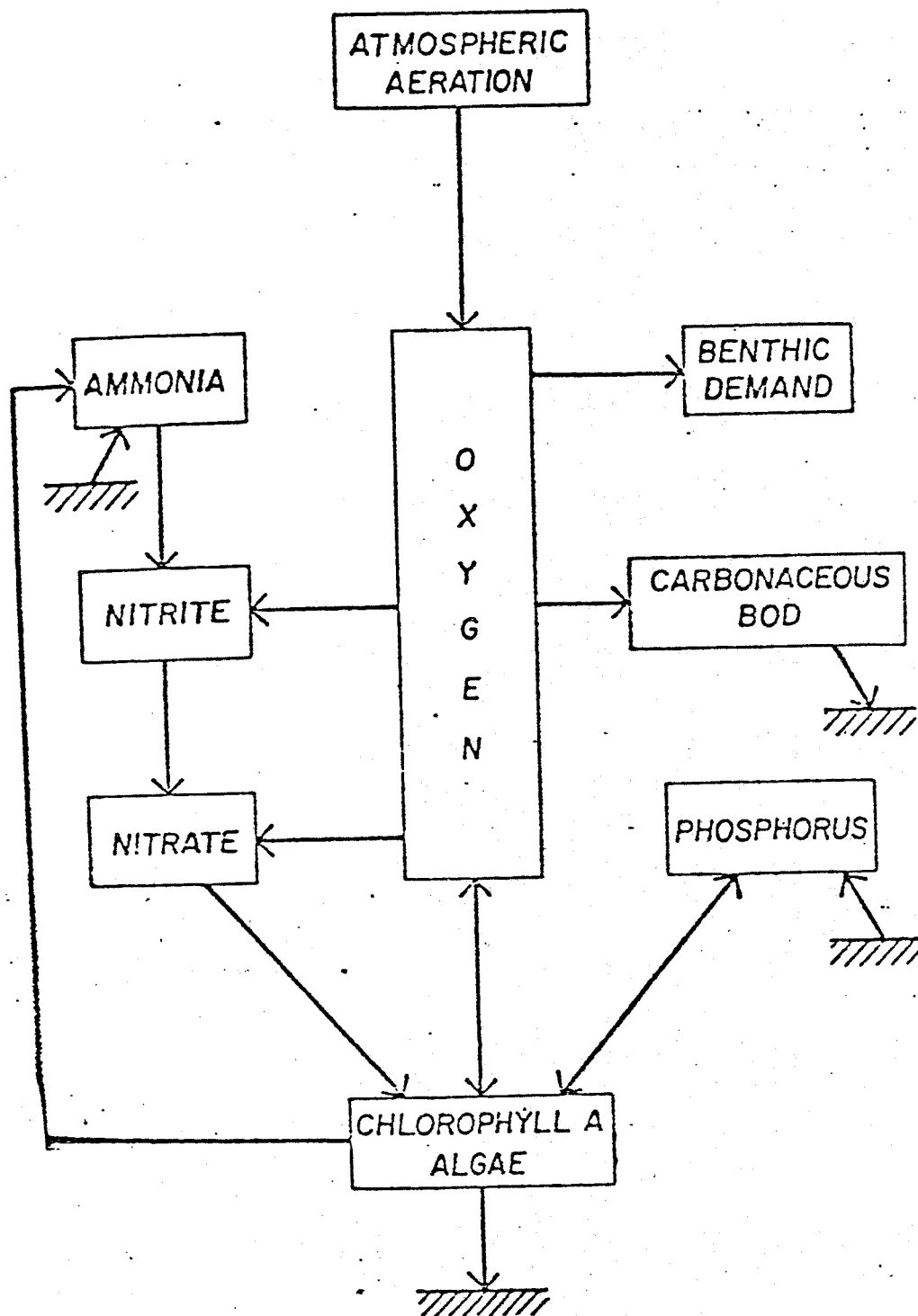
Κύκλος αζώτου

Ο κύκλος αζώτου στο QUAL-II διερευνά συνιστώσες:

Αμμωνιακό άζωτο (AMMONIA NITROGEN)

$$DN1/DT = \alpha1 * r * A - \beta1 * N1 + \sigma3 / Ax \quad (8.7)$$

Νιτρώδες άζωτο (NITRITE NITROGEN)



Σχήμα 8- Γ

Κύριες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων συνιστωσών
του μοντέλου

$$DN2/DT = \beta 1 * N1 - \beta 2 * N2 \quad (8.8)$$

Νιτρικό άζωτο (NITRATE NITROGEN)

$$DN3/DT = \beta 2 * N2 - \alpha 1 * \mu * A \quad (8.9)$$

όπου:

$N1$ = συσκέκντρωση αμμωνιακού αζώτου

$N2$ = συσκέκντρωση νιτρώδους αζώτου

$N3$ = συσκέκντρωση νιτρικού αζώτου

A = συσκέκντρωση βιομάζας αλγών

$\beta 1, \beta 2$ = σταθερές ρυθμού βιολογικής σξείδωσης αμμωνιακού και νιτρώδους αζώτου αντίστοιχα, εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία

$\alpha 1$ = το ποσοστό της βιομάζας των αλγών, που, μετά την αναπνοή, διαλύεται σαν αμμωνιακό άζωτο από βακτηριολογική δράση.

$\sigma 3$ = ρυθμός παραχώξης βένδους για το αμμωνιακό άζωτο.

Ax = μέση επιφάνεια διατομής

μ = ειδικός τοπικός ρυθμός ανάπτυξης αλγών, εξαρτώμενος από τη θερμοκρασία

ρ = τοπικός ρυθμός αναπνοής των αλγών, εξαρτώμενος από τη θερμοκρασία

Κύκλος Φωσφόρου

Η διαφορική εξίσωση που περιγράφει τον κύκλο φωσφόρου είναι λιγότερο σύνθετη από εκείνη του κύκλου αζώτου, επειδή το μοντέλο προσομοιώνει μόνο την αλληλεπίδραση φωσφόρου και αλγών, συν ένα όρο καταβόδρας:

$$DP/DT = \alpha 2 * \rho * A - \alpha 2 * \mu * A + \sigma 2 / Ax \quad (8.10)$$

όπου:

P = συσκέκντρωση ορθοφωσφορικών

$\alpha 2$ = το ποσοστό της βιομάζας των αλγών που είναι φωσφορος

$\sigma 2$ = ρυθμός παραχώξης βένδους για φωσφόρο

ρ, A, μ, Ax = βλ. προηγούμενη παράγραφο

Ανθρακικό BOD (CBOD)

Για το ανθρακικό BOD ισχύει η σχέση:

$$DL/DT = -K1 * L - K3 * L \quad (8.11)$$

όπου:

L = συσκέκντρωση BOD

$K1$ = ρυθμός μείωσης BOD, εξαρτώμενος από τη θερμοκρασία

$K3$ = ρυθμός μείωσης BOD, που οφείλεται σε καθίζηση στον πυθμένα

Υπενθυμίζεται εδώ, ότι το ενεργό διαλυμένο οξυγόνο (DO), σαν αποτέλεσμα της παραπάνω μεταβολής, είναι μόνο $K1 * L$. Το BOD που καθιζάνει στον πυθμένα μετατρέπεται σε ζήτηση βενθικού οξυγόνου.

Διαλυμένο Οξυγόνο (DO)

Για το διαλυμένο οξυγόνο ισχύει η εξίσωση:

$$DO/DT = K2*(O^*-O) + (a3*\mu - a4*r)*A - K1*L - K4/Ax - a5*\beta1*N1 - a6*\beta2*N2 \quad (8.12)$$

όπου:

O = συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (DO)

O^* = συγκέντρωση κορεσμού του DO κάτω από τις τοπικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης

$a3$ = ρυθμός παραγωγής οξυγόνου, ανά μονάδα άλγης (φωτοσύνθεση)

$a4, a5, a6$ = ρυθμός πρόσληψης οξυγόνου ανά μονάδα αναπνεόντων αλγών, οξείδωσης αμμωνίας και οξείδωσης νιτρώδους αζώτου αντίστοιχα.

$K4$ = σταθερά ρυθμού πρόσληψης βένθους

$K2$ = ρυθμός αερίσμου, που περιγράφεται από 8 διαφορετικές διαδικασίες. Ο μελετητής επιλέγει τον καταλληλότερο κατά τη γνώμη του τρόπο προσομοίωσης του φαινομένου, σε κάθε τμήμα του υδατορρέυματος κατά τη ρύθμιση του μοντέλου.

$\mu, A, K1, L, Ax, \beta1, N1, \beta2, N2$ = βλ. προηγούμενες παραγράφους

Η συγκέντρωση κορεσμού του DO δίνεται (κάτω από πίεση 760 mmHg) απ την εξίσωση:

$$O^* = 24.89 - 0.426 T + 0.00373 T^2 - 0.0000133 T^3 \quad (8.13)$$

όπου: T = θερμοκρασία ύδατος

Διόρθωση του O^* λόγω συνθηκών πίεσης διαφορετικών από την κανονική και λόγω παρουσίας χλωριδίων, δεν λαμβάνεται υπόψη.

Κατά την εφαρμογή του μοντέλου στον ποταμό Καλαμά, στο μεν ορεινό τμήμα αμέσως κατάντη της εξόδου από την σήραγγα Λαψίστας, όπου η ροή χαρακτηρίζεται από μικρά βάθη, μεγάλες ταχύτητες και έντονο αερίσμο το $K2$ έχει ληφθεί ίσο προς 100(1/ημ), ενώ κατάντη του Σουλόπουλο έγινε εφαρμογή του τύπου των CHURCHILL, ELMORE, BUCKINGHAM (1962) σύμφωνα με τον οποίο, η σταθερά $K2$, για θερμοκρασία ύδατος 20° δίνεται από την εξίσωση:

$$K2^{20} = 5.026 * U^{0.749} * D^{-1.673} * 2.31 \quad (8.14)$$

Η εξίσωση αυτή βασίζεται στην κατά πάσα πιθανότητα περισσότερη εκτεταμένη και ακριβή σειρά μετρήσεων της σταθεράς επανοξυγόνωσης ο ποτάμια.

Κοιλοβακτηρίδια

Η διαφορική εξίσωση που περιγράφει την μεταβολή του πληθυσμού τε κοιλοβακτηριδίων είναι:

$$DE/DT = -K5 * E \quad (8.15)$$

όπου: E = συγκέντρωση κολλοβακτηριδίων
 $K5$ = ρυθμός μείωσης κολλοβακτηριδίων

Ρυθμοί αντιδράσεων, -Φυσικές Σταθερές

Από τις παραμέτρους του συστήματος, άλλες είναι σταθερές, άλλες χωρικά μεταβαλλόμενες και μερικές εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία. Η επιλογή των τιμών τους γίνεται με βάση την προηγούμενη εμπειρία (π.χ. βιβλιογραφία) και φυσικά μέσα από τη διαδικασία ρύθμισης και ελέγχου του μοντέλου.

Εξάρτηση από τη θερμοκρασία

Όλες οι σταθερές ρυθμών και οι άλλοι συντελεστές, που είναι θερμοκρασιακά εξαρτημένοι, εκτός από την συγκέντρωση κορεσμού του οξυγόνου, για την οποία ισχύει ιδιαίτερη εξίσωση, εκφράζονται οματωτικά από τη σχέση:

$$X(T) = X_{20} * \theta^{(T-20)} \quad (8.16)$$

όπου: X_{20} = τιμή της μεταβλητής στους 20°C

$X(T)$ = τιμή της μεταβλητής σε τοπική θερμοκρασία T

θ = εμπειρική σταθερά για κάθε θερμοκρασιακά εξαρτώμενη μεταβλητή του συστήματος ($=1.0159$ για την $K2$, $=1.047$ για όλες τις άλλες).

8.1.4. Προσομοίωση της θερμοκρασίας

Η βασική εξίσωση μεταφοράς μάζας (8.2) χρησιμοποιείται και για την προσομοίωση της θερμοκρασίας, θεωρώντας σαν C τη συγκέντρωση της θερμότητας [H L^{-3}].

$$C = \rho * c * (T - T_0) \quad (8.17)$$

όπου: ρ = πυκνότητα του νερού

c = θερμοχωρητικότητα του νερού

T = θερμοκρασία του νερού

T_0 = αυθαίρετη θερμοκρασιακή βάση

Θεωρώντας τα ρ , c , σταθερά, το λόγο DC/DT αμελητέο και ότι:

$$S/V = HN/D$$

όπου HN = ο ρυθμός της διεπιφανειακής μεταφοράς θερμότητας

D = το υδραυλικό βάθος του υδατορρεύματος

S/V = όρος πηγής/καταβόθρας

Λαμβάνεται η διαφορική εξίσωση μεταβολής της θερμοκρασίας:

$$\partial T / \partial t = S(Ax * DL * (ST / \partial x)) / Ax * \partial x - S(Ax * U * T) / Ax * \partial x + HN / \rho * c * D \quad (8.18)$$

Προσδιορισμός Ακτινοβολίας HN

Η θερμότητα μεταφέρεται μέσα από τη διεπιφάνεια αέρα-νερού της επιφάνειας ενός υδατινού σώματος, με τρεις διαφορετικές διαδικασίες: ανταλλαγή ακτινοβολίας, εξάτμιση και αγωγή. Αυτή εκφράζεται με τη σχέση:

$$HN = HSN + HAN - (HB +/ - HC - HE) \quad (8.19)$$

όπου: HN = καθαρή ροή ενέργειας μέσω της διεπιφάνειας αέρα-νερού
 HSN = καθαρή ροή βραχείας ηλιακής ακτινοβολίας, μειωμένης λόγω απορρόφησης και σκέδασης στην ατμόσφαιρα και ανάκλασης στη διεπιφάνεια. Επηρεάζεται από:

- α. την εξωχθινή ηλιακή ακτινοβολία
- β. την απορρόφηση και σκέδαση της ακτινοβολίας
- γ. την ανακλαστικότητα
- δ. τη νεφελότητα

Όλες οι παράμετροι αυτές εξαρτώνται από τα γεωγραφικά, μετεωρολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης του υδατορρεύματος.

HAN = καθαρά ροή μακράς ηλιακής ακτινοβολίας, μετά από ανάκλαση στη διεπιφάνεια

HB = εξερχόμενη ροή μακράς ακτινοβολίας (απώλεια)

HE = απώλεια ενέργειας λόγω εξάτμισης

HC = ροή ενέργειας που μεταφέρεται με αγωγή μεταξύ της διεπιφάνειας και της ατμόσφαιρας. Οφείλεται στη θερμοκρασιακή διαφορά και εξαρτάται από τις ίδιες μεταβλητές, όπως το φαινόμενο της εξάτμισης

8.1.5. Υπολογιστικό Πλαίσιο

Αναπαράσταση πρωτότυπου

Το υδατόρρευμα υποδιαιρείται σε τμήματα (REACHES), δηλ. περιοχές του ποταμού με ενιαία υδραυλικά χαρακτηριστικά. Κάθε τμήμα χωρίζεται σε υπολογιστικά στοιχεία ίσου μήκους (ακέραιο πλήθος στοιχείων σε κάθε τμήμα). Υπάρχουν 7 τύποι υπολογιστικών στοιχείων:

1. Στοιχείο κεφαλής υδατορρεύματος
2. Τυπικό στοιχείο
3. Στοιχείο ανάντι συμβολής
4. Στοιχείο συμβολής
5. Στοιχείο τέλους υδατορρεύματος
6. Στοιχείο εισροής
7. Στοιχείο εκροής

Βάση των δεδομένων εισόδου είναι τα τμήματα. Σε κάθε τμήμα μένου σταθερά τα υδραυλικά δεδομένα, οι συντελεστές ρυθμού αντίδρασης, οι αρχικές συνθήκες και τα δεδομένα βαθμίδων αυξανόμενης επιφανειακής απορροής.

Περιορισμοί μοντέλου

Τμήματα: το πολύ 75

Υπολογιστικά στοιχεία: όχι περισσότερα από 20 ανά βήμα ή 500 συνολικά.

Στοιχεία κεφαλής υδατορρεύματος: το πολύ 15

Στοιχεία συμβολής: το πολύ 15

Στοιχεία εισροής και εκροής: το πολύ 90 συνολικά

Τεχνική αριθμητικής επίλυσης

Η εξίσωση (8.2) γράφεται για κάθε χρονική στιγμή και για κάθε συνιστώσα 7 φορές (μία για κάθε ένα από τα 7 υπολογιστικά στοιχεία του δικτύου) και εφαρμόζεται η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών. Η τιμή της συγκέντρωσης C της συνιστώσας βρίσκεται ως συνάρτηση του χώρου κατά τη χρονική στιγμή $n+1$, όταν η χωρική της κατανομή κατά την χρονική στιγμή n είναι γνωστή. Απαραίτητη για την επίλυση του όχηματος είναι η γνώση των αρχικών συνθηκών ανάγντη και κατόντη.

Conservative mineral (c)	$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial(A_x D_L \frac{\partial c}{\partial x})}{\Lambda_x \partial x} - \frac{\partial(\Lambda_x u c)}{\Lambda_x \partial x} + \frac{S_c}{\Lambda_x \partial x}$
Algae (A)	$\frac{\partial A}{\partial t} = \frac{\partial(A_x D_L \frac{\partial A}{\partial x})}{\Lambda_x \partial x} - \frac{\partial(\Lambda_x u A)}{\Lambda_x \partial x} + \frac{S_A}{\Lambda_x \partial x} + (u - \rho - \frac{\sigma_1}{A}) A$
Ammonia nitrogen (N_1)	$\frac{\partial N_1}{\partial t} = \frac{\partial(\Lambda_x D_L \frac{\partial N_1}{\partial x})}{\Lambda_x \partial x} - \frac{\partial(\Lambda_x u N_1)}{\Lambda_x \partial x} + \frac{S_{N_1}}{\Lambda_x \partial x} + (\alpha_1 \rho \Lambda - \beta_1 N_1 + \frac{\sigma_2}{\Lambda_x})$
Nitrite nitrogen (N_2)	$\frac{\partial N_2}{\partial t} = \frac{\partial(A_x D_L \frac{\partial N_2}{\partial x})}{\Lambda_x \partial x} - \frac{\partial(\Lambda_x u N_2)}{\Lambda_x \partial x} + \frac{S_{N_2}}{\Lambda_x \partial x} + (\beta_1 N_1 - \beta_2 N_2)$
Nitrate nitrogen (N_3)	$\frac{\partial N_3}{\partial t} = \frac{\partial(A_x D_L \frac{\partial N_3}{\partial x})}{\Lambda_x \partial x} - \frac{\partial(\Lambda_x u N_3)}{\Lambda_x \partial x} + \frac{S_{N_3}}{\Lambda_x \partial x} + (\beta_2 N_2 - \alpha_1 \mu A)$
Dissolved Orthophosphate (P)	$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial(\Lambda_x D_L \frac{\partial P}{\partial x})}{\Lambda_x \partial x} - \frac{\partial(\Lambda_x u P)}{\Lambda_x \partial x} + \frac{S_P}{\Lambda_x \partial x} + (\alpha_2 (\rho - \mu) A - \frac{\sigma_2}{\Lambda_x})$
Biochemical oxygen demand (L)	$\frac{\partial L}{\partial t} = \frac{\partial(\Lambda_x D_L \frac{\partial L}{\partial x})}{\Lambda_x \partial x} - \frac{\partial(\Lambda_x u L)}{\Lambda_x \partial x} + \frac{S_L}{\Lambda_x \partial x} = (K_1 + K_2) L$
Dissolved oxygen (ϕ)	$\frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{\partial(A_x D_L \frac{\partial \phi}{\partial x})}{\Lambda_x \partial x} - \frac{\partial(\Lambda_x u \phi)}{\Lambda_x \partial x} + \frac{S_\phi}{\Lambda_x \partial x} + [K_2 (\phi - \phi) + (\alpha_1 \mu - \alpha_2 \rho) A - K_1 L - \frac{K_3}{\Lambda_x} - \alpha_3 \beta_1 N_1 - \alpha_3 \beta_2 N_2]$
Coliform (F)	$\frac{\partial F}{\partial t} = \frac{\partial(A_x D_L \frac{\partial F}{\partial x})}{\Lambda_x \partial x} - \frac{\partial(\Lambda_x u F)}{\Lambda_x \partial x} + \frac{S_F}{\Lambda_x \partial x} - K_3 F$
Arbitrary Nonconservative (R)	$\frac{\partial R}{\partial t} = \frac{\partial(A_x D_L \frac{\partial R}{\partial x})}{\Lambda_x \partial x} - \frac{\partial(\Lambda_x u R)}{\Lambda_x \partial x} + \frac{S_R}{\Lambda_x \partial x} - K_4 R$

Πίνακας 8-1

Διαφορικές εξισώσεις που επλύονται από το QUAL-II

8.2. Προσομοίωση ροαίώματος

Κατά την εφαρμογή του μοντέλου QUAL-II στον ποταμό Καλαμά, έγινε χωρίσμος του κυρίου υδατορρεύματος σε 13 τμήματα. Το πρώτο τμήμα βρίσκεται αμέσως κατάντη της εξόδου της σήραγγας Λαφίστας. Το δεύτερο τμήμα βρίσκεται επίσης στην τάφρο μετά την έξοδο της σήραγγας, ανάντη της συμβολής της με τον ποταμό Καλαμά στο Σουλόπουλο. Τα υπόλοιπα 11 τμήματα προσομοιώνουν τον ποταμό διαδοχικά από τη θέση Σουλόπουλο, έως την εκβολή.

Η χιλιόμετρωση του ποταμού γίνεται από τα ανάντη προς τα κατάντη όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο τεύχος αποτελεσμάτων και δεδομένων του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η χιλιόμετρωση αφορά μόνο το κύριο υδατόρρευμα και την τάφρο από την έξοδο της σήραγγας Λαφίστας έως τη συμβολή της με τον ποταμό Καλαμά.

Οι παραπόταμοι ελήφθησαν υπόψη σαν σημειακές πηγές εισροής στα σημεία συμβολής τους. Η προσομοίωση του ποταμού κατά τον τρόπο που περιγράφηκε δεν αποτελεί χονδροειδή προσέγγιση του προβλήματος εφόσον οι παραπόταμοι έχουν πρακτικά μηδενικά φορτία ρύπων και κατά συνέπεια δεν παίζουν ρόλο στη διαμόρφωση της κατάστασης στο κύριο υδατόρρευμα, παρά μόνο σαν πρόσθετη παροχή που επαυξάνει τη διάλυση. Τα σημεία συμβολής των παραποτάμων και αντίστοιχες παροχές εισόδου παρουσιάζονται στο συντηγμένο τεύχος Η/Υ.

Το υδατόρρευμα χωρίστηκε σε στοιχεία (ELEMENTS) μήκους 1 χλμ. Κατά συνέπεια το μοντέλο προσομοιώνει την κατάσταση από άποψη ρύπανσης ανά χιλιόμετρο. Το τμήμα του Καλαμά που προσομοιώθηκε έχει μήκος 90 χλμ. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου δίνονται ανά χιλιόμετρο. Η χιλιμετρική θέση 0+000 αντιστοιχεί με την έξοδο της σήραγγας Λαφίστας και η χιλιμετρική θέση 90+000 με την εκβολή του ποταμού. Συνόλητο είναι ότι εφόσον η προσομοίωση γίνεται ανά χιλιόμετρο έγινε αντίστοιχη στρογγύλευση της μικτομής του ποταμού.

Το μοντέλο εφαρμόστηκε για "στατικές" (STEADY STATE) συνθήκες με τις ελάχιστες παροχές της 10ετίας, όπως αυτές προκύπτουν από την υδρολογική μελέτη. Δεν κρίθηκε σκόπιμη η "δυναμική" προσομοίωση δεδομένου ότι τα φορτία ρύπων είναι ελάχιστα κατά μήκος του ποταμού και η αραίωση πολύ μεγάλη. Στη έξοδο της σήραγγας η παροχή ελήφθη ίση με την παροχή των λυμάτων. Έχινε δηλαδή η παραδοχή ότι δεν υπάρχει καθόλου καθαρό νερό στην έξοδο, πράγμα που αντιστοιχεί στη χειρότερη δυνατή περίπτωση κατά τους θερινούς μήνες.] *ηλ. ροή*

Τα στοιχεία των διατομών και της κατά μήκος τομής ελήφθησαν από τα αντίστοιχα σχέδια. Σημειώνεται εδώ ότι εαν οι διαθέσιμες διατομές του ποταμού ήταν περισσότερες τα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα είχαν μεγαλύτερη ακρίβεια. Τα υδραυλικά στοιχεία της ροής υπολογίστηκαν κατά MANNING, με θεώρηση τραπεζοειδούς διατομής. Στο τεύχος Η/Υ παρουσιάζονται τα γεωμετρικά στοιχεία των διατομών, τα βάθη ροής και οι ταχύτητες ανά χιλιόμετρο.

Τα απαραίτητα μετεωρολογικά δεδομένα, ταχύτητα ανέμου, θερμοκρασία αέρα και ηλιοφάνεια, ελήφθησαν από την υδρολογική μελέτη. Η θερμοκρασία του

νερού ελήφθη από μετρήσεις που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος αυτού κατά μήκος του ποταμού. Δεδομένου ότι οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας νερού τόσο κατά μήκος του ποταμού όσο και ανά διατομή είναι πολύ μικρές, δεν κρίνεται απαραίτητη λεπτομερέστερη διερεύνηση του θέματος. Η επιρροή άλλωστε της θερμοκρασίας στην τιμή των σταθερών του μοντέλου, είναι πολύ μικρή για διακυμάνσεις $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Η προσομοίωση του ποταμού Καλαμά έγινε για τους ακόλουθους ρύπους:

- α. Βιοχημική ζήτηση οξυγόνου (BOD)
- β. Διαλυμένο οξυγόνο (DO)
- γ. Αιωρούμενα στερεά (TSS)
- δ. Φωσφόρος
- ε. Αζώτο
- στ. Κολοβακτηρίδια

Κατά μήκος του ποταμού υπήρχαν διαθέσιμες μετρήσεις για BOD, αιωρούμενα στερεά (TSS), φωσφόρο, αμωνιακό άζωτο και νιτρικό άζωτο. Για τα κολοβακτηρίδια ελήφθησαν φορτία από τη βιβλιογραφία, καθώς η προσομοίωση είναι καθαρά ενδεικτική δεδομένου ότι δεν ήταν δυνατό να γίνει ρύθμιση. Ως προς το διαλυμένο οξυγόνο θεωρήθηκε ότι κατά την έξοδο της σήραγγας παρουσιάζεται κορεσμός σε οξυγόνο, ο ποσοστό (80%, πράγμα που συμφωνεί, άλλωστε με τις δυσμενέστερες από τις μετρήσεις που έγιναν.

Για την πληρέστερη προσομοίωση της υδάτινης ρύπανσης στον ποταμό, θ ήταν απαραίτητη και η προσομοίωση των αλγών. Δεν ήταν όμως δυνατό να γίνει κάτι τέτοιο στη πράξη, λόγω ελλείψεως στοιχείων.

BOD

Ελήφθη σταθερά μείωσης του BOD $K_1=0.2(1/\text{HM})$. Η απώλεια φορτίου λόγω καθίζησης στον πυθμένα θεωρήθηκε αμελητέα, παραδοχή άλλωστε που είναι υπέρ της ασφαλείας. Παρ'όλη τη συντηρητική τιμή του συντελεστή K_1 τα φορτία στον ποταμό μειώνονται πάρα πολύ μετά τη συμβολή στο Σουλόπουλο, πράγμα που άλλωστε συμφωνεί με τις μετρήσεις.

DO

Για τον υπολογισμό της σταθεράς επανοξυγόνωσης έγινε εφαρμογή το τύπου των CHURCHILL, ELMORE, BUCKINGHAM (βλ. παρ. 8.1). Στο τμήμα από την έξοδο της σήραγγας έως τη συμβολή στο Σουλόπουλο ελήφθη $K_2=100(1/\text{HM})$. Η μεγάλη τιμή του K_2 στο τμήμα αυτό δικαιολογείται από το μικρό βάθος ροής και τη μεγάλη κλίση του ποταμού.

Αιωρούμενα στερεά

Η προσομοίωση των αιωρούμενων στερεών έγινε ως αυθαίρετη συντηρητική συνιστώσα (δηλ. συνιστώσα που δεν διασπάται κατά την ροή), δεδομένου ότι το μοντέλο δεν προβλέπει ειδική προσομοίωση για τα αιωρούμενα στερεά.

Φωσφόρος

Η προσομοίωση του φωσφόρου έγινε με την ειδική διαφορική εξίσωση που διαθέτει το μοντέλο.

Αζώτο

Για την προσομοίωση του κύκλου αζώτου, έγινε εφαρμογή των διαφορικών εξισώσεων, που αναφέρονται διεξοδικά στην παράγραφο 8.1. Ως προς το ποσοτό του αζώτου, το οποίο υπάρχει υπό μορφή αμμωνιακού αζώτου, νιτρώδους ή νιτρικού αζώτου, έγινε η ακόλουθη παραδοχή:

Εάν στα σενάρια ρύπανσης δεν προβλέπεται επεξεργασία των λυμάτων, ή προβλέπεται πρωτοβάθμια επεξεργασία, το αζώτο θεωρείται ότι εισάγεται κατά την έξοδο της σήραγγας εξ ολοκλήρου υπό μορφή αμμωνιακού αζώτου, πράγμα που αποτελεί, άλλωστε και τη δυσμενέστερη περίπτωση. Εάν προβλέπεται δευτεροβάθμια επεξεργασία, το αζώτο εισάγεται κατά 50% ως αμμωνιακό αζώτο και κατά 50% ως νιτρικό αζώτο. Το νιτρώδες αζώτο, ως σταθής μορφή, αγνοείται.

Κολλοβακτηρίδια

Τα κολλοβακτηρίδια προσομοιώνονται ως μη συντηρητική συνιστώσα, με βάση την αντίστοιχη διαφορική εξίσωση, που αναφέρεται στην παράγραφο 8.1. Η αρχική τιμή της σταθεράς καταστροφής των κολλοβακτηριδίων, ελήφθη ίση προς $1.50 (1/ΗΜ)$, από τη βιβλιογραφία.

8.3. Σενάρια ρύπανσης

Η εφαρμογή του μοντέλου QUAL-II στον ποταμό Καλαμά έγινε για τα ακόλουθα σενάρια ρύπανσης:

α. Φορτία έτους 2011, χωρίς επεξεργασία

BOD 272 MG/L
TSS 302 MG/L
Φωσφόρος 11 MG/L
Αζώτο 51 MG/L (υπό μορφή αμμωνιακού αζώτου)
Κολλοβακτηρίδια $30 \times 10^6 / 100ML$

β. Φορτία έτους 2011, με πρωτοβάθμια επεξεργασία

BOD $65\% \times 272$ MG/L
TSS $40\% \times 302$ MG/L
Φωσφόρος $100\% \times 11$ MG/L
Αζώτο $100\% \times 51$ MG/L (υπό μορφή αμμωνιακού αζώτου)
Κολλοβακτηρίδια $50\% \times 30 \times 10^6 / 100ML$

δ. Φορτία έτους 2011, με δευτεροβάθμια επεξεργασία

BOD 15% x 272 MG/L

TSS 15% x 302 MG/L

Φωσφόρος 70% x 11 MG/L

Αζώτο 50% x 51 MG/L (το μισό σαν αμμωνιακό άζωτο και το υπόλοιπο σαν νιτρικό)

Κολλοβακτηρίδια 1 x 10⁶/100MLε. Φορτία έτους 1986 χωρίς επεξεργασία

BOD 241 MG/L

TSS 278 MG/L

Φωσφόρος 11 MG/L

Αζώτο 48 MG/L (υπό μορφή αμμωνιακού αζώτου)

Κολλοβακτηρίδια 30 x 10⁶/100MLε. Φορτία έτους 1986 με δευτεροβάθμια επεξεργασία

BOD 15% x 241 MG/L

TSS 15% x 278 MG/L

Φωσφόρος 70% x 11 MG/L

Αζώτο 50% x 48 MG/L (το μισό σαν αμμωνιακό άζωτο και το υπόλοιπο σαν νιτρικό)

Κολλοβακτηρίδια 1 x 10⁶/100MLστ. Πραγματικά φορτία έτους 1986

Η φόρτιση αυτή θεωρείται ότι ανταποκρίνεται στη σημερινή πραγματική κατάσταση. Λαμβάνεται υπόψη το 10% των φορτίων αστικών λυμάτων, που αναφέρονται στον σχετικό πίνακα του Κεφαλαίου 7, καθώς και όλα τα φορτία βιομηχανικών αποβλήτων που αναφέρονται στον ίδιο πίνακα.

BOD 370 MG/L

TSS 369 MG/L

Φωσφόρος 9 MG/L

Αζώτο 64 MG/L (ως αμμωνιακό)

Κολλοβακτηρίδια 30 x 10⁶/100ML

Σημείωση: Παρουσιάζονται αυξημένα φορτία ρύπων λόγω μειωμένης παροχής λυμάτων.

ζ. Φορτία έτους 2011 με δευτεροβάθμια επεξεργασία και νιτροποίηση

BOD 22.8 MG/L

TSS 25 MG/L

Φωσφόρος 10.9 MG/L

Αζώτο 40.56 MG/L (ως νιτρικό κατά 98%)

Κολλοβακτηρίδια 2 x 10⁶/100ML

8.4. Αποτελέσματα υπολογισμών

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στα τεύχος Η/Υ που επισυνάπτεται. Δίνονται ανά χιλιόμετρο.

Στο τεύχος των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται η παροχή, η τυχόν σημειακή εισροή, η κατανεμημένη αύξηση της παροχής ανά μέτρο μήκους του ποταμού, η θερμοκρασία, το ΒΟ, το ΒΟΕ, το άζωτο υπό μορφή αμμωνιακού αζώτου, νιτρώδους και νιτρικού αζώτου, ο φωσφόρος, τα κολλοβακτηρίδια και τα αιωρούμενα στερεά. Δίνονται επίσης τα υδραυλικά στοιχεία της ροής δηλαδή βάθος ροής και ταχύτητα, η σταθερά μείωσης του ΒΟ, οι σταθερές διασπάσεως αμμωνιακού και νιτρώδους αζώτου και η σταθερά καταστροφής των κολλοβακτηρίδιων.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, οι τιμές του ΒΟΔ μετά τη συμβολή στο Σουλδόπουλο είναι αρκετά μικρές. Αντίθετα οι τιμές του αζώτου παραμένουν σε ψηλά επίπεδα σχετικά με τα επιτρεπόμενα όρια και μόνο στη περίπτωση δευτεροβάθμιου επεξεργασίας παρουσιάζεται μία σχετική μείωση.

Το διαλυμένο Οξυγόνο παρουσιάζεται γενικά σε μεγάλες τιμές. Τοπική ελάχιστη τιμή εμφανίζεται κοντά στην εκβολή του ποταμού (ΒΟΔ χλμ.)

Τα αιωρούμενα στερεά και τα κολλοβακτηρίδια δεν αποτελούν πρόβλημα.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Roesner, L.A., Siguere, P.R., Evenson, D.E.
User's manual for stream quality model (QUAL II)
EPA Center for Water Quality Modeling, Athens GA 1981
2. Roesner, L.A., Siguere, P.R., Evenson, D.E.
Computer program Documentation for the stream quality model QUAL II
EPA Center for Water Quality Modeling, Athens GA 1981
3. The mathematical water quality model QUAL II and guidance for its use
-Revised version.
NCASI, Technical bulletin No. 391 N.Y. 1982
4. Workshop on verification of water quality models.
EPA Center for Water Quality Modeling, Athens GA 1980
5. Proceedings of stormwater and water quality model. (Users group meeting JAN. 27-28, 1983).
EPA Center for Water Quality Modeling, Athens GA 1983