



Περιφέρεια Ηπείρου
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδας -
Ηπείρου 2007-2013



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

**ΦΟΡΕΑΣ: ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ**

ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ

Αθήνα, 2015



ENVIROPLAN S.A.
Consultants & Engineers

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΚΤΕΝΗΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
-------------------------------	----------

ΠΑΚΕΤΟ 1

ΜΕΡΟΣ Α

1 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	1-1
2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ-ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	1- 6
3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	1- 11
3.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ.....	1- 11
3.2 ΑΠΟΣΤΡΑΓΙΣΤΙΚΑ -ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΒΟΘΡΕΣ	1-14
3.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	1-17
4 Η ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ	1-28
5 ΤΑ ΕΔΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	1-32
5.1 ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	1-32
5.2 ΕΙΔΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	1-37
6 Ο ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ	1-39
6.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	1-39
6.2 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ	1-39
6.3 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	1-40
6.4 ΟΜΒΡΟΘΕΡΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	1-42
6.5 ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	1-42
6.6 ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	1-43
6.7 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ.....	1-45
6.8 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	1-47
7 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ	1-49
8 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΡΥΘΜΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	1-57

ΜΕΡΟΣ Β

1 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ-ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ-ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΑ & ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	1-67
2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	1-77
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	1-77
2.2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	1-78
3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	1-85
3.1 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΚΛ.ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	1-85
3.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΜΙΚΕ BASIN ...	1-89

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΤΑΘΜΗΣ - ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΗΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	1-93
4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ & ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ	1-97
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	1-97
4.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΩΝ, ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	1-101
4.3 ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ Λ.ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ	1-106
5 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΗ ΣΤΗΛΗ ΥΔΑΤΟΣ	1-109
5.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	1-109
5.2 ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ	1-112
5.3 ΕΝΕΡΓΟΣ ΟΞΥΓΗΤΑ (PH)	1-116
5.4 ΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ	1-118
5.4.1 Ενώσεις Φωσφόρου	1-118
5.4.2 Ενώσεις Αζώτου	1-120
6 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	1-126
6.1 ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΝ	1-126
6.1.1 Οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί-Chl-a	1-126
6.1.2 Το Φυτοπλαγκτόν της Λίμνης από συστηματικής απόψεως	1-128
6.1.3 Τα Κυανοβακτήρια	1-130
6.2 ΤΟ ΖΩΟΠΛΑΓΚΤΟΝ	1-132
6.3 Η ΒΕΝΘΙΚΗ ΠΑΝΙΔΑ	1-132
6.4 Η ΧΛΩΡΙΔΑ ΚΑΙ Η ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	1-133
6.5 Η ΙΧΘΥΟΠΑΝΙΔΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	1-135
7 ΣΥΝΟΨΗ	1-136

ΠΑΚΕΤΟ 2

1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2-1
2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΙΜΝΩΝ	2-4
2.1 ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΗΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	2-4
2.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ.....	2- 6
2.2.1 Απομάκρυνση ιζημάτων.....	2-7
2.2.2 Επικάλυψη ιζημάτων	2-8
2.2.3 Υπολίμνια απομάστευση	2-9
2.2.4 Υπολίμνιος αερισμός και οξυγονωση.....	2-10
2.2.5 Καθίζηση και αδρανοποίηση του φωσφόρου	2-12
2.2.6 Οξειδωση ιζημάτων - Riplox.....	2-18
2.2.7 Ορυκτοποίηση των ιζημάτων.....	2- 19
2.3 ΤΕΧΝΗΤΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	2- 20

2.3.1 Αραιώση και έκπλυση	2-20
2.3.2 Τεχνητή αποστρωματοποίηση (ανάμειξη).....	2- 21
2.3.3 Υπέρηχοι	2-22
2.3.4 Η μηχανική απομάκρυνση των κυανοβακτηρίων	2-23
2.3.5 Ξήρανση ιζημάτων	2-23
2.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	2-24
2.4.1 Βιοχειραγώγηση.....	2-24
2.4.2 Φυτοφάγα Ψάρια.....	2-25
2.4.3 Μακρόφυτα και Περίφυτα	2- 26
2.4.4 Άλλοι οργανισμοί	2-27
2.5 ΑΛΓΟΚΤΟΝΑ.....	2- 29
2.5.1 Ανόργανα και οργανικά χημικά προϊόντα	2-30
2.5.2 Φυσικές ενώσεις και υλικά	2-37
3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	2-43
3.1 ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	2- 45
3.1.1 Δασώσεις - Αναδασώσεις	2-50
3.1.2 Έργα Συγκράτησης Φερτών Υλικών.....	2- 53
3.2 ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ.....	2-58
3.2.1 Εσωποτάμιοι Αναβαθμοί.....	2-58
3.2.2 Δεξαμενές Καθίζησης.....	2-60
3.3 ΠΑΡΟΧΘΙΑ ΖΩΝΗ.....	2-62
3.3.1 Διαχείριση Καλαμιώνων.....	2-62
3.3.2 Κατασκευή Τ.Υ. για την επεξεργασία της Επιφανειακής Απορροής	2-66
3.4 ΛΙΜΝΑΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	2-71
3.5 ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ & ΛΟΙΠΑ ΜΕΤΡΑ	2-77
<u>ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΟΥ</u>	
<u>ΚΑΛΥΤΕΡΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΜΕΤΡΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</u>	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2-81
2. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ.....	2-81
3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	2-83
4. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ WASP	2-84
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ	2-85
6. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΕΩΒΑΣΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ.....	2-86
7. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	2-87
8. ΜΙΚΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ(SEGMENTATION)	2-93
9. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP.....	2-93
10. ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΙΚΩΝ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP	2-98

11. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	2-102
12. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΜΕ ΧΩΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΣΕ 5 ΤΜΗΜΑΤΑ	2-106
13. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΡΥΠΩΝ	2-112
14. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ2-	2-113
15. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	2-122
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	2-123
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	

ΠΑΚΕΤΟ 3

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

1 ΓΕΝΙΚΑ	3-1
2 ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	3-5
2.1 ΕΚΤΕΛΕΣΘΕΝΤΑ ΕΡΓΑ	3-5
2.2 ΕΡΓΑ ΔΑΣΟΚΑΛΥΨΗΣ	3-10
2.2.1 Σκοπός – Στόχοι Δασοκάλυψης	3-10
2.2.2 Τεχνική των αναδασώσεων	3-14
2.2.3 Προδιαγραφές του φυτευτικού υλικού	3-16
2.2.4 Επιλογή δασοπονικών ειδών – Προτεινόμενα είδη βλάστησης	3-18
2.2.4.1 Προτεινόμενες ομάδες φυτών για την ανάπλαση του χώρου:	3-18
2.2.4.2 Προτεινόμενες φυτευτικές ενότητες	3-19
2.2.4.3 Πρόταση βλάστησης	3-21
2.2.5 Περιποίηση αναδασώσεων	3-21
2.2.6 Φύλαξη και αντιτυρικά μέτρα	3-21
2.2.7 Κόστος εργασιών αναδάσωσης	3-22
2.3 ΕΡΓΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	3-25
2.3.1 Τεχνική Περιγραφή	3-25
2.3.2 Κόστος εργασιών έργων συγκράτησης φερτών υλικών	3-34
2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΔΑΣΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	3-35
2.4.1 Έργα Κατηγορίας Ι	3-36
2.4.2 Έργα Κατηγορίας ΙΙ	3-36
2.4.3 Βοηθητικές Τοπογραφικές Εργασίες	3-38
2.4.4 Σύνταξη τευχών ΣΑΥ-ΦΑΥ	3-42
2.4.5 Περιβαλλοντική μελέτη	3-42
3 ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	3-47
3.1 ΕΣΩΠΟΤΑΜΙΟΙ ΑΝΑΒΑΘΜΟΙ -ΕΡΓΑ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ	3-47
3.1.1 Τεχνική Περιγραφή	3-47

3.1.2 Κόστος εργασιών εσωποτάμιων έργων	3-49
3.2 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ (ΛΙΜΝΕΣ) ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ.....	3-50
3.2.1 Εισαγωγή - Αναμενόμενα Φορτία Σχεδιασμού	3-50
3.2.2 Υδραυλικοί Υπολογισμοί παραγομενων υδατων για τον σχεδιασμό λιμνών & υγροβιότοπων	3-53
3.2.3 Λίμνες Καθίζησης - Σταθεροποίησης (Lagoons)	3-57
3.2.4 Διαστασιολόγηση Λιμνών Σταθεροποίησης	3-58
3.2.5 Κόστος εργασιών κατασκευής λιμνών	3-63
3.3 ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ ΑΠΟΜΕΙΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ	3-64
3.3.1 Τεχνική Περιγραφή Υγροβιότοπων	3-64
3.3.2 Μηχανισμοί Επεξεργασίας Στους Τεχνητούς Υγροβιότοπους	3-66
3.3.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Υγροβιότοπου	3-68
3.3.4 Κόστος εργασιών κατασκευής υγροβιότοπων	3-70
3.4 ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ.....	3-72
3.4.1 Γενικά	3-72
3.4.2 Υφιστάμενη κατάσταση	3-73
3.4.3 Κριτήρια σχεδιασμού του Οικολογικού Πάρκου	3-74
3.4.4 Δομή του Πάρκου	3-74
3.4.4.1 Τεχνητοί υγροβιότοποι	3-75
3.4.4.2 Διαχείριση φυτεύσεων	3-75
3.4.4.3 Διαχείριση υδάτινων επιφανειών.....	3-76
3.4.4.4 Υγρά λιβάδια.....	3-76
3.4.4.5 Μορφολογία εδάφους	3-77
3.4.4.6 Έργα υποδομής	3-78
3.4.5 Κόστος εργασιών κατασκευής του πάρκου	3-79
3.5 ΑΠΑΛΛΟΤΡΙΩΣΕΙΣ	3-81
3.5.1 Κόστος απαλλοτριώσεων	3-82
3.6 ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ	3-82
4 ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ.....	3-99
4.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΛΑΜΙΩΝΩΝ	3-99
4.1.1 Τεχνική Περιγραφή.....	3-99
4.1.2 Προϋπολογισμός Μελέτης.....	3-104
4.2 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΟΧΘΗΣ	3-105
5 ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΕΣΜΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	3-111
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3-111
5.2 ΜΕΤΡΑ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ.....	3-111
5.2.1 Τεχνική Περιγραφή.....	3-111
5.2.2 Προϋπολογισμός.....	3-117
5.3 ΥΠΟΛΙΜΝΙΑ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ	3-118

5.3.1 Τεχνική Περιγραφή Συστήματος.....	3-118
5.3.2 Προϋπολογισμός.....	3-122
5.4. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ	3-122
5.4.1 Περιγραφή.....	3-122
5.4.2 Προϋπολογισμός.....	3-123
6 ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	3-127
7 ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΩΝ	3-133
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	

ΠΑΚΕΤΟ 4

ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΕΤΡΩΝ

1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4-1
2 ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	4-5
2.1 ΕΡΓΑ ΔΑΣΟΚΑΛΥΨΗΣ	4-5
2.2 ΕΡΓΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	4-5
3 ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	4-9
4 ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ	4-13
5 ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	4-17
5.1 ΜΕΤΡΑ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ.....	4-17
5.2 ΥΠΟΛΙΜΝΙΑ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ	4-17
6 ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	4-21
7 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΡΩΝ	4-25

ΠΑΚΕΤΟ 5

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΩΝ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5-1
2 ΕΘΝΙΚΑ ΚΟΝΔΥΛΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ	5-2
2.1 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ» 2014-2020 (ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ).....	5-2
2.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ 2014-2020 (ΠΑΑ)	5-5
2.3 ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΑΜΕΙΟ (ΠΡΩΗΝ ΕΤΕΡΠΣ)	5-14
3 ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΚΟΝΔΥΛΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ	5-18
3.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LIFE 2014-2020-18	

4	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑ ΔΕΣΜΗ ΜΕΤΡΩΝ	5-20
4.1	ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	5-21
4.1.1	ΕΡΓΑ ΔΑΣΟΚΑΛΥΨΗΣ.....	5-21
4.1.2	ΕΡΓΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	5-22
4.2	ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ	5-23
4.2.1	ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	5-23
4.2.2	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	5-24
4.3	ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ	5-25
4.3.1	ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ.....	5-25
4.4	ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	5-26
4.4.1	ΜΕΤΡΑ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ	5-26
4.4.2	ΥΠΟΛΙΜΝΙΑ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ.....	5-27
4.5	ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΠΑΑ 2014-2020.....	5-28
4.5.1	ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	5-28

ΕΚΤΕΝΗΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Ενδιάμεση Διαχειριστική Αρχή της Περιφέρειας Ηπείρου, ανέθεσε στην εταιρεία μελετών «ENVIROPLAN Μελετητική, Σύμβουλοι Αναπτυξιακών και Τεχνικών Έργων Α.Ε.» την εκπόνηση της μελέτης με τίτλο: «**Μελέτη Αποκατάστασης Οικοσυστήματος Λίμνης Παμβώτιδας**», με την υπ. αρ. 3905 σύμβαση που υπεγράφη την 21 Αυγούστου 2013.

Αντικείμενο της μελέτης είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων ολιστικής αποκατάστασης του διαταραγμένου οικοσυστήματος της Λίμνης Παμβώτιδας. Με τον όρο ολιστική αποκατάσταση εννοείται η λήψη μέτρων τόσο για την βελτίωση των χαρακτηριστικών της λίμνης αυτής καθεαυτής, όσο και της λεκάνης απορροής της ώστε τα μέτρα που θα προτείνονται να είναι αποτελεσματικά σε βάθος χρόνου για το οικοσύστημα της λίμνης.

Η λίμνη Παμβώτιδα έχει μελετηθεί τα τελευταία τριάντα χρόνια τόσο ως προς την υδρολογική της λειτουργία όσο και σε σχέση με το οικοσύστημά της, το βαθμό διατάραξής του καθώς και ιδιαίτερα για τα χαρακτηριστικά που ρυθμίζουν την ποιότητά των υδάτων της.

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν δημοσιευθεί πολλές ερευνητικές εργασίες, οι οποίες στηρίζονται σε μετρήσεις που έχουν γίνει σε μικρά ή μεγάλα χρονικά διαστήματα από το 1980 έως σήμερα.

Σε αυτές έχουν μελετηθεί διαχρονικά η υδρολογία, το τροφικό επίπεδο και η οικολογική κατάσταση της λίμνης οι περιβαλλοντικοί παράμετροι των ιζημάτων της λίμνης και οι ιχθυοπληθυσμοί της

Ταυτόχρονα μια σειρά από Φορείς (Δήμος, Περιφέρεια, ΔΕΛΙ, ΗΠΕΙΡΟΣ ΑΕ κλπ.) έχουν κατά καιρούς προτείνει διάφορα μέτρα-έργα αποκατάστασης.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η επικαιροποίηση των δεδομένων για το οικοσύστημα της λίμνης μέσω της συγκέντρωσης-οργάνωσης-παρουσίασης & συσχέτισης ερευνητικών έργων & μελετών καθώς και η Ιεραρχημένη αξιολόγηση κατάλληλων και τεκμηριωμένων- κοστολογημένων μέτρων-έργων αποκατάστασης του οικοσυστήματος

Στην κατεύθυνση αυτή κρίθηκαν απαραίτητα τα ακόλουθα πακέτα εργασιών:

- Πακέτο 1:** Εκτίμηση δεδομένων τόσο για την Λίμνη Παμβώτιδας όσο και για την λεκάνη απορροής της.
- Πακέτο 2:** Τρισδιάστατη μοντελοποίηση για την ανάδειξη του καλύτερου συνδυασμού μέτρων αποκατάστασης.
- Πακέτο 3:** Σχεδιασμός μέτρων και παρεμβάσεων αποκατάστασης.
- Πακέτο 4:** Χρονοδιάγραμμα εφαρμογής και απόδοσης των μέτρων.
- Πακέτο 5:** Διερεύνηση πιθανών πηγών χρηματοδότησης των προτεινόμενων έργων - παρεμβάσεων.

Βάσει των συμβατικών υποχρεώσεων του έργου έχουν κατατεθεί και συμπεριλαμβάνονται στην παρούσα Έκθεση τα παρακάτω:

- Η συλλογή και κωδικοποίηση δεδομένων, στοιχείων και μετρήσεων που αφορούν τόσο τη Λίμνη Παμβώτιδα όσο και τη λεκάνη απορροής της (περιγραφή της περιοχής, υδρογεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες και ισοζύγιο, φυσικοχημικά χαρακτηριστικά στη στήλη ύδατος, προσδιορισμός των ορυκτολογικών, ιζηματολογικών και γεωχημικών παραμέτρων του πυθμένα της λίμνης, στοιχεία για τις βιολογικές παραμέτρους, το φυτοπλαγκτόν κλπ).
- Η παρουσίαση και συσχέτιση μελετών, ερευνητικών και διδακτορικών εργασιών που αφορούν το σύνολο του οικοσυστήματος και έχουν εκπονηθεί τα προηγούμενα χρόνια από

δημόσιες υπηρεσίες, οργανώσεις και φορείς, πανεπιστημιακά ιδρύματα κλπ ώστε να παρουσιαστεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης των υδρογεωλογικών, υδρολογικών, φυσικοχημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών της λειτουργίας του οικοσυστήματος της λίμνης.

- Η ψηφιοποίηση και οπτικοποίηση των δεδομένων που αφορούν τόσο στη Λίμνη Παμβώτιδα όσο και τη λεκάνη απορροής της, σε ψηφιακούς χάρτες σε περιβάλλον GIS (χρήσεις γης, σημειακές πηγές ρύπανσης, υπολεκάνες απορροής, πηγές και σημεία υδροληψίας, γεωτρήσεις, υφιστάμενα αντιπλημμυρικά και αποστραγγιστικά δίκτυα, ευαίσθητες και προστατευόμενες περιοχές κλπ).
- Τρισδιάστατη απεικόνιση του υδάτινου όγκου της λίμνης Παμβώτιδας και βυθομετρικός χάρτης με λογισμικό GIS ώστε να μπορεί να συσχετιστεί με μαθηματικά μοντέλα προσομοίωσης της ποιότητας του νερού σε διάφορα βάθη.
- Εφαρμογή μαθηματικού μοντέλου προσομοίωσης της ποιότητας του νερού με ρύθμιση και προσδιορισμό των κινητικών - περιβαλλοντικών σταθερών και εξέταση διαφόρων σεναρίων φόρτισης και αποφόρτισης της λίμνης για την εκτίμηση της επίδρασης των προτεινόμενων μέτρων αποκατάστασης στην ποιότητα του νερού (μοντέλο WASP, EUTRO).
- Εκτεταμένη ανασκόπηση και παρουσίαση μεθόδων αποκατάστασης παρόμοιων οικοσυστημάτων τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό καθώς και εξέταση εναλλακτικών μέτρων αποκατάστασης τόσο σε επίπεδο λεκάνης απορροής όσο και εντός της λίμνης.
- Παρουσίαση προτάσεων, μέτρων και συνδυασμών μέτρων που αφορούν σε:
 - Έργα στην λεκάνη απορροής (Έργα αναδασώσεων, συγκράτησης φερτών υλικών, δεξαμενών απόθεσης φερτών υλικών στην ορεινή κοίτη των χειμαρρικών ρεμάτων, και δεξαμενών καθίζησης στην πεδινή κοίτη των χειμαρρικών ρεμάτων και των τάφρων αποστράγγισης) για τον περιορισμό της πρόσχωσης της λίμνης.
 - Έργα στην παρόχθια ζώνη (κατασκευή τεχνητών υδροβιοτόπων, δεξαμενών καθίζησης, δημιουργία παρόχθιων ζωνών βλάστησης, διαχείριση καλαμιώνα, εγκατάσταση φυτοφρακτών για τον έλεγχο των επιφανειακών απορροών που επιβαρύνουν την ποιότητα των νερών της λίμνης)
 - Έργα εντός της λίμνης (Παρουσίαση τεχνικών αποκατάστασης της ποιότητας του νερού της λίμνης με μέτρα αδρανοποίησης του φωσφόρου και του επιβαρυμένου πυθμενικού ιζήματος, υπολίμνια οξυγόνωση για τον έλεγχο του ευτροφισμού)
- Παρουσίαση του αναλυτικού σχεδίου των προτεινόμενων παρεμβάσεων, των κατασκευαστικών και τεχνικών απαιτήσεων με ποσοτικοποίηση των εργασιών και προϋπολογισμό του κόστους κατασκευής και λειτουργίας των προτεινόμενων έργων σε επίπεδο προμελέτης και την αλληλουχία των απαιτούμενων παρεμβάσεων.
- Παρουσίαση χρονοδιαγράμματος εφαρμογής του κάθε προτεινόμενου μέτρου

Ο χαρακτηρισμός της λίμνης Παμβώτιδας έχει γίνει σύμφωνα με τα κριτήρια τυπολογία που δίδονται στην οδηγία 2000/60/ΕΚ για τα ύδατα καθώς και το σύστημα ECOFRAME (Moss et al 2003). Σύμφωνα με το σύστημα ECOFRAME, η λίμνη Παμβώτιδα χαρακτηρίστηκε ως "ζεστή" λίμνη δεδομένου ότι η περίοδος κάλυψης πάγου είναι μικρότερη από 2 μήνες το έτος και η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι πάνω από 25°C.

Οικο-περιοχή	Σύμφωνα με το Παράρτημα XI της οδηγίας WFD, η Λίμνη ανήκει στην οικο-περιοχή "Hellenic Western Balkans"
Υψόμετρο	Σύμφωνα με το σύστημα A του Παραρτήματος II της WFD, διακρίνονται τρεις κλήσεις με βάση το υψόμετρο: πεδινές (<200m) μισού - υψομέτρου (200 - 80m) και υψηλού - υψομέτρου (>800m). Η λίμνη Παμβώτιδα ταξινομείται στην κατηγορία μέσου υψομέτρου δεδομένου ότι βρίσκεται σε υψόμετρο 470,25m από τη στάθμη της θάλασσας.
Μέγεθος & Μέσο Βάθος	Το σύστημα A του Παραρτήματος II της WFD, προτείνει τρεις κατηγορίες μέσου βάθους ως εξής: πολύ ρηχές (<3m), Ρηχές (3-15m) και βαθιές (>15m). Η λίμνη Παμβώτιδα έχει ένα μέγιστο βάθος (Zmax) 8m και ένα μέσο βάθος (Zmean) 4,3m κατατάσσοντας την στην κατηγορία ρηχές Λίμνες. Ο λόγος Zmean/Zmax είναι 0,56.
Γεωλογία	Η περιοχή της Λεκάνης απορροής της λίμνης Παμβώτιδας εμφανίζει εκτεταμένη ασβεστολιθική διάβρωση ως αποτέλεσμα της ασβεστολιθικής προέλευσης της Λίμνης. Επιπλέον τα ιζήματα της Λίμνης περιλαμβάνουν, ιλύς, άμμο, χαλίκι και άργιλο. Σύμφωνα με το σύστημα A του Παραρτήματος II της οδηγίας WFD, τρεις Γεωλογικοί τύποι διακρίνονται (ασβεστολιθικοί, πυριτικοί και οργανικοί). Η Λίμνη Παμβώτιδα ανήκει στην ασβεστολιθική κατηγορία.
Σύστημα Ανάμιξης	Η Λίμνη Παμβώτιδα είναι μία πολυμεικτική Λίμνη, στην οποία εμφανίζονται μία μικρή θερμική διάστρωμάτωση κατά τη διάρκεια μιας σύντομης περιόδου στα μέσα του καλοκαιριού (Καγκάλου, 2008)
Δομή της Ακτογραμμής	Σε όλο το νότιο τμήμα της Λίμνης (δηλ. στο αστικό τμήμα δεν υπάρχει φυσική ακτογραμμή. Οδικό δίκτυο, οικισμός, ιατρός και τουριστικές υποδομές έχουν καταστρέψει τη φυσική ακτογραμμή. Το υπόλοιπο, τμήμα της ακτογραμμής επλήγει από αποθέσεις υλικών χαρακτηρίζονται από την εξαφάνιση των υγρών λιβαδιών και την επέκταση των καλαμιώνων.

Χαρακτηρισμός της Λίμνης Παμβώτιδας σύμφωνα με WFD και το Σχήμα Ecoframe

Μορφομετρικά Χαρακτηριστικά Λίμνης Παμβώτιδας			
Επιφάνεια Λίμνης	22km²	Υψόμετρο Λίμνης (διακύμανση)	+470.7 μέχρι +468.8m
Υδρολογική Εδαφική Λεκάνη	326 km²	Μέγιστο Μήκος	7km
Όγκος Λίμνης χ 10 ⁶	80 - 120m³	Μέγιστο Πλάτος	3km
Μέγιστος Βάθος	7.5m	Μήκος Ακτών	33km
Μέσο Βάθος	4.3m	Χρόνος Ανανέωσης Νερών Λίμνης	9,4 - 9.9 μήνες
<p>Πηγές: Παπιγγιώτη, 2013 (Μεταπτ., Διατρ., Πανεπιστήμιο Πατρών 86σελ., Οικολογική κατάσταση λίμνης Παμβώτιδας), Μπρομπονά, 2010 (Μεταπτ., Διατρ., Πανεπιστήμιο Πατρών 159σελ., Περιβαλλοντικοί παράμετροι λίμνης Παμβώτιδας), Kagalou, et al., 2008 (J. Environ., Manag., 87, 497 - 506, Eutrophication process in a shallow Mediterranean lake ecosystem), Kagalou, et al., 2006 (Limnologica - Ecol., Manag., Inland Waters, 36, 4, 269 - 278, Assessment using benthic community in lake Pamvotis), Λάμπρου, 1988 (Διπλ., Διατρ., ΕΜΠ, 105σελ., Υδατικό ισοζύγιο λίμνης Παμβώτιδας), Koussouris et al., 1991 (Tox., Env., Chem., 31- - 32, 303 - 313,, for Ioannina lake), Κουσουρής, Γεωργιάδης, 1977 (τεχν., Εκθεσ., ΙΩΚΑΕ, 23ελ, Κατάσταση της λίμνης και λήψη μέτρων επαναφοράς της στη φυσική κατάσταση).</p> <p>*Τα κυριότερα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των λιμνών μεταβάλλονται εποχικά και διαχρονικά, ενώ πολλές μετρήσεις αμφισβητούνται για την ακρίβεια τους, καθότι δεν έγιναν με τον κατάλληλο εξοπλισμό και από έμπειρο προσωπικό.</p>			

Τα τελευταία 50-60 χρόνια έχει παρατηρηθεί μία μείωση του όγκου των νερών κατά 50 εκ. κυβικά μέτρα και αυτό οφείλεται στη περιμετρική οικοπεδοποίησή της και στην μείωση του βάθους της, λόγω της συνεχούς εισροής τεράστιων ποσοτήτων φερτών υλικών.

Συνεπώς εισροή ύδατος στη λίμνη πραγματοποιείται το χειμώνα και την άνοιξη. Με μια συμφωνία μεταξύ των τοπικών αρχών, το επίπεδο της στάθμης ύδατος διατηρείται εντός του συγκεκριμένου εύρους (470,20-468,80m) μέσω μιας ελεγχόμενης εξόδου. Παρότι το οικοσύστημα δεν αντιμετωπίζει έντονες ετήσιες διακυμάνσεις της στάθμης του ύδατος (δηλ. μεταξύ χειμερινών/καλοκαιρινών περιόδων) υπάρχει πτώση στάθμης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (κάτω από το επιτρεπόμενο επίπεδο των 469,55m) που προκαλείται από την εξάτμιση και την κατανάλωση στη γεωργική δραστηριότητα της περιοχής. Την περίοδο που έχουμε υψηλή στάθμη ύδατος οι εισροές είναι υψηλές λόγω βροχοπτώσεων ενώ την περίοδο που υπάρχει χαμηλή στάθμη ύδατος οι πιέσεις είναι μεγάλες λόγω εξάτμισης και υπεραντλήσεων.

Η κατασκευή των αναχωμάτων κατά μήκος της βόρειας ακτογραμμής (το 1970) προκάλεσε υψηλές διακυμάνσεις της στάθμης ύδατος και επηρεάστηκε η παράκτια ζώνη.

Οι ετήσιες μεταβολές της στάθμης του νερού κομάνθηκε μεταξύ 50-160 cm, με χαμηλά επίπεδα νερού που καταγράφονται κατά τη διάρκεια του 1993 και του 1994. Η μείωση της στάθμης του νερού αρχίζει τον Ιούνιο και συνεχίζεται μέχρι τα μέσα του φθινοπώρου. Η στάθμη του νερού αυξάνεται σταδιακά από το Νοέμβριο φθάνοντας στο μέγιστο το Μάρτιο-Απρίλιο.

Ο πυθμένας της λίμνης στο μεγαλύτερο τμήμα του καλύπτεται από λεπτό στρώμα ιδιαίτερα υδαρούς ιλύος.

Το πάχος της υδαρούς ιλύος είναι μέγιστο (> 40 cm) στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης.

Η πρόσφατη ηχοβολιστική αποτύπωση δεν έδειξε λιμναία βλάστηση στην επιφάνεια του πυθμένα της λίμνης εκτός από το βόρειο τμήμα του πυθμένα το οποίο καλύπτεται από αραιή και χαμηλή βλάστηση.

Στο βορειοδυτικό πυθμαίο τμήμα της εσωτερικής νησίδας της λίμνης εντοπίστηκε μία περιοχή που έχει υλοποιηθεί εκοκαφή.

Σε όλο το εύρος της ανώτερης ιζηματολογικής ακολουθίας του πυθμένα της λίμνης, διαπιστώθηκε παρουσία ρευστών με εξαίρεση τις παραλίμνιες περιοχές. Τα ρευστά αυτά είναι δυνατόν να αντιπροσωπεύουν υγρή φάση ή/και αέρια φάση (πιθανώς βιογενούς προέλευσης).

Εχουν εντοπιστεί γεωμορφές (κυκλικές καταβυθίσεις) στο βόρειο τμήμα της λίμνης, οι οποίες πιθανόν να δηλώνουν την άνοδο ρευστών (υγρή ή/και αέρια φάση) στην υδάτινη στήλη.

Επιφανειακά στον πυθμένα της λίμνης, εντοπίστηκε μια πληθώρα στόχων που συνδέονται με ανθρώπινες δραστηριότητες.

- ❖ Εποχική Διακύμανση στο πορώδες NH_3 & PO_4 με max συγκεντρώσεις το καλοκαίρι
- ❖ Σημαντική Διακύμανση του TP στους κόκκους του ιζήματος, προκρίνεται από τις διακυμάνσεις του Eh
- ❖ Μείωση του στερεού Mn & Fe στο ιζημα από NOE-ΔΕΚ
- ❖ Η Δυναμική του ιζήματος ακολουθεί παρόμοιο μοτίβο σε όλο το εύρος της Λίμνης

Σύμφωνα με την Κυδωνάκη (210, σελ. 58) η συνολική ετήσια ποσότητα P που εισέρχεται στη λίμνη είναι 27,18 τόνοι, η οποία μετατρέπεται σε επιφανειακή φόρτιση ($27,18 \text{ tn} / 22.052.118,5518 \text{ m}^2$) $1,23 \text{ g P m}^{-2} \text{ year}^{-1}$. Οι Romero and Imberger (1999, σελ. 13.6 - 13.8) αναφέρουν εύρος τιμών 0,2 - $1,7 \text{ g P m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ ενώ οι Romero et al. (2002) υπολόγισαν από μηνιαίες τιμές ολικού φωσφόρου όγκων και υδάτων εισροής στη λίμνη τιμή $0,75 \text{ g P m}^{-2} \text{ year}^{-1}$. Κατά τον Vollenweider (1976) κριτική τιμή πάνω από την οποία μια αβαθής λίμνη (μέσο βάθος 5 μ.) όπως η Παμβώτιδα θα

θεωρείται ευτροφική είναι $0,15 \text{ g P m}^{-2} \text{ year}^{-1}$. Βάσει αυτής της παρατήρησης θα πρέπει να υπάρξει μείωση έως και 50% της συνολικής ετήσιας φόρτισης από επιφανειακή απορροή.

Εξετάζοντας τα δεδομένα των φωσφορικών για τρεις διακριτές περιόδους (1985-1988, 1998-1999 και 2004-2005) από αναλύσεις δειγμάτων στήλης ύδατος μπορούμε να παρατηρήσουμε τη σημαντική μείωση του επιπέδου των τιμών μετά την κατασκευή και λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού της πόλης των Ιωαννίνων ως αποτέλεσμα της σημαντικής μείωσης της εξωτερικής φόρτισης φωσφόρου από τη λεκάνη απορροής.

Οι αυξημένες τιμές του ολικού φωσφόρου κατά τη θερινή περίοδο πιθανών να σχετίζονται με τις αναγωγικές και ανοξικές συνθήκες που επικρατούν στον πυθμένα καθώς ο φώσφορος που είναι δεσμευμένος με το σίδηρο (III) ανάγεται σε σίδηρο (II) με αποτέλεσμα ο σίδηρος και ο προσροφόμενος φώσφορος να επιστρέφουν στην υδάτινη στήλη (εσωτερική ανακύκλωση).

Οι αυξημένες συγκεντρώσεις του TN στη στήλη ύδατος που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του θέρους ίσως οφείλονται σε υψηλές συγκεντρώσεις NH_4^+ και τη διαδικασία απονιτροποίησης εξαιτίας των αναερόβιων συνθηκών που επικρατούν στον πυθμένα. Οι υψηλές τιμές του TN τους χειμερινούς μήνες οφείλονται στις ισχυρές βροχοπτώσεις και την επιφανειακή απορροή.

Τέλος, το ότι τα αμμωνιακά εμφανίζονται ιδιαίτερα αυξημένα το καλοκαίρι, πρέπει να αποδοθεί στις έντονες βακτηριακές δραστηριότητες και στην αφομοιωτική ικανότητα του φυτοπλαγκτού που επηρεάζεται από την υψηλή θερμοκρασία και μέσα από τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης, της οξειδωσης και της αναγωγής των αζωτούχων ενώσεων συνεισφέρει στον κύκλο του αζώτου στο σύστημα της λίμνης (Wetzel 2001).

Η αφθονία του φυτοπλαγκτόν σε λίμνες γλυκού νερού έχει συσχετισθεί με πολλούς περιοριστικούς παράγοντες. Ο λόγος TN:TP έχει προταθεί ως δείκτης, έτσι ώστε να κατηγοριοποιούνται οι λίμνες ανάλογα με το αν το άζωτο ή ο φώσφορος είναι περιοριστικός παράγοντας. Στη λίμνη Παμβώτιδα υπάρχει εναλλαγή του περιοριστικού παράγοντα. Τον Αύγουστο και Φεβρουάριο περιοριστικός παράγοντας είναι το άζωτο (N) ενώ από τον Οκτώβριο έως και τον Ιανουάριο ο φώσφορος (P).

1959	Αποξήρανση της Λίμνης Λαψίστας, κατασκευή της σήραγγας (5km), με αφετηρία το τέλος της τάφρου Λαψίστας. Απόδοση της Γης στη γεωργία.
1960	Έναρξη εντατικής γεωργίας στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις της Λεκάνης απορροής και ανάπτυξης αστικού Ιστού στην πόλη των Ιωαννίνων προς το μέρος της νότιας όχθης της Λίμνης.
1974	Κατασκευή αναχωμάτων στην Βόρεια Βορειοδυτική πλευρά της Λίμνης με αποτέλεσμα την τροποποίηση της υδραυλικής σύνδεσης μεταξύ της Λίμνης και του Καρστού υδροφορέα.
1970 – 1980	Έργα Υποδομής στην Περιοχή της Λίμνης (οδικό δίκτυο κατά μήκος της όχθης της Λίμνης, μικρό Λιμάνι, Εγκαταστάσεις ναυσιπλοΐας, έναρξη περιοδικών μετρήσεων ποιότητας υδάτων της Λίμνης) σε οριοθετημένες θέσεις δειγματοληψίας.
1986	Σημαντικός σταθμός στην πορεία κλάδου της Αλιείας στην Λίμνη υπήρξε η ίδρυση της Δ.Ε.Λ.Ι.. Η Δ.Ε.Λ.Ι. λειτουργούσε ιχθυογεννητικό σταθμός παραγωγής γόνου κυρπίνου και άλλων αλλόχθονων ειδών, προκειμένου να ελέγξει την υπερβολική υδρόβια βλάστηση αλλά και να στηρίξει την τοπική Αλιεία. Εφάρμοσε πρόγραμμα εμπλουτισμού μια φορά το χρόνο.

1990	Μέχρι το 1990 τα υγρά αστικά απόβλητα απορρίπτονταν απευθείας στη Λίμνη. Το 1990, το κλείσιμο των δημοτικών σφαγείων που βρισκόταν στην νότια, νοτιοανατολική περιοχή της Λίμνης έθεσε τέρμα στην ανεξέλεγκτη απόρριψη ρύπων στη Λίμνη.
1992	Έναρξη λειτουργίας της Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων με αποδέκτη την τάφρο Λαψίστας. Περαιτέρω ανάπτυξη του αστικού ιστού. Δραματική μείωση και των ενδημικών ειδών Τυλινάρι, Μαρίτσι και Τσίμα.
1992 – Σήμερα	Συνδέσεις Δικτύων Αποχέτευσης και Επεξεργασίας Λυμάτων. Μετατροπή του μεγαλύτερου τμήματος της παράκτιας ζώνης σε αστική περιοχή.
2003	Ένταξη της περιοχής της Λίμνης Παμβώτιδας στη Λίστα στο δίκτυο Προστατευόμενων Περιοχών του Δικτύου Natura 2000.

Πρόσφατα Ιστορικά Δεδομένα που επέδρασαν στη Μεταβολή της Ποιότητας του Νερού στη λίμνη Παμβώτιδα (Papastergiadou 2010)

Οδηγός	Πίεση	Κατάσταση	Επιπτώσεις	Ανταπόκριση
Γεωργία, κτηνοτροφία και οικιακά απόβλητα	Χρήση λιπασμάτων, χρήση φυτοφαρμάκων, αλλαγή χρήσεων γης, άρδευση, κτηνοτροφία, μη επεξεργασμένα λύματα	Συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών, συγκέντρωση χλωροφύλλης-α, συγκέντρωση, καταστροφή ενδιαιτημάτων	Υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων, ευτροφισμός, κατάσταση διατήρησης	Γεωργικές πολιτικές, σχέδια διαχείρισης για τα διάχυτα ρυπαντικά φορτία και σημεία ρύπανσης ολοκλήρωση των δικτύων λυμάτων, σύνδεση των εν μέρει – αστικών οικισμών με ΒΙΟ.ΚΑ..
Άρδευση	Απαιτήσεις άρδευσης	Υψηλές ενδο-ετήσιες διακυμάνσεις της στάθμης του νερού	Χαμηλή ικανότητα αραιώσης	Γεωργικές πολιτικές, σχέδια διαχείρισης
Αλλαγές Χρήσεων γης και αστικοποίηση	Ικανότητα αυτό-καθαρισμού, απώλεια ενδιαιτημάτων, ανάπτυξη αστικών και εν μέρει – αστικών περιοχών, απαίτηση για επεξεργασία των λυμάτων	Καταβόθρα θρεπτικών συστατικών κατάσταση διατήρησης, διαλυμένο οξυγόνο, θρεπτικά συστατικά συγκέντρωση	Υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων, απώλεια ενδιαιτημάτων, εξαφάνιση των ειδών, ευτροφισμός, αύξηση της απαίτηση σε οξυγόνο, απώλεια ενδιαιτημάτων	Η εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο Υδάτων, αξιολόγηση των ΒΙΟ.ΚΑ., καθορισμός ζωνών διακανονισμού
Κατασκευή φραγμάτων και εκτροπής πηγών	Τροποποίηση της υδραυλικής εξισορρόπησης	Αύξηση του χρόνου κατακράτησης του νερού	Χαμηλή ικανότητα αραιώσης	Αποκατάσταση του υδρολογικού καθεστώτος
Τουρισμός και αναψυχή	Απαιτήσεις αναψυχής	Διάθεση αποβλήτων, τουριστικές υποδομές / εγκαταστάσεις	Υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, μεταβολή ενδιαιτημάτων	Ολιστική προσέγγιση της διαχείρισης
Απαίτηση για προστασία του οικοσυστήματος	Απαιτήσεις διατήρησης, διατήρηση των ειδών, κλιματική αλλαγή (πλημμύρες / ξηρασίες)	Υψηλή απαίτηση σε επιφάνεια, ύφεση πληθυσμών, χωροκατακτητικά είδη	Κατάσταση διατήρησης, επιπτώσεις στην βιοποικιλότητα	Μέτρα για τα είδη και τη διατήρηση των οικοτόπων, αξιολόγηση των αγαθών και των υπηρεσιών, συμμετοχή κοινότητας
Εκτροφή ψαριών	Υποβάθμιση του τροφικού ιστού	Χαμηλή βιοποικιλότητα, απώλεια θολότητας μακροφυτών	Αύξηση ευτροφισμού, διατήρηση θολώδους επιφάνειας, κυανοβακτήρια	Βιο-χειρισμός

Δεδομένα των δεικτών DPSIR στο οικοσύστημα της λίμνης Παμβώτιδας

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται αρκετά μαθηματικά μοντέλα όπως: WASP, CAEDYM (<http://www.cwr.uwa.edu.au/software1/models1.php?mdid=3>), MINLAKE (RileyandHeinz, 1998), CE-QUAL-R1 (USACE, 1995), LMT3D (RajarandCentina, 1997), EFDC (www.efdc-explorer.com), ELCOM (<http://www.cwr.uwa.edu.au/software1/models1.php?mdid=5>). Τα προγράμματα ELCOM, CAEDYM καθώς και το DYRESM έχουν αναπτυχθεί στο CenterforWaterResearch – CWR, που είναι ερευνητικό κέντρο του Πανεπιστημίου της Δυτικής Αυστραλίας (Perth).

Εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων σε ελληνικές λίμνες και ποτάμια έχει γίνει για τη Βεγορίτιδα (Γιαννιού, 2009), τη Βιστωνίδα (Γκίκας, 2002 και Κάκκος 2006), την Τριχωνίδα (Ζαχαρίας, 1992), το ταμειυτήρα του Μόρνου (Καραλής, 2007) αλλά και για την Παμβώτιδα (Καλογιάννης, 2007).

Το μοντέλο WASP (<http://www.epa.gov/athens/wwqts/html/wasp.html>) έχει αναπτυχθεί στις Η.Π.Α., διανέμεται δωρεάν, και έχει εφαρμοστεί σε πολλές περιπτώσεις από το 1975 έως σήμερα. Η Αμερικανική EPA (Environmental Protection Agency) προβαίνει συνεχώς σε βελτιώσεις και κυκλοφορία νέων εκδόσεων. Εδώ χρησιμοποιήθηκε η πλέον πρόσφατη (15/11/2013) έκδοση 7.52.

Το WASP αναλύει μια πληθώρα ζητημάτων ποιότητας νερού σε διάφορες κατηγορίες υδατινών σωμάτων, όπως λίμνες, ποτάμια, ταμιευτήρες κ.λπ. Οι διαφορικές εξισώσεις που επιλύονται για το σκοπό αυτό βασίζονται στην αρχή διατήρησης της μάζας. Το μοντέλο παρακολουθεί την πορεία της κάθε ποιοτικής παραμέτρου του νερού, στο εξεταζόμενο υδάτινο σώμα από την εισαγωγή του μέχρι την έξοδό του. Για τη μελέτη της κίνησης αυτής, καθώς και για τους αντίστοιχους υπολογισμούς, το μοντέλο πρέπει να εφοδιάζεται με σχετικές πληροφορίες όπως:

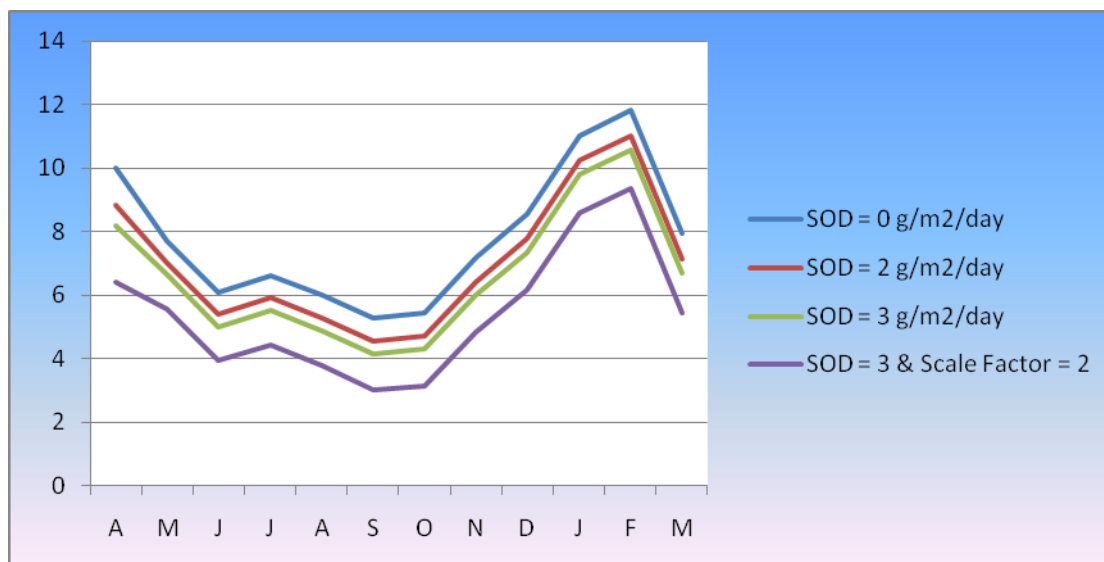
1. Είδος της προσομοίωσης και διάρκεια αυτής
2. Μερισμό του υδάτινου σώματος
3. Διάχυση και διασπορά των ρύπων
4. Αρχικές συγκεντρώσεις των ρύπων
5. Οριακές συγκεντρώσεις των ρύπων
6. Σημειακές και μη-σημειακές πηγές ρύπανσης
7. Κινητικές παραμέτρους, σταθερές ποσότητες και χρονικό βήμα

Το μοντέλο WASP εφαρμόστηκε για την προσομοίωση του φαινομένου του ευτροφισμού με την χρησιμοποίηση της ειδικής υπορουτίνας που έχει (μοντέλο EUTRO). Δεδομένα για την βαθμονόμηση-ρύθμιση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν από υπάρχουσες δειγματοληψίες και μετρήσεις.

Από τα διαγράμματα (βλέπε αντίστοιχο πακέτο εργασίας) φάνηκε ότι η προσομοίωση της θερμοκρασίας, των νιτρικών και του BOD5 είναι πολύ ικανοποιητική και μάλιστα για όλες τις εποχές του έτους, επίσης ικανοποιητική κρίνεται και αυτή των ορθοφωσφορικών. Μικρές αποκλίσεις εμφανίζει το διαλυμένο οξυγόνο, ενώ στα αμμωνιακά το μοντέλο παρουσιάζει κάποιες αποκλίσεις μόνο τους χειμερινούς μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Ιανουάριο, Φεβρουάριο.

Το μοντέλο WASP που αναπτύχθηκε για την προσομοίωση του φαινομένου του ευτροφισμού χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή διαφορετικών σεναρίων αύξησης/μείωσης της ροής των φωσφορικών και της αμμωνίας μεταξύ νερού και ιζήματος-πυθμένου και της ζήτησης του οξυγόνου από το πυθμένα (sedimentoxygendemandSOD).

Το ιζημα του πυθμένα της λίμνης αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για τον ευτροφισμό της. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ότι αυξομειώσεις των τιμών SOD μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα μείωση των τιμών του DO στο νερό κατά 5-10-15% (ανάλογα με το μέγεθος μεταβολής SOD).



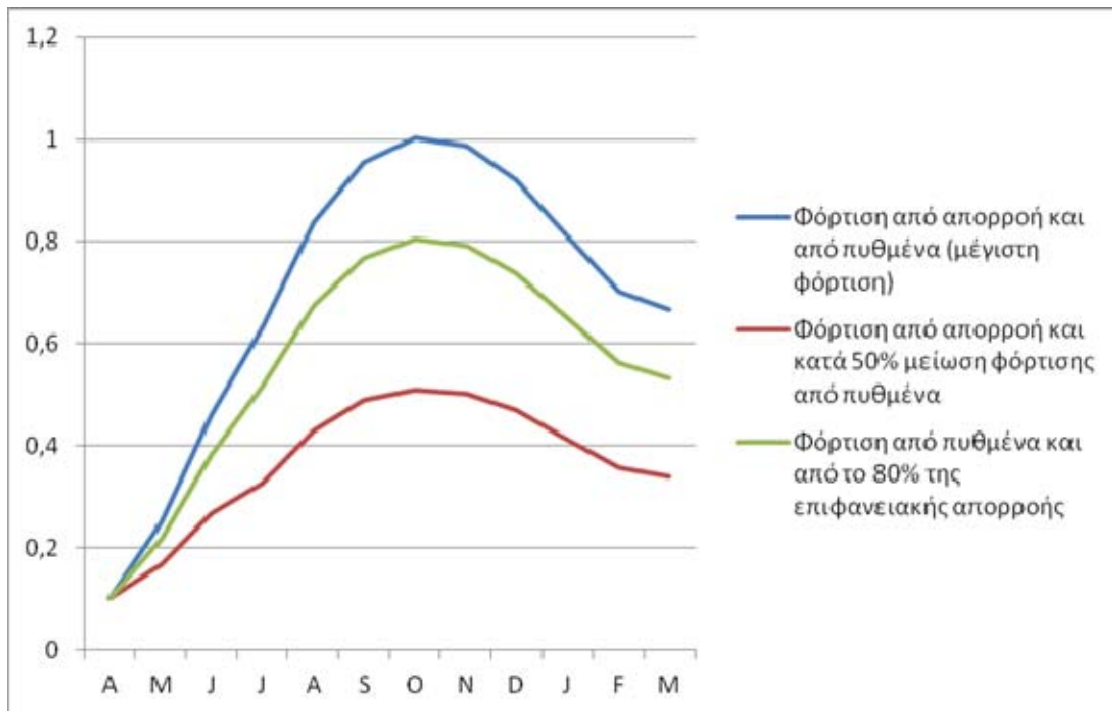
Επίδραση της μεταβλητής SOD (g/m²/day) στο διαλυμένο οξυγόνο DO.

Ανάλογες δοκιμές έδειξαν ότι όταν μειώνεται και η ροή του φωσφόρου από το ίζημα στο νερό (κατά 25 - 50 - 75 %) έχουμε μείωση των επιπέδων των τιμών των PO₄³⁻ στο νερό που ξεκινά από 15%.

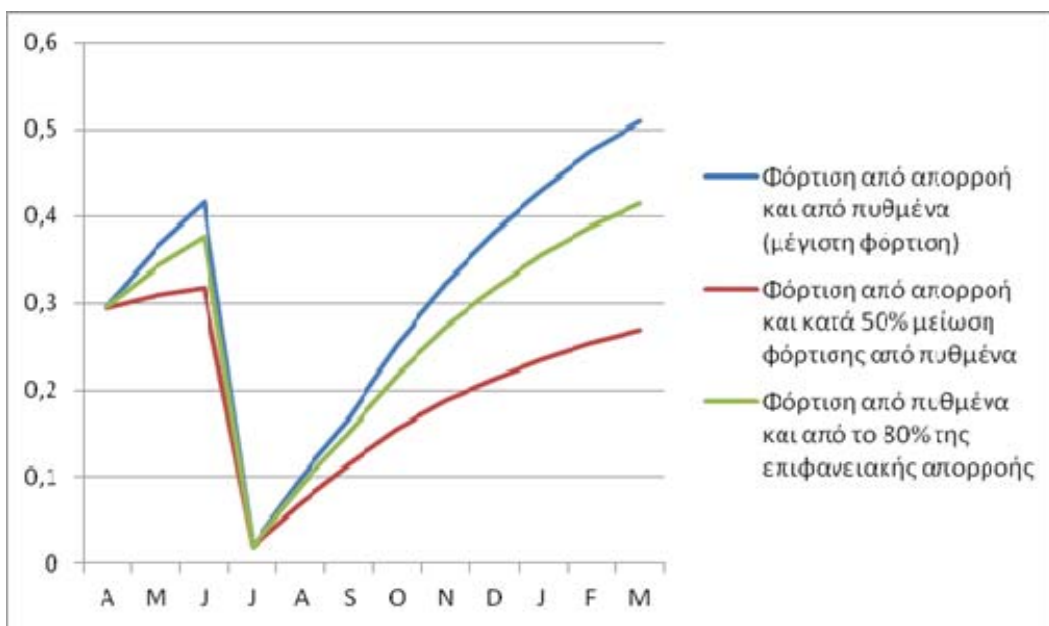
Επειδή οι μετρήσεις, που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση (μέσω του WASP) των διαφόρων εναλλακτικών σεναρίων φόρτισης της λίμνης, προέρχονται από την μελέτη των Romero and Imberger (1999) θεωρήθηκε ότι αυτές οι μετρήσεις αντιστοιχούν σε συνολική ετήσια φόρτιση 0,75 g P m⁻² year⁻¹.

Τα σενάρια υπολογισμού των μεταβολών των συγκεντρώσεων των φωσφορικών περιλαμβάνουν την αρχική κατάσταση που θεωρήθηκε ως τιμή βάσης (μέγιστες τιμές συγκέντρωσης) και δύο επι πλέον με μείωση κατά 20% και 40% της φόρτισης από επιφανειακή απορροφή.

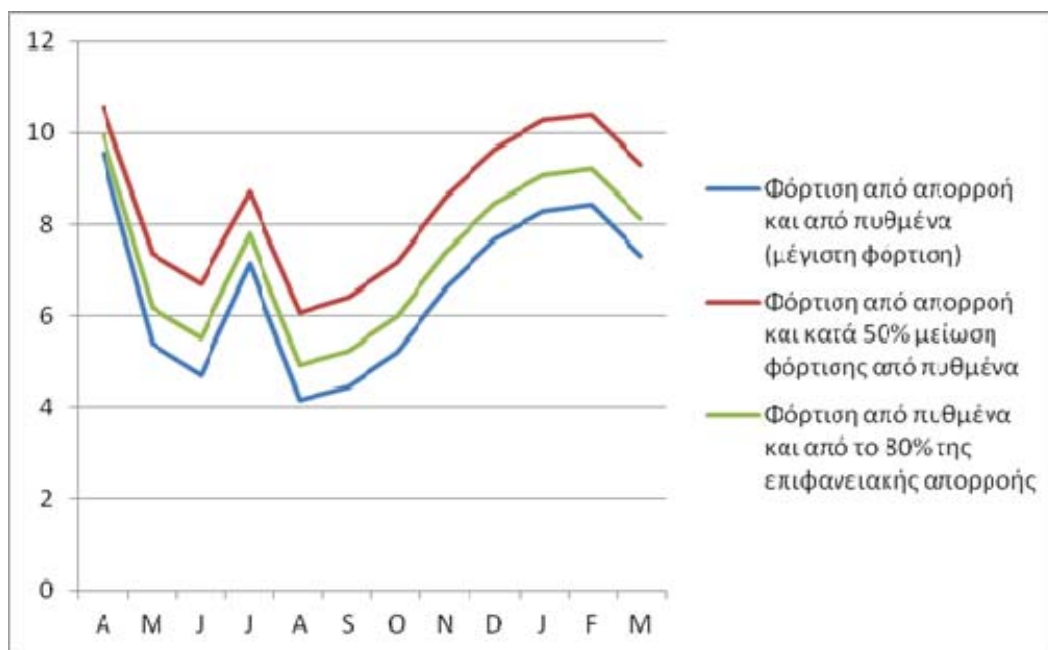
Έγιναν δοκιμές με διάφορες τιμές φόρτισης από τον πυθμένα (και μεταβαλλόμενες μέσα στο χρόνο) και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για μείωση της φόρτισης κατά 50% της αρχικής κατάστασης (Benthic ammonia flux = 2 mg m⁻² day⁻¹, Phosphate flux = 2 mg m⁻² day⁻¹, Sediment oxygen demand = 1 SOD σε g m⁻² day⁻¹).



Προσομοίωση τιμών PO_4 για διάφορα σενάρια



Προσομοίωση τιμών NH_4 για διάφορα σενάρια



Προσομοίωση τιμών DO για διάφορα σενάρια

Το μοντέλο προσομοίωσης μελέτης της ποιότητας των υδάτων της λίμνης Παμβώτιδας, που αναπτύχθηκε στα προηγούμενα, θα αποτελέσει το διαχειριστικό εργαλείο ελέγχου σεναρίων βελτίωσης των παραμέτρων που επιδρούν στην εμφάνιση των δυσμενών συνθηκών της λίμνης. Η ευτροφική κατάσταση της λίμνης Παμβώτιδας, η οποία δεν αμφισβητείται από τους ερευνητές, μπορεί να μελετηθεί πολύ ικανοποιητικά ελέγχοντας τα αποτελέσματα περιορισμού ή γενικά τροποποίησης των πηγών ρύπανσης (π.χ. τρόποι άσκησης γεωργίας).

Η θρεπτική ουσία η οποία περιορίζει την ανάπτυξη των κυανοβακτηριδίων είναι συνήθως ο φωσφόρος (Smith, 1983). Ως εκ τούτου, το πρώτο και πιο σημαντικό βήμα για τη βελτίωση της ποιότητας των λιμναίων υδάτων ή των ταμιευτήρων, είναι η εξάλειψη των θρεπτικών ουσιών. Ωστόσο, η δυνατότητα να μειωθούν επαρκώς οι απορροές των θρεπτικών από την λεκάνη απορροής συχνά περιορίζεται, ή το μέτρο αυτό μπορεί να είναι ανεπαρκές λόγω της εσωτερικής ανακύκλωσης των θρεπτικών στη λίμνη. Πολλές μέθοδοι στοχεύουν επίσης στην περαιτέρω μείωση της περιεκτικότητας του φωσφόρου στις λίμνες. Υπάρχουν επίσης και άλλες μέθοδοι για την άμεση επεξεργασία της υπέρμετρης αύξησης του ευτροφισμού και κατ'επέκταση των κυανοβακτηριδίων. Η πιθανότητα να υπάρχει πρόσβαση σε νερό καλής ποιότητας από υπερτροφικές λίμνες είναι εξαιρετικά χαμηλή, συνεπώς, ένας τυπικός και αναγκαίος συνδυασμός είναι να χρησιμοποιούνται πάντα μέθοδοι ελέγχου τόσο στη λεκάνη απορροής και όσο και εντός της λίμνης. Η αποτελεσματικότητα των διαφόρων μεθόδων εντός της λίμνης εξαρτάται από μια σειρά συνθηκών καθώς επίσης και από τη καλή γνώση της ποιοτικής κατάστασης των υδάτων της. Ιδιαίτερα, υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυνατοτήτων για ρηχές σε σχέση με βαθιές λίμνες.

Στα πλαίσια του έργου πραγματοποιήθηκε αναλυτική ανασκόπηση που ενοποιεί την έως τώρα γνώση για τις μεθόδους που μπορούν να οδηγήσουν στον έλεγχο του ευτροφισμού και της ανάπτυξης των επιβλαβών πληθυσμών κυανοβακτηριδίων, και κωδικοποιεί τις υπάρχουσες τεχνικές αποκατάστασης σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους, τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς τους. Ο κύριος στόχος της ανασκόπησης είναι η παροχή λεπτομερών πληροφοριών σχετικά με τις μεθόδους και τα μέτρα εντός της λίμνης. Ωστόσο, δεν πρέπει να παραμεληθούν οι πολύ σημαντικές μέθοδοι για τη μείωση του φορτίου των θρεπτικών ουσιών εντός της λεκάνης

απορροής. Ως εκ τούτου, μια σύντομη ανασκόπηση των μεθόδων εντός της λεκάνης απορροής έχει επίσης πραγματοποιηθεί.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω (Υπάρχουσα κατάσταση, προσομοιώσεις μοντέλου Wasp, ανασκόπηση τεχνικών αποκατάστασης) η μελετητική ομάδα προχώρησε στη κατάρτιση δράσεων παρέμβασης ομαδοποιημένων σε δέσμες. Έτσι, το πακέτο 3 περιλαμβάνει τις ακόλουθες 5 δέσμες – δράσεις παρεμβάσεων:

1. Έργα Ορεινής Υδρονομίας
2. Έργα Πεδινής Υδρονομίας
3. Έργα Παρόχθιας Ζώνης
4. Πιλοτική Εφαρμογή Δέσμης Μέτρων Βελτίωσης Ευτροφικών Συνθηκών εντός της Λίμνης
5. Επικαιροποίηση & εφαρμογή αγροπεριβαλλοντικού προγράμματος

Τα έργα Ορεινής Υδρονομίας που προτάθηκαν, διακρίνονται σε δύο κύριες υποκατηγορίες, τα Έργα Δασοκάλυψης και τα Έργα Συγκράτησης Φερτών Υλικών. Η μεν πρώτη κατηγορία αφορά στην πρόληψη πρόκλησης φαινομένων διάβρωσης εδάφους και παραγωγής φερτών υλικών, ενώ η δεύτερη στη συγκράτηση του εδαφικού υλικού. Σύμφωνα με τη μελέτη της ΗΠΕΙΡΟΣ Α.Ε (1989), η Λίμνη της Παμβώτιδας λειτουργεί ως φυσικός αποδέκτης ενός ορεινού υδρογραφικού δικτύου από διάφορα ρεύματα με σημαντική χειμαρρικότητα, τα οποία τροφοδοτούν με νερά και φερτά υλικά. Λόγω της έντονης υποβάθμισης του, που επικρατεί στον ορεινό χώρο της λεκάνης απορροής της λίμνης, οι ποσότητες των υλικών που παράγονται, είναι σημαντικές. Έχει υπολογισθεί ότι οι ετήσιοι όγκοι των φερτών υλικών της λεκάνης απορροής της λίμνης ανέρχονται σε 176.033m³/έτος οι οποίοι κατανέμονται τόσο στο περιλίμνιο όσο και στο λιμναίο χώρο.

Τα έργα ορεινής υδρονομίας που προσφέρονται για το σκοπό αυτό είναι το εξής:

- φράγματα συγκράτησης φερτών υλών στις κοίτες εκκένωσης των ρεμάτων
- αντιπλημμυρικά φράγματα σε κατάλληλες θέσεις των ορεινών κοιτών μέχρι την έξοδο τους στην πεδινή περιοχή
- ενδιάμεσα έργα στερέωσης
- Στερέωση των κοιτών για αποτροπή χαραδρωτικών & πρανικών διαβρώσεων

Επειδή ο προϋπολογισμός των έργων αναδάσωσης είναι σημαντικά υψηλός, κρίνεται σκόπιμη η τμηματική κατασκευή των έργων δίνοντας όμως προτεραιότητα στα έργα αναδάσωσης της λεκάνης απορροής Σερβιανών και Αγίας Παρασκευής.

Προκειμένου να υλοποιηθούν τα έργα αναδάσωσης, θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες οριστικές μελέτες για τις οποίες, εκτιμάται χρόνος εκπόνησης 1 έτος. Οι μελέτες θα περιλαμβάνουν και τα έργα ορεινής υδρονομίας. Οι βασικές κατευθύνσεις τις οποίες πρέπει να ακολουθήσει κάθε προσπάθεια αναδάσωσης, στις προτεινόμενες υποπεριοχές, είναι οι εξής:

- Τμηματική φύτευση περιοχών και όχι φύτευση μιας ενιαίας έκτασης. Αυτή η τακτική πλεονεκτεί στη δυνατότητα βόσκησης (πρόσβαση) των κοπαδιών στα ενδιάμεσα μη φυτεμένα τμήματα.
- Φυτεύσεις με εναλλαγές φυτικών ειδών ανά ζώνες. Η τακτική αυτή προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας αντιπυρικών ζωνών, αν παρεμβάλλονται βραδύκαυστα φυτικά είδη.

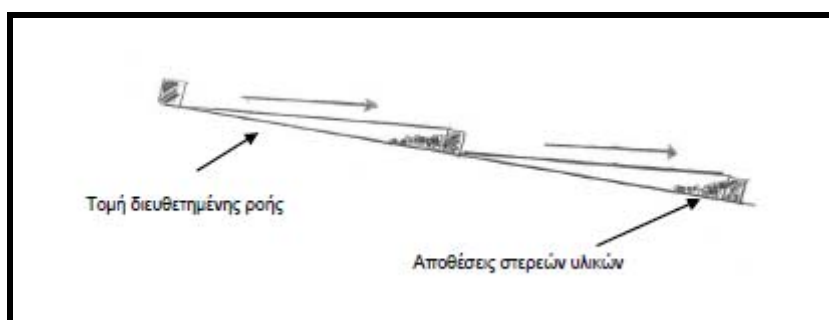
Στις καλλιεργούμενες επιφάνειες η καταπολέμηση των διαβρώσεων και των αποσαθρώσεων δεν είναι συνεχώς δυνατή. Μπορούν όμως να περιοριστούν τα φαινόμενα αυτά με την εφαρμογή των αρόσεων κατά τις ισούψεις καμπύλες.

Στα έργα ορεινής υδρονομίας, συγκαταλέγεται η στερέωση των κοιτών στις λεκάνες απορροής για την αποτροπή των χαραδρωτικών και πραινικών διαβρώσεων, καθώς και τα έργα για την αποτροπή των ολισθήσεων.

Δεξαμενές απόθεσης υλικών προτείνεται να κατασκευαστούν στις λεκάνες και υπολεκάνες των ακολούθων χειμάρρων της ομάδας II:

Κωδικός	Χειμάρρος
5	Λογγάδες
6.1	Κατούνας
6.2	Βασιλικής
6.3	Γράβου
7.1	Δροσοχωρίου
7.2	Ηλιοκάλης
7.3	Δαφνούλας
7.5	Αγίας Παρασκευής

Εκτός των προηγούμενων προτάσεων για κατασκευή έργων ορεινής υδρονομίας, η προστασία της λίμνης δύναται να επέλθει και με μια σειρά ακόμη έργων και παρεμβάσεων, η χωροθέτηση των οποίων, προτείνεται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης απορροής. Τα έργα και οι τεχνικές παρεμβάσεις πεδινής έκτασης, προορίζονται ως επί το πλείστον για την ποιοτική αναβάθμιση του περιβάλλοντος της λίμνης, αφού ως επί το πλείστον τα έργα συγκράτησης φερτών υλικών προηγήθηκαν στα έργα ορεινής υδρονομίας. Αυτή εξάλλου είναι και μια δεύτερη διαφορά (πλην των περιοχών χωροθέτησης), μεταξύ των κατηγοριών των έργων ορεινής και πεδινής υδρονομίας, αφού η μεν πρώτη εστιάζει στη συγκράτηση εδαφικού υλικού (είτε αδρομερούς, είτε χονδρόκοκκου), ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει κυρίως παρεμβάσεις για τη ρυπαντική αποφόρτιση και προστασία της λίμνης.



Σχηματική Απεικόνιση Διευθέτησης ρέματος

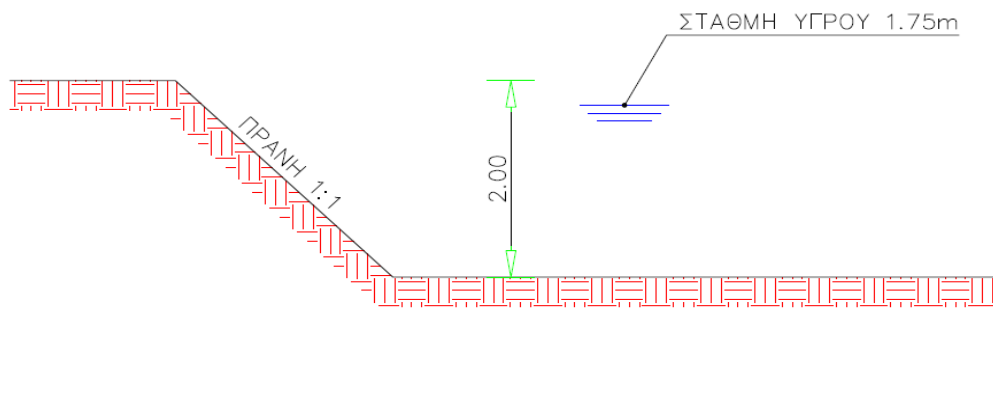
Λόγω της συγκράτησης ενός μεγάλου τμήματος του όγκου των φερτών υλικών στις δεξαμενές και στα φράγματα απόθεσης υλικών, τα χειμαρρικά νερά στη συνέχεια θα ρέουν προς τα κατάντη "σχετικά καθαρά", συνεπώς με ακόρεστη αυξημένη συρτική δύναμη, η οποία θα προκαλέσει σοβαρές διαβρώσεις (αξονικές, πραινικές) στις πεδινές γαιώδεις κοίτες των ρευμάτων μέχρι τις εκβολές (δέλτα) τους στη λίμνη, σε μια προσπάθεια επίτευξης των κλίσεων ισορροπίας.

Αναμένεται λοιπόν να προκληθούν σοβαρές καταστροφές ενδεχόμενες πλημμύρες και ιδίως καταρρεύσεις οικιών, γεφυρών, αγρών κ.λ.π. Για το λόγο αυτό απαιτείται να γίνει, ταυτόχρονα με την ίδρυση των δεξαμενών (ή των φραγμάτων συγκράτησης), η στερέωση και εξασφάλιση των πεδινών κοιτών στα κατάντη τους.

Δεξαμενές (Λίμνες) Καθίζησης Η παρούσα παρέμβαση αφορά στην επεξεργασία των επιφανειακών απορροών που καταλήγουν στη λίμνη Παμβώτιδα μέσω των 5 τάφρων απορροής ομβρίων με κωδικοποίηση που αναφέρθηκε ανωτέρω. Οι απορροές αυτές αποστραγγίζουν τις λεκάνες απορροής περιμετρικά της λίμνης και είναι ρυπασμένες με i) με οργανικό φορτίο από τις κτηνοτροφικές μονάδες, ii) με νιτρικές και φωσφορικές ενώσεις λόγω της έκπλυσης των λιπασμάτων από την εντατική καλλιέργεια των γειτονικών εκτάσεων και iii) με φερτά υλικά. Και οι τρεις πηγές συμβάλλουν στο πρόβλημα του ευτροφισμού. Πλέον των οργανικών ενώσεων και των θρεπτικών στοιχείων, στις απορροές ομβρίων δύναται να περιέχεται και πληθώρα άλλων ρυπαντών, όπως έλαια, υδρογονάνθρακες, βαρέα μέταλλα και αιωρούμενα σωματίδια.

Ως χώρος κατασκευής των λιμνών ορίζεται η περιοχή του δέλτα των ρεμάτων. Οι δεξαμενές καθίζησης θα δημιουργηθούν στο εσωτερικό της περιοχής των δέλτα και σε υψομετρική θέση του χώρου τέτοια, ώστε ο πυθμένα της να βρίσκεται πάντοτε υπεράνω της υψηλότερης στάθμης της λίμνης Παμβώτιδας. Ο χώρος των περιοχών καθίζησης δεν πρέπει να επιτρέπει τη διαφυγή των εισρεόντων υδάτων παρά μόνο με υπερχειλίση τους δια μέσου της φραγματικής κατασκευής. Η τελευταία δεν πρέπει να φέρει υδατοχετούς στον κορμό της, αλλά να είναι συμπαγής. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται υδάτινος όγκος στο χώρο της λίμνης, ο οποίος βρίσκεται εν ηρεμία επιτρέποντας έτσι την καθίζηση και την παρακράτηση των μεταφερόμενων αιωρούλικών στον πυθμένα της.

Στις λίμνες θα γίνεται ακόμα η δέσμευση των θρεπτικών από τις άλγεις. Η κάθε λίμνη σταθεροποίησης θα κατασκευαστεί σε μορφή αντιστροφής πυραμίδας, με ρηχό βάθος 2μ (ωφέλιμο 1,75μ) και πρηνή 1:1. Η διαμήκης κλίση μπορεί να είναι επίσης ήπια, π.χ. 0,5-1%.



Λεπτομέρεια κατασκευής λίμνης σταθεροποίησης

Η λίμνη θα μπορεί να φέρει μικρά αναχώματα, ώστε να επιμηκύνεται η ροή των υγρών και να αξιοποιείται ολόκληρος ο όγκος για την απομάκρυνση των θρεπτικών. Τα ύδατα θα εισέρχονται από το κανάλι σε επένδυση με κολυμμητούς λίθους στο άκρο της λίμνης, ενώ στην έξοδο υπερχειλίζουν σε φρεάτιο με ρυθμιζόμενο υπερχειλιστή με χειροστρόφαλο. Ο υπερχειλιστής αυτός είναι απαραίτητος για να ρυθμίζει τη στάθμη της λίμνης.

A/A Τάφρου	Εισερχόμενη παροχή, m ³ /s και m ³ /ημ	Ωφέλιμος όγκος λίμνης m ³ (κατ' ελάχιστο)	Επιφάνεια λίμνης, m ² (Άνοψη)
5	0.126/ 10.890	5.450	3.91
6	0.4 34 560	17.300	10.800
7	1.18/ 102.000	5 .000	31.616
8	0 29/ 25.100	12.600	8.003
9	1.58/ 136.500	68.350	40.828

Δεδομένα λιμνών σταθεροποίησης

Η αναμενόμενη απόδοση απομάκρυνσης φωσφόρου, νιτρικού αζώτου και αιωρούμενων έχει αναφερθεί σε 48%, 24% και 67% αντίστοιχα (<http://www.stormwatercenter.net/AssortedFactSheets/Tool6 Stormwater Practices/Pond/Wet Pond.htm>)

Υγροβιότοποι απομείωσης εξωτερικού φορτίου φωσφόρου Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, μέρος του φωσφόρου θα δεσμεύεται στις λίμνες σταθεροποίησης και το υπόλοιπο θα απομακρύνεται σε τεχνητό υγροβιότοπο που θα ακολουθεί τη λίμνη. Πρόκειται για λεκάνες που κατακλύζονται με νερό συνήθως μικρού βάθους (< 0,8 m), στις οποίες αναπτύσσονται φυτά όπως:

- Τα είδη κόπερης
- Καλάμια νερών
- Είδη βούρλων και
- Είδη αφράτου και ψαθιού

Τα ύδατα από το φρεάτιο εκροής της λίμνης οδηγούνται μέσω τοιμεντοσωλήνων Φ600, σε φρεάτιο μερισμού των 2 λεκανών, έτσι ώστε να υπάρχει ευελιξία στη λειτουργία. Από εκεί, η ροή διανέμεται στην είσοδο αρχικά με πλήρη και ακολούθως με διάτρητο αγωγό HDPE Φ400, με οπές 4 mm, ανά 50 - 70 cm. Η διατομή επιλέχθηκε για ελαχιστοποίηση των απωλειών, ώστε να λειτουργούν όλα τα στόμια με ελάχιστη διαφορά πρώτου και τελευταίου. Το υψόμετρο του πυθμένα των υγροβιότοπων, θα βρίσκεται περίπου στην ίδια στάθμη με αυτή του πυθμένα των λιμνών αντίστοιχα. Η ροή διανέμεται σε χαλίκια 5 - 10 cm και μέσω αυτών στο κυρίως υπόστρωμα του υγροβιότοπου. Το κυρίως υπόστρωμα αποτελείται από χαλίκι μεγέθους 4 mm περίπου, ύψους 80 cm περίπου. Η στάθμη του νερού θα είναι ρυθμιζόμενη σε ύψος 0,3 - 0,75 m από τον πυθμένα. Μέσα στο υπόστρωμα από χαλίκια και σε βάθος ριζώματος μέχρι 30 cm θα φυτευθούν *Fragmites australis* ή *Typha latifolia* (καλάμουρας ή ψαθί αντίστοιχα), τα οποία είναι ενδημικά, ανθεκτικά και πολύ αποδοτικά. Οι καλάμιές θα μεταφυτευτούν από γειτονικές περιοχές σε πυκνότητα 1 φυτό ανά 0,75μ. Περιοδική κοπή των καλάμιών θα γίνεται κάθε 3-5 χρόνια.

Στην έξοδο κάθε λεκάνης υπάρχει ειδικό φρεάτιο ρύθμισης της στάθμης υγρού στον υγροβιότοπο με περιστρεφόμενη καμπύλη από αγωγό HDPE. Τα καθαρά πλέον ύδατα από τον υγροβιότοπο παροχετεύονται από το φρεάτιο με αγωγό Φ400 στην τάφρο και στην Παμβώτιδα.

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής επιλέγεται σε 0,5 δ, η δε γεωμετρία του υγροβιότοπου θα είναι τουλάχιστον 2-3:1 (μήκος προς πλάτος). Ο υγροβιότοπος κατασκευάζεται σε δύο λεκάνες, προκύπτει δε συνολική επιφάνεια για ύψος h=0,75μ και για κάθε περίπτωση σύμφωνα με τον επόμενο Πίνακα.

Α/Α Τάφρου	Εισερχόμενη παροχή m ³ /s και m ³ /ημ	Επιφάνεια υγροβιότοπου, m ² (Ανωψη) έκαστος
5	0.126/ 10.890	4.059
6	0.4/ 34.560	12.040
7	1.18/ 102.000	33.759
8	0.29/ 25.100	8.784
9	1.58/ 136.500	43.990

Δεδομένα υγροβιότοπων

Το λειτουργικό κόστος για τη συντήρηση των λιμνών και των υγροβιότοπων είναι χαμηλό και εκτιμάται σε 10,000 ευρώ ετησίως. Προβλέπεται καταρχήν ένας τεχνικός ο οποίος θα επισκέπτεται 1 φορά το μήνα τις εγκαταστάσεις για να διαπιστώσει τη λειτουργική κατάσταση. Υπεύθυνος συντήρησης μπορεί να οριστεί ο Φορέας Διαχείρισης ο οποίος με ίδια μέσα θα εκτελεί τις εργασίες συντήρησης των υγροβιότοπων και τον καθαρισμό των λιμνών μία φορά το χρόνο, την καλοκαιρινή περίοδο. Εναλλακτικά, η συντήρηση μπορεί να ανατεθεί από το ΦΔ σε συνεργείο μέσω διαγωνισμού παροχής υπηρεσιών.

Περιοχή οικολογικού πάρκου δυτικής πεδινής υδρονομίας Η δημιουργία του Οικολογικού Πάρκου στην περιοχή Κατοκιάς έχει ενταχθεί στο χωροταξικό και περιβαλλοντικό σχεδιασμό του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων, μέσω της μελέτης του Ρυθμιστικού Σχεδίου Ιωαννίνων, και έχει προταθεί να ενταχθεί στην Ζώνη Α.4 (υποζώνη Α.4.2) του υπό θεσμοθέτηση Περιφερειακού Πάρκου Λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων), με το σχέδιο Π.Δ.- *“Χαρακτηρισμός της υδάτινης χερσαίας, και ευρύτερης περιοχής της λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων), ν. Ιωαννίνων, ως Περιφερειακό Πάρκο, και καθορισμός χρήσεων γης όρων και εριορισμών δόμησης”*.

Σκοπός της δημιουργίας του Πάρκου είναι η διαμόρφωση υγροτοπικών συνθηκών, οι οποίες θα παράσχουν τις προϋποθέσεις εγκατάστασης υδρόβιας και παρυδάτιας βλάστησης, και ταυτόχρονα η δημιουργία και διατήρηση κατάλληλων ενδιαιτημάτων για την υγροτοπική πανίδα της ευρύτερης περιοχής.

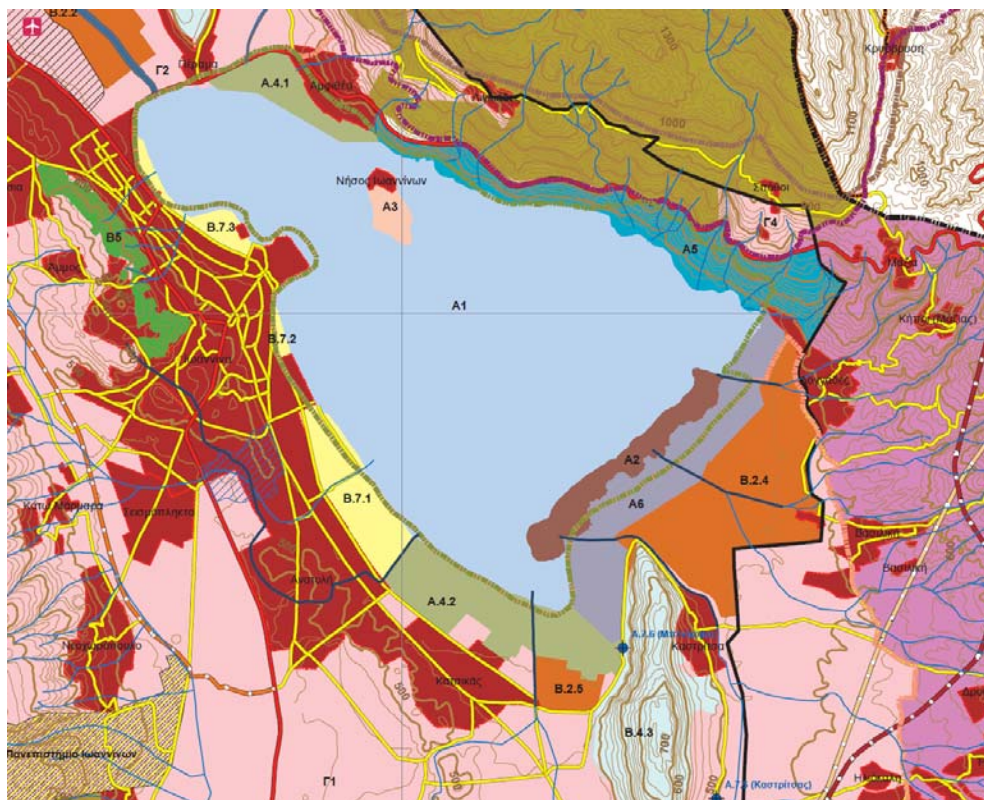
Η διαχείριση των ενδιαιτημάτων της περιοχής στοχεύει στην δημιουργία ενός ημι-φυσικού υγρότοπου - καταφυγίου για μεγάλη ποικιλία πουλιών.

Βασικό ζητούμενο είναι η διασφάλιση της μέγιστης δυνατής περιβαλλοντικής ετερογένειας στο χώρο, με συνδυασμό χερσαίων φυσικών και ανθρωπογενών βιοτόπων με υγροτοπικούς, για μεγιστοποίηση της αξίας του Πάρκου για τη βιοποικιλότητα.

Το Πάρκο βρίσκεται δίπλα στη ΖΕΠ και ΤΚΣ της λίμνης Παμβώτιδας, η οποία είναι σημαντική για τη μετανάστευση Κιρκινεζιών και για διαχειμάζοντες Κορμοράνους.

Η λίμνη Παμβώτιδα υποστηρίζει επίσης τη Βαλτόπαπια και τη Λαγγόνα, καθώς και ένα ευρύ φάσμα ειδών χαρακτηριστικών των υγροτόπων αλλά και των αγροτικών εκτάσεων της Ελλάδας. Επίσης η περιοχή φιλοξενεί το ασπόνδυλο ενδημικό ορθόπτερο *Corthippus lacustris*, βιότοπος του οποίου είναι τα υγρά λιβάδια της Παμβώτιδας.

Το Πάρκο θα είναι επισκέψιμο από τους πολίτες, όπου θα μπορούν, μέσω των σχετικών υποδομών παρατήρησης (παρατηρητήρια, κρυψώνες) να παρατηρούν και μελετούν τα πτηνά αλλά και να εκτιμούν το ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον που δημιουργείται.



Χάρτης του Σχεδίου Προεδρικού Διατάγματος της Π.Δ. Παμβώτιδας

Το Πάρκο θα διαμορφωθεί σε μία έκταση 1300 περίπου στρεμμάτων, που βρίσκεται νοτιοδυτικά της Παμβώτιδας, και συνορεύει, βόρεια με το αγρόκτημα του ΕΘΙΑΓΕ, δυτικά με την οδό Κατοικά - Ανατολής, νότια με αγροτικό δρόμο και ανατολικά με τη λίμνη.

Σήμερα, η έκταση αυτή ανήκει, κατά το ήμισυ περίπου, στον Δήμο Παμβώτιδας και έχει χρήση βοσκότοπου, και η υπόλοιπη είναι ιδιοκτησία του ΕΘΙΑΓΕ, και αποτελεί αγρόκτημα της Γεωργικής Σχολής.

Εντός των ορίων της έκτασης υπάρχουν ελάχιστες κατασκευές, ως επί το πλείστον υδατοδεξαμενές και ένα ικανό αρδευτικό δίκτυο, που απλώνεται σε ολόκληρη την ενδιαφερόμενη περιοχή.

Μελετώντας την σημερινή χωροδιάταξη των βιοτόπων της περιοχής, ο σχεδιασμός του πάρκου πραγματοποιήθηκε με γνώμονα:

- την διατήρηση και ενίσχυση των υφιστάμενων ενδιαιτημάτων, δηλαδή των καλαμώνων, των συστοιχιών δένδρων και των φυτοφρακτών.
- την δημιουργία περεταίρω ενδιαιτημάτων προς ενίσχυση της βιοποικιλότητας, όπως εσωτερικές λίμνες και καλαμώνες με δομική και χωρική ετερογένεια.
- την ελαχιστοποίηση των παρεμβάσεων όσον αφορά την υδρολογία, τις χωματοουργικές εργασίες και τις φυτεύσεις.
- την αξιοποίηση του υφιστάμενου αναγλύφου, των υποδομών μεταφοράς και ελέγχου νερού (κανάλια, υδατοφράκτες, οχετοί) αλλά και δρόμων, μονοπατιών κλπ.
- την διαχείριση υγρών αποβλήτων που προκύπτουν από οικιακή, αγροτική και βιομηχανική χρήση νερού και έως σήμερα καταλήγουν στην λίμνη.
- την ομαλή συνύπαρξη του πάρκου και του ανθρώπινου στοιχείου που το περιβάλλει.

Βασικός πυρήνας του Πάρκου αποτελεί το σύμπλεγμα τεχνητών υγρότοπων και περιορισμένης έκτασης υγρών λιβαδιών. Οι διαμορφώσεις αυτές συμπληρώνονται από υδατοσυλλέκτες, κανάλια, και τεχνητές νησίδες, ενώ πλαισιώνονται από χορτολιβαδικές εκτάσεις και αγρούς.

Το Πάρκο θα εξυπηρετείται από δρόμους επικοινωνίας μεταξύ βασικών σημείων του, όπως οι υγρότοποι, και από μονοπάτια που θα χρησιμεύουν κυρίως για την περιήγηση των επισκεπτών εντός του Πάρκου.

Διάσπαρτα στο πάρκο θα κατασκευαστούν παρατηρητήρια, και θα διαμορφωθούν ανοιχτοί χώροι στάσης-ανάπαυσης των επισκεπτών με τις απαραίτητες υποδομές.

Ιδιαίτερο πρόβλημα παρουσιάζεται με την **υπερανάπτυξη των καλαμιών** σε συγκεκριμένες ζώνες της λίμνης, τα οποία αφού στη συνέχεια νεκρωθούν και αποσυντεθούν, οδηγούν σε φαινόμενα ευτροφισμού. Για την αποτροπή της κατάστασης αυτής, προτείνεται η διαχείριση των καλαμιώνων, μέσω του ελέγχου εξάπλωσής τους. Η διατήρηση των καλαμιώνων σε «υγιή» κατάσταση, επιφέρει πολλαπλά οφέλη, που συνοψίζονται ως εξής:

- Τη μείωση του προβλήματος ευτροφισμού της λίμνης, μέσω της απόληψης μέρους της νεκρής οργανικής ύλης που αποτίθεται στο υπόστρωμα των καλαμιώνων
- Τον έλεγχο της εξάπλωσης της μονοκαλλιέργειας του καλαμιού σε συγκεκριμένα σημεία της λίμνης
- Την αύξηση της βιολογικής ποικιλότητας στους παρόχθιους οικοτόπους της λίμνης
- Την αναβάθμιση της ζωτικότητας επιλεγμένων συστάδων καλαμιώνων οι οποίες σήμερα είναι υποβαθμισμένες
- Την αύξηση της έκτασης και της βιοποικιλότητας των παρόχθιων οικοτόπων των υγρών λιβαδιών
- Τη διατήρηση ή αύξηση της ποικιλότητας του τοπίου στη λίμνη
- Τη διατήρηση ή βελτίωση των συνθηκών ωοτοκίας και διαβίωσης των ιχθυοπληθυσμών της λίμνης
- Τη βελτίωση των ενδιατημάτων τροφοληψίας, αναπαραγωγής και ανάπαυσης της ορνιθοπανίδας της λίμνης
- Τη βελτιστοποίηση των συνθηκών επισκεψιμότητας της λίμνης και των δυνατοτήτων ήπιας αναψυχής και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε ισορροπία με το φυσικό περιβάλλον της περιοχής
- Την εξασφάλιση της βιωσιμότητας του προγράμματος διαχείρισης, μέσω της μερικής αυτοχρηματοδότησης του με την αξιοποίηση μέρους της υπολειπόμενης βιομάζας των καλαμιώνων

Για τη διαχείριση των καλαμιώνων θα πρέπει περαιτέρω να εκπονηθεί μελέτη με τίτλο «Καθορισμός και περιγραφή των απαιτούμενων παρεμβάσεων για τη βέλτιστη διαχείριση του καλαμιώνα της λίμνης Παμβώτιδας». Η μελέτη θα προσδιορίζει και τη διαχείριση των καλαμιώνων των υγροβιότοπων και των αλγών από τον καθαρισμό των λιμνών σταθεροποίησης, Αναθέτουσα Αρχή, δε, θα είναι ο Φορέας Διαχείρισης της λίμνης.

Μετρά αδρανοποίησης πυθμενικού ιζήματος Σημειώνεται ότι η συγκεκριμένη δέσμη αυτή θα πραγματοποιηθεί σε 2 φάσεις: η πρώτη θα είναι σε πλοτικό στάδιο και θα συνοδεύεται από έκθεση αποτελεσμάτων-μετρήσεων, ενώ η δεύτερη θα σχεδιαστεί σε μεγάλη κλίμακα και θα εξειδικευτεί με βάση την ανωτέρω έκθεση.

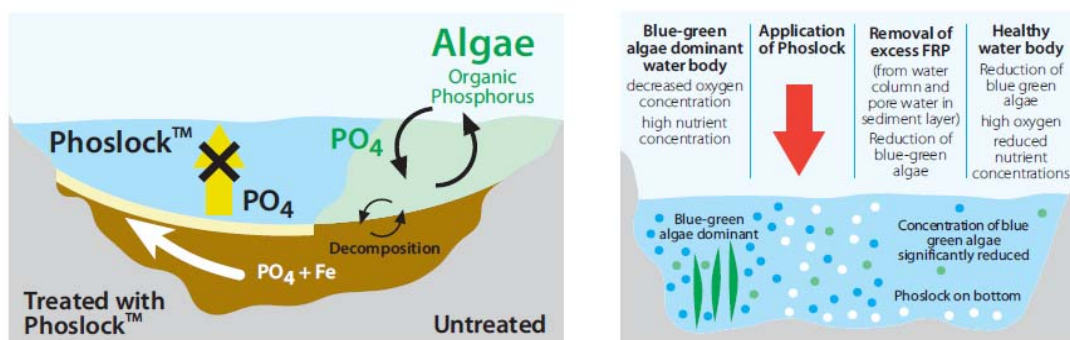
Ο βασικός σκοπός του προτεινόμενου μέτρου είναι η αδρανοποίηση του φωσφόρου στα ιζήματα της λίμνης, έτσι ώστε να επιβραδυνθεί η απελευθέρωση ελεύθερου φωσφόρου στην υδατική στήλη.

Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή κροκιδωτικών χημικών, οι οποίες καθιζάνουν στο νερό συγκρατώντας και μετατρέποντας το φώσφορο σε μορφή ακατάλληλη για φυτοπλαγκτόν. Ακόμα, σχηματίζεται ένα κάλυμμα στα ιζήματα του πυθμένα το οποίο επίσης εμποδίζει την απελευθέρωση P στο υδατικό σώμα.

Ειδικότερα, ο φώσφορος και το άζωτο αποτελούν τα κύρια φυτικά θρεπτικά συστατικά για υγιή ανάπτυξη, ωστόσο η οικολογική ισορροπία των γλυκών υδάτων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε μεγαλύτερες ποσότητες φώσφορου, καθώς προκαλείται υπερβολική ανάπτυξη της άλγης. Στο νερό, ο φώσφορος εμφανίζεται στη διαλυτή φωσφορική (PO_4^{3-}) μορφή, η οποία είναι διαθέσιμη για πρόσληψη από τα φυτά και τις άλγες, συμπεριλαμβανομένης της μπλε-πράσινης άλγης, και ενσωματώνεται στο φυτικό ιστό. Όταν τα φυτά πεθαίνουν και αποσυντίθενται, τα φωσφορικά ιόντα απελευθερώνονται και ο κύκλος ξεκινά ξανά. Ο φώσφορος απαντάται επίσης σε σωματιδιακή μορφή στον πυθμένα των υδάτινων σωμάτων, ως σταθερές ή λιγότερο σταθερές ενώσεις. Για παράδειγμα, οι ενώσεις του σιδήρου, οι οποίες είναι κοινές στα εδάφη και ιζήματα, μπορούν να απελευθερώσουν μεγάλες ποσότητες φωσφορικών υπό συνθήκες χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου (ανοξικές συνθήκες), σε μεγάλα βάθη. Έτσι, σε υπερτροφικά υδάτινα σώματα που περιέχουν μεγάλα αποθέματα P στο ιζημα, είναι πιθανό η απελευθέρωση P να συνεχίζεται για πολλά χρόνια.

Υπάρχουν διαθέσιμα ένα ευρύ φάσμα αργιλικών υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κροκιδωτικά, όπως είναι οι ζεόλιθοι, ο τροποποιημένος άργιλος και ο καολίνης. Από αυτές, προτάθηκε να χρησιμοποιηθεί ο ειδικά τροποποιημένος άργιλος Phoslock™ που έχει αναφερθεί ότι δεσμεύει επιτυχώς το φώσφορο. Πρόκειται για υλικό που παράγεται από τροποποιημένο αργιλικό μπεντονίτη με λανθάνιο και έχει βρει ευρεία εφαρμογή σε περισσότερα από 100 μεγάλα υδάτινα σώματα με ευεργετικά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση του ευτροφισμού.

Με την εφαρμογή του Phoslock και κατά την καταβύθιση του εντός της στήλης νερού, απομακρύνεται αρχικά έως και 95% του ΔΦ με προσρόφηση στην επιφάνεια, σχηματίζοντας ένα αδιάλυτο αργιλικό σύμπλοκο. Ακολούθως, το Phoslock εγκαθίσταται στη διεπιφάνεια πυθμένα - νερού σχηματίζοντας ένα στρώμα 1-3 mm. Αυτό το στρώμα είναι ικανό να προσροφήσει το φώσφορο από το στρώμα ιζήματος στους πόρους του υλικού (Σχήμα 13).



Στην παρούσα μελέτη προτείνεται να γίνει η πιλοτική εφαρμογή του Phoslock στην περιοχή που παρουσιάζεται στο αντίστοιχο σχέδιο, σε βάθη μεταξύ -6 - -7,5μ, όπου είναι πιθανότερη η δημιουργία ανοξικών συνθηκών. Η συγκεκριμένη έκταση ανέρχεται σε 50 εκτάρια, ενώ το πρόγραμμα θα διαρκέσει 6 μήνες. Το συγκεκριμένο βάθος επιλέχθηκε διότι λόγω των ανοξικών συνθηκών εννοείται η διαλυτοποίηση του σωματιδιακού P από το ιζημα στη στήλη νερού. Ο διαλυτός P ακολούθως μεταφέρεται σε όλη τη μάζα της λίμνης και διατίθεται για πρόσληψη από τις άλγες. Για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, η περιοχή εφαρμογής θα απομονωθεί με

πετάσματα από υλικό πολυαιθυλένιο σε βάθος 7μ, έτσι ώστε να μην είναι δυνατή η μεταφορά των φωσφορικών εντός αυτής.

Τα δεδομένα ποιότητας της λίμνης είναι απαραίτητα για τον ακριβή σχεδιασμό κάποιων δράσεων, αλλά και για την αποτίμηση της απόδοσης αυτών. Συγκεκριμένα, ο προσδιορισμός της ακριβούς δοσολογίας χημικών, η έναρξη της πιλοτικής δράσης καθώς και η εξειδίκευση της επόμενης δράσης (§ 5.2) και, προϋποθέτει την εκτέλεση μιας σειράς δειγματοληψιών και χημικών αναλύσεων στο ιζήμα του πυθμένα. Ο περιεχόμενος P στο ιζήμα μπορεί να βρίσκεται είτε σε σταθερές (π.χ. ως Ca-απατίτης) είτε σε ασταθείς χημικές ενώσεις (ενώσεις Fe και Mn). Στη δεύτερη περίπτωση, ο φώσφορος μπορεί να επιστρέψει στην υδάτινη στήλη σε ανοξικές συνθήκες ή σε υψηλό pH. Για τον λόγο αυτό είναι σκόπιμος ο καθορισμός των μορφών του P στο ιζήμα, οι οποίες είναι εύκολα επαναδιαλυτοποιήσιμες στην υδατική στήλη και αυξάνουν το φορτίο στη λίμνη υπό τις ανωτέρω συνθήκες.

Κλασματοποίηση Psenner et al.

Ακολουθία του συστήματος εκχύλισης φωσφόρου

Είδος εκχύλισης	Χρόνος	Αναλυόμενος P	Αναμενόμενα είδη P
1 M NH ₄ Cl απο-ξυγονωμένο	0.5 h	TP	P στο πορώδες, χαλαρά προσροφημένος P σε επιφάνειες
0,11 M BD όξινο ανθρακικό/ διθειονώδες	1 h	TP	P ευαίσθητος στην οξειδοαναγωγή δεσμευμένος κυρίως σε οξειδωμένες ενώσεις Fe και Mn
1M NaOH/27 mM EDTA	16 h	DP NRP	P ανταλλάξιμος με ιόντα OH ⁻ και ανόργανες ενώσεις P διαλυτές σε βάσεις P σε μικροοργανισμούς, πολυ-P, οργανικά P, P σε χουμικές ενώσεις
0,5 M HCl	16 ώρες	TP	Άλατα φωσφορικού ασβεστίου, οργανικό P διαλυτό σε οξύ
Ολική πέψη με H ₂ SO ₄ /H ₂ O ₂		TP	Ανθεκτικός οργανικός P και μη εκχυλίσιμα άλατα P Υπολειμματικός P

NRP: μη αντιδρών φώσφορος, DP: διαλυτός φώσφορος, TP: ολικός φώσφορος.

Εναλλακτικά, υπάρχει η δυνατότητα της μερικής κλασματοποίησης Psenner, η οποία περιλαμβάνει μόνο 3 εκχυλίσεις και προσδιορίζει τον ολικό και τον χαλαρά δεσμευμένο φώσφορο, ο οποίος μπορεί να καταστεί διαλυτός και διαθέσιμος για την ανάπτυξη των βακτηριδίων και των αλγών.

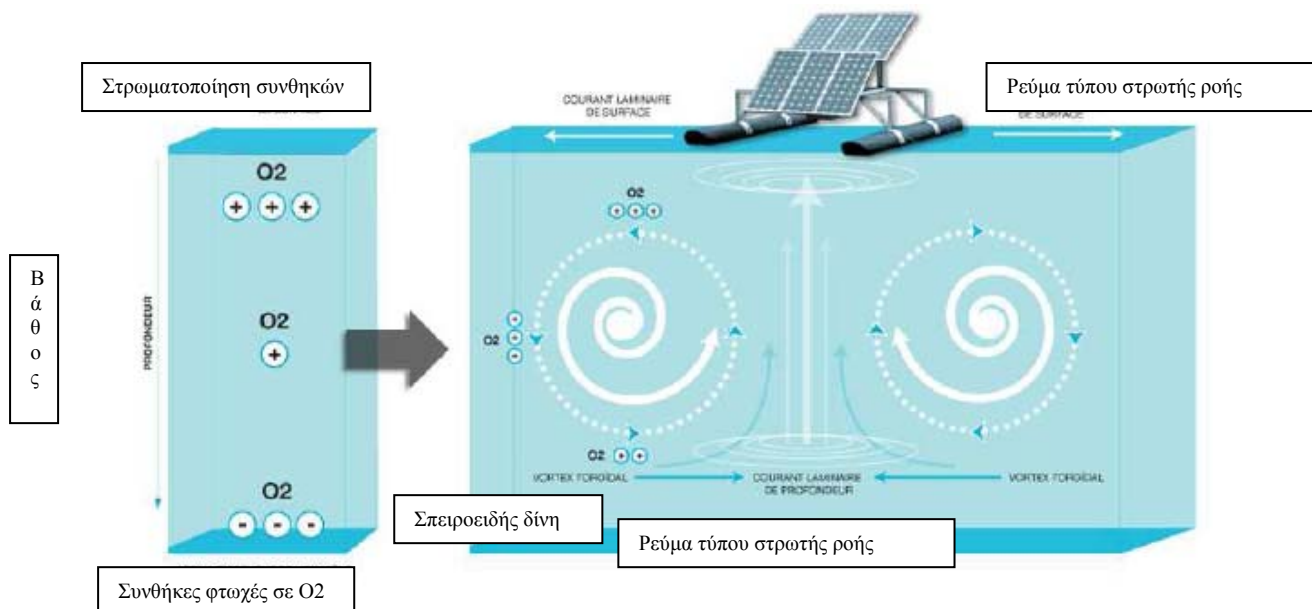
Τονίζεται ότι μετά την επιτυχή ολοκλήρωση της πιλοτικής εφαρμογής, απαραίτητη προϋπόθεση για την έναρξη της εφαρμογής μεγάλης κλίμακας είναι α) το φορτίο εξωτερικού φωσφόρου που εισέρχεται στη λίμνη από τις επιφανειακές απορροές να έχει μειωθεί στο μισό και β) να έχει σταματήσει ο εμπλουτισμός της λίμνης με κυπρίνους (*Cyprinus carpio*), προκειμένου να σταματήσει η αναμόχλευση του ιζήματος του πυθμένα και άρα η επαναδιαλυτοποίηση του φωσφόρου.

Υπολιμνια οξυγόνωση με ανακυκλοφορία νερού Ο βασικός σκοπός του προτεινόμενου μέτρου είναι η διατήρηση σε υψηλά επίπεδα της συγκέντρωσης του οξυγόνου στον πυθμένα της λίμνης, έτσι ώστε ο σίδηρος να παραμένει στην οξειδωμένη μορφή και να μειώνεται η απελευθέρωση φωσφόρου από τα ιζήματα στο νερό. Μέσω των οξικών συνθηκών υποστηρίζεται επίσης η

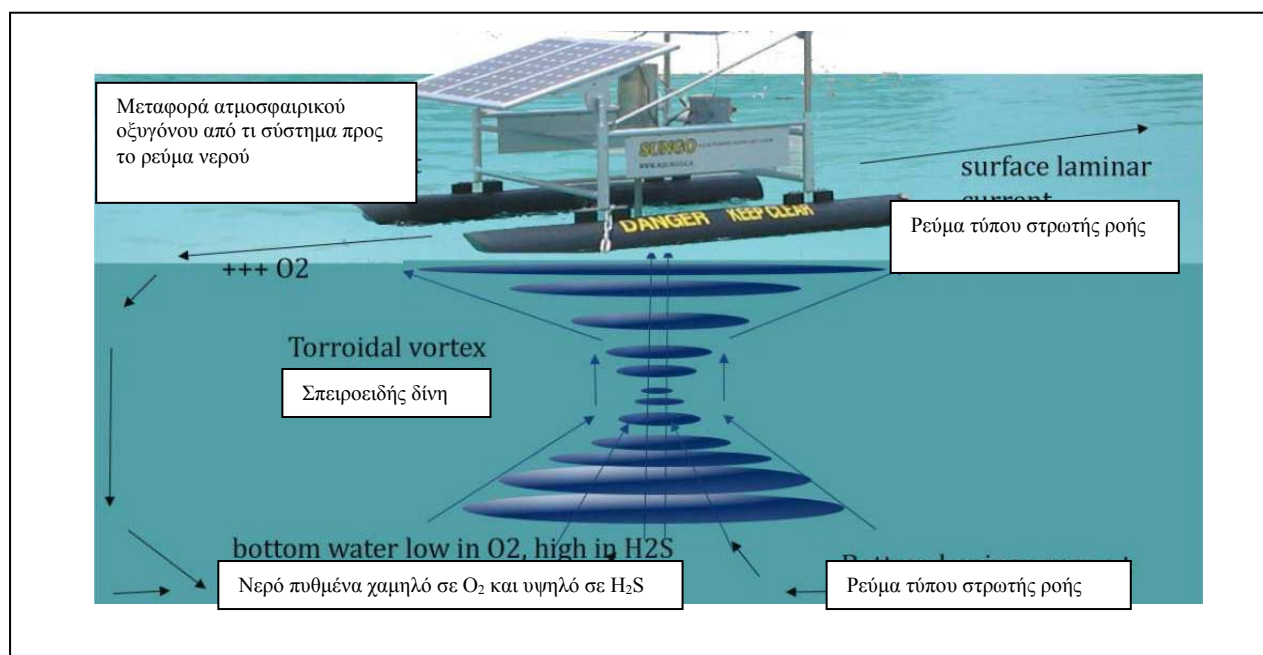
γρήγορη αποδόμηση των οργανικών ιζημάτων μέσω των αερόβιων βακτηρίων. Σημειώνεται ότι πλήρης μίξη των υδάτων της Παμβώτιδας, με πλούσιες συγκεντρώσεις O₂ σε όλο το βάθος, παρατηρείται μόνον το μήνα Αύγουστο.

Αντίθετα, λαμβάνοντας υπόψιν και το μέσο-μέγιστο βάθος της λίμνης, αποτελεσματικότερος τρόπος είναι μέσω της ανακυκλοφορίας υδάτινων όγκων από το βυθό προς την επιφάνεια της λίμνης. Οι φτωχές σε οξυγόνο υδάτινες μάζες του πυθμένα έρχονται σε επαφή με τη πιο πλούσια σε οξυγόνο επιφάνεια. Ακολούθως τα υγρά κινούνται προς μεγαλύτερα βάθη, όπου πλέον περισσότερο οξυγόνο είναι διαθέσιμο για τις βιολογικές δράσεις. Μέσω αυτής της διαδικασίας τελικά, το ατμοσφαιρικό και ιδιαίτερα το φωτοσυνθετικό οξυγόνο κατανέμεται πιο ομοιόμορφα μέσα στην υδατική στήλη (σχήμα 16). Η ανακυκλοφορία αυτή γίνεται με ήπιο τρόπο μέσω αναμικτών-κυκλοφορητών νερού, οι οποίοι δεν προκαλούν απο-στρωματοποίηση της λίμνης και επανακατανέμουν τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες και το O₂ σε μεγαλύτερα βάθη και σε ανώτερα είδη πανίδας πλην της μπλε-πράσινης άλγης.

Αρχή λειτουργίας κυκλοφορητών νερού



Σπειροειδής κίνηση νερού με τη βοήθεια κυκλοφορητών στην επιφάνεια της λίμνης



Για την περίπτωση της λίμνης Παμβώτιδας προτείνεται από την παρούσα μελέτη η εγκατάσταση αναμικτών που θα καλύπτουν μια ζώνη έκτασης 3 εκταρίων ha, με την προοπτική εγκατάστασης μελλοντικά σε περισσότερες ζώνες. Ειδικότερα, θα τοποθετηθούν 5 μονάδες πλωτών κυκλοφορητών στην περιοχή πλησίον της τάφρου Λαγκάτσας. Η συγκεκριμένη περιοχή επιλέχθηκε διότι σε αυτή μεταφέρεται μεγάλο εξωτερικό φορτίο θρεπτικών, έχει δε επαρκές βάθος, ενώ βρίσκεται κοντά σε υφιστάμενο σταθμό δειγματοληψίας. Οι μονάδες θα αγκυρωθούν με τοιμεντόλιθους και ανοξειδωτες αλυσίδες και θα απέχουν 80μ μεταξύ τους (Σχήμα 18). Οι μονάδες είναι ενεργειακά αυτόνομες με κίνηση της φτερωτής από ηλιακούς συλλέκτες και κατά τη διάρκεια της ημέρας μόνον, όπου η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι μεγαλύτερη. Τη διάρκεια της νύχτας δεν θα γίνεται κυκλοφορία νερού. Σύμφωνα με τις υποδείξεις του προμηθευτή, μετά το πρώτο έτος η απόσταση μεταξύ των κυκλοφορητών μπορεί να αυξηθεί σε 150 μ και η επιφάνεια επιρροής να αυξηθεί σε 10 εκτάρια.

Παρακολούθηση ποιότητας υδάτων λίμνης και πιλοτικών δράσεων Με σκοπό τη συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων της λίμνης αλλά και την αξιολόγηση της απόδοσης των πιλοτικών δράσεων 5.2 και 5.3 θα πρέπει να ανατεθεί σε ειδικό Φορέα, π.χ. γραφείο περιβαλλοντικών μελετών ή Πανεπιστήμιο ή εξειδικευμένο εργαστήριο, η περιβαλλοντική παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης, με μηνιαίες μετρήσεις παραμέτρων όπως διαλυμένο οξυγόνο, pH, COD/BOD, φώσφορος, θολότητα και βιολογικοί δείκτες, καθώς και η σύνταξη τεχνικής έκθεσης αποτελεσμάτων. Αναθέτουσα Αρχή θα είναι η Περιφέρεια Ηπείρου.

Ειδικότερα, σε ότι αφορά τις διαχρονικές μετρήσεις περιβαλλοντικών παραμέτρων και την οικολογική κατάσταση της λίμνης Παμβώτιδας, υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία από διάφορους Φορείς. Αρχικά αναφέρονται οι μετρήσεις από Πανεπιστημιακά Ιδρύματα οι οποίες έγιναν στα πλαίσια κάποιας μεταπτυχιακής ή ερευνητικής διατριβής είτε κάποιου προγράμματος. Οι μετρήσεις αυτές δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως συστηματικές ή μακροχρόνιες. Ακολούθως, στη μελέτη των Romero και J. Imberger παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές μετρήσεις για μια μεγάλη χρονοσειρά, οι οποίες θεωρούνται ολοκληρωμένες. Περισσότερες λεπτομέρειες παρατίθενται στο προηγούμενο παραδοτέο 3. Διάφορες δειγματοληψίες έχει πραγματοποιήσει και ο Φορέας Διαχείρισης για τις ακόλουθες παραμέτρους: θολότητα, χλωροφύλλη, ολικός φώσφορος

(TP), ολικό άζωτο (TN), θερμοκρασία, διαλυμένο οξυγόνο, pH, δυναμικό οξειδοαναγωγής (ORP) και αγωγιμότητα. Οι δειγματοληψίες έλαβαν χώρα σε τέσσερα σημεία-σταθμούς (S1, S2, S3 και S4), εντός της λίμνης. Οι μετρήσεις ωστόσο αξιολογήθηκαν ως μη αξιόπιστες λόγω σφάλματος στα όργανα ή εσφαλμένης βαθμονόμησης. Τέλος, υπάρχουν και οι δειγματοληψίες που έγιναν στα πλαίσια της Οδηγίας - Πλαίσιο 2000/60 από την Ειδική Γραμματεία και το Γενικό Χημείο του Κράτους, οι οποίες και αυτές είναι ολοκληρωμένες.

Στο παρόν σχέδιο προτείνεται η διατήρηση των ίδιων σημείων δειγματοληψίας S1 - S4, συχνότητας και φυσικοχημικών παραμέτρων, καθώς προσφέρουν μια πλήρη εικόνα ποιότητας, διακύμανσης και διαχρονικής εξέλιξης. Η χρονική διάρκεια της υπηρεσίας θα ανέρχεται σε 12 μήνες. Πρόκειται για $4 \times 12 = 48$ σετ μετρήσεων με προεκτιμώμενη αμοιβή 160€/ σετ, η οποία περιλαμβάνει και την εργασία δειγματοληψίας. Ταυτόχρονα, θα λαμβάνονται με ειδικό δειγματολήπτη 4 + 1 δείγματα ιζήματος πυθμένα (από κάθε σταθμό και από την περιοχή του πιλοτικού αντίστοιχα) με σκοπό τη μέτρηση φωσφόρου (κλασματοποίηση Psenner), σύμφωνα με τα ανωτέρω. Κάθε ανάλυση κοστίζει 310 €.

Τέλος, κρίνεται σκόπιμη η παρακολούθηση φυσικοχημικών παραμέτρων και στα εισερχόμενα όμβρια που μεταφέρονται από τις τάφρους (λαγκάτσες). Προτείνεται η μέτρηση των παραμέτρων BOD5, COD, TKN, TP, διαλυτό οξυγόνο και αιωρούμενων στερεών (SS), στην είσοδο των λιμνών σταθεροποίησης και στην έξοδο των υδροβιότοπων. Πρόκειται για $2 \times 5 \times 12 = 120$ σετ μετρήσεων με προεκτιμώμενη αμοιβή 170 €/ σετ, η οποία περιλαμβάνει και την εργασία δειγματοληψίας.

Επικαιροποίηση & εφαρμογή αγροπεριβαλλοντικού προγράμματος Όπως έχει ήδη αναφερθεί, από το 2006 έχει εκπονηθεί μελέτη Διαχειριστικού Σχεδίου από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων με γενικό στόχο του Αγροπεριβαλλοντικού Προγράμματος να είναι ο επαναπροσδιορισμός του παραγωγικού συστήματος εις τρόπον ώστε να ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις για παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών ανταγωνιστικών ως προς το κόστος, την ποιότητα και τους όρους υγιεινής, που προσδιορίζουν αύξηση των εισοδημάτων με ταυτόχρονη προστασία των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος.

Με το προτεινόμενο Σχέδιο Διαχείρισης επιχειρήθηκε η σύζευξη των φαινομενικά αντιτιθέμενων τάσεων της προστασίας και διατήρησης των περιβαλλοντικά πολύτιμων φυσικών στοιχείων και της απαίτησης για κοινωνική, οικονομική και πολιτιστική πρόοδο στην περιοχή μελέτης.

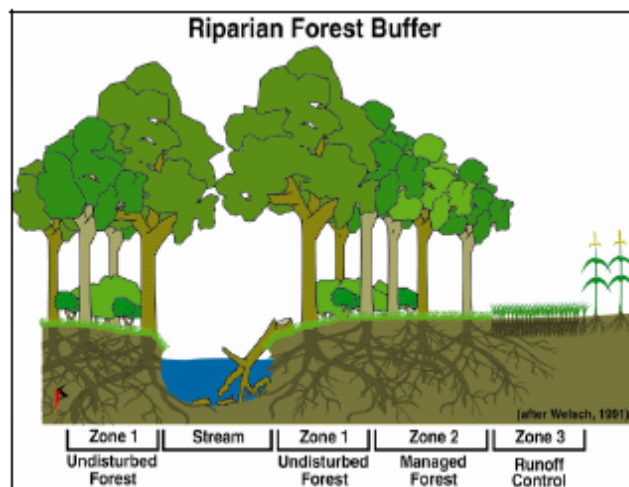
Είναι ιδιαίτερη ανάγκη να επικαιροποιηθεί και να επανυποβληθεί ολοκληρωμένο το Πρόγραμμα Διαχείρισης για την αειφορική ανάπτυξη & προστασία του περιβάλλοντος των γεωργικών και κτηνοτροφικών ζωνών της ευρύτερης περιοχής με στόχο την έγκριση, στα πλαίσια χρηματοδότησης της προγραμματικής περιόδου 2014-2020, ειδικού αγροπεριβαλλοντικού μέτρου για την ευρύτερη περιοχή μελέτης.

Ιδιαίτερη αξία θα έχει η συμπερίληψη στα πλαίσια του Ειδικού Στόχου 3: Διαχείριση Φυσικών Πόρων η κατάρτιση μέτρου για τη διατήρηση και περαιτέρω ανάπτυξη παρόχθιας βλάστησης σε αγροτικές εκτάσεις περίξ της λίμνης και των υδάτινων αποδεκτών που καταλήγουν σε αυτή. Σε αυτό το μέτρο θα μπορεί να χρηματοδοτηθεί και η Διατήρηση-αποκατάσταση υδροβιοτόπων ή και η κατασκευή τεχνικών.

Τόσο στους υδροβιοτόπους, όσο και στην παρόχθια βλάστηση οι απορροές αγροτικής γης θα υπόκεινται σε φυσική βιολογική επεξεργασία και θα μειώνονται τα φορτία τους, πριν καταλήξουν στη λίμνη. Η επιτυγχανόμενη απομάκρυνση TP, TN και στερεών με την ταυτόχρονη επεξεργασία των απορροών σε υδροβιοτόπους και στην παρόχθια βλάστηση ξεπερνά το 65%.

Ένα τέτοιο μέτρο οριοθέτησης & απομόνωσης των υδάτινων αποδεκτών, με χρήση παρόχθιων ζωνών βλάστησης (Riparian Grass Buffers), από τις καλλιέργειες & τα βοσκοτόπια θα αποφέρει 40% μείωση των TP, 32% μείωση των TN και πάνω από 50% μείωση των στερεών (φερτά υλικά).

Δημιουργία παρόχθιας ζώνης Βλάστησης για επεξεργασία απορροών Λεκάνης απορροής



Επίσης πολύ σημαντική είναι η χρηματοδότηση του προτεινόμενου από τη Διαχειριστική μελέτη του Μέτρου 3.2: Διαχείριση του είδους *Carassius sp.* Αναφορικά με την πεταλούδα οι διαχειριστικές επιλογές που προτείνονται για το χρονικό διάστημα των δύο ετών είναι:

- Να πραγματοποιούνται εξαλιεύσεις για ένα μήνα κατά την αναπαραγωγική περίοδο (Μάρτιο - Ιούνιο), προκειμένου να αφαιρείται ένα μέρος από τον πληθυσμό των γεννητόρων. Οι εξαλιεύσεις που θα λαμβάνουν μέρος θα πιστοποιούνται από την Εποπτεία Αλιείας.
- Τα άτομα του είδους που θα εξαλιεύονται να στέλνονται στις γειτονικές Βαλκανικές χώρες ή να αποστέλλονται σε χωματερές ή να χρησιμοποιούνται για ζωοτροφή μετά από επεξεργασία.
- Οι αλιείς (20 άτομα) να επιδοτούνται με 50€/ ημέρα για το μήνα που θα πραγματοποιούνται οι εξαλιεύσεις.
- Να συνεχιστούν οι πειραματικές δειγματοληψίες στην περιοχή της Λίμνης, που αποτελούν απαραίτητο στάδιο για την ουσιαστική εκπόνηση διαχειριστικών μελετών.

Οι ενέργειες που αναφέρονται στα πλαίσια του Μέτρου αυτού κρίνονται απολύτως απαραίτητες για την ορθολογική διαχείριση του είδους *Carassius sp.*, και συγχρόνως την παροχή κινήτρων συγκράτησης του αλιευτικού πληθυσμού στην περιοχή.

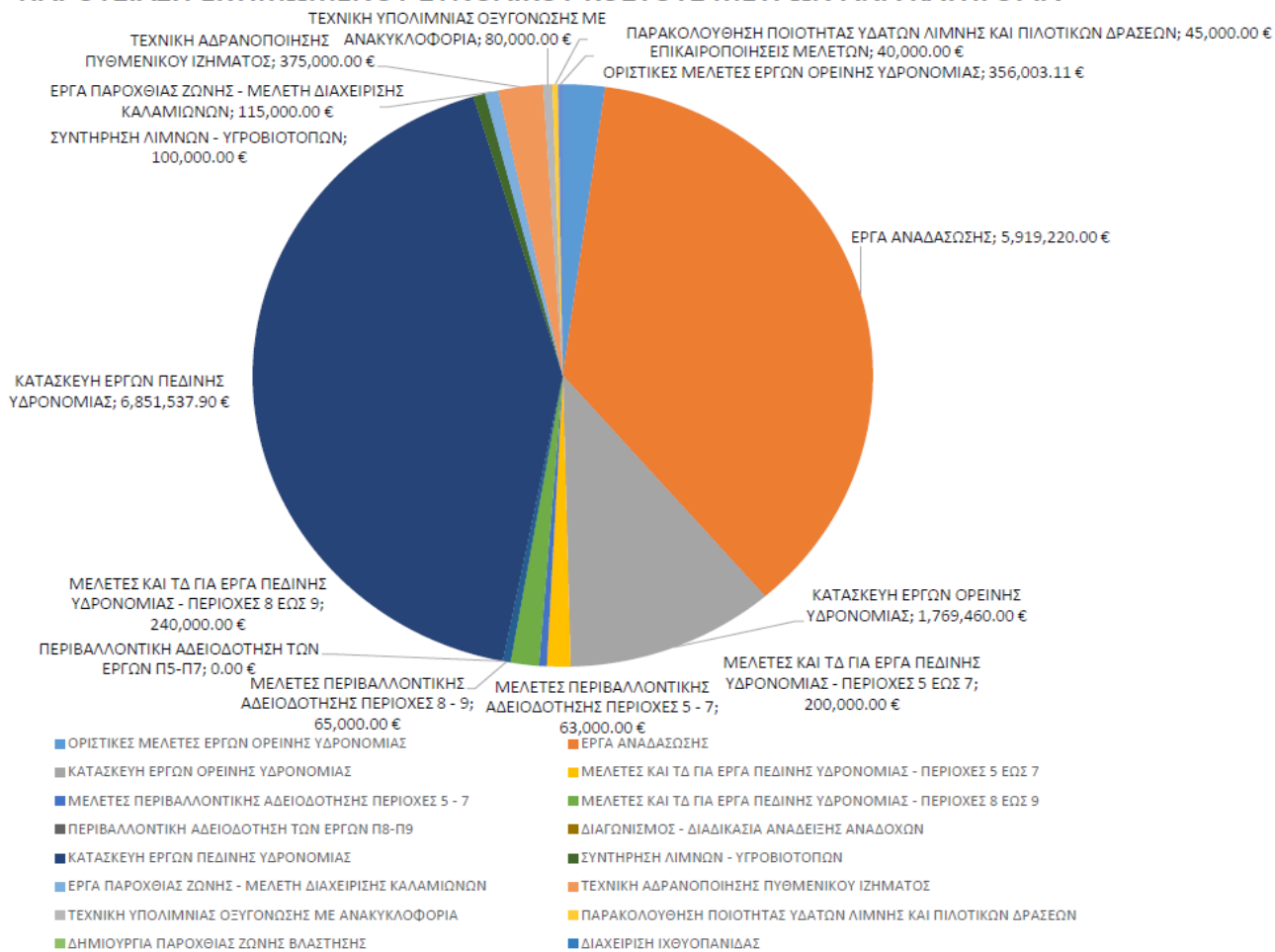
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΩΝ

ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ		
Α/Α	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΔΑΠΑΝΗ
1	ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	8.044.683,11
1.1	ΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΡΓΩΝ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	356.003,11
1.2	ΕΡΓΑ ΑΝΑΔΑΣΩΣΗΣ	5.919.200,00
1.3	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΡΓΩΝ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	1.769.460,00
2	ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	7.519.537,90
2.1	ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΤΔ ΓΙΑ ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 5 ΕΩΣ 7	200.000,00

2.2	ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 5 - 7	63.000,00
2.3	ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΤΔ ΓΙΑ ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 8- 9	240.000,00
2.4	ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 8-9	65.000,00
2.4	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΡΓΩΝ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	
2.4.1	ΕΣΩΠΟΤΑΜΙΟΙ ΑΝΑΒΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΛΟΙΠΑ ΕΡΓΑ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗΣ ΡΕΜΑΤΩΝ	405.000,00
2.4.2	ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ (ΛΙΜΝΕΣ) ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	370.788,21
2.4.3	ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ ΑΠΟΜΕΙΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	1.694.224,67
2.4.4	ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΜΕ ΛΙΜΝΕΣ ΚΑΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥΣ	3.883.525,02
2.4.5	ΑΠΑΛΛΟΤΡΙΩΣΕΙΣ	498.000,00
2.5	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΛΙΜΝΩΝ - ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ	100.000,00
3	ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ - ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΛΑΜΙΩΝΩΝ	115.000,00
4	ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΕΣΜΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	500.000,00
4.1	ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ	375.000,00
4.2	ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΠΟΛΙΜΝΙΑΣ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗΣ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ	80.000,00
4.3	ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ	45.000,00
5	ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΠΑΑ 2014-2020	40.000,00
5.1	ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΩΝ	40.000,00
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ	16.219.221,01

Στα παραπάνω ποσά δεν περιλαμβάνεται ΦΠΑ. Επιμέρους προϋπολογισμός του κόστους παρατίθεται αναλυτικά στα αντίστοιχα κεφάλαια.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ





Περιφέρεια Ηπείρου
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδας -
Ηπείρου 2007-2013



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

**ΦΟΡΕΑΣ: ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ**

ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ

ΠΑΚΕΤΟ 1

Αθήνα, 2015



ENVIROPLAN S.A.
Consultants & Engineers

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α

1 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	1
2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ-ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	6
3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	11
3.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ.....	11
3.2 ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΑ -ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΒΟΘΡΕΣ	14
3.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	17
4 Η ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ	28
5 ΤΑ ΕΔΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	32
5.1 ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	32
5.2 ΕΙΔΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	37
6 Ο ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ	39
6.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	39
6.2 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ	39
6.3 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	41
6.4 ΟΜΒΡΟΘΕΡΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	42
6.5 ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	42
6.6 ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	43
6.7 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ.....	45
6.8 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	47
7 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ	49
8 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΡΥΘΜΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	57

ΜΕΡΟΣ Β

1 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ-ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ-ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΑ & ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	67
2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	77
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	77
2.2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	78
3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	86
3.1 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΚΛ.ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	86
3.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ MIKE BASIN	90
3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΤΑΘΜΗΣ - ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΗΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	94

4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ & ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ	98
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	98
4.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΩΝ, ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	102
4.3 ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ Λ.ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ	108
5 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΗ ΣΤΗΛΗ ΥΔΑΤΟΣ	111
5.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	111
5.2 ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ	114
5.3 ΕΝΕΡΓΟΣ ΟΞΥΓΗΤΑ (ΡΗ)	118
5.4 ΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ	120
5.4.1 ΕΝΩΣΕΙΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ	120
5.4.2 ΕΝΩΣΕΙΣ ΑΖΩΤΟΥ	122
6 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	128
6.1 ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΝ	128
6.1.1 ΟΙ ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΝΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ-CHL-A	128
6.1.2 ΤΟ ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΑΠΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΨΕΩΣ	131
6.1.3 ΤΑ ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΑ	132
6.2 ΤΟ ΖΩΟΠΛΑΓΚΤΟΝ	134
6.3 Η ΒΕΝΘΙΚΗ ΠΑΝΙΔΑ	134
6.4 Η ΧΛΩΡΙΔΑ ΚΑΙ Η ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	135
6.5 Η ΙΧΘΥΟΠΑΝΙΔΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	137
7 ΣΥΝΟΨΗ	138

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ενδιάμεση Διαχειριστική Αρχή της Περιφέρειας Ηπείρου, ανέθεσε στην εταιρεία μελετών «ENVIROPLAN Μελετητική Σύμβουλοι Αναπτυξιακών και Τεχνικών Έργων Α.Ε.» την εκπόνηση της μελέτης με τίτλο: «**Μελέτη Αποκατάστασης Οικοσυστήματος Λίμνης Παμβώτιδας**», με την υπ. αρ. 3905 σύμβαση που υπεγράφη την 21 Αυγούστου 2013.

Αντικείμενο της μελέτης είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων ολιστικής αποκατάστασης του διαταραγμένου οικοσυστήματος της Λίμνης Παμβώτιδας. Με τον όρο *ολιστική αποκατάσταση* εννοείται η λήψη μέτρων τόσο για την βελτίωση των χαρακτηριστικών της λίμνης αυτής καθεαυτής, όσο και της λεκάνης απορροής της ώστε τα μέτρα αυτά να είναι αποτελεσματικά σε βάθος χρόνου.

Στην κατεύθυνση αυτή κρίνονται απαραίτητα τα ακόλουθα πακέτα εργασιών:

- Πακέτο 1:** Εκτίμηση δεδομένων τόσο για την Λίμνη Παμβώτιδας όσο και για την λεκάνη απορροής της.
- Πακέτο 2:** Τρισδιάστατη μοντελοποίηση για την ανάδειξη του καλύτερου συνδυασμού μέτρων αποκατάστασης.
- Πακέτο 3:** Σχεδιασμός μέτρων και παρεμβάσεων αποκατάστασης.
- Πακέτο 4:** Χρονοδιάγραμμα εφαρμογής και απόδοσης των μέτρων.
- Πακέτο 5:** Διερεύνηση πιθανών πηγών χρηματοδότησης των προτεινόμενων έργων – παρεμβάσεων.

Η παρούσα μελέτη αποτελεί τα παραδοτέα του **Πακέτου 1** στα οποία βάσει των συμβατικών υποχρεώσεων περιλαμβάνεται:

- 1.1. Η συλλογή των δεδομένων που αφορούν τόσο στη Λίμνη Παμβώτιδα όσο και για τη λεκάνη απορροής της.
- 1.2. Οπτικοποίηση των δεδομένων που αφορούν τόσο στη Λίμνη Παμβώτιδα όσο και για τη λεκάνη απορροής της, σε χάρτες.
- 1.3. Έκθεση Καταγραφής Δεδομένων και Συμπερασμάτων
- 1.4. Ημερολόγιο εργασιών που εκτελέστηκαν κατά τη χρονική διάρκεια του συγκεκριμένου πακέτου εργασιών, από το στέλεχος του Αναδόχου που συνεργάζεται σε μόνιμη βάση με την Περιφέρεια Ηπείρου.

Η Επιτροπή Επίβλεψης και Παραλαβής του έργου αποτελείται από τους:

1. Φώτιο Κολιό, Δασολόγο Περιβαλλοντολόγο Msc, ως Πρόεδρο
2. Αθηνά Ροντογιάννη, Δασολόγο Περιβαλλοντολόγο PhD
3. Μπαλτογιάννη Νίκο, Προϊστάμενο της μονάδας Β΄ της ΕΔΑ Ηπείρου

Αρμόδιος για θέματα μελέτης είναι ο κ. Λώλος Γιώργος Περιβαλλοντολόγος και Γεωπόνος,
MSc in Environmental Management

Διεύθυνση επικοινωνίας:

Περικλέους 23 & Ήρας

T.K. 15344, Γέρακας, Αθήνα

τηλ: 2106105127/8

fax: 2106105138

Τοπικός σύνδεσμος με Περιφέρεια Ηπείρου:

Μαρία – Χριστίνα Μαυρογιώργου

κιν: 6937377793

Η επιστημονική ομάδα εκπόνησης της παρούσας μελέτης, είναι η ακόλουθη:

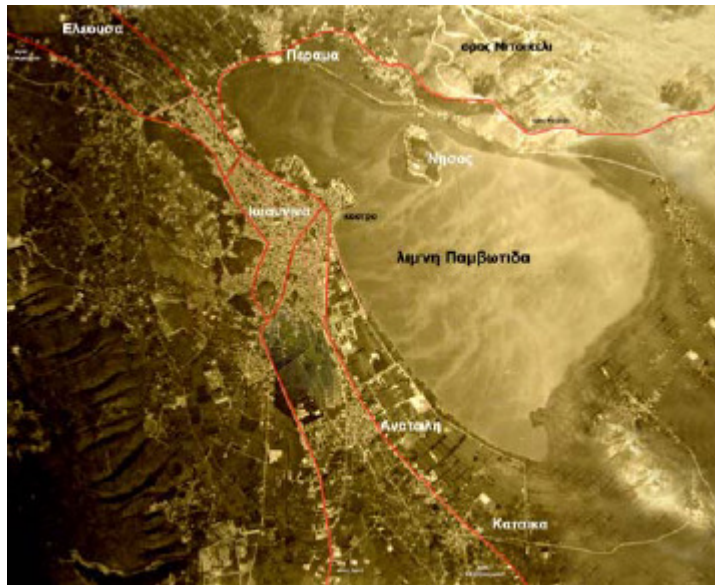
- ΛΩΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Περιβαλλοντολόγος και Γεωπόνος, MSc in Environmental Management
- ΤΣΟΜΠΑΝΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, Χημικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.
- ΠΑΣΧΑΛΗ-ΜΑΝΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑ, Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.
- ΛΩΛΟΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ, Χημικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.,
- ΜΑΥΡΟΓΙΩΡΓΟΥ ΜΑΡΙΑ – ΧΡΙΣΤΙΝΑ, Βιολόγος
- ΛΟΥΚΑ ΓΕΩΡΓΙΑ, Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.
- ΧΑΛΙΚΙΑ ΑΡΤΕΜΙΣ, Γεωλόγος
- ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΑ, Χημικός Μηχανικός, MSc στις Περιβαλλοντικές Επιστήμες
- ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΦΡΑΓΚΑΚΗΣ, Μηχανικός Περιβάλλοντος
- ΚΙΚΑΪΡΕ ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ, Περιβαλλοντολόγος
- ΒΛΑΧΑΝΤΩΝΗ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ, Γεωλόγος
- ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΓΙΑΝΝΗΣ, Γεωπόνος Γ.Π.Α.
- ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, Τοπογράφος Μηχανικός Τ.Ε.

ΜΕΡΟΣ Α

1. Αναγνώριση της Περιοχής Μελέτης

Η λίμνη των Ιωαννίνων, γνωστή και με το όνομα «Παμβώτιδα», (GR0512L000000004H) βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της Ελλάδας και καλύπτει ένα μικρό μέρος του λεκανοπεδίου των Ιωαννίνων, στο οποίο κατέχει κεντροβαρική θέση. Το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων περιβάλλεται από το όρος Μιτσικέλι στα βόρεια και από σειρά λόφων στα νότια και δυτικά. Στο βορειοδυτικό τμήμα της λίμνης υπάρχει το Νησί των Ιωαννίνων, με μικρό οικισμό. Οι ακριβείς της συντεταγμένες είναι: γεωγραφικό πλάτος 39° 39' 30'' βόρειο και γεωγραφικό μήκος 20°51' ανατολικό.

Η λίμνη, με μήκος 7,5χλμ. και πλάτος 1-4,2 χλμ. περίπου, καταλαμβάνει περίπου 22km² της λεκάνης απορροής του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων. Σχηματίστηκε από τη συγκέντρωση νερού, δεν έχει επιφανειακή διέξοδο, ενώ τροφοδοτείται κυρίως από πηγές του όρους Μιτσικέλι. Η στάθμη της λίμνης κυμαίνεται μεταξύ 470,70μ. και 468,80μ. από τη θάλασσα. Το μέγιστο βάθος της είναι 9,60μ., ενώ το μέσο βάθος είναι 4,30μ. και χαρακτηρίζεται ως ρηχή λίμνη. Δυτικά αποστραγγίζεται από τον ποταμό Άραχθο, νότια από τον ποταμό Λούρο, δυτικά και βόρεια από τον ποταμό Καλαμά. Ο συνολικός όγκος του νερού υπολογίζεται σε 90 εκ. m³, πρόκειται δηλαδή για μια αβαθή λίμνη.



Φωτο1. Αεροφωτογραφία της Λίμνης Παμβώτιδας

Η λίμνη σχηματίστηκε τόσο από ενδογενείς όσο και από εξωγενείς παγετώδεις διαβρωτικές δράσεις. Ακριβής προσδιορισμός της ηλικίας της λίμνης δεν έχει γίνει, αλλά εκτιμάται ότι είναι μεταξύ 1.000.000 και 1.500.000 ετών.

Σύμφωνα με την πρόσφατη μελέτη «Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών

Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις Προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007» προσδιορίστηκε κατ' αρχήν ως ιδιαίτερος τροποποιημένο υδάτινο σώμα λόγω των υδρομορφολογικών αλλοιώσεων τις οποίες έχει υποστεί και μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα:

- Αποτελούσε ενιαίο σύστημα με τη λίμνη της Λαψίστας η οποία αποξηράνθηκε.
- Η φυσική αποστράγγισή της γινόταν μέσω καταβοθρών, ενώ σήμερα υπάρχει ρύθμιση της στάθμης και εκροή μέσω της Τάφρου της Λαψίστας.
- Υπάρχουν τροποποιήσεις στην ακτογραμμή και οριοθέτησή της μέσω αναχωμάτων,

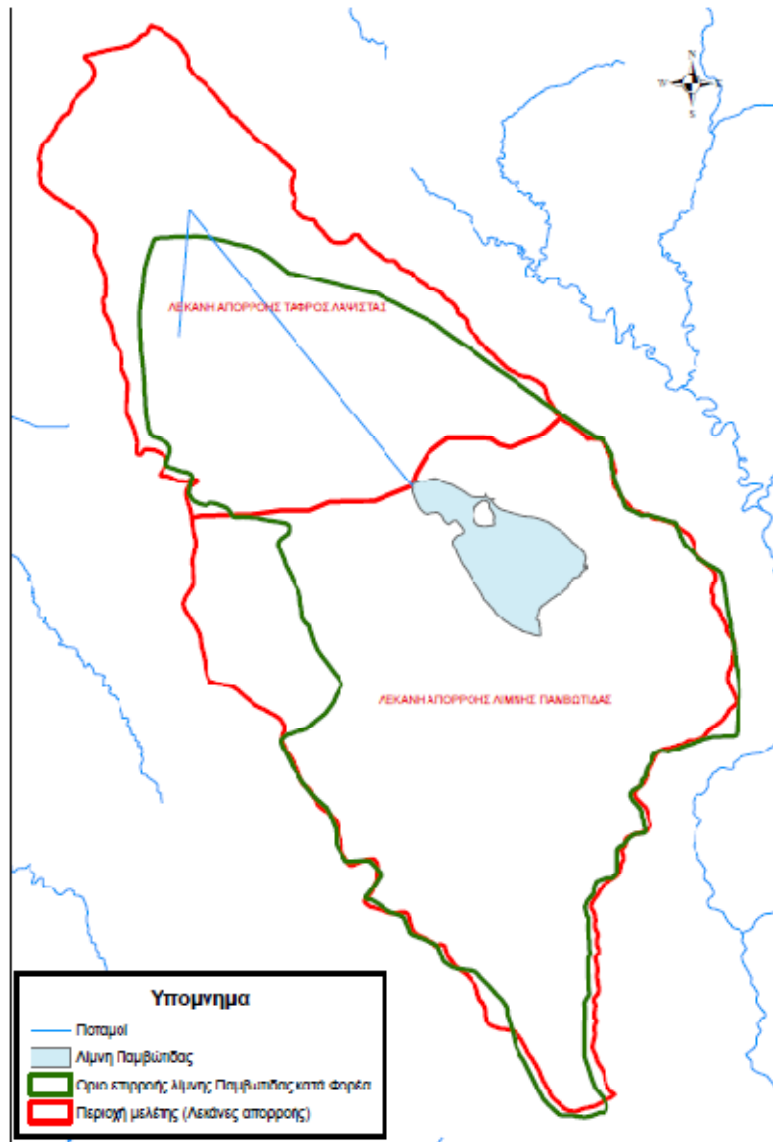
καθώς γύρω της έχει αναπτυχθεί ο πολεοδομικός ιστός της πόλης των Ιωαννίνων.



Φωτο2. Άποψη της Λίμνης Παμβώτιδας

Για την οριοθέτηση της περιοχής μελέτης ελήφθη υπόψη τόσο η περιοχή που περιγράφεται επακριβώς στο ΦΕΚ 649/25-6-2003 έκτασης 410,4 χιλ. στρεμμάτων όσο και η οριοθέτηση της κλειστής υδρολογικής λεκάνης Ιωαννίνων-ευρύτερη περιοχή

μελέτης- με τις δύο διακριτές υπολεκάνες της (αυτή της κλειστής υδρολογικής λεκάνης λίμνης Παμβώτιδας-εγγύτερη περιοχή μελέτης- έκτασης 326 χιλ. στρεμμάτων και αυτή της κλειστής υδρολογικής Λεκάνης Τάφρου Λαψίστας με έκταση 202,8 χιλ. στρεμμάτων). Το 70% της έκτασης της περιοχής ευθύνης του Φορέα Διαχείρισης της προστατευόμενης περιοχής ανήκει στην υδρολογική λεκάνη της Παμβώτιδας ενώ το υπόλοιπο 30% ανήκει στην υδρολογική λεκάνη της Λαψίστας.



Φωτο3. Οριοθέτηση της Περιοχής Μελέτης

Η λίμνη υπερχειλίζει προς την πλευρά του Περάματος και με θυροφράγματα ελέγχεται η στάθμη της. Η υπερχειλίση της οδηγείται από την κεντρική αποχετευτική τάφρο στην σήραγγα της Λαψίστας και, μέσω αυτής, στον ποταμό Καλαμά. Από την ίδια τάφρο αποστραγγίζεται και η υπολεκάνη Ελεούσας, Κρύας, και Λαψίστας.

Η Τάφρος Λαψίστας (GR0512R000212139A) είναι η αποστραγγιστική τάφρος της λίμνης Παμβώτιδας η οποία έχει προσδιορισθεί ως τεχνητό υδάτινο σώμα διότι δημιουργήθηκε εξολοκλήρου με δραστηριότητα του ανθρώπου, χωρίς να προϋπάρχει στη θέση αυτή παρουσία νερού. Εμπίπτει στη λεκάνη Καλαμά (GR12) και έχει μήκος 19,26 km.

Η τάφρος Λαψίστας αποτελεί αποδέκτη των βιολογικών επεξεργασμένων λυμάτων της πόλης των Ιωαννίνων (ΕΕΛ), καθώς επίσης πολλών βιομηχανικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων της ευρύτερης περιοχής. Η τάφρος, μέσω της σήραγγας Λαψίστας, οδηγεί υπερχειλίζουσες απορροές της κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων στον ποταμό Καλαμά.



Φωτο4. Αποψη της Τάφρου Λαψίστας

Η λίμνη υπήρξε ανέκαθεν πόλος έλξης για την ανθρώπινη κοινωνία, προσφέροντάς της τα απαραίτητα για τη διατροφή της και ένα σίγουρο καταφύγιο ενάντια στους εχθρούς και τις σκληρές συνθήκες των γύρω ορεινών όγκων. Η αρμονική συνύπαρξη πόλης και λίμνης διαταράχθηκε τα τελευταία χρόνια, λόγω της ανάπτυξης τόσο της πόλης των Ιωαννίνων, όσο και της ευρύτερης περιοχής.

Μέχρι πριν περίπου 50 χρόνια, τα Ιωάννινα αποτελούσαν μια μικρή επαρχιακή πόλη, χτισμένη στις όχθες της λίμνης. Στα χρόνια που ακολούθησαν η πόλη επεκτάθηκε γρήγορα, συγκέντρωσε μεγάλο μέρος του πληθυσμού της περιοχής και

έγινε ενιαία με τις γύρω κοινότητες. Η βιομηχανία και ιδιαίτερα η γεωργική παραγωγή αυξήθηκαν με γοργούς ρυθμούς, βελτιώνοντας το επίπεδο ζωής των κατοίκων της περιοχής.

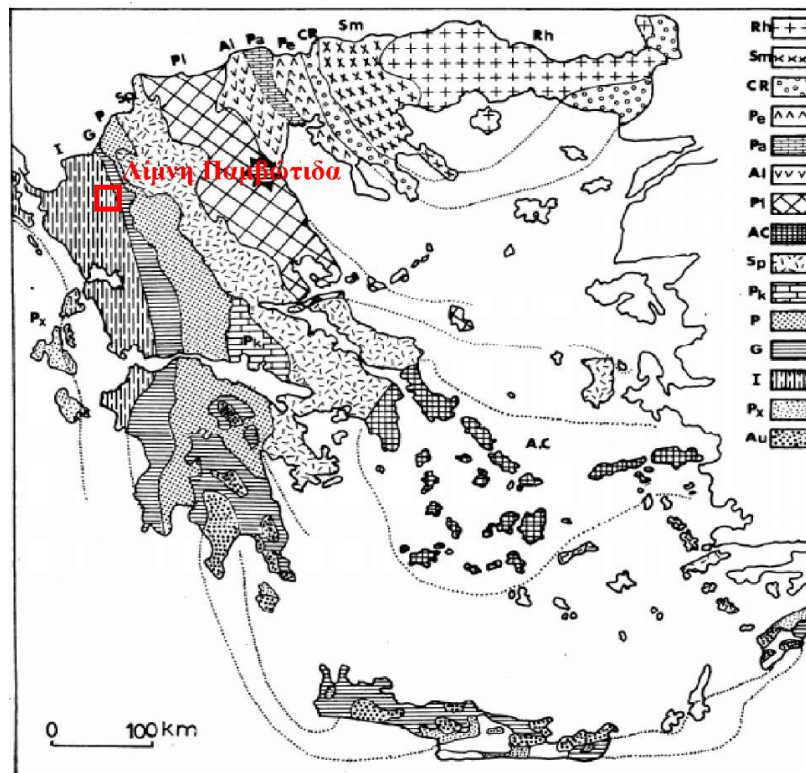
Η οικονομική και η γενικότερη ανάπτυξη της περιοχής είχε ως αποτέλεσμα το αντίστοιχο οικολογικό τίμημα. Λόγω των βραδύτερων ρυθμών ανάπτυξης της βιομηχανίας, σε σχέση με άλλες περιοχές, τα οικολογικά προβλήματα δεν παρουσιάζονται με την ίδια οξύτητα. Αντανακλώνται όμως με τη μεγαλύτερη ένταση στη λίμνη, που αποτελεί τον καθρέπτη της οικολογικής κατάστασης για την ευρύτερη περιοχή.

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει από όλους αντιληπτή η υποβάθμιση της λίμνης, που εκφράστηκε με την ελάττωση της διαύγειας των νερών της, τη χαρακτηριστική οσμή, το θάνατο των ψαριών, τη μείωση των αλιευμάτων και την υπέρμετρη αύξηση της υδρόβιας βλάστησης. Σήμερα η λίμνη χαρακτηρίζεται ως ευτροφική, με προβλήματα ρύπανσης, που προέρχονται από την πόλη, αλλά και τις δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή.

2. Γεωλογική-Γεωμορφολογική Δομή της Ευρύτερης υπό Μελέτη Περιοχής

Τα πετρώματα που περιβάλλουν τη λίμνη των Ιωαννίνων, καθώς και αυτά του υποβάθρου της, ανήκουν γεωτεκτονικά από τα δυτικά προς τα ανατολικά στις γεωτεκτονικές Ζώνες Ιονίου και Γαβρόβου Τριπόλεως. Στη γεωλογική της δομή συμμετέχουν κατά κύριο λόγο ανθρακικοί σχηματισμοί της Ιονίου ζώνης, ο φλύσχη καθώς και οι Τεταρτογενείς αποθέσεις.

Τα ασβεστολιθικά πετρώματα αποτελούν την κύρια μάζα των ορεινών όγκων περιμετρικά της λεκάνης. Ακόμα αποτελούν την κύρια μάζα του Μιτσικελίου και ειδικότερα τις ΝΔ κλιτύες του, καθώς και την κορυφή του και τις ΒΑ κλιτύες του. Τέλος ασβεστολιθικοί είναι και οι ορεινοί όγκοι Β-ΒΔ (Πρωτόπαπα), Ν-ΝΑ (Μανωλιάσα), όπως και οι εξάρσεις κατά μήκος της λεκάνης (Μ. Γαρδίκι, Αγία Τριάδα Ιωαννίνων, Καστρίτσα, Μπάφρα, Μπιζάνι).



Εικ. 1: Γεωτεκτονική διάταξη των Ελληνίδων ζωνών Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιροδοπική ζώνη, Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικο-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, I: Ιόνια ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα πλακωδών ασβεστολίθων (Plattenkalk) (Mountrakis et al. 1983).

Κατά το τέλος της Μειοκαινού περιόδου εκδηλώθηκαν έντονα τεκτονικά φαινόμενα, με αποτέλεσμα την εμφάνιση ρωγμών, επιμηκών και εγκάρσιων ρηγμάτων, καθώς και κατακρημνίσεων. Ως συνέπεια της Αλπικής ορογένεσης

παρουσιάστηκε χωρισμός της ενότητας σε τεμάχια, τη βύθιση ορισμένων σε σχέση με τα γειτονικά τους και σε συνδυασμό με τα καρστικά φαινόμενα τη δημιουργία πολγών, δολινών και άλλων καρστικών φαινομένων. Όσες από αυτές καλύφθηκαν με αδιαπέρατα υλικά γέμισαν με γλυκό νερό και δημιούργησαν λίμνες. Η διάβρωση ασβεστολιθικών πετρωμάτων από το νερό της βροχής συνέβαλλε στη δημιουργία ευνοϊκών προϋποθέσεων για τη συγκέντρωση υδάτων της περιοχής και τη γένεση της λίμνης.



Εικ. 2: Αποσπασμα γεωλογικού χάρτης της ευρύτερης περιοχής από τη λίμνη Παμβώτιδα – Ιωάννινα

Υπόμνημα

	Σύγχρονες αποθέσεις κοιλάδων
	Σύγχρονα κορήματα, σύγχρονη κώνοι κορημάτων
	Ερυθρογή
	Παλαιοί κώνοι κορημάτων, κορήματα συγκολλημένα
	Παλαιές πυριτικές προσχώσεις
	Λιμναίο Πλειόκαινο
	Ανώτερη Σειρά Ζαγοριών
	Σειρά Διστράτου
	Ψαμίτες Ανεμοράχης
	Κατώτερη σειρά φλύσχη
	Φλύσχη αδιαίρετος
	Ασβεστόλιθοι υπολιθογραφικοί
	Ασβεστόλιθοι λατυποπαγείς
	Ασβεστόλιθοι Βίγλας

Η ύπαρξη της λίμνης στην περιοχή του λεκανοπεδίου των Ιωαννίνων ανάγεται στη γεωλογική περίοδο του Πλειόκαινου. Η έκτασή της ήταν πολύ μεγαλύτερη της σημερινής και η τελευταία αποτελεί 'ανάμνηση' της αρχικής λίμνης. Οι αλλαγές του

κλίματος στα όρια Πλειόκαινου-Πλειστόκαινου και οι μεταπτώσεις του κατά την τελευταία περίοδο συνέβαλλαν σημαντικά στη μεταβολή της στάθμης της λίμνης κατά τα τελευταία 1,0-1,5 εκατ. χρόνια.

Η γεωλογική δομή της περιοχής της λίμνης Παμβώτιδας από τα κατώτερα προς τα ανώτερα μέλη περιλαμβάνει:

- Τους ασβεστόλιθους της Βίγλας, οι οποίοι είναι υπολιθογραφικοί, χρώματος ανοικτού κιτρινοφαιού έως ερυθρωπού, λεπτοστρωματώδεις με ενστρώσεις πυριτόλιθων. Η σειρά των ασβεστολίθων της Βίγλας έρχεται σε ασυμφωνία επί των σχηματισμών των ασβεστολίθων του Παντοκράτορα με πολύ μικρό πάχος (20 m) στο Τόμαρο και στην περιοχή Μανωλιάσα μεγαλώνει το πάχος (400 m) προς ΒΑ, με εμφάνιση της ανώτερης πυριτικής ζώνης, λαμβάνουσα το μέγιστο πάχος στη περιοχή του Μιτσικελίου κάτω της ανώτερης πυριτικής ζώνης (Ανώτερο Ιουρασικό - Κατώτερο Σενώνιο).
- Τους λατυποπαγείς ασβεστόλιθους. Είναι συμπαγείς παχυστρωματώδεις με θραύσματα Ρουδιστών (μεταφερθέντα από τη ζώνη Γαβρόβου) και ενστρώσεις πελαγικών ασβεστολίθων (Ανώτερο Σενώνιο).
- Ακολουθούν οι υπολιθογραφικοί ασβεστόλιθοι. Είναι λεπτοστρωματώδεις και ασβεστόλιθοι μικρολατυποπαγείς ή λατυποπαγείς με στοιχεία του Κρητιδικού της ζώνης Γαβρόβου (Παλαιόκαινο - Ηώκαινο).
- Τον φλύσχη, δυτικά της γραμμής αντικλίνου Μιτσικελίου - Αράχθου. Φλύσχη που αποτελείται από εναλλαγές λεπτόκοκκων μαρμαρυγιούχων ψαμμιτών και σκληρών αργιλούχων ιλυωδών μαργών (Ηώκαινο - Ολιγόκαινο).
- Αμέσως μετά έχουμε τους ψαμμίτες Ανεμορράχης. Είναι ψαμμίτες πάχους 30 - 50 m, μικρολατυποπαγούς φάσεως (Ολιγόκαινο).
- Στη συνέχεια συναντάμε τη σειρά Διστράτου. Τυπική, ρυθμική σειρά φλύσχη. Εναλλαγή λεπτόκοκκων ψαμμιτών με ισομεγέθεις κόκκους συνεκτικών αργιλούχων μαργών. Στην περιοχή Ζαγορίων έχουν χαρτογραφηθεί ψαμμιτικά στρώματα πάχους 20 - 50 m. (Ολιγόκαινο)
- Ακολουθεί η ανώτερη σειρά Ζαγορίων. Εναλλαγή κυανών, ιλυωδών μαργών και αμμούχων, μικρολατυποπαγών ψαμμιτών.
 - Τέλος συναντάμε το λιμναίο πλειόκαινο. Άμμοι αργιλομιγείς κυανές με γαστερόποδα, οστρακώδη και χαρόφυτα.

Οι σχηματισμοί που συμμετέχουν στη δομή της λεκάνης μπορούν να διαχωριστούν ως εξής:

Σχηματισμοί πορώδους ρωγμών

Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζουν έντονη αποκάρσωση με έντονες καρστικές μορφές, με αποτέλεσμα την ύπαρξη ενός καλοαναπτυγμένου δικτύου ρωγμών και διακλάσεων που ευνοούν την κατεισδίση. Αυτοί είναι οι πλέον υδροπερατοί σχηματισμοί. Από τέτοιους σχηματισμούς αποτελείται το Μιτσικέλι, η Καστρίτσα, η Αγία Τριάδα, το Πέραμα και το Νησί.

Σχηματισμοί πορώδους κόκκων

Με βάση την υδροπερατότητά τους κατατάσσονται σε:

- **Υδροπερατούς:** σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι τεταρτογενείς αποθέσεις που καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της παραλίμνιας ζώνης και κυρίως οι άμμοι και τα χαλίκια, γιατί έχουν υψηλό συντελεστή υδροπερατότητας, ο οποίος σε συνδυασμό με την κατεισδίση τους ευνοεί την ανάπτυξη υδροφόρων οριζόντων.
- **Ημιπερατούς:** εδώ ανήκουν οι αργιλομιγείς άμμοι που εμφανίζονται στις δυτικές περιοχές (Κατοικά, Ανατολή), οι παλιές πυριτικές αποθέσεις των ανατολικών περιοχών (Αγία Τριάδα), και ο φλύσχης ορισμένων περιοχών, όπου λόγω αποσάθρωσης τα ανώτερα στρώματά του παρουσιάζουν μια μικρή περατότητα.
- **Αδιαπέρατους:** εδώ ανήκει ο φλύσχης της Ιόνιας ζώνης, που αποτελεί και το αρνητικό όριο της υδρογεωλογικής ενότητας Μιτσικελίου από ανατολικά και νοτιοανατολικά, καθώς και άργιλοι και ερυθροπηλοί που απαντώνται στη βόρεια περιοχή του Περάματος.

Η περιοχή μελέτης οριοθετείται προς Β και ΒΑ από το όρος Μιτσικέλι, το Δρίσκο και το Περιστέρι, ανατολικά, ΝΑ και Ν από τα υψώματα Αετοράχη, Μακρυβούνι, ΝΔ από τις παρυφές του Τόμαρου, δυτικά τη Μεγάλη Τσόκα και τα υψώματα των Μαρμάρων και της Καρίτσας.

Η λεκάνη των Ιωαννίνων έχει μέσο υψόμετρο 470 m. Ο μεγάλος της άξονας έχει μήκος 37 km με διεύθυνση ΝΑ - ΒΔ και πλάτος μεταξύ 3 - 11 km. Η επιφανειακή της υδρολογική λεκάνη είναι 510 km². Δυτικά αποστραγγίζεται από τον ποταμό Αραχθο, νότια από τον Λούρο, δυτικά και Βόρεια από τον ποταμό Θύαμι (Καλαμά).

Η αποστράγγιση του οροπεδίου των Ιωαννίνων αρχικά γινόταν μέσω καταβόθρων. Μετά την αποξήρανση της Λαψίστας, την κατασκευή διώρυγας και τη σύνδεσή της με τη λίμνη η υπερχειλίση οδηγείται προς τον Καλαμά.

Η λίμνη έχει μήκος 7,5 km, πλάτος 1 - 4,2 km και επιφάνεια 23 km². Η στάθμη κυμαίνεται μεταξύ 470,7 μ και 468,8 m. Το επικρατέστερο βάθος είναι περίπου 5m και η μέγιστη τιμή του 9,6 m. Η λίμνη τροφοδοτείται από φυσικό και τεχνητό (αποστράγγιση Λαγκάτσας) υδρογραφικό δίκτυο. Οι κυριότεροι χειμάρροι είναι τα ρέματα Σερβιανών, Καστρίτσας, Βασιλικής, Λογκάδων και Λαγκάτσας.

Μέσα στο οροπέδιο των Ιωαννίνων εξέχουν λοφώδη υπολειμματικά υψώματα (HUM) αποτέλεσμα της διαβρωτικής δράσης του νερού στο ανθρακικό υπόβαθρο. Πρόκειται για τους λόφους Μεγάλου Γαρδικίου, Αγ. Τριάδας, Μπισδουνίου, Ιωαννίνων, Κατοκιάς, Μπάφρας και Περάματος, Νησιού, Καστρίτσας.

Διακρίνονται οι υπολεκάνες :

- Ροδοτοπίου - Λαψίστας - Κρύας - Ελεούσας
- Κατοκιάς - Καστρίτσας - Πόρου
- Πεδινής - Ανατολής - Βουνοπλαγιάς

Η διαμόρφωση της λεκάνης των Ιωαννίνων οφείλεται στην τεκτονική και στην καρστικοποίηση των ασβεστολίθων του υποβάθρου. Πρόκειται για πόλγη στην οποία το νερό διοχετεύονταν αρχικά από καταβόθρες. Σταδιακά επήλθε στεγανοποίηση του πυθμένα με αργιλικά υλικά και άλλες αποθέσεις δημιουργώντας την αρχική λίμνη.

Η σημερινή εικόνα της περιοχής προσομοιάζει στο στάδιο ωριμότητας του καρστικού κύκλου. Η απόθεση φερτών υλικών εκτός της λεκάνης έχει μεταβληθεί δραματικά μετά την αποστράγγιση της Λαγκάτσας προς τη λίμνη (1968) και όχι πλέον προς την Καταβόθρα στη Μπάφρα, καθώς και εξαιτίας άλλων πεδινών διευθετήσεων από το 1952 και μετά. Με τις παραπάνω ενέργειες στον υπολίμνιο χώρο, καταλήγει σημαντικό μέρος του λεπτόκοκκου αργιλικού υλικού που παλαιότερα κατέληγε στα ριπίδια των χειμάρρων.

Αναλυτική καταγραφή των γεωλογικών, γεωμορφολογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή μελέτης περιλαμβάνονται στα παραδοτέα του ερευνητικού έργου του ΙΓΜΕ «Καταγραφή και αποτίμηση των Υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών των υπογείων νερών & των Υδροφόρων Συστημάτων της Χώρας» (Υ.Δ. 5)

3. Υδρολογικές & Υδρογεωλογικές Συνθήκες

3.1 Υδρολογικές Λεκάνες

Στο κεντρικό τμήμα της Ηπείρου αναπτύσσεται η κλειστή λεκάνη Ιωαννίνων που αποτελεί μια λεκάνη ενδοροϊκού τύπου. Η φυσική αποστράγγιση της λεκάνης γινόταν μέσω καταβόθρων μέχρι την περίοδο 1969 οπότε κατασκευάστηκε η σήραγγα Κληματίας (μήκος 1,6Km) και τεχνητά πλέον τα νερά τα λεκάνης, συμπεριλαμβανομένης και της λίμνης απορρέουν στον Καλαμά μέσω της τάφρου Λαψίστας.

Η υδρολογική λεκάνη Ιωαννίνων καταλαμβάνει έκταση 528 Km² στο κεντρικό τμήμα της Ηπείρου. Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης είναι τα 1.810 μ. (κορυφή του Μιτσικελίου) και το μικρότερο η στάθμη της λίμνης (μέση στάθμη 469 m) ή καλύτερα η έξοδος της λεκάνης δηλαδή το στόμιο της σήραγγας Λαψίστας (460 m).

Είναι μια κλειστή λεκάνη (ενδοροϊκή) τα νερά της οποίας κατά κύριο λόγο συγκεντρώνει η Παμβώτιδα λίμνη και η τάφρος της Λαψίστας. Μια γενική εικόνα της αποστράγγισης της λεκάνης είναι η ακόλουθη :

- Αποστράγγιση των νοτιοανατολικών περιοχών (Λογγάδες - Βασιλική - Δαφνούλα -Κουτσελιό) μέσω χειμάρρων στην λίμνη.
- Αποστράγγιση των νοτιοδυτικών περιοχών (Βουνοπλαγιά - Μάρμαρα - Σταυράκι - Νεοχωρόπουλο) μέσω της τάφρου Λαγκάτσας και της σήραγγας Ανατολής στην λίμνη.
- Υπερχείλιση της λίμνης μέσω του ρυθμιζόμενου υδροφράκτη περάματος στην Τάφρο Λαψίστας.
- Αποστράγγιση όλων των βόρειων και βορειοδυτικών περιοχών στην τάφρο Λαψίστας (περιοχές βόρεια των Ιωαννίνων έως την περιοχή Αοπραγγέλων). Στη συνέχεια τα νερά της τάφρου μέσω της σήραγγας Κληματίας, καταλήγουν στον Καλαμά ποταμό ο οποίος αποτελεί και τον τελικό αποδέκτη.

Πριν την κατασκευή της σήραγγας Κληματίας η φυσική αποστράγγιση της λεκάνης γινόταν μέσω των διαφόρων καταβόθρων που βρίσκονται στην περίμετρο της πόλης και κύρια από τις καταβόθρες Ροδοτοπίου και τις καταβόθρες Καστρίτσας.

Με βάση τα παραπάνω διακρίνουμε δύο υπολεκάνες. Την υπολεκάνη της Παμβώτιδας λίμνης και την υπολεκάνη της τάφρου Λαψίστας . Γίνεται αυτή διάκριση για την καλύτερη προσέγγιση του υδρολογικού ισοζυγίου. Εκτός των δύο αυτών κύριων υπολεκανών εντός της υδρολογικής λεκάνης Ιωαννίνων, συναντούμε και άλλες μικρότερες υπολεκάνες οι οποίες αποστραγγίζονται μέσω καταβόθρων

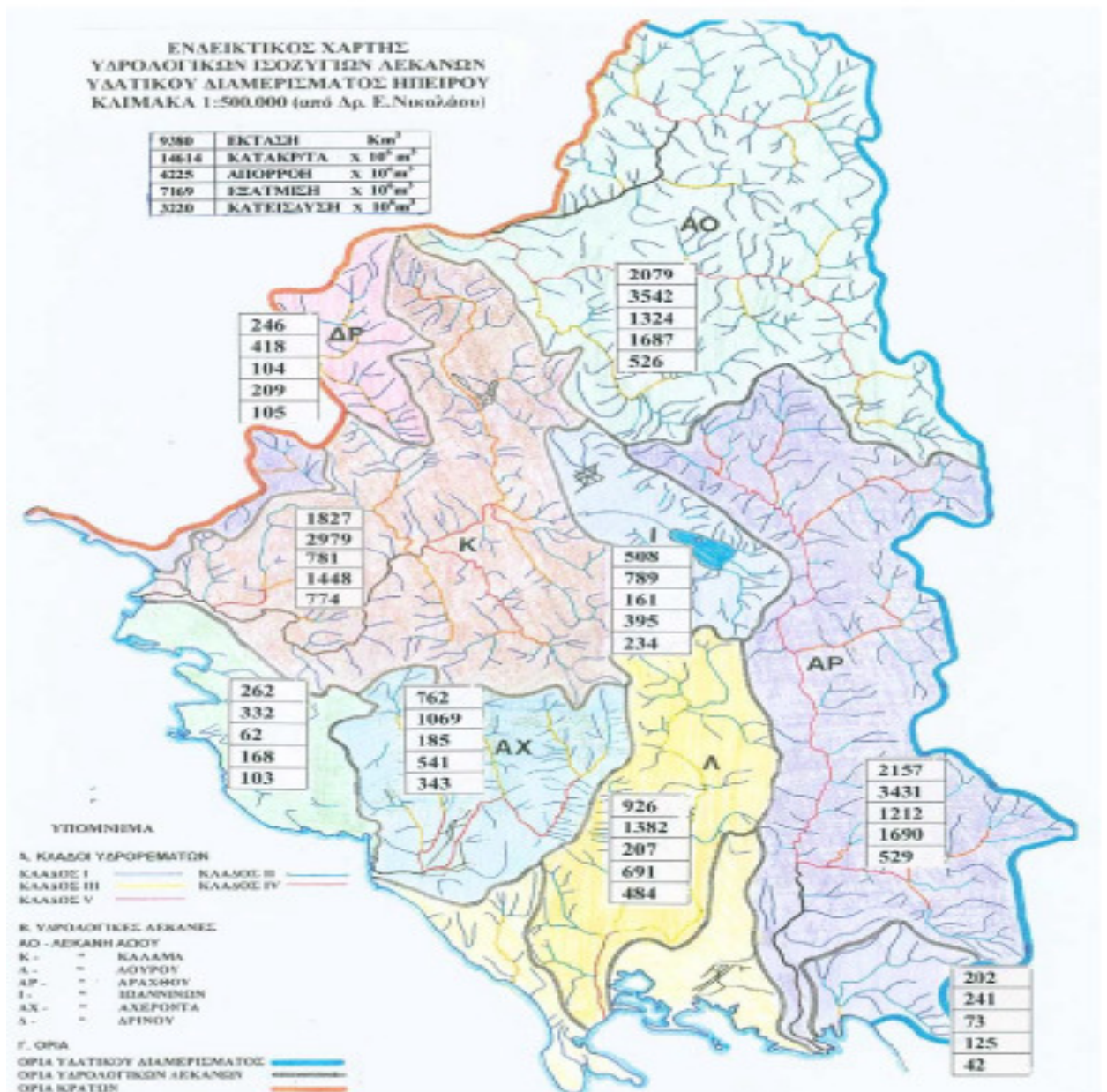
όπως :

- Η υπολεκάνη Μπιζανίου η οποία αναπτύσσεται στο νότιο τμήμα του λεκανοπεδίου, περιοχές νότια της Πεδινής - Μπάφρας έως τον υδροκρίτη του Λούρου. Η αποστράγγιση των περιοχών αυτών γίνεται μέσω των καταβοθρών Μπιζανίου (κατά κύριο λόγο), Αμπελιάς, Πεδινής, Μπάφρας.
- Η υπολεκάνη Νεγράδων στο βόρειο τμήμα του λεκανοπεδίου η οποία αποστραγγίζεται μέσω της ομώνυμης καταβόθρας.

Εκτός των παραπάνω καταβοθρών στην πόλη των Ιωαννίνων βρίσκεται ένα πλήθος άλλων καταβοθρών στις οποίες παροχετεύονται σημαντικές ποσότητες νερού. Ιδιαίτερης σημασίας είναι οι καταβόθρες Μπενίκοβας στην νότια όχθη της λίμνης στις οποίες αποστραγγίζεται μικρή έκταση της περιοχής Κατσικά αλλά και υπερχειλίζοντα νερά της λίμνης την υγρή περίοδο. Στην ίδια ανθρακική μάζα (Καστρίτσα) στην περιοχή Κουτσελιό βρίσκεται μια άλλη καταβόθρα στην οποία παροχετεύονται νερά τοπικής τάφρου.

Η κατανομή της επιφάνειας της υδρολογικής λεκάνης Ιωαννίνων (ΙΓΜΕ,2010) στις επιμέρους υπολεκάνες είναι :

- Υπολεκάνη λίμνης : $326,0 \text{ km}^2$
 - Υπολεκάνη Τάφρου Λαψίστας: $202,8 \text{ km}^2$
- Συνολική επιφάνεια λεκάνης : $528,8 \text{ km}^2$



Εικ. 3: Ενδεικτικός Χάρτης Υδρολογικών Ισοζυγίων στο Υδατικό Διαμέρισμα (ΙΓΜΕ, 2010)

3.2 Αποστραγγιστικά -Αποχετευτικά έργα και Καταβόθρες

Παλιότερα, εκτός από την Παμβώτιδα, σχηματιζόταν στο βορειοδυτικό τμήμα της πεδινής έκτασης της λεκάνης μύα ακόμα λίμνη, η Λαψίστα, με έκταση περίπου 10 km². 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 παροχευτικότητας 40 m³ /sec, που ξεκινάει από τη λίμνη Παμβώτιδα κοντά στο Πέραμα, προς την οποία οδηγούνται οι υπερχειλίσεις της λίμνης, από το ρυθμιστικό έργο, και

(β) η σήραγγα Λαψίστας, όπου καταλήγει η τάφρος Λαψίστας, μήκους **4.200 m** και παροχευτικότητας 40 m³/sec, που διοχετεύει τα νερά της τάφρου προς τον παραπόταμο Βελτισίτικο ή Βελτισιώπιο του Καλαμά. Αναφέρονται ακόμα η τάφρος Κουτσελιού, μήκους **6.500 m** και παροχευτικότητας 14m³ /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 παροχευτικότητας 40 m³ /sec, η οποία στη συνέχεια τα διοχετεύει στη λίμνη.

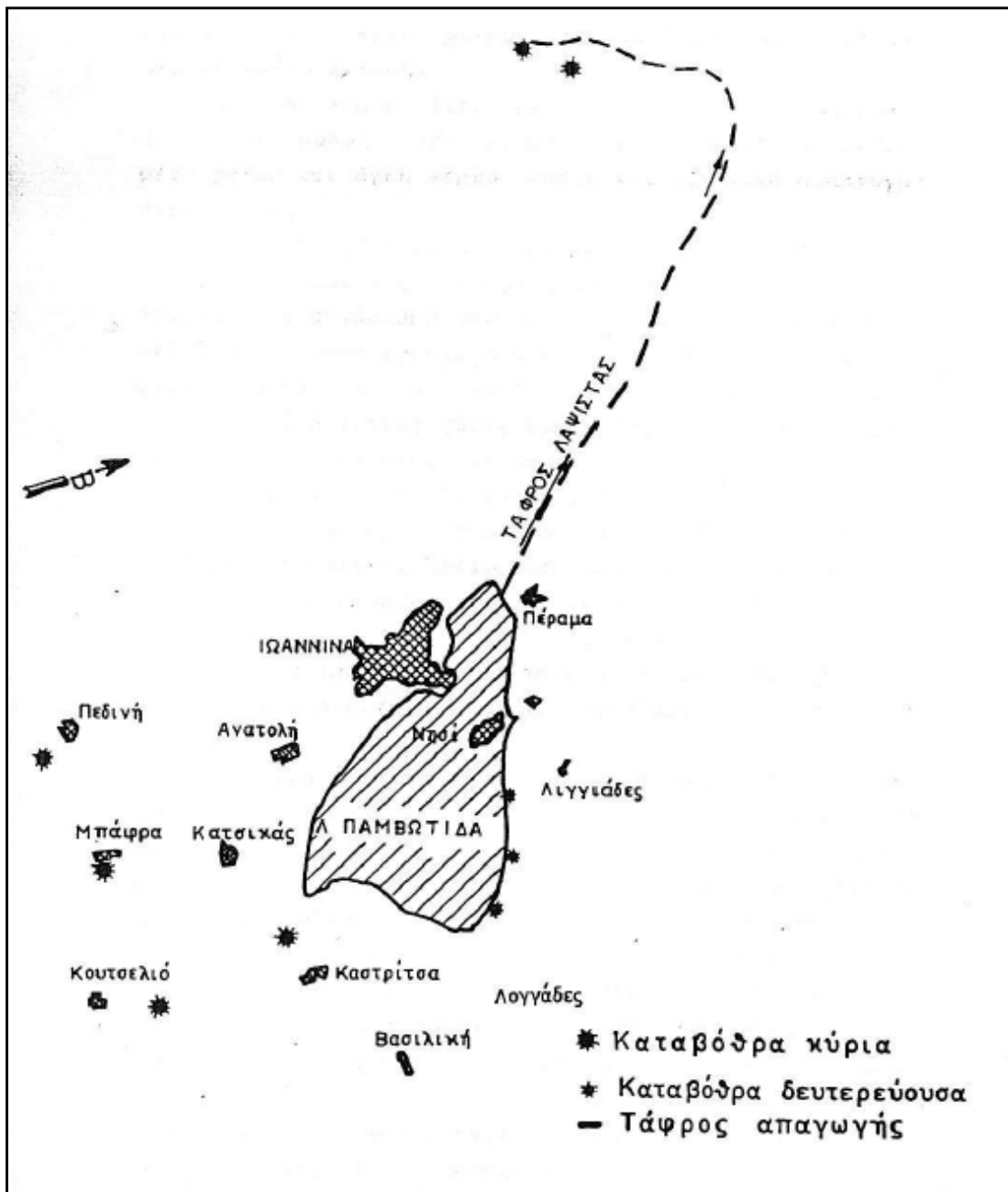
Όλα τα παραπάνω έργα λειτουργούν από το 1958 ή 1959 (με εξαίρεση την τάφρο Κουτσελιού που λειτουργεί από το 1950).

Η παμβώτιδα εμφανίζει τις εξής δυνατότητες εκροής των υδάτων της σε περίπτωση ανύψωσης της στάθμης (Ηπειρος ΑΕ,1989):

- Από τη καταβόθρα (όχι σημειακή αλλά διάσπαρτη σε αρκετό μήκος) στην περιοχή μεταξύ Ντραμπάτοβας κα Παναγιάς Ντουραχάνι.
- Από την καταβόθρα που βρίσκεται μετά την Παναγιά Ντουραχάνι προς τη θέση άντλησης του Αντλιοστασίου στον Πόρο
- Από το θυρόφραγμα στο Πέραμα, όταν η στάθμη υπερβεί τα 470,20 m
- Από την πηγή-καταβόθρα της Ντραμπάτοβας. Παλαιότερα πριν το 1940, η πηγή -καταβόθρα της Ντραμπάτοβας λειτουργούσε σχεδόν αποκλειστικά ως πηγή και πάρα πολύ μικρό χρονικό διάστημα ως

καταβόθρα. Ως πηγή λειτουργεί μόνον όταν η στάθμη της λίμνης πέφτει σημαντικά (κάτω των 469,50m) εμφανίζοντας μικρή ροή προς τη λίμνη.

- Από την καταβόθρα της μπενίκοβας, που βρίσκεται στις δυτικές πλαγιές του λόφου της Καστρίτσας, κοντά στον οικισμό Κατσικός, πράγμα που τη διευκολύνει να μη παρουσιάζει ιδιαίτερα έντονες μεταβολές στη στάθμη (εικ.4).



Εικ. 4: Αποστραγγιστικά -Αποχετευτικά έργα και Καταβόθρες

Συνοψίζοντας, τα κύρια αντιπλημμυρικά έργα στην περιοχή του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων ολοκληρώθηκαν το 1959. Μέχρι τότε τα χαμηλότερα εδάφη του λεκανοπεδίου κατακλυζόταν μόνιμα ή περιοδικά από τα νερά των βροχών και των πηγών του λεκανοπεδίου δεδομένου ότι η αποχέτευση αυτών γινόταν μέσω των καταβοθρών περιορισμένης διοχετευτικής ικανότητας.

Τα κύρια αντιπλημμυρικά έργα είναι τα ακόλουθα:

- Η σήραγγα και η τάφρος Λαψίστας. Με τη σήραγγα Λαψίστας αποχετεύονται προς τον π. Καλαμά οι απορροές της υδρολογικής λεκάνης Λαψίστας - Ελεούσας, επιφάνειας 228,8 km². Συνολικά η σήραγγα εξυπηρετεί υδρολογική λεκάνη, συνολικής επιφάνειας 396,9km².

Η παροχετευτική ικανότητα της σήραγγας Λαψίστας υπολογίζεται σε 40m³/sec και είναι με τα σημερινά κριτήρια της πλήρους γεωργικής αξιοποίησης της περιοχής περιορισμένη. Για πλημμύρες συχνότητας 1:13 προκαλείται κατάκλυση 680 στρ. για 4-5 μέρες περίπου.

- Η σήραγγα Λαγκάτσας, με παροχετευτικότητα 17 m³/sec, που αποχετεύει στη λίμνη Παμβώτιδα την ομώνυμη κλειστή περιοχή. Η διοχετευτικότητα της δημιουργεί κάποια προβλήματα αφού προκαλεί σε εξαιρετικές περιπτώσεις περιορισμένη κατάκλυση της ανάντη περιοχής.
- Το παραλίμνιο προστατευτικό ανάχωμα της Ανατολής, μήκους 5.340m, που εξασφαλίζει την προστασία 740 στρ. χαμηλών εκτάσεων στην κτηματική περιοχή της κοινότητας Ανατολής. Η συνέχεια του αναχώματος διακόπεται σε τρία σημεία, υπό της προσαγωγού διώρυγας Ανατολής, της τάφρου Λαγκάτσας και της τάφρου 7T (χειμαρρος Σερβιανών), στα οποία το ανάχωμα συνδέεται προς τα αντίστοιχα αναχώματα αυτών.
- Το αντλιοστάσιο Κατσικά κοντά στο χωριό Κατσικά που εξυπηρετεί την αποχέτευση και στράγγιση της χαμηλής περιοχής της Ανατολής πίσω από το ανάχωμα. Τα νερά οδηγούνται στο αντλιοστάσιο μέσω των τάφρων 4T και 5T οι οποίες εν μέρει αποχετεύονται και μέσω των καταβοθρών. Οι τάφροι περνούν με σίφωνα κάτω από την προσαγωγό σήραγγα του αντλιοστασίου Ανατολής, την τάφρο της σήραγγας Λαγκάτσας και την τάφρο 7T.
- Το παραλίμνιο ανάχωμα Παμβώτιδας, μήκους 1km, που κατασκευάστηκε το 1973 στη ΒΔ πλευρά της λίμνης για την προστασία χαμηλού τμήματος 500 στρ. περίπου. Η κατασκευή του αποδείχτηκε άκαιρη. Η προστασία είναι ανεπαρκής και επιπλέον αποκόπηκε η παροχέτευση προς τη λίμνη των

πηγών Σεντενίκου – Κιόσκι που συνέβαλε στον εμπλουτισμό της λίμνης με καλής ποιότητας υπόγεια νερά.

- Η διευθέτηση των χειμάρρων που διαρρέουν την περιοχή. Τα υπό διευθέτηση ρέματα εντάσσονται, ως προς το διαρρέον την πεδινή περιοχή τμήμα τους, στο αποχετευτικό δίκτυο, ως πρωτεύουσες τάφροι.

Η στάθμη της λίμνης Παμβώτιδας ρυθμίζεται μέσω του τεχνικού έργου ρύθμισης των εκροών της λίμνης προς την Κεντρική Τάφρο Λαψίστας που βρίσκεται δίπλα στο χωριό Πέραμα. Οι πλημμυρικές εκροές οδηγούνται προς την σήραγγα Λαψίστας και από εκεί προς τον ποταμό Καλαμά. Το έργο αυτό είναι συνδυασμός υπερχειλιστή, παροχετευτικής ικανότητας 40m³/sec, για φορτίο 0,50m και ρυφράκτη μετά κυλινδρικού θυροφράγματος παροχετευτικής ικανότητας επίσης 40m³/sec.

Μέσω του υπερχειλιστή η ΑΣΥ λίμνης ρυθμίζεται στο +470,20. Όταν η στάθμη της λίμνης ανέρχεται επικίνδυνα ή όταν κρίνεται απαραίτητο να αυξηθεί η ανασχετική ικανότητα της λίμνης με το κατέβασμα της στάθμης κάτω του +470,20, ανυψώνεται το θυρόφραγμα με ηλεκτροκινητήρα.

3.3 Υδρογεωλογικές Συνθήκες

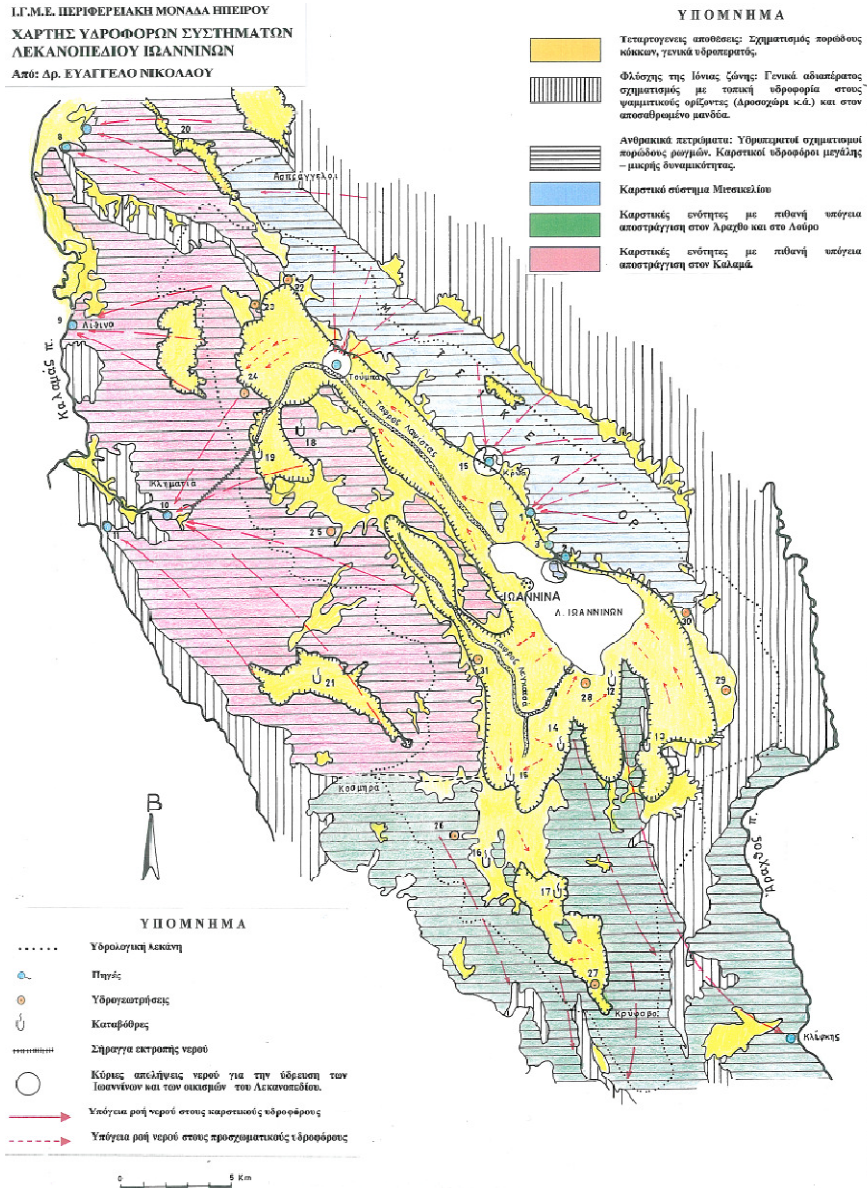
Ενώ η λεκάνη απορροής της λίμνης είναι μια κλειστή υδρολογική λεκάνη η αντίστοιχη υδρογεωλογική λεκάνη δεν μπορεί να θεωρηθεί κλειστή, εξαιτίας της έντονης εμφάνισης καρστικών φαινομένων. Η ανάπτυξη καρστικών υπόγειων οριζόντων και κύρια η εκτεταμένη εμφάνιση καταβοθρών έχουν συνέπεια τη διαφυγή του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

Το καρστικό σύστημα Ιωαννίνων αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα υδροφόρα συστήματα της Ηπείρου δεδομένου ότι :

- Έχει μεγάλη έκταση η οποία υπολογίστηκε στα 800 περίπου Km² και ως εκ τούτου φιλοξενεί σημαντικά αποθέματα υπόγειου νερού.
- Παρουσιάζει μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον λόγω της σύνθετης υδρογεωλογική δομής των επί μέρους υποσυστημάτων και ενοτήτων. Η επικοινωνία επιφανειακών και υπόγειων νερών μέσω του πλήθους των καταβοθρών προσδίδει στο σύστημα τόσο ερευνητικό όσο και περιβαλλοντικό ενδιαφέρον.

- Είναι μεγάλου κοινωνικοοικονομικού αλλά και διαχειριστικού ενδιαφέροντος δεδομένου ότι σ'αυτό αναπτύσσεται στο μεγαλύτερο ποσοστό η οικιστική, βιομηχανική και κτηνοτροφική δραστηριότητα αλλά και από αυτό καλύπτονται στο μεγαλύτερο ποσοστό οι ανάγκες ύδρευσης (δήμος Ιωαννιτών και Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Λεκανοπεδίου αλλά και άλλοι δήμοι της ευρύτερης περιοχής).
- Παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον από περιβαλλοντική άποψη δεδομένου ότι σ'αυτό βρίσκεται η Λίμνη Ιωαννίνων (Παμβώτιδα). Η λίμνη έχει υδρογεωλογική και υδραυλική σχέση με τον καρστικό υδροφόρο του Μιτσικελίου και ως εκ τούτου σε μεγάλο βαθμό τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηρισίθηκα της εξαρτώνται από την υδρογεωλογική και υδροχημική κατάσταση των υπόγειων νερών του συστήματος.
- Σήμερα ένα σημαντικό τμήμα του καρστικού συστήματος Ιωαννίνων το οποίο ουσιαστικά περιλαμβάνει την κλειστή υδρολογική λεκάνη Ιωαννίνων συμπεριλαμβανομένης της Λίμνης μέσω της τάφρου Λαμψίστας και της σήραγγας Κληματιάς αποστραγγίζεται στον Καλαμά. Η ποιοτική κατάσταση των νερών της Τάφρου κατά συνέπεια επηρεάζει την ποιότητα των νερών του υδροσυστήματος του ποταμού.

Η οριοθέτηση του καρστικού συστήματος ήταν έργο δύσκολο και πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του έργου του ΙΓΜΕ «ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ» και έγινε κυρίως με βάση τις εκτιμήσεις των ισοζυγίων των μεγάλων καρστικών πηγών του συστήματος αλλά και με βάση την στρωματογραφία την υδρολιθολογία και την τεκτονική. Ιδιαίτερα δύσκολη ήταν η οριοθέτηση του συστήματος με το σύστημα Λούρου το οποίο αποτελεί την υδρογεωλογική του προέκταση. Στην περίπτωση αυτή ως όριο ελήφθη ο υδροκρίτης μεταξύ της λεκάνης Ιωαννίνων και αυτής του Λούρου



Εικ. 5: Χάρτης Υδροφόρων Συστημάτων Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων (ΙΓΜΕ, 2010)

Το καρστικό σύστημα Ιωαννίνων αποτελεί τον υδρογεωλογικό κόμβο του υδατικού διαμερισματος Ηπείρου δεδομένου ότι η υπόγεια απορροή του επηρεάζει ρυθμίζει σε ένα μεγάλο ποσοστό τις παροχές του Άραχθου, αλλά κυρίως του Κολαμά και του Λούρου ποταμοί στους οποίους κατά κύριο λόγο αποστραγγίζεται υπόγεια το σύστημα.

Σε ότι αφορά στην γενική υδρογεωλογική εικόνα του συστήματος διακρίνουμε:

Την υψηλή καρστική ζώνη η οποία περιλαμβάνει το καρστικό σύστημα Μιτικελίου και την βορειοδυτική του προέκταση που αποτελεί το καρστικό

σύστημα Βελλάς.

Στο καρστικό σύστημα Μιτωκελίου το επίπεδο εκφόρτισης (ή τοπικό επίπεδο βάσης καρστοποίησης) διαμορφώνει η στάθμη της Λίμνης Ιωαννίνων (469 μ.) και γενικότερα το επίπεδο ανάπτυξης των τεταρτογενών αποθέσεων που πληρώνουν την τεκτονοκαρστική κοιλότητα (πόλγη) Ιωαννίνων (460 - 470). Στο επίπεδο αυτό εκφορτίζεται το καρστικό σύστημα Μιτωκελίου δηλαδή καρστικές περιοχές με υψόμετρα μεγαλύτερα των 460 μέτρων. Στο ίδιο επίπεδο εκφορτίζονται και οι ασβεστολιθικοί λόφοι Λαψίστας - Ελεούσας που υψώνονται στην αξονική περιοχή της πόλης εντός των αλλουβίων.

Στο καρστικό σύστημα Βελλάς το επίπεδο εκφόρτισης καθορίζει η επαφή ασβεστόλιθων - φλύσχη στην περιοχή της πηγής Μονής Βελά και η επαφή ασβεστόλιθοι-τεταρτογενείς αποθέσεις Καλαμά. Το επίπεδο αυτό βρίσκεται σε υψόμετρα από 400-420 μέτρα στο οποίο και εμφανίζονται οι κύριες καρστικές (Μονή Βελάς, Μαυρονερι, Χρυσοράχη και Μύλος).

Την χαμηλή ζώνη η οποία περιλαμβάνει όλες τις ασβεστολιθικές περιοχές που διατάσσονται περιμετρικά του Λεκανοπέδιου Ιωαννίνων από την κοίτη του Άραχθου ανατολικά - στην κοίτη του Λούρου νότια - έως την κοίτη του Καλαμά δυτικά. Τα επίπεδα εκφόρτισης αυτής της ζώνης αποτελούν το γενικό επίπεδο βάσης της καρστικοποίησης του συστήματος και διαμορφώνεται: δυτικά από την κοίτη του Καλαμά και του παραπόταμου του Βελτίτσικου (γενικά υψόμετρο από 340-370 μ.).

νότια από την κοίτη του Λούρου και το επίπεδο ανάβλυσης των μεγάλων καρστικών πηγών του Εμίν Αγά, Βηρός, Μουσιώτισσα και πιθανά πηγή Βαθύ). Τα υψόμετρα ανάβλυσης αυτών των πηγών είναι αντίστοιχα (310, 276, 244 και 130).

ανατολικά από την κοίτη του Αράχθου και το υψόμετρο ανάβλυσης της καρστικής πηγής Κλίφκης (360 περίπου μέτρα.)

Στην χαμηλή αυτή ζώνη εντάσσεται και η ενότητα των υλικών πλήρωσης της πόλης των Ιωαννίνων. Πρόκειται για κλαστικά ιζημάτα λιμναίας και χερσαίας φύσης που αποτέθηκαν την νεογενή και τεταρτογενή περίοδο. Γενικά η ενότητα συμπεριφέρεται ως ενότητα μειωμένης περατότητας. Η επαλληλία αργιλομαργαικών στρώσεων με άμμους και χαλίκια δημιουργεί επαλληλία υδροφόρων στην κατακόρυφη διάσταση (και δυνατότητα ανάπτυξης υδροφόρων υπό πίεση. Το πάχος των ιζημάτων στις αξονικές περιοχές κυμαίνεται από 100-300 μέτρα μειούμενο σταδιακά προς τα περιθώρια της πόλης. Η ενότητα δέχεται πλευρική τροφοδοσία από την υψηλή ζώνη του Μιτωκελίου και δυτικά τροφοδοτεί υπόγεια την χαμηλή καρστική ζώνη του καρστικού συστήματος Κληματιάς.

Αναλυτικότερα σύμφωνα με την τελευταία υδρογεωλογική μελέτη του ΙΓΜΕ (2010) το καρστικό σύστημα Ιωαννίνων περιλαμβάνει τα υποσυστήματα:

Καρστικό υποσύστημα Μιτσικελίου

Περιλαμβάνει την υψηλή ζώνη, περιοχές με υψόμετρα από 470 μ. (στάθμη λίμνης) μέχρι 1.810 μ. (κορυφή Μιτσικελίου). Η γεωμετρία της υδρογεωλογικής λεκάνης αυτής της ενότητας είναι συνυφασμένη με την ποσειογεωγραφική εξέλιξη και την ιζηματογένεση της πόλης των Ιωαννίνων. Με αυτό το σκεπτικό η εκάστοτε άνοδος του επιπέδου της πόλης από την πλήρωση της με κλαστικά ιζήματα (μειωμένη περατότητα) διαμορφώνει και τα αντίστοιχα επίπεδα βάσης της καρστικοποίησης στο Μιτσικέλι. Το παραπάνω δικαιολογεί την ύπαρξη υδροφορίας σε πολύ χαμηλότερα από το σημερινό επίπεδο αναφοράς. Αυτό διαμορφώνει η μέση στάθμη της Παμβώτιδας και οι πηγές Σαντινίκου, Κρύα, Τούμπα. Παρουσιάζει κλίση προς τα ΒΔ της τάξης του 0,3 ο/οο δηλαδή από την περιοχή της λίμνης (459 μ.) προς την πηγή Τούμπα (465 μ.). Γενικά μπορούμε να δεχτούμε πως η πόλη αποτελεί το επίπεδο αναφοράς χωρίς αυτό να αποκλείει την πιθανότητα η κάθε πηγή να διαμορφώνει ένα δικό της τοπικό επίπεδο.

Οι κυριότερες πηγές του υποσυστήματος είναι:

Η πηγή (Εσταβέλλα) Δραμπάτοβα: Αναβλύζει σε υψόμετρο 469,7 στην βορειοανατολική όχθη της Λίμνης και πρόκειται για Εσταβέλλα δεδομένου ότι λειτουργεί πότε σαν πηγή και πότε σαν καταβόθρα. Από το 1981 παρακολουθούμε την διαίτα της και προέκυψε ότι μέχρι σήμερα λειτουργούσε στο μεγαλύτερο διάστημα του υδρολογικού κύκλου σαν πηγή και το μικρότερο διάστημα σαν καταβόθρα που παροχέτευε τα νερά της Λίμνης στον καρστικό υδροφόρο. Ο λόγος της λειτουργίας σαν πηγή και σαν καταβόθρα ήταν 5: 1 και μετατράπηκε σε 1: 1 (στην περίοδο 84-88) σε 2 : 5 (την περίοδο 88-90). Από το 1990 μέχρι το 2004 λειτούργησε σαν καταβόθρα πλην ελάχιστων χρονικών διαστημάτων των πόλη υψηλών στάθμεων. Από το 2004 έως σήμερα άρχισε να διαφαίνεται μια επαναφορά στο καθεστώς της περιόδου 84-88.

Η πηγή Αμφιθέας (Κιόσκι ΠΙ0 Α και Β): Σε απόσταση 150 μέτρων Β Δ της Δραμπάτοβας και σε υψόμετρο 469,7 μ. αναβλύζουν οι πηγές Κιόσκι οι οποίες παλαιότερα τροφοδοτούσαν την Παμβώτιδα λίμνη. Σε ότι αφορά στην διαίτα των πηγών παρατηρούμε μεγάλες διακυμάνσεις τέτοιες που σε περιόδους παρατεταμένης ανομβρίας (π.χ. 1989-90) επέρχεται στείρευση τους. Η μέση παροχή των πηγών είναι της τάξης των $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ ή $2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$.

Η πηγή Σαντινίκου (Πέραμα): Αναβλύζει στην ελώδη παραλίμνια περιοχή του Περάματος στην επαφή κορημάτων και αργιλοτορφώνων. Το μέσο απόλυτο υψόμετρο στάθμης του

νερού της πηγής κυμαίνεται από 469,10-472,8 πράγμα που φανερώνει την διακύμανση της στάθμης του καρστικού υδροφόρου. Τα κύρια σημεία ανάβλυσης χαρακτηρίζονται σαν πηγές ψευδοβωκλουζίου τύπου. Τον κύριο υδροφορέα αποτελούν οι Ηωκαινικοί και Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι και με βάση την ισοτοπική έρευνα που πραγματοποιήσαμε στην τροφοδοσία της πηγής συμμετέχουν τα μεγαλύτερα υψόμετρα του Μιτσικελίου (1.800 μέτρα). Οι μέγιστες ετήσιες παροχές της πηγής κυμαίνονται από $0,146-1\text{m}^3/\text{s}$ και κατανέμονται στα διαστήματα Φεβρουάριος - Απρίλιος αντιστοιχούν δε στο 35% της συνολικής ετήσιας απορροής. Οι ελάχιστες παροχές κυμαίνονται από $0,04 - 0,1 \text{m}^3/\text{s}$ και οι μέσες από $0,11 - 0,48\text{m}^3/\text{s}$. Η θερμοκρασία του νερού της πηγής κυμαίνεται μεταξύ 11 και 13°C και είναι παραπλήσια αυτής των προαναφερομένων πηγών. Παραπλήσιος είναι και ο χημισμός του νερού των πηγών Σαντινίκου, Κιοσκή και Ντραμπάτοβας. Το κύριο χαρακτηριστικό είναι η παρουσία ιόντων χλωρίου και νατρίου σε αυξημένες για την περιοχή τιμές (Cl από 50-250 ppm και Na από 30-150 ppm). Οι μεγάλες τιμές Cl και Na οφείλονται πιθανότατα στην διαπυρική άνοδο εβαποριτικού σώματος μέσω ρηγμάτων στον αντικλινικό πυρήνα του Μιτσικελίου.

Η υδροχημική συγγένεια, το απόλυτο υψόμετρο αλλά και ο πανομοιότυπος τρόπος ανάβλυσης των πηγών φανερώνουν ότι οι τρεις πηγές πιθανότατα αποτελούν εκφορτίσεις του ίδιου υδροφόρου, ο οποίος παλαιότερα αποτελούσε και την κύρια τροφοδοσία της λίμνης με πηγαίο νερό. Η κατασκευή του αργλικού αναχώματος το 1974 κατά μήκος της ΒΑ όχθης της λίμνης από Αμφιθέα έως Πέραμα απέκοψε από την λίμνη τις πηγές Κιοσκή και Σαντινίκου το νερό των οποίων σήμερα ρέει στην τάφρο Λαψίστας και στη συνέχεια στον Καλαμά. Η περιοχή τροφοδοσίας των πηγών εκτιμάται στα 30km^2 και περιλαμβάνει το νοτιοδυτικό τμήμα του Μιτσικελίου το υπερυψούμενο της λίμνης των Ιωαννίνων.

Η πηγή Κρύας: Αναβλύζει σε υψόμετρο 469,73 στην επαφή κορημάτων και αργλωδών αποθέσεων της πόλγης. Η ανάβλυση, όπως και στην πηγή Σαντινίκου, δεν είναι σημειακή αλλά διάσπαρτη σε ένα μέτωπο ακτίνας περίπου 50 μέτρων. Τα κύρια σημεία ανάβλυσης είναι τρία αλλά εκτός αυτών υπάρχει ένα πλήθος άλλων αναβλύσεων είτε υπό μορφή ανοδικών πηγών στην κοίτη των υδρορευμάτων που σχηματίζουν οι κύριες αναβλύσεις είτε υπό μορφή διάχυτων εκφορτίσεων. Ως προς τον μηχανισμό λειτουργίας της η πηγή στο σύνολο της μπορεί να χαρακτηριστεί ως πηγή επαφής και εκχείλισης. Από γεωτρητική έρευνα που έγινε στην περιοχή των εκφορτίσεων, προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι υδρευτικές ανάγκες της πόλης των Ιωαννίνων, φάνηκε ότι το καρστικό υπόβαθρο παρουσιάζει μια ταπείνωση η οποία είναι πληρωμένη με κορήματα και αργίλους όπως φαίνεται και στην αντίστοιχη σχηματική τομή. Η μέση παροχή της πηγής είναι $0,39\text{m}^3/\text{s}$ και η μέση θερμοκρασία της

13°C. Η περιοχή τροφοδοσίας της είναι περίπου 30km² και καταλαμβάνει το κεντρικό τμήμα του Μιτωκελίου (Αγία Παρασκευή).

Η πηγή Τούμπα: Η πηγή (λίμνη) Τούμπας αναβλύζει στην αζονική περιοχή της λεκάνης καπάνη του οικισμού Περιβλεπτος σε υψόμετρο 465,6 μέτρων. Στο σημείο ανάβλυσης σχηματίζεται λίμνη περίπου 30 στρεμμάτων και μεγίστου βάθους περίπου 15 μέτρων. Η περιοχή της λίμνης καλύπτεται από τυρφώνες και τυρφώδεις μάργες πάχους περίπου 14 μέτρα (στην περίμετρο της λίμνης). Κάτω από αυτά τα ιζήματα αναπτύσσεται μια μικτή φάση από λιμναία ιζήματα και χειμαρρώδεις προσχώσεις πάχους περίπου 10 μέτρων. Τα ημιπερατά αυτά ιζήματα επικάθηνται ενός στρώματος αργιλωδών αμμοχάλικων το οποίο αποτελεί υδροφόρο που τροφοδοτεί την πηγή. Το στρώμα αυτό έρχεται σε επαφή με τους ασβεστόλιθους του Μιτωκελίου και αποτελεί υπόλειμμα παλαιότερης λίμνης Λαψίστας η οποία καταλάμβανε έκταση 40 km² περίπου και η οποία αποξηράνθηκε. Η στάθμη της λίμνης των πηγών αντιπροσωπεύει την πιεζομετρική επιφάνεια του υδροφόρου πράγμα που σημαίνει ότι κάτω από αυτή βρίσκονται σημαντικά υδροαποθέματα. Η μέγιστη παροχή της πηγής είναι 1,22 m³/s και η ελάχιστη 0,14 m³/s. Η συνολική μέση ετήσια παροχή του εκχυλισματος είναι της τάξης των 16 Χ 10³ m³.

Η μέση υπερετήσια θερμοκρασία του νερού της λίμνης κυμαίνεται περίπου στους 13°C και παρουσιάζει διακυμάνσεις της τάξης των 4°C δεδομένου ότι γίνονται αισθητές οι αλλαγές των καιρικών συνθηκών. Περίπου 2km βόρεια της Τούμπας στα κράσπεδα της πόλης αναβλύζει η διαλείπουσας ροής πηγή Ασφάκα. Η περιοχή τροφοδοσίας των πηγών Τούμπας και Ασφάκας υπολογίζεται στα 40 km² περίπου.

Απολήψεις νερού από το καρστικό σύστημα Μιτωκελίου.

Σύμφωνα με το ΠΜΕ (2010) πό το καρστικό σύστημα Μιτωκελίου απολαμβάνονται σε ετήσια βάση:

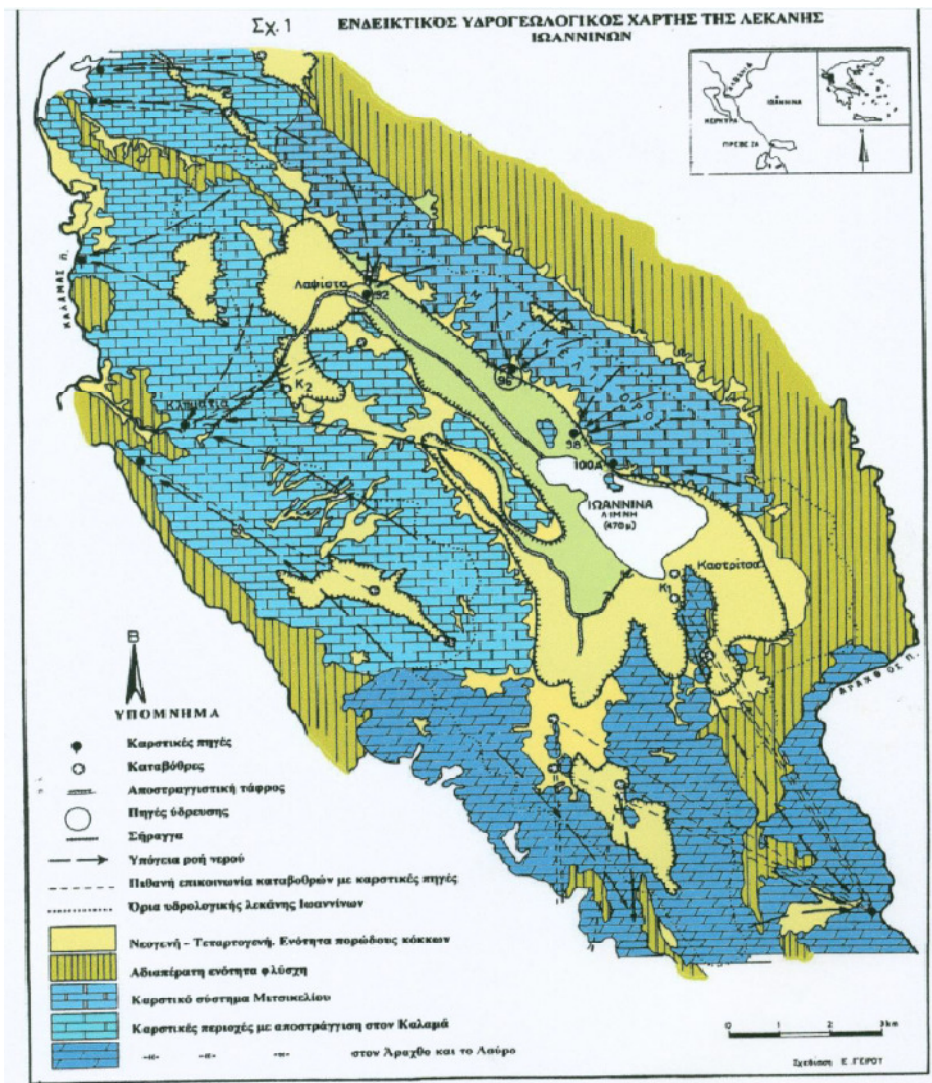
Για τις ανάγκες ύδρευσης της πόλης Ιωαννίνων απολαμβάνονται ετησίως από τον υδροφόρο της πηγής Κρύας (γεωτρήσεις Δ.Ε.Υ.Α.Ι) περίπου 10,03Χ10⁶ m³ νερού.

Από τον υδροφόρο της πηγής Τούμπα (γεωτρήσεις του Σ.Υ.Δ.Κ.Λ.Ι) αντλούνται 5Χ10⁶ m³ νερού από τις. για την ύδρευση των δήμων και των κοινοτήτων του λεκανοπεδίου.

Επίσης από όλο το σύστημα απολαμβάνονται:

Για τις ανάγκες των εμφιαλωτηρίων νερού Η.Β.Ε. Α.Ε.(Βίκος)και ΧΗΤΟΣ ΑΒΕΕ(Ζαγόρι) σύμφωνα με τις σχετικές άδειες χρήσης νερού περίπου 1,2Χ10⁶ m³ νερού. Για άλλες ανάγκες ύδρευσης και άρδευσης εκτιμάτε επίσης ότι απολαμβάνονται περίπου 0,8Χ10⁶ m³ νερού. Οι συνολικές επομένως ετήσιες

απολήψεις από το σύστημα είναι της τάξης των $17 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού γεγονός που έχει κρίνει σκόπιμη την εκπόνηση μια ολοκληρωμένης διαχειριστικής μελέτης.



Εικ. 6: Υδρογεωλογικός Χάρτης Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων (ΙΓΜΕ, 2010)



Εικ. 7: Θέση των Πηγών στο καρτικό σύστημα Μιτσικελίου (ΙΓΜΕ, 2010)



Εικ. 8: Θέση των Γεωτρήσεων στο καρτικό σύστημα Μιτσικελίου (ΙΓΜΕ, 2010)

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ / ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

**ΔΕΛΤΙΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ Ή ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ : ΗΠΕΙΡΟΥ (05)

Α. ΓΕΝΙΚΑ		Β. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ					
ΚΩΔΙΚΟΣ :GR0511		Έκταση (km ²) :802					
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ		Μήκος (km) :63					
ΔΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ : ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ, ΣΑΛΑΜΑ, ΑΡΑΧΘΟΥ, ΛΟΥΒΟΥ		Πλάτος (km) :25					
ΧΡΗΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗ, ΑΡΔΕΥΣΗ, ΕΜ+ΣΑΛΑΖΕΙΣ, ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ		Πύχος (m) :80					
Γ. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ		Δ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ					
Τύπος Υδροφόρου /Υδροφ. συστήματος :ΚΑΡΣΤΙΚΟΣ		Θέση/Κατάσταση Υδροφόρου :Ελεύθερος, τοπικά υπό πίεση					
Λιθολογική περιγραφή :ανθρακική σειρά της Ιονίου (ώνης):αβεστούλιθοι Παντοκρίτορα, αβεστούλιθοι Βίγλας, αβεστούλιθοι Ανώτερου Σεντινίου, αβεστούλιθοι Παλιοκράνου-Ηκκαίου.		Υπερκεμενος σχηματισμός :	Έκταση(km ²)				
		" χαμηλής περατότητας :	Πάχος(m)				
Ηλικία : ανώτερο τριτοδικό-ανώτερο Ηώκαιο.		Κύρια πηγή τροφοδοσίας : κατακρημνίσματα ,επιφανειακή απορροή ,μεταγγίσεις από άλλους υδροφορους.					
		Εκφόρση : πηγές, απολήψεις μεταγγίσεις σε άλλα συστήματα					
Ε. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ		Ζ. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ					
Υδροστατική στάθμη :	Μέσο υψόμετρο(m):	Περατότητα (k) : 9,7X10 ⁻⁴ - 3,25X10 ⁻² m/sec					
	Μέσο βάθος (m):						
	Ετήσιο εύρος διακύμανσης (m):						
Ανανεώσιμα αποθέματα (m ³ /έτος):561		Αποθηκευτικότητα (S) : 1,5-6,29%					
Η. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ							
	Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη		Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη
Αγωγιμότητα (μS/cm) :	562	649	251	Διαλυμένο O ₂ (mg/l):			
pH :	8,0	8,5	7.5	Χλωριόντα (mg/l) :	23	179	<5,0
Ολική σκληρότητα (mg/l CaCO ₃)	197	237	143	Νιτρικά (mg/l) :	7,0	11.0	<5,0
Θερμοκρασία νερού (°C) :	12,4	15,2	10.0	Αμμωνιακά (mg/l) :	<0,26		
Θ. ΠΙΕΣΕΙΣ							
Βροχόπτωση (ετήσια):	Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη	Πηγές Ρύπανσης:			
	1360	1650	1085				
Υδροληψία (m ³ /έτος):60x10 ⁶				Διαχυτές	Αστική περιοχή	km ²	%
Τεχνητός Εμπλουτισμός : ΟΧΙ					Καλλιέργειες m ²		10
					Δάσος/Άγωνα m ²		86
				Σημειακές:			
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΟΣ : ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΥ							

Εικ. 9: Συνοπτικά Στοιχεία του Καρστικού Συστήματος Ιωαννίνων (ΓΓΜΕ, 2010)

Συνεπώς, στο παρελθόν, οι παροχές των πηγών Σεντινικού, Αμφιθέας κατέληγαν στη λίμνη ανανεώνοντας τα νερά της. Μετά την κατασκευή αργλικού αναχώματος περιμετρικά (1974), τα νερά οδηγούνται στην τάφρο της Λαψίστας αποστερώντας τη λίμνη από την ανανέωση που προσέφεραν (κυρίως την ξηρή

περίοδο). Σήμερα, γίνεται άντληση των νερών της πηγής, που δεν μπορούν να μπουν με φυσική ροή, και απελευθέρωσή τους στη λίμνη. Η περιοδικά λειτουργούσα ως καταβόθρα Ντραμπάντοβας, καθώς και οι καταβόθρες Καστρίτσας και η υπερχειλίση προς τη Λαψίστα αποστραγγίζουν την περίσσεια νερού της λίμνης. Σήμερα, η Ντραμπάντοβα έχει αποκλειστεί με χωμάτινο ανάχωμα λόγω λειψυδρίας.

Στο παρελθόν, έχουν εκφραστεί προτάσεις για την αποκατάσταση της κίνησης των νερών από τις πηγές βορειοανατολικά της λίμνης προς τη λίμνη Παμβώτιδα, όπως γινόταν πριν την κατασκευή του αναχώματος. Η περιορισμένη, έστω, ανανέωση των νερών θα ήταν ευεργετική, ιδίως αν τα νερά οδηγηθούν νοτιότερα και όχι δίπλα στην υπερχειλίση.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η ποσότητα του νερού της λίμνης επηρεάζεται άμεσα από δραστηριότητες όπου αντλούνται ποσότητες νερού από το σώμα της λίμνης, αλλά και έμμεσα από την υδρομάστευση των πηγών και των άλλων υδάτινων σωμάτων, των οποίων τα νερά θα τροφοδοτούσαν την λίμνη και θα συνέβαλλαν στην ανανέωση των υδάτων της (ΟΙΚΟΣ - Διαχείριση Φυσικού Περιβάλλοντος ΕΠΕ - ΛΔΚ, Σχέδιο Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων, Μάιος 2005).

Στην ποιότητα των νερών της λίμνης σημαντικό ρόλο παίζει η διαμόρφωση της λίμνης από υδρολογική άποψη και η σχέση επικοινωνίας που έχει με το υπόλοιπο λεκανοπέδιο των Ιωαννίνων, μια και αυτή η σχέση καθορίζει, τελικά, τις εισροές και τις εκροές προς και από τη λίμνη.

Έτσι, πριν την εφαρμογή των διαφόρων ανθρωπογενών επεμβάσεων, η λίμνη επαναφορτιζόταν από τις καρστικές πηγές (Στρούνι, Κρύα, Τούμπα) από το Μιτσικέλι και τις πηγές του Αγ. Ιωάννη και της Ασφάκας. Επίσης, η λίμνη Παμβώτιδα ήταν συνδεδεμένη υδρολογικά με τη λίμνη της Λαψίστας, που ήταν μια εκτεταμένη ρηχή λίμνη. Η τελευταία συνδεόταν με τεχνητό κανάλι με τον ποταμό Καλαμά όπου απορρέανε τα νερά της.

Όμως, λόγω της ανάγκης αύξησης του εδάφους για αγροτική παραγωγή στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων κατασκευάστηκε το ανάχωμα Πέραμα - Αμφιθέα - Ντραμπάντοβα, το οποίο συνέβαλλε στο να αποξηρανθούν περίπου 600 στρέμματα καλλιεργήσιμης γης, να αποκοπεί η σύνδεση της λίμνης από τις πηγές της περιοχής του Μιτσικελίου, οι οποίες ρέουν πλέον περιμετρικά του αναχώματος προς την τάφρο της Λαψίστας και από εκεί στον ποταμό Καλαμά. Επιπλέον, με τον αργλικό πυρήνα που διαμορφώθηκε στο εσωτερικό του αναχώματος μειώθηκε ή αποκόπηκε εντελώς η τροφοδοσία από τις πηγές με αποτέλεσμα να εξαφανιστούν χαρακτηριστικά φαινόμενα που παρουσιάζονταν στις θέσεις αυτές, όπως η ανάβλυση φυσαλίδων (Ηπειρος Α.Ε., 1992).

4. Η Βιολογική Εξέλιξη της Λίμνης Παμβώτιδας

Στην ιστορική εξέλιξη της λίμνης Παμβώτιδας μπορούμε να διακρίνουμε δύο μεγάλες βιολογικές φάσεις (ΔΕΛΙ, 1995), οι οποίες αναφέρονται παρακάτω:

1. Η πρώτη φάση φτάνει μέχρι τις αρχές του αιώνα και είναι περίοδος χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα για τη λίμνη.
2. Η δεύτερη εκτείνεται από τις αρχές του αιώνα μέχρι σήμερα, είναι περίοδος παρεμβάσεων του ανθρώπου στη λίμνη με όλες τις συνέπειες που αυτές προκάλεσαν και προκαλούν.

Τη δεύτερη βιολογική φάση μπορούμε να τη χωρίσουμε σε τέσσερις επιμέρους περιόδους:

Στην πρώτη περίοδο, από τις αρχές του αιώνα μέχρι το 1960, ο κύριος στόχος ήταν η ικανοποίηση των άμεσων αναγκών της κοινωνίας, όπως αλιεία, κυνήγι, άρδευση. Οι τεχνικές γνώσεις και οι δυνατότητες της εποχής δεν επέτρεπαν ριζικές αλλαγές στο οικοσύστημα, με αποτέλεσμα να διατηρείται η καθαρότητα και η αισθητική του.

Η δεύτερη περίοδος, 1960-1980, είναι εποχή γενικότερης ανάπτυξης της χώρας, μετά τη δοκιμασία του Β' Παγκοσμίου και του Εμφυλίου πολέμου. Την περίοδο αυτή αναπτύσσεται ένα ολοκληρωμένο σχέδιο, με στόχο την ανάπτυξη της γεωργίας και της κτηνοτροφίας στην περιοχή του λεκανοπεδίου των Ιωαννίνων, χωρίς δυστυχώς να λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές συνέπειες. Το σχέδιο αυτό αναλυτικότερα περιελάμβανε:

- Την αποξήρανση της Λαψίστας και την απόδοση της γης στη γεωργία.
- Τη βελτίωση των εδαφών σε παραδοσιακά βαλτώδεις περιοχές, όπως η Λαψίστα, η Καστρίτσα, η Μπάφρα, κ.α., καθώς και άλλες παρόχθιες περιοχές της λίμνης.
- Την άρδευση των εκτάσεων από τη λίμνη.

Παράλληλα, η γενικότερη οικονομική ανάπτυξη της περιοχής είχε ως απόρροια την αύξηση του πληθυσμού της πόλης και των οικονομικών δραστηριοτήτων.

Φυσικά η κοινωνία ωφελήθηκε από το σύνολο των παρεμβάσεων, χωρίς όμως να αποφύγει το περιβαλλοντικό τίμημα. Τα αρνητικά αποτελέσματα της γενικότερης αναπτυξιακής πολιτικής στην περιοχή δεν άργησαν να φανούν και μάλιστα με ιδιαίτερη ένταση στη λίμνη.

Τα διαχειριστικά σχέδια στο παραλίμνιο και η αποξήρανση περιοχών όπως η

Λαψίστα, είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση της έκτασης και του όγκου του νερού της λίμνης.

Επίσης, περιοχές όπου παραδοσιακά έβρισκαν καταφύγιο και χώρο αναπαραγωγής τα διάφορα είδη πανίδας, καταστράφηκαν ή αλλοιώθηκαν με αποτέλεσμα να γίνει προβληματική και η ίδια η φυσική αναπαραγωγή των ψαριών. Πολλά είδη έπαψαν να επισκέπτονται τη λίμνη, ενώ είδη που χαρακτήριζαν το τότε οικοσύστημα, όπως το χέλι, η μαρίτσα και η караβίδα, περιορίστηκαν σε μεγάλο βαθμό ή εξαφανίστηκαν.

Τέλος η ρύπανση εμφανίζεται με έντονα συμπτώματα ευτροφισμού, ενώ ανησυχητικά είναι τα επίπεδα μετρήσεων σε ορισμένα τοξικά μέταλλα, όπως ο μόλυβδος.

Η τρίτη περίοδος, 1980-1985, είναι περίοδος, που αρχίζει η τοπική κοινωνία να συνειδητοποιεί την ύπαρξη των προβλημάτων και να αναζητεί άμεσες λύσεις. Στην εν λόγω περίοδο και στα πλαίσια αυτού του προβληματισμού εντάσσεται η κατασκευή του βιολογικού καθαρισμού της πόλης, καθώς και η δημιουργία διαφόρων οργανισμών και φορέων για την εξυγίανση της λίμνης.

Τίθεται λοιπόν η έννοια του διαχειριστικού σχεδίου, καθώς καθίσταται πλέον φανερό ότι τα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί δεν προέρχονται από μια μόνο κατεύθυνση, αλλά είναι προϊόν συνδυασμού και άθροισης των παρεμβάσεων που δέχεται το οικοσύστημα από τη γεωργία, την αλιεία και τη ρύπανση από τις βιομηχανίες και την πόλη, χωρίς να εξαιρεθεί βέβαια και τη φυσική γήρανση του οικοσυστήματος.

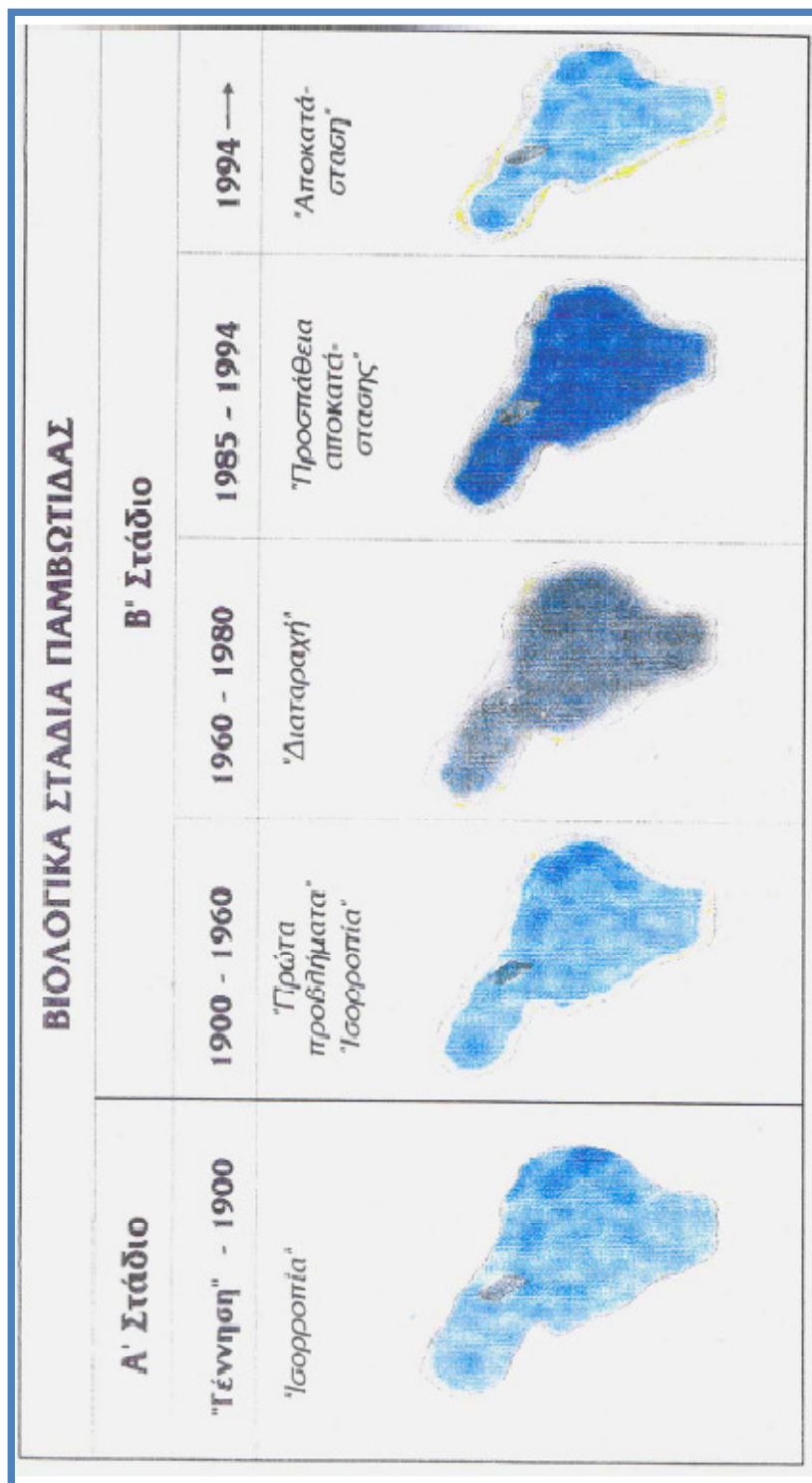
Η τέταρτη περίοδος, από το 1985 μέχρι και σήμερα, είναι μια περίοδος υλοποίησης των έργων που αποφασίστηκαν και των πρώτων θετικών αποτελεσμάτων, που απορρέουν. Τα κυριότερα από αυτά συνοψίζονται στα εξής:

Η λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού από το 1992 συνέβαλε στη μείωση των οργανικών φορτίων που έφθαναν στη λίμνη από τις παράνομες συνδέσεις.

Το κλείσιμο των δημοτικών σφαγείων έθεσε τέρμα στην ανεξέλεγκτη απόρριψη ρύπων στη λίμνη.

Η περιοδική κοπή μέρους του καλάμωνα, έστω και με τον ευκαιριακό τρόπο που έγινε συνέβαλε στη μερική αποσυμφόρση του.

Η εφαρμογή προγραμμάτων εμπλουτισμού, είχε ως στόχο τη βελτίωση των βιολογικών και φυσικοχημικών δεικτών της λίμνης και την αύξηση της ιχθυοπαραγωγής.



Εικ. 10: Τα Βιολογικά Στάδια της Λίμνης Ιωαννίνων (ΔΕΛΙ,1995)

1959	Αποξήρανση της Λίμνης Λαψίστας, κατασκευή της σήραγγας (5km), με αφετηρία το τέλος της τάφρου Λαψίστας. Απόδοση της Γης στη γεωργία.
1960	Έναρξη εντατικής γεωργίας στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις της Λεκάνης απορροής και ανάπτυξης αστικού Ιστού στην πόλη των Ιωαννίνων προς το μέρος της νότιας όχθης της Λίμνης.
1974	Κατασκευή αναχωμάτων στην Βόρεια Βορειοδυτική πλευρά της Λίμνης με αποτέλεσμα την τροποποίηση της υδραυλικής σύνδεσης μεταξύ της Λίμνης και του Καρστού υδροφορέα.
1970 – 1980	Έργα Υποδομής στην Περιοχή της Λίμνης (οδικό δίκτυο κατά μήκος της όχθης της Λίμνης, μικρό Λιμάνι, Εγκαταστάσεις ναυσιπλοΐας, έναρξη περιοδικών μετρήσεων ποιότητας υδάτων της Λίμνης) σε οριοθετημένες θέσεις δειγματοληψίας.
1986	Σημαντικός σταθμός στην πορεία κλάδου της Αλιείας στην Λίμνη υπήρξε η ίδρυση της Δ.Ε.Λ.Ι.. Η Δ.Ε.Λ.Ι. λειτουργούσε ιχθυογεννητικό σταθμός παραγωγής γόνου κυρπίνου και άλλων αλλόχθονων ειδών, προκειμένου να ελέγξει την υπερβολική υδρόβια βλάστηση αλλά και να στηρίξει την τοπική Αλιεία. Εφάρμοσε πρόγραμμα εμπλουτισμού μια φορά το χρόνο.
1990	Μέχρι το 1990 τα υγρά αστικά απόβλητα απορρίπτονταν απευθείας στη Λίμνη. Το 1990, το κλείσιμο των δημοτικών σφαγείων που βρισκόταν στην νότια, νοτιοανατολική περιοχή της Λίμνης έθεσε τέρμα στην ανεξέλεγκτη απόρριψη ρύπων στη Λίμνη.
1992	Έναρξη λειτουργίας της Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων με αποδέκτη την τάφρο Λαψίστας. Περαιτέρω ανάπτυξη του αστικού ιστού. Δραματική μείωση και των ενδημικών ειδών Τυλινάρι, Μαρίτσι και Τσίμα.
1992 – Σήμερα	Συνδέσεις Δικτύων Αποχέτευσης και Επεξεργασίας Λυμάτων. Μετατροπή του μεγαλύτερου τμήματος της παράκτιας ζώνης σε αστική περιοχή.
2003	Ένταξη της περιοχής της Λίμνης Παμβώτιδας στη Λίστα στο δίκτυο Προστατευόμενων Περιοχών του Δικτύου Natura 2000.

Πίνακας:1 Πρόσφατα Ιστορικά Δεδομένα που επέδρασαν στη Μεταβολή της Ποιότητας του Νερού στη λίμνη Παμβώτιδα (Papastergiadou 2010)

5. Τα Εδάφη της Περιοχής Μελέτης

5.1 Οι Χρήσεις Γης

Η περιοχή της Λεκάνης απορροής της Λίμνης Παμβώτιδας έχει υποστεί σημαντική γεωργική, βιομηχανική και αστική ανάπτυξη κατά τα τελευταία 40 χρόνια και είναι οι κυριότερες αιτίες για τον ευτροφικό της χαρακτήρα.

Πρόσφατη μελέτη των Πανεπιστημιακών Ιδρυμάτων Πατρών & Ιωαννίνων αποτιμά τις μεταβολές των χρήσεων γης τα τελευταία 60 χρόνια με χρήση αεροφωτογραφιών του Υπουργείου Γεωργία και της ΓΥΣ (195-2002) . Σύμφωνα με τα στοιχεία της έρευνας η έκταση της γης που χρησιμοποιείται για γεωργική καλλιέργεια επεκτάθηκε σημαντικά, κυρίως στις πρώην περιοχές των υγρών λιβαδιών. Οι εκτάσεις των υγρών λειμώνων μαζί με τις χορτολιβαδικές εκτάσεις που χρησιμοποιούνταν ως βοσκότοποι μειώθηκαν. Ένα σημαντικό μέρος αυτών των οικοτόπων, στην περίμετρο της λίμνης, έχουν αποξηρανθεί και χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την αστική επέκταση της πόλης των Ιωαννίνων. Η πίεση αυτή, στην πραγματικότητα, συνεχίζεται ακόμη και σήμερα και η συγκεκριμένη περιοχή είναι ακόμη υπό ανάπτυξη ως υποδοχέας εγκαταστάσεων αναψυχής (π.χ νέες ξενοδοχειακές μονάδες, πάρκα, κέντρα διασκέδασης και ψυχαγωγίας, υποδομές κοινής ωφελείας κλπ.) και δραστηριοτήτων της γεωργίας.

Η μεταβολή των χρήσεων γης της περιοχής κατά την περίοδο 1945-1960 είναι σημαντική δεδομένου ότι η έκταση πολλών υγροβιοτόπων μειώθηκε (57,8%) ιδιαίτερα σε περιμετρικές ζώνες της λίμνης. Επιπλέον, την ίδια περίοδο, οι αστικές ζώνες αυξήθηκαν κατά 216,4% με επακόλουθο και την δημιουργία οδικού δικτύου, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της παρόχθιας ζώνης (Λόχμες 38,7%) με αύξηση των καλαμιώνων (επέκταση +17,2%) κύρια ως αποτέλεσμα της εισροής θρεπτικών ουσιών στη λίμνη και πτώση της στάθμης του νερού. Στις αρχές της δεκαετίας του '90 διάφορα μέτρα διαχείρισης της λίμνης (μηχανικός έλεγχος του καλαμιώνα) είχε σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της ζώνης εξάπλωσης του (16,7%)-περίοδος 1984-2002-και τη δημιουργία μικρών ρηχών λιμνών στη παραλίμνια ζώνη έξω από τους πυκνούς καλαμιώνες. Τέλος, σήμερα οι εκτάσεις των υγρών λειμώνων μαζί με τις χορτολιβαδικές εκτάσεις στην παράκτια ζώνη έχουν εξαφανισθεί.

	Μεταβολές (%)			
	1945-1960	1960-1984	1984-2002	1945-2002
Αρόσμη Γη	0,1	-4,4	0,0	-4,3
Αγροάπαιυση		-21,3	-100,0	
Σκληροφυτική Βλάστηση	0,4	0,6	0,5	1,5
Λίμνες, Αποταμιευτήρες & Αντιπλημμυρικές Ζώνες	-3,0	-1,0	3,4	-0,7
Βοσκότοποι	-57,8	-76,0	-100,0	-100,0
Καλλιεργούμενες Εκτάσεις	9,3	2,1	-7,0	3,9
Καλαμιώνες	17,2	4,0	-16,7	1,5
Αστικές Ζώνες	216,4	-0,7	7,9	239,0
Θαμινότοποι	38,7	-71,4	-100,0	-100,0
Λοιπές Οικιστικές περιοχές	32,3	78,0	20,3	183,2

Πίνακας. 1: Μεταβολές Χρήσεων γης/Κάλυψη Γης την Περίοδο 1945-2002

Η κατανομή της συνολικής έκτασης των εδαφών της περιμετρικής της λίμνης περιοχής προκύπτει από τη διαχρονική μελέτη των δεδομένων του Corine Land Cover για τη χρονική περίοδο 1990-2006.

Κάλυψη Γης	1990	2000	2006	%
Γεωργικές εκτάσεις	140.335	124.203	124.246	38,1
Βοσκότοποι	127.225	106.799	106.728	32,7
Δασικές εκτάσεις	26.797	41.609	41.493	12,7
Οικιστικός ιστός	6.994	22.268	22.322	6,8
Βιομηχανικές / εμπορικές ζώνες	923	4.378	4.378	1,3
Συλλογές υδάτων	19.150	23.502	23.517	7,2
Λατομικές ζώνες	144	3.205	3.219	1,0
Λοιπές εκτάσεις	4.397	1	62	0,0
Σύνολο	325.965	325.965	325.965	100

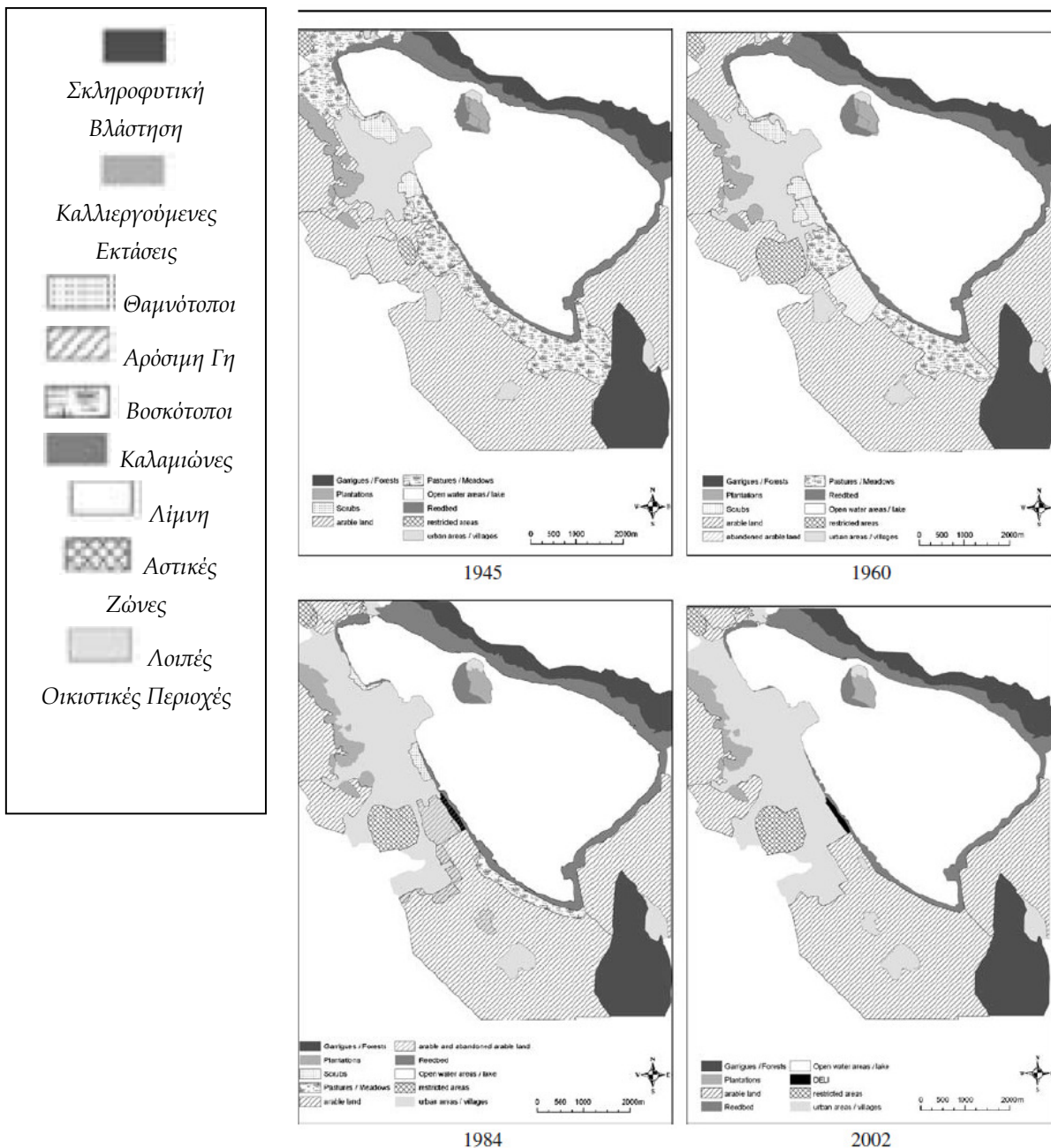
Πίνακας. 2: Κάλυψη Γης στην Περιοχή Μελέτης (Κλ.Λεκάνη Ιωαννίνων)

- Μονάδες σε στρ.

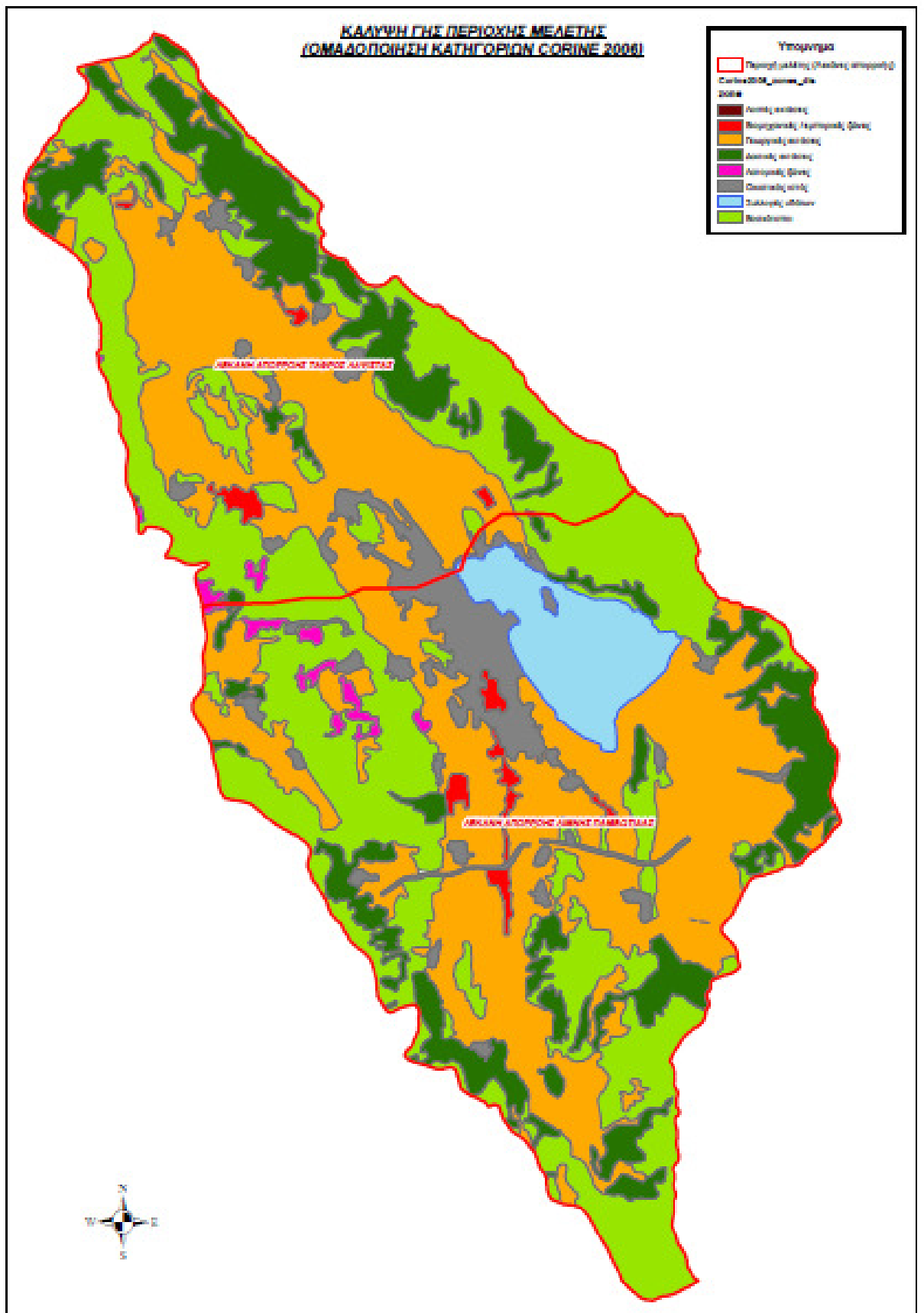
Κάλυψη Γης	1990	2000	2006	%
Γεωργικές εκτάσεις	92.419	79.934	79.934	39,4
Βοσκότοποι	105.556	76.070	76.070	37,5
Δασικές εκτάσεις	2.721	34.774	34.774	17,1
Οικιστικός ιστός	1.665	8.516	8.516	4,2
Βιομηχανικές / εμπορικές ζώνες	246	2.338	2.338	1,2
Συλλογές υδάτων	101	59	59	0,0
Λατομικές ζώνες		1.112	1.112	0,5
Λοιπές εκτάσεις	114	19	19	0,0
Σύνολο	202.822	202.822	202.822	100,0

Πίνακας. 3: Κάλυψη Γης στην περιοχή της Υδρολογικής Λεκάνης Λαφιστας

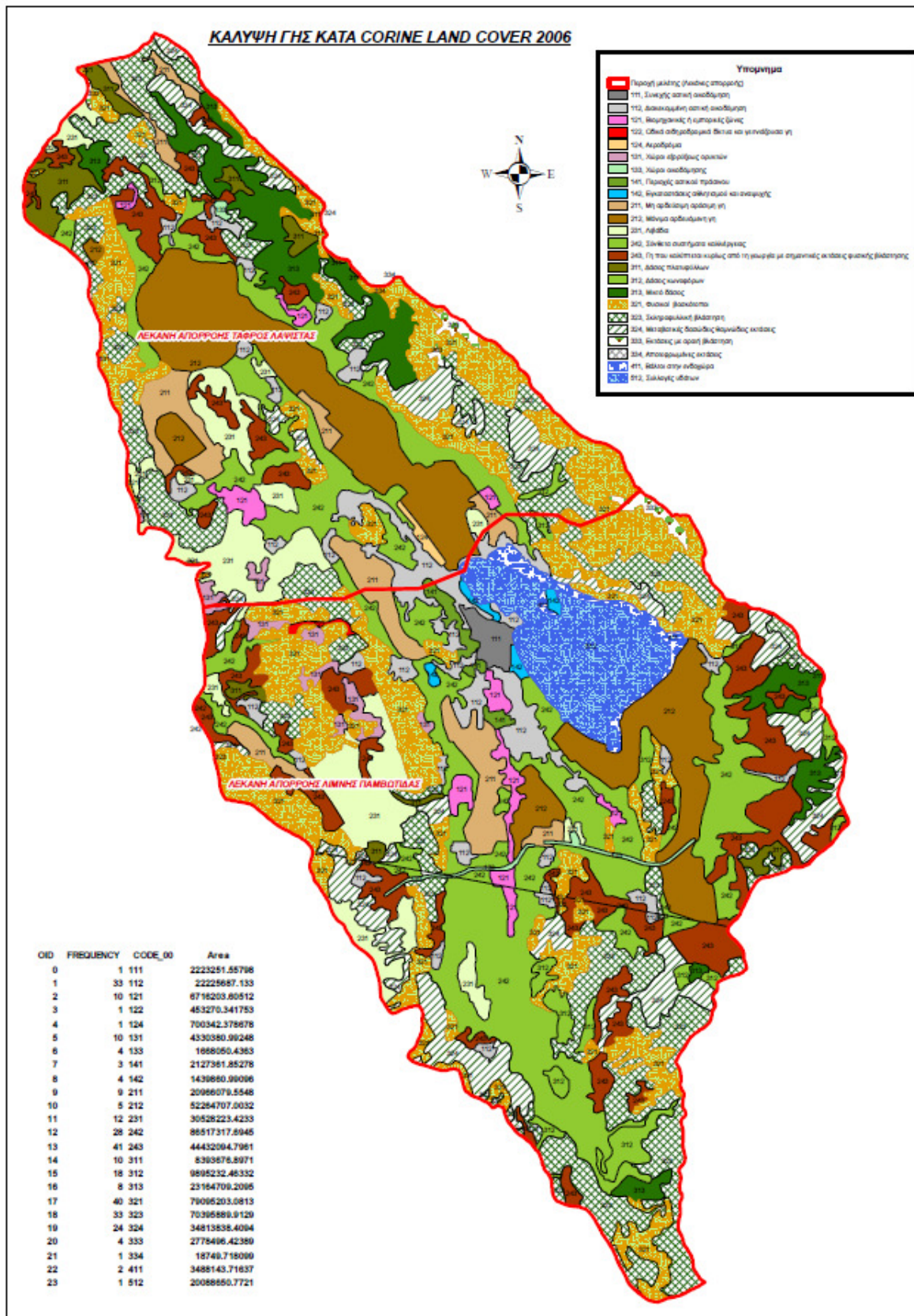
Από τα παραπάνω στοιχεία γίνεται φανερό ότι κυρίαρχη χρήση, τόσο στην εγγύτερη όσο και στην ευρύτερη περιοχή, είναι η γεωργικές εκτάσεις που πλησιάζουν το 40%, παρά τη σημαντική μείωση που παρουσιάζουν από το 1981. Η μείωση αυτή οφείλεται σε εκτάσεις που τέθηκαν σε αγρανάπαυση και στην αύξηση της οικιστικής έκτασης. Ακολουθούν με παραπλήσια ποσοστά οι Βοσκότοποι, οι οποίοι στην πλειονότητά τους είναι δημόσιοι. Σε αυτή τη δεκαεπενταετία σημαντική ήταν η κατάληψη εκτάσεων για οικιστική χρήση και για τη δημιουργία βιομηχανικών/εμπορικών ζωνών.



Εικ. 11: Χρήσεις Γης/Κάλυψη Γης για την περίοδο 1945-2002 (Papastergiadou, 2010)



Εικ. 12: Ομαδοποίηση κατηγοριών Κάλυψη Γης-Corine Land Cover 2006



Εικ. 13: Κάλυψη Γης της Περιοχής Μελέτης-Corine Land Cover 2006

5.2 Είδη καλλιεργειών

Τα κύρια είδη καλλιεργειών στην περιοχή μελέτης είναι τα κηπευτικά, οι αροτραίες καλλιέργειες, οι δενδρώδεις καλλιέργειες και τα αμπέλια.

Από τις προαναφερόμενες καλλιέργειες σημαντικές απαιτήσεις σε νερό έχουν τα κηπευτικά και οι αροτραίες καλλιέργειες. Αντίθετα, στις εκτάσεις δενδρωδών καλλιεργειών και αμπελιών η άρδευση είναι περιορισμένη.

Σύμφωνα με τα Δελτία Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας Δήμων και Δημοτικών Διαμερισμάτων έτους 2008 της ΕΛ.ΣΤΑΤ, η γεωργική έκταση της περιοχής μελέτης υπολογίζεται σε 275.116 στρέμματα. Η κατανομή των καλλιεργειών, κατά βασικές ομάδες, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

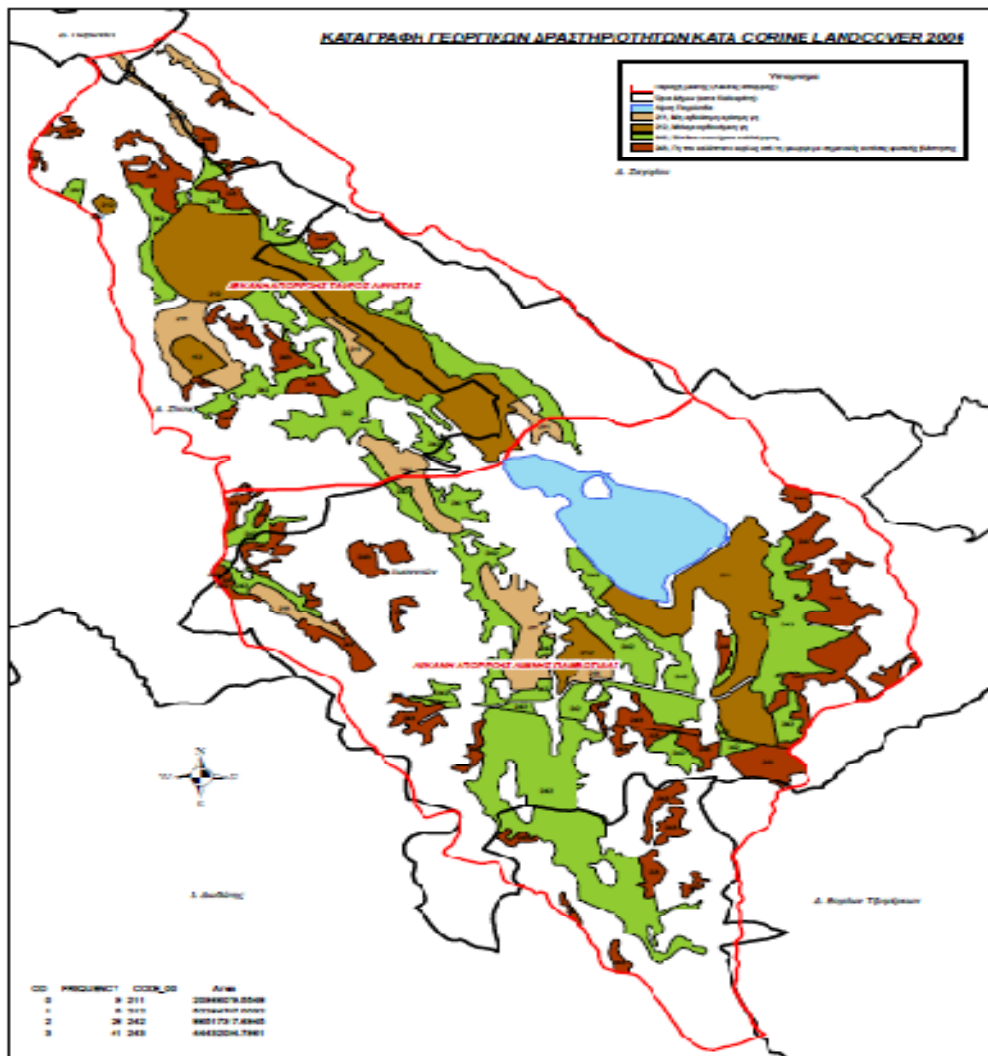
	Καλλιέργειες	Έκταση (στρέμματα)	% ποσοστό
1.α	Φυτά μεγάλης καλλιέργειας και λοιπές καλλιέργειες	189.763	69,0
1.β	Κηπευτική γη, θερμοκήπια, εμπορικοί ανθόκηποι, σπορεία	5.021	1,8
1.γ	Αγρανάπαυση 1 - 5 ετών (πρώτη εγγραφή)	69.437	25,2
1.δ	Εκτάσεις, που διατηρούνται σε καλή γεωργική και περιβ. κατάσταση	1.255	0,5
1	Σύνολο αροτραίων καλλιεργειών	265.476	96,5
2	Δενδρώδεις καλλιέργειες	3.402	1,2
3	Αμπέλοι Σταφιδάμπελοι	6.178	2,2
4	Φυτώρια	60	0,0
	Γενικό Σύνολο γεωργικής γής	275.116	100,0

Πίνακας. 4: Κατανομή Καλλιεργούμενων Εκτάσεων-ΕΛ.ΣΤΑΤ 2008

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα είναι εμφανής η κυριαρχία των αροτραίων καλλιεργειών στο σύνολο της καλλιεργούμενης έκτασης. Η συμμετοχή των κηπευτικών (που προσδιορίζουν υψηλό εισοδηματικό συντελεστή και συντελεστή απασχόλησης), των αμπελοκαλλιεργειών και των δενδρωδών καλλιεργειών είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Αξιοσημείωτη είναι η καλλιέργεια κηπευτικών σε θερμοκήπια, παρά τις αντίξοες κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Ιδιαίτερα υψηλό κρίνεται το ποσοστό της γεωργικής γης που έχει τεθεί σε αγρανάπαυση (25,2%). γεγονός που υποδηλώνει χαμηλό βαθμό αξιοποίησης της.

Η διάρθρωση των αροτραίων καλλιεργειών χαρακτηρίζεται από την υψηλή συμμετοχή της μηδικής, του αραβόσιτου και της σίκαλης. Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο καθώς τα προϊόντα αυτά χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφές για την κτηνοτροφία της περιοχής. Οι μεγαλύτερες εκτάσεις καλλιέργειας μηδικής και αραβόσιτου βρίσκονται μέσα στα όρια των Δήμων Παμβώτιδας και Πασσαρώνος.

Σε ό,τι αφορά στην αμπελουργία, αν και συμμετέχει με ποσοστό μόλις 2,2% στις καλλιεργούμενες εκτάσεις, παρουσιάζει έντονη δυναμική. Πρόκειται για αμπελώνες οينوποιήσιμων σταφυλιών κυρίως στα Δ.Δ. Βουνοπλαγιάς, Ελεούσης, Λογγάδων και Πρωτόπαππα, με προϋποθέσεις βιολογικής καλλιέργειας και, ταυτόχρονα, εκλεκτής ποιότητας οينوποιήσιμων σταφυλιών. Άλλωστε, από αμπελουργική άποψη, το Δ.Δ. Πρωτόπαππα, υπάγεται στη γνωστή και θεσμικά οριοθετημένη «Αμπελουργική Ζώνη Ζίτσα», με τα ομώνυμα κρασιά, ονομασίας προέλευσης ανώτερης ποιότητας (ΟΙΚΟΣ - Διαχείριση Φυσικού Περιβάλλοντος ΕΠΕ - ΛΔΚ, Σχέδιο Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων, Μάιος 2005).



Εικ. 14: Γεωργικές Δραστηριότητες της Περιοχής Μελέτης-Corine Land Cover 2006

6. Ο χαρακτήρας του Κλίματος

Το κλίμα του νομού Ιωαννίνων έχει τα χαρακτηριστικά του κλίματος του εσωτερικού της Ηπείρου, ηπειρωτικό, υγρό και τραχύ. Η περιοχή χαρακτηρίζεται για τις έντονες βροχοπτώσεις, που θεωρούνται από τις μεγαλύτερες στην Ελλάδα.

Το κλίμα είναι πρωταρχικής σημασίας για τη διαμόρφωση των αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων ενός οικοσυστήματος και της προσαρμογής κάθε οργανισμού σε αυτό, καθορίζοντας τις όποιες οικολογικές σχέσεις (Odum, 1971). Στην Ήπειρο, λόγω της γεωγραφικής θέσης και της πολυμορφίας του ανάγλυφου παρουσιάζονται διαφορές στις κλιματολογικές συνθήκες. Έτσι στις ακτές του Ιονίου το κλίμα είναι μεσογειακό, ενώ προς το εσωτερικό, όπου βρίσκεται και το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων, το κλίμα είναι ηπειρωτικό, που σημαίνει πολλές βροχοπτώσεις και χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα και υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι.

6.1 Γενικά Στοιχεία

Στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης Παμβώτιδας οι πλησιέστεροι Μετεωρολογικοί Σταθμοί είναι ο σταθμός που είναι εγκατεστημένος στο νησί των Ιωαννίνων και ο σταθμός του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρατίθενται επεξεργασμένα τα στοιχεία που ελήφθησαν από τους εν λόγω Μ.Σ., τα οποία αντιστοιχούν στο χρονικό διάστημα 2008 - 2013.

6.2 Βροχοπτώσεις

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η διακύμανση του μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης στη διάρκεια του έτους, καθώς επίσης και το μέγιστο ύψος βροχής στο 24ωρο για κάθε μήνα, σύμφωνα με τις διαθέσιμες μετρήσεις του Μ.Σ. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Πίνακας 5: Ύψος βροχής ανά μήνα (σε mm) Μ.Σ. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
ΟΛΙΚΟ	136,6	131,4	127,2	52,8	84,2	48,5	34,2	21,7	67,1	140,2	176,2	169,2
MAX 24h	40,2	37,4	57,8	29,2	32,0	33,4	43,2	36,2	45,2	81,8	60,8	78,6

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα εξάγονται τα κάτωθι συμπεράσματα:

- Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στην ευρύτερη περιοχή μελέτης ανέρχεται στα 1.189,3 mm.
- Το μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης στην ευρύτερη περιοχή μελέτης ανέρχεται στα 99,1 mm.

- Ο μήνας που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ύψος βροχόπτωσης είναι ο Δεκέμβριος με 169,2 mm, ενώ αντίστοιχα το μικρότερο ύψος εμφανίζει ο μήνας Αύγουστος με 21,7 mm.
- Το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης στη διάρκεια του έτους σημειώνεται το χειμώνα με 437,2 mm, ακολουθεί το φθινόπωρο με 383,4 mm, κατόπιν η άνοιξη με 264,2 mm και τέλος, το καλοκαίρι με 104,4 mm.
- Ο μήνας με τη μέγιστη βροχόπτωση εικοσιτετραώρου είναι ο Οκτώβριος με 81,8 mm.

Στον επόμενο πίνακα καταγράφεται η διακύμανση του μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης στη διάρκεια του έτους, καθώς επίσης και το μέγιστο ύψος βροχής στο 24ωρο για κάθε μήνα, σύμφωνα με τις διαθέσιμες μετρήσεις του Μ.Σ. στο Νησί Ιωαννίνων.

Πίνακας 6: Ύψος βροχής ανά μήνα (σε mm) Μ.Σ. Νησιού Ιωαννίνων

ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
ΟΛΙΚΟ	128,4	114,6	104,0	62,2	84,9	52,2	32,1	21,7	49,1	124,8	95,2	133,2
MAX 24h	40,6	30,6	43,4	28,0	44,6	41,4	47,0	23,6	34,4	86,6	76,6	69,6

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα εξάγονται τα κάτωθι συμπεράσματα:

- Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στην ευρύτερη περιοχή μελέτης ανέρχεται στα 1.002,4 mm.
- Το μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης στην ευρύτερη περιοχή μελέτης ανέρχεται στα 83,5 mm.
- Ο μήνας που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ύψος βροχόπτωσης είναι ο Δεκέμβριος με 133,2 mm, ενώ αντίστοιχα το μικρότερο ύψος εμφανίζει ο μήνας Αύγουστος με 21,7 mm.
- Το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης στη διάρκεια του έτους σημειώνεται το χειμώνα με 376,2 mm, ακολουθεί το φθινόπωρο με 269,2 mm, κατόπιν η άνοιξη με 251,0 mm και τέλος, το καλοκαίρι με 106,0 mm.
- Ο μήνας με τη μέγιστη βροχόπτωση εικοσιτετραώρου είναι ο Οκτώβριος με 86,6 mm.

6.3 Θερμοκρασιακά Χαρακτηριστικά

Τα δεδομένα της θερμοκρασίας που ελήφθησαν από τον Μ.Σ. στο Νησί Ιωαννίνων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 7: Θερμοκρασιακά Δεδομένα Μ.Σ. Νησιού Ιωαννίνων

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)		
	ΜΕΣΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ
ΙΑΝ.	5,9	13,6	-2,2
ΦΕΒ.	6,6	13,5	-0,6
ΜΑΡΤ.	9,5	16,9	1,3
ΑΠΡ.	14,3	22,3	7,9
ΜΑΙ.	18,4	25,1	10,6
ΙΟΥΝ.	23,2	29,5	14,6
ΙΟΥΛ.	25,6	30,3	18,0
ΑΥΓ.	26,3	30,7	21,7
ΣΕΠΤ.	21,4	27,3	13,6
ΟΚΤ.	15,9	22,4	8,0
ΝΟΕΜ.	11,7	22,0	4,6
ΔΕΚ.	7,7	16,6	0,8
ΕΤΟΣ	15,5	30,7	-2,2

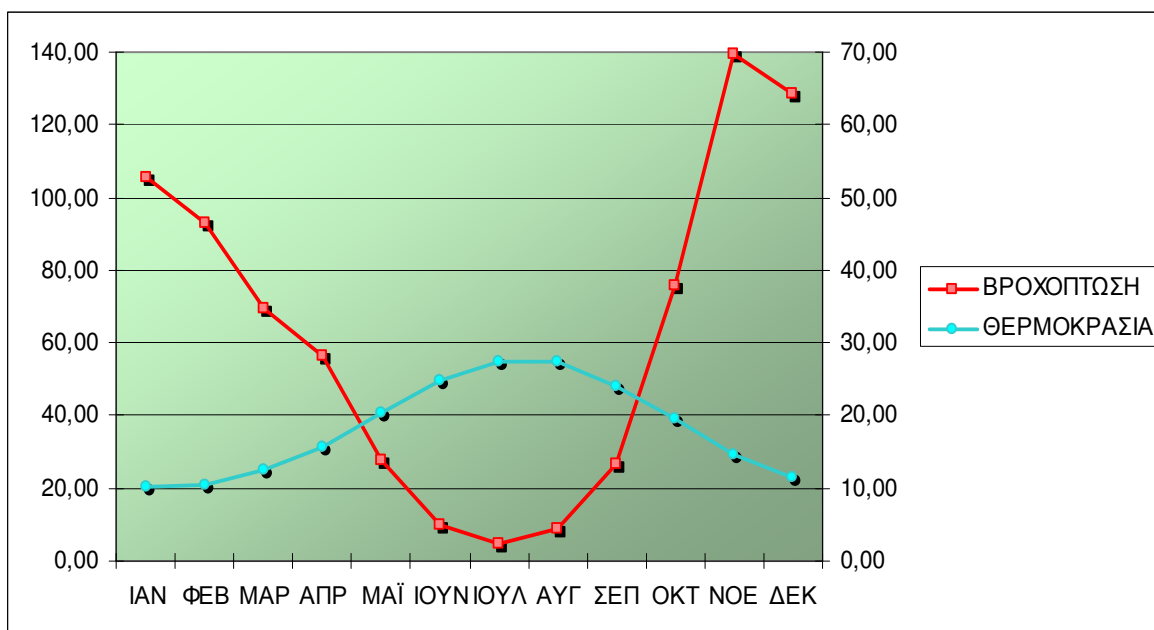
Από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα προκύπτουν τα εξής:

- Οι θερμότεροι μήνες του έτους είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με 25,6 °C και 26,3 °C, αντίστοιχα.
- Οι ψυχρότεροι μήνες του έτους είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, με 5,9 °C και 6,6 °C αντίστοιχα.
- Το μέσο μηνιαίο θερμοκρασιακό εύρος ανέρχεται σε 15,5 °C.
- Η μέση μέγιστη θερμοκρασία του έτους είναι 30,7 °C και σημειώνεται τον μήνα Αύγουστο.
- Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του έτους είναι -2,2 °C και σημειώνεται τον μήνα Ιανουάριο.

6.4 Ομβροθερμικό Διάγραμμα

Στοιχεία για τις βιοκλιματικές συνθήκες της περιοχής προκύπτουν από το ομβροθερμικό διάγραμμα του Μ.Σ. στο Νησί Ιωαννίνων, το οποίο παρουσιάζεται ακολούθως. Για την εν λόγω διαγραμματική απεικόνιση, χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας και ύψους βροχής του σταθμού, που αναφέρθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους.

Διάγραμμα: Ομβροθερμικό Διάγραμμα Μ.Σ. Νησιού Ιωαννίνων



Είναι γνωστό ότι η περίοδος βιολογικής ξηρασίας αντιστοιχεί στη χρονική περίοδο κατά την οποία η καμπύλη των βροχοπτώσεων παίρνει τιμές ασθενέστερες της καμπύλης των θερμοκρασιών.

Από το ομβροθερμικό διάγραμμα του Μ.Σ. στο Νησί Ιωαννίνων προκύπτει ότι η περίοδος της βιολογικής ξηρασίας διαρκεί περίπου 135 ημέρες, κατατάσσοντας έτσι το βιοκλίμα της περιοχής στην υποδιαίρεση του έντονου θερμο-μεσογειακού, όπου ο αριθμός των βιολογικά ξηρών ημερών ($X = 135$ ημέρες) κυμαίνεται μεταξύ 125 και 150 ημερών ($125 < X \leq 150$).

6.5 Σχετική Υγρασία

Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας ανά μήνα, σύμφωνα με τις διαθέσιμες μετρήσεις του Μ.Σ. στο Νησί Ιωαννίνων, φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 8: Μέση μηνιαία σχετική υγρασία Μ.Σ. Νησιού Ιωαννίνων

Μήνας	Μέση σχετική υγρασία (%)
Ιανουάριος	79,1
Φεβρουάριος	75,2
Μάρτιος	73,1
Απρίλιος	70,8
Μάιος	72,0
Ιούνιος	66,8
Ιούλιος	62,9
Αύγουστος	59,3
Σεπτέμβριος	69,7
Οκτώβριος	77,5
Νοέμβριος	77,4
Δεκέμβριος	81,4

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, η μέση μηνιαία σχετική υγρασία είναι 72,1%, με διακύμανση, από 59,3% το μήνα Αύγουστο έως 81,4% τον μήνα Δεκέμβριο.

6.6 Ανεμολογικά Στοιχεία

Ο άνεμος προσδιορίζεται με την ένταση ή την ταχύτητά του και με τη διεύθυνσή του, που δεν είναι η ανυσηματική, αλλά η διεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος σε έναν τόπο.

Ο προσδιορισμός της ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου γίνεται εμπειρικά με την κλίμακα Beaufort ή εξειδικευμένα όργανα.

Η κλίμακα έχει το πλεονέκτημα έναντι των οργάνων ότι εκτιμά τα αποτελέσματα του ανέμου σε μεγάλη σχετικά έκταση γύρω από τον παρατηρητή.

Η κλίμακα Beaufort περιγράφεται στον ακόλουθο Πίνακα (Ζαμπάκη 1981).

Πίνακας 9: Ανεμολογική κλίμακα Beaufort, με τους προσδιορισμούς και τις ισοδύναμες ταχύτητες κατά προσέγγιση (Ζαμπάκης 1981)

Βαθμοί Beauf.	Γενική περιγραφή	Προσδιορισμός	Ταχύτητα σε 6m πάνω από το έδαφος		
			m/sec	km/hr	mph
0	Νηνεμία	Καπνός ανέρχεται κατακόρυφα (άπνοια)	<0.6	<1	<1
1	Υποπνέων	Η διεύθυνση προσδιορίζεται από τον καπνό, αλλά όχι από τους ανεμοδείκτες	0.6-1.7	1-6	1-3
2	Ασθενής	Αισθητός στο πρόσωπο. Θρόισμα φύλλων. Κινεί συνήθη ανεμοδείκτη	1.8-3.3	7-12	4-7
3	Λεπτός	Φύλλα και κλώνοι σε συνεχή κίνηση. Εκτείνει λεπτή σημαία	3.4-5.2	13-18	8-11
4	Μέτριος	Εγείρεται κονιορτός και φύλλα χαρτιού. Μικροί κλάδοι δένδρων κινούνται	5.3-7.4	19-26	12-16
5	Λαμπρός	Μικρά δένδρα με φύλλα λυγίζουν. Κυματίδια σε μεσόγεια νερά	7.5-9.8	27-35	17-22
6	Ισχυρός	Μεγάλοι κλάδοι δένδρων κινούνται. Συριγμοί στα τηλεγραφικά σύρματα. Δύσκολη η χρήση ομπρέλας	9.9-12.4	36-44	23-27
7	Σφοδρός	Κινεί ολόκληρα δένδρα. Βάδισμα αντίθετα προς τον άνεμο με δυσχέρεια	12.5-15.2	45-55	28-34
8	Ορμητικός	Θραύει κλώνους δένδρων και το βάδισμα γενικά εμποδίζεται	15.3-18.2	56-66	35-41
9	Θύελλα	Ελαφρές ζημιές στις οικοδομές. Πήλινες καπνοδόχοι αναρπάζονται	18.3-21.5	67-77	42-48
10	Ισχυρή θύελλα	Ξεριζώνονται δένδρα και προκαλούνται σημαντικές ζημιές στις οικοδομές	21.6-25.4	78-90	49-56
11	Σφοδρή θύελλα	Σπανιότατα σημειώνεται στην ξηρά και προκαλεί εκτεταμένες ζημιές	25.5-29.0	91-104	57-67
12	Τυφώνας	Εξαιρετικά σοβαρές καταστροφές	>29.0	>104	>67

Τα ανεμολογικά δεδομένα που ελήφθησαν από τον Μ.Σ. στο Νησί Ιωαννίνων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 10: Ανεμολογικά στοιχεία ανά μήνα Μ.Σ. Νησιού Ιωαννίνων

Μήνας	Μέσος Όρος (m/sec)	Max (m/sec)	Min (m/sec)	Μέση Μέγιστη (m/sec)	Διεύθυνση επικρατούντων ανέμων
Ιανουάριος	1,5	3,6	0,6	2,2	ΒΒΔ
Φεβρουάριος	1,9	5,2	0,8	2,7	ΒΒΔ
Μάρτιος	1,8	4,8	0,8	2,6	ΒΒΔ
Απρίλιος	1,7	4,5	0,5	2,5	ΒΒΔ
Μάιος	1,5	3,5	0,8	2,3	ΒΒΔ
Ιούνιος	1,4	3,5	0,9	2,1	ΒΒΔ

Μήνας	Μέσος Όρος (m/sec)	Max (m/sec)	Min (m/sec)	Μέση Μέγιστη (m/sec)	Διεύθυνση επικρατούντων ανέμων
Ιούλιος	1,4	3,2	0,4	2,1	ΒΒΔ
Αύγουστος	1,5	3,3	0,7	2,2	ΒΒΔ
Σεπτέμβριος	1,4	3,9	0,7	2,1	ΒΒΔ
Οκτώβριος	1,3	3,5	0,5	2,0	ΒΒΔ
Νοέμβριος	1,3	5,0	0,4	2,0	ΒΒΔ
Δεκέμβριος	1,5	3,9	0,6	2,3	ΒΒΔ

Από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα προκύπτουν τα εξής:

- Στην περιοχή μελέτης πνέουν ασθενής άνεμοι καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.
- Οι ισχυρότεροι άνεμοι εμφανίζονται τους μήνες Φεβρουάριο και Νοέμβριο με ένταση 5,2 m/sec και 5,0 m/sec αντίστοιχα.
- Οι ασθενέστεροι άνεμοι εμφανίζονται τους μήνες Ιούλιο και Νοέμβριο με ένταση 0,4 m/sec.
- Η μέση μέγιστη ένταση ανέμων του έτους είναι 2,7 m/sec και σημειώνεται τον μήνα Φεβρουάριο.
- Η κατεύθυνση των επικρατούντων ανέμων είναι Βόρεια-Βορειοδυτική.

6.7 Ατμοσφαιρική Πίεση

Ατμοσφαιρική πίεση είναι ο λόγος του βάρους της υπερκείμενης στήλης αέρα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους προς τη μονάδα επιφάνειας. Σαν μονάδα μέτρησης πίεσης λαμβάνεται το χεκτοπασκάλ (1 hPa = 1 mb). Τα δεδομένα που ελήφθησαν από τους Μ.Σ. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και του Νησιού Ιωαννίνων παρουσιάζονται στους κατωτέρους πίνακες:

Πίνακας 11: Ατμοσφαιρική Πίεση ανά μήνα Μ.Σ. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μήνας	Μέσος Όρος (mb)	Max (mb)	Min (mb)
Ιανουάριος	957,9	972,1	932,0
Φεβρουάριος	955,1	969,2	939,2
Μάρτιος	959,2	973,5	936,2
Απρίλιος	957,2	969,1	941,2
Μάιος	945,9	972,0	817,1
Ιούνιος	942,0	963,1	804,7
Ιούλιος	957,1	966,9	924,0
Αύγουστος	958,0	963,7	950,6
Σεπτέμβριος	959,2	967,2	950,1
Οκτώβριος	960,5	971,8	943,9
Νοέμβριος	959,3	972,1	730,4
Δεκέμβριος	958,1	974,6	943,3

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

- Η μέση μηνιαία ατμοσφαιρική πίεση στην ευρύτερη περιοχή μελέτης ανέρχεται στα 955,8 mb.
- Ο μήνας που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ατμοσφαιρική πίεση είναι ο Οκτώβριος με 960,5 mb, ενώ αντίστοιχα τη μικρότερη πίεση εμφανίζει ο μήνας Ιούνιος με 942,0 mb.
- Ο μήνας που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ατμοσφαιρική πίεση εικοσιτετραώρου είναι ο Δεκέμβριος με 974,6 mb, ενώ αντίστοιχα τη μικρότερη πίεση εικοσιτετραώρου εμφανίζει ο μήνας Νοέμβριος με 730,4 mb.

Πίνακας 12: Ατμοσφαιρική Πίεση ανά μήνα Μ.Σ. Νησιού Ιωαννίνων

Μήνας	Μέσος Όρος (mb)	Max (mb)	Min (mb)
Ιανουάριος	958,8	972,8	933,0
Φεβρουάριος	956,0	970,3	938,8
Μάρτιος	959,9	973,9	937,5
Απρίλιος	958,1	969,9	941,7
Μάιος	958,5	965,7	948,8
Ιούνιος	958,6	965,1	950,1
Ιούλιος	951,5	962,7	883,5
Αύγουστος	958,4	964,0	951,1
Σεπτέμβριος	959,5	967,6	944,3
Οκτώβριος	959,3	972,4	801,5
Νοέμβριος	961,8	972,8	941,0
Δεκέμβριος	959,1	975,0	944,3

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα εξάγονται τα κάτωθι συμπεράσματα:

- Η μέση μηνιαία ατμοσφαιρική πίεση στην ευρύτερη περιοχή μελέτης ανέρχεται στα 958,3 mb.
- Ο μήνας που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ατμοσφαιρική πίεση είναι ο Νοέμβριος με 961,8 mb, ενώ αντίστοιχα τη μικρότερη πίεση εμφανίζει ο μήνας Ιούλιος με 951,5 mb.
- Ο μήνας που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ατμοσφαιρική πίεση εικοσιτετραώρου είναι ο Δεκέμβριος με 975,0 mb, ενώ αντίστοιχα τη μικρότερη πίεση εικοσιτετραώρου εμφανίζει ο μήνας Οκτώβριος με 801,5 mb.

6.8 Ηλιακή Ακτινοβολία

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η συνολική ηλιακή ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας (Wh/m²) κατά τη διάρκεια ενός μήνα, σύμφωνα με τα στοιχεία του Μ.Σ. στο Νησί Ιωαννίνων.

Πίνακας 13: Ηλιακή Ακτινοβολία ανά μήνα Μ.Σ. Νησιού Ιωαννίνων

Μήνας	Μέσος Όρος (W/m ²)	Max (W/m ²)	Min (W/m ²)
Ιανουάριος	71,3	148,6	3,2
Φεβρουάριος	92,7	200,7	7,4
Μάρτιος	151,8	256,7	9,5
Απρίλιος	196,5	310,2	31,5
Μάιος	236,6	346,0	63,5
Ιούνιος	281,1	438,0	84,1
Ιούλιος	290,9	339,4	81,1
Αύγουστος	262,3	317,7	154,3
Σεπτέμβριος	194,5	276,9	19,2
Οκτώβριος	130,6	212,9	4,8
Νοέμβριος	87,3	159,9	0,0
Δεκέμβριος	58,5	122,9	1,8

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα εξάγονται τα κάτωθι συμπεράσματα:

- Η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία στην ευρύτερη περιοχή μελέτης ανέρχεται στα 171,2 W/m².
- Ο μήνας που εμφανίζει την υψηλότερη ηλιακή ακτινοβολία είναι ο Ιούλιος με 290,9 W/m², ενώ αντίστοιχα τη χαμηλότερη ακτινοβολία εμφανίζει ο μήνας Δεκέμβριος με 58,5 W/m².
- Ο μήνας που παρουσιάζει την υψηλότερη ηλιακή ακτινοβολία εικοσιτετραώρου είναι ο Ιούνιος με 438,0 W/m², ενώ αντίστοιχα τη χαμηλότερη ακτινοβολία εικοσιτετραώρου εμφανίζει ο μήνας Νοέμβριος με 0,0 W/m².

7. Νομοθεσία για την Λίμνη Παμβώτιδα

Η λίμνη Παμβώτιδα είναι προστατευόμενη περιοχή. Αποτελεί ανεκτίμητη φυσική κληρονομιά. Η προστασία της είναι μείζονος σημασίας. Η λίμνη Παμβώτιδα έχει φορέα διαχείρισης με σκοπό τη διαφύλαξη του φυσικού οικοσυστήματος και την αποκατάσταση και διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας της λίμνης. Ακόμα προστατεύεται από διεθνείς συμβάσεις (Ρώμης, Βόννης) και την εθνική νομοθεσία. Η λίμνη Παμβώτιδα μπορεί να χαρακτηριστεί και ως υγρότοπος αφού ως επιστημονικός όρος υποδηλώνει συλλογικά κάθε τόπο που καλύπτεται εποχικά ή μόνιμα από ρηχά νερά ή που δεν καλύπτεται ποτέ από νερά, αλλά έχει υπόστρωμα υγρό για μεγάλο διάστημα του έτους. Έτσι προστατεύεται και από τη σύμβαση Ramsar.

Υπό θεσμοθέτηση Περιφερειακό Πάρκο Λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων)

Η Λίμνη Παμβώτιδας (Ιωαννίνων) είχε αρχικά χαρακτηριστεί ως περιοχή Οικοανάπτυξης, με βάση την ΚΥΑ 22943/6667 (ΦΕΚ 649/Δ/25-06-03), η οποία όμως ακυρώθηκε από το ΣΤΕ με την 3595/2007 απόφαση, κατόπιν προσφυγής του Συλλόγου Προστασίας Περιβάλλοντος Ιωαννίνων.

Μετά και την έκδοση του Ν. 3937 «Διατήρηση της βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 60/Α/31-03-11), κρίθηκε απαραίτητη η αναθεώρηση του χαρακτηρισμού της εν λόγω περιοχής. Ωστόσο, μέχρι σήμερα εκκρεμεί η έκδοση ΠΔ σύμφωνα με το οποίο η υδάτινη, χερσαία και ευρύτερη περιοχή της Λίμνης Παμβώτιδας χαρακτηρίζεται ως Περιφερειακό Πάρκο.

Το εν λόγω Περιφερειακό Πάρκο αναμένεται να περιλαμβάνει το σύνολο ή τμήμα πέντε (5) περιοχών που έχουν ενταχθεί στο Δίκτυο Natura και ειδικότερα τις εξής περιοχές:

- GR2130005 - Λίμνη Ιωαννίνων
- GR2130008 - Όρος Μιτσκέλι
- GR2130011 - Κεντρικό Ζαγόρι και Ανατολικό τμήμα Όρους Μιτσκέλι
- GR2130012 - Ευρύτερη περιοχή πόλης Ιωαννίνων
- GR2130013 - Ευρύτερη περιοχή Αθαμανικών Όρεων

Επίσης εντός των ορίων της προστατευόμενης περιοχής εμπίπτει ένα Καταφύγιο Αγρίας Ζωής και το Αισθητικό Δάσος των Ιωαννίνων (ΦΕΚ 306/Α/1976). Στο νομικό καθεστώς προστασίας της Λίμνης Παμβώτιδας θα πρέπει να αναφερθεί η ΥΑ χαρακτηρισμού της λίμνης ως τόπου ιδιαίτερου φυσικού κάλλους (ΦΕΚ 266/21-03-77) καθώς επίσης και η Ζώνη Οικιστικού Ελέγχου (ΖΟΕ) η οποία θεσπίστηκε με το ΦΕΚ 29/Δ/17-5-89 και τροποποιήθηκε με το ΦΕΚ 389/Δ/21-4-93.

Με βάση το σχέδιο ΠΔ χαρακτηρίζεται ως Περιφερειακό Πάρκο, η υδάτινη, χερσαία και ευρύτερη περιοχή της Λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων), Ν.Ιωαννίνων, που βρίσκεται εκτός εγκεκριμένων ορίων Γενικών Πολεοδομικών Σχεδίων (Γ.Π.Σ.) προ του 1986, Ρυμοτομικών Σχεδίων (Ρ.Σ) συμπεριλαμβανομένων και των τοπικών, των ορίων των οικισμών προ του 1923, των οριοθετημένων οικισμών κάτω των 2.000 κατοίκων, και γενικότερα εκτός των οικισμών με θεσμοθετημένα όρια.

Εντός της περιοχής του Περιφερειακού Πάρκου προτείνονται οι ακόλουθες 4 ζώνες προστασίας:

I. Ζώνη Α - Περιοχή Προστασίας της Φύσης

Είναι η χερσαία και υδάτινη περιοχή κυρίως εντός περιοχών Ζ.Ε.Π: Νήσου Ιωαννίνων, λίμνης Παμβώτιδας, παραλίμνιων εκτάσεων και εποχιακής λίμνης Βρέλη). Η Ζώνη Α διακρίνεται σε:

- ⇒ **Ζώνη Α1:** περιλαμβάνει την υδάτινη περιοχή της λίμνης Παμβώτιδας,
- ⇒ **Ζώνη Α2:** Περιλαμβάνει την υδροτοπική περιοχή καλαμιώνων, σημαντική για τα προστατευόμενα είδη της λίμνης Παμβώτιδας
- ⇒ **Ζώνη Α3:** περιλαμβάνει τη νήσο Ιωαννίνων
- ⇒ **Ζώνη Α4:** Περιλαμβάνει παραλίμνιες και λιμναίες περιοχές που αποκόπηκαν από τη λίμνη λόγω κατασκευής αναχωμάτων. Αποτελείται από τις υποζώνες: Α4.1 και Α4.2.
- ⇒ **Ζώνη Α5:** Περιλαμβάνει την περιοχή καρστικών εδαφών με σημαντικές πηγές τροφοδοσίας της λίμνης στους πρόποδες του Μιτσικελίου
- ⇒ **Ζώνη Α6:** Περιλαμβάνει παραλίμνια αγροτική περιοχή με γη υψηλής παραγωγικότητας
- ⇒ **Ζώνη Α7:** Περιλαμβάνει την περιοχή εποχικών υδροτόπων- καταβοθρών [Μπάφρας-Πεδινής- Αμπελιάς- Σερβιανών (Βρέλλη) - Κουτσελιού (Καστρίτσας)- Μπενικόβα-Ρ οδοτοπίου!- ΡοδοτοπίουΝ- ΡοδοτοπίουΙΙΙ- Λαψίστας]. Αποτελείται από τις υποζώνες: Α7.1, Α7.2, Α7.3, Α7.4, Α7.5, Α7.6, Α7.7, Α7.8, Α7.9, Α7.10.

II. Ζώνη Β - Περιοχή Προστατευόμενων Φυσικών Σχηματισμών, Προστατευόμενων Τοπίων και Οικοανάπτυξης

Είναι η χερσαία και υδάτινη περιοχή κυρίως εντός περιοχών Ζ.Ε.Π: δασών, δασικών και αναδασωτέων εκτάσεων, αγροτικού τοπίου με γη υψηλής παραγωγικότητας, πηγών Κρύας, Τούμπας και Σεντενίκου, τάφρου Λαμψίστας, αρχαιολογικών χώρων και σπηλαίων, αιοθητικού δάσους Ιωαννίνων. Η Ζώνη Β διακρίνεται σε:

- ⇒ **Ζώνη B1:** περιλαμβάνει δάση, δασικές και αναδασωτές εκτάσεις και διακρίνεται σε B1.1, B1.2, B1.3, B1.4
- ⇒ **Ζώνη B2:** περιλαμβάνει αγροτικό τοπίο που αποτελεί γη υψηλής παραγωγικότητας. Αποτελείται από τις υποζώνες B2.1, B2.2, B2.3, B2.4, B2.5.
- ⇒ **Ζώνη B3:** περιλαμβάνει τις πηγές Κρύας-Τούμπας-Σεντενίκου και τάφρο Λαμψίστας . Αποτελείται από τις υποζώνες B3.1, B3.2, B3.3, B3.4.
- ⇒ **Ζώνη B4:** περιλαμβάνει τους κρηγμένους αρχαιολογικούς χώρους και τα σπήλαια που αναφέρονται στη παρ. Β. του παραρτήματος ΙΙ του σχεδίου ΠΔ και διακρίνεται σε: B4.1, B4.2, B4.3, B4.4.
- ⇒ **Ζώνη B5:** περιλαμβάνει το αισθητικό δάσος Ιωαννίνων
- ⇒ **Ζώνη B6:** Περιλαμβάνει αγροτικό τοπίο. Αποτελείται από τις υποζώνες: B6.1, B6.2, B6.3.
- ⇒ **Ζώνη B7:** Περιλαμβάνει περιοχή πλησίον αστικού ιστού πόλης με οικιστική ανάπτυξη. Αποτελείται από τις υποζώνες: B7.1, B7.2 και B7.3.

III. Ζώνη Γ - Περιοχή Προστασίας Οικοτόπων και Ειδών

Είναι η χερσαία έκταση, κυρίως εντός περιοχών Ζ.Ε.Π, εκτός ζωνών Α και Β. Η Ζώνη Γ αποτελείται από τις υποζώνες : Γ1, Γ2, Γ3, Γ4, Γ5, Γ6.

IV. Ζώνη Δ - Περιοχή Περιφερειακού Πάρκου

Είναι η χερσαία έκταση που περιβάλλει την περιοχή προστασίας οικοτόπων και ειδών. Η Ζώνη Δ αποτελείται από τις υποζώνες : Δ1, Δ2, Δ3, Δ4.

Επιπλέον, η διαχείριση της λίμνης Παμβώτιδας στηρίζεται στο Νόμο 1650/1986 «Για την προστασία του περιβάλλοντος», που προβλέπει μεταξύ άλλων την προστασία της φύσης και του τοπίου. Στη συνέχεια με το Νόμο 3044/2002 ιδρύεται Φορέας Διαχείρισης με σκοπό την διοίκηση και τη διαχείριση της προστατευόμενης περιοχής λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων. Οι αρμοδιότητες του φορέα διαχείρισης ορίζονται από το Νόμο 1650/1986 και συμπληρώνονται από τον Νόμο 2742/1999 και περιλαμβάνουν όλες εκείνες τις δραστηριότητες που συμβάλλουν στην διατήρηση και προστασία των προστατευόμενων αντικειμένων της λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων.

Υπό θεσμοθέτηση Ρυθμιστικό Σχέδιο Ιωαννίνων (ΡΣΙ)

Το Ρυθμιστικό Σχέδιο αποτελεί την μεγαλύτερη θεσμική παρέμβαση όσον αφορά την χωρική οργάνωση και την προστασία του περιβάλλοντος που επιχειρήθηκε ποτέ στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων, με έμφαση στο οικοσύστημα της Παμβώτιδας.

Ο Νόμος 2508/1997 περί «βιώσιμης οικιστικής ανάπτυξης των πόλεων και οικισμών της χώρας» προβλέπει, μεταξύ άλλων, στο άρθρο 2, την εκπόνηση «Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προγράμματος προστασίας περιβάλλοντος» για την ευρύτερη περιοχή των μεγάλων πολεοδομικών συγκροτημάτων της χώρας, μεταξύ των οποίων και των Ιωαννίνων.

Το 2004, καταρτίστηκαν οι τεχνικές προδιαγραφές των Ρυθμιστικών (Απόφαση υπ' αρ. 44357/2005), στο πλαίσιο των οποίων καθορίστηκαν για τα Ιωάννινα τα κατ' αρχήν όρια του Ρυθμιστικού τους Σχεδίου (Απόφαση υπ' αρ. 45362/2005).

Το 2007, υπεγράφη η σύμβαση εκπόνησης της μελέτης του Ρυθμιστικού Σχεδίου Ιωαννίνων (ΡΣΙ), σε δύο φάσεις, κατόπιν διεθνούς διαγωνισμού.

Το 2008, ολοκληρώθηκε η Α' φάση το 2008, η οποία περιελάμβανε ένα γενικό πλαίσιο κατευθύνσεων για την χωρική οργάνωση του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων. Ακολούθησε η Β' και τελική φάση του Ρυθμιστικού, στην οποία εξειδικεύτηκε η Α' φάση και ενσωματώθηκαν προτάσεις της διαβούλευσης. Η Β' Φάση διαβιβάστηκε σε σαράντα (40) Φορείς, τον Ιούνιο του 2009, και επ' αυτής υπήρξε μακρά διαβούλευση.

Η τελική φάση του Ρυθμιστικού με ενσωματωμένες τις αναλυτικές και πλήρως τεκμηριωμένες προτάσεις του ΥΠΕΧΩΔΕ αναλύει το μακροπρόθεσμο όραμα για τα «Ιωάννινα ως ανοιχτή πόλη, ευρωπαϊκή λειτουργική αστική περιοχή, κέντρο διοίκησης και κόμβο ανάπτυξης», όπως αυτό προέκυψε από τη διαβούλευση της Α' Φάσης. Εισάγει δε πολύ σημαντικές καινοτομίες στο χωροταξικό και περιβαλλοντικό σχεδιασμό του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων (μεγάλο τμήμα του οποίου με την εφαρμογή του προγράμματος «Καλλικράτης» αποτελεί πλέον ενιαίο Δήμο), όπως είναι η δημιουργία:

- Πάρκου πρασίνου και πολιτισμού σε ολόκληρη την έκταση του σημερινού στρατοπέδου Βελισσαρίου και σε συνέχεια του υφιστάμενου πάρκου Πυρσινέλλα, το οποίο θα αποτελέσει πνεύμονα πρασίνου και εστία πολιτισμού για τα Ιωάννινα.
- Μητροπολιτικού πάρκου πρασίνου, τουρισμού και αναψυχής, έκτασης 1.500 στρεμμάτων περίπου, στα όρια των πρώην Δήμων Ιωαννίνων και Ανατολής, με ήπιες χρήσεις μετά από «διαγωνισμό για πρόταση πολεοδομικής οργάνωσης, αρχιτεκτονικής σύνθεσης και διαμόρφωσης τοπίου».
- Οικολογικού πάρκου περιμετρικά της λίμνης Παμβώτιδας, στο οποίο δεν επιτρέπεται καμία οικιστική χρήση.
- Τεχνόπολης, σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, το πανεπιστημιακό νοσοκομείο, το Τεχνολογικό πάρκο, το ΤΕΙ Ηπείρου, τις τοπικές δομές γεωργικής έρευνας (Γαλακτοκομική σχολή, ΕΘΙΑΓΕ), όπου θα αναπτυχθούν εγκαταστάσεις εκπαίδευσης και έρευνας, επιχειρήσεων καινοτομίας και υψηλής τεχνολογίας. Η Τεχνόπολη έχει ήδη θεσμοθετηθεί στο πλαίσιο του εγκεκριμένου ΣΧΟΟΑΠ του

Δήμου Μπιζανίου (ΦΕΚ 529 ΑΑΠ/2009), το οποίο ήταν απολύτως συμβατό με τις κατευθύνσεις του Ρυθμιστικού Σχεδίου.

- Βιώσιμου συστήματος μεταφορών στην πόλη και το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων. Ειδικότερα, στο Ρυθμιστικό προβλέπεται η χωροθέτηση ενός πολύτροπου επιβατικού σταθμού υπερτοπικής σημασίας, εκτός πόλεως Ιωαννίνων, που θα εξυπηρετεί ταυτόχρονα:
 - το προγραμματιζόμενο σιδηροδρομικό δίκτυο «Καλαμπάκα - Ιωάννινα - Ηγουμενίτσα»,
 - το τραμ Ιωαννίνων, του οποίου θα αποτελεί σημείο εκκίνησης / τερματισμού,
 - το υπεραστικό ΚΤΕΛ Ιωαννίνων και τις αστικές συγκοινωνίες.

Και ενώ είχαν ολοκληρωθεί όλες οι προβλεπόμενες, από τη νομοθεσία, διαδικασίες και απέμενε η θεσμοθέτηση του Ρυθμιστικού με Προεδρικό Διάταγμα (ΠΔ), τον Δεκέμβριο του 2009 η Διεύθυνση Πολεοδομικού Σχεδιασμού του ΥΠΕΚΑ έστειλε και πάλι στους Φορείς των Ιωαννίνων τη Β' φάση της μελέτης του Ρυθμιστικού για νέα διαβούλευση, ζητώντας τις απόψεις τους εντός ενός (1) μηνός.

Έκτοτε, η θεσμοθέτηση του Ρυθμιστικού Ιωαννίνων παραμένει σε εκκρεμότητα. Η τελική φάση του Ρυθμιστικού, όπως είχε διαμορφωθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ μετά τη διαβούλευση, αποτελεί μία ρεαλιστική και αμέσως εφαρμόσιμη λύση. Είναι απολύτως συμβατή με τον υπερκείμενο σχεδιασμό (Γενικό Χωροταξικό, Ειδικά Χωροταξικά Πλαίσια) και δίνει τις κατευθύνσεις στον υποκείμενο σχεδιασμό, σε ένα βάθος 15ετίας, ώστε να προχωρήσουν τα Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια των πρώην δήμων Ιωαννιτών, Ανατολής, Παμβώτιδας, Περάματος και οι πολεοδομικές μελέτες οικισμών του λεκανοπεδίου (π.χ. Περάματος, Σταυρακίου, Μαρμάρων) που εκκρεμούν επί μακρόν. Δίνει επίσης το πλαίσιο για την οργάνωση των αστικών εξυπηρετήσεων, των παραγωγικών δραστηριοτήτων και των δικτύων κοινής ωφέλειας στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων.

Η παρακολούθηση και ο έλεγχος της εφαρμογής του Ρυθμιστικού Σχεδίου θα γίνεται από τον Οργανισμό Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας περιβάλλοντος Ιωαννίνων (ΟΡΣΙ), ο οποίος έχει ιδρυθεί στο ΥΠΕΧΩΔΕ με ΠΔ (ΦΕΚ 377 Δ' /2009).

Η σημερινή έλλειψη καθεστώτος προστασίας της ευρύτερης περιοχής.

Το Ρυθμιστικό Σχέδιο Ιωαννίνων έχει από καιρό φθάσει σε πολύ ώριμο στάδιο. Η θεσμοθέτηση των ρυθμίσεών του, είναι μείζονος σημασίας για την αιεφόρο ανάπτυξη του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων.

Όμως η έκδοση του ΠΔ για την προστασία της λίμνης πρέπει να γίνει αμέσως μετά τη θεσμοθέτηση του Ρυθμιστικού. Τούτο διότι, οι ρυθμίσεις που έχουν εκδοθεί την τελευταία διετία από το ΥΠΕΚΑ, με την ένταξη ολόκληρου του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων στις Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΚΥΑ 37338/1807/Ε.103/2010), άρα στο δίκτυο «Natura 2000» και ο Νόμος 3937/2011 για την διατήρηση της βιοποικιλότητας, ο οποίος ανέτρεψε την παλαιότερη νομοθεσία για τον χαρακτηρισμό των προστατευόμενων περιοχών (βάσει της οποίας είχε εκπονηθεί και εγκριθεί, το 2003, η Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη (ΕΠΜ) της λίμνης και είχε γίνει ο χαρακτηρισμός της ως περιοχή οικοανάπτυξης) επιβάλλουν την αναθεώρηση της ΕΠΜ της λίμνης. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ χρονοβόρα.

Επιπλέον, είναι αυτονόητο ότι στο ΠΔ της λίμνης πρέπει να εξειδικευθούν οι κατευθύνσεις και οι στόχοι του Ρυθμιστικού, που αποτελεί υπερκείμενη ρύθμιση.

Τέλος, η περιοχή μελέτης εμπίπτει στο καθεστώς του Νόμου υπ' αριθ. 2971 (ΦΕΚ 285 19/12/2001) «Αιγιαλός, παραλία και άλλες διατάξεις».

Για τον καθορισμό ορίων της όχθης στην λίμνη Παμβώτιδα, έχουν εκδοθεί οι ακόλουθες αποφάσεις:

- η υπ. αρ. 1001389/167/Β0010/2004 απόφαση Υπ. Οικονομίας και Οικονομικών περί καθορισμού ορίων όχθης, παλαιάς όχθης και παρόχθιας ζώνης στην θέση Ματσικά στη λίμνη Παμβώτιδα, Νομού Ιωαννίνων (218/Δ/5-03-2004).
- η υπ. αρ. 295/2006 απόφαση Γ.Γ. Περιφέρειας Ηπείρου, περί καθορισμού ορίων όχθης, παλαιάς όχθης και παρόχθιας ζώνης στη θέση Κωπηλατικές Εγκαταστάσεις στο Ε.Α.Ν.Κ. Ιωαννίνων στη λίμνη Παμβώτιδα, Νομού Ιωαννίνων» (ΦΕΚ 196/Δ/14-03-2006).
- η υπ. αρ. 892/2006 απόφαση Γ.Γ. Περιφέρειας Ηπείρου, περί καθορισμού ορίων όχθης, παλαιάς όχθης και παρόχθιας ζώνης «στην περιοχή των πρώην Δημοτικών Σφαγείων και ΚΕ.ΠΑ.ΒΙ. στη λίμνη Παμβώτιδα Νομού Ιωαννίνων» (ΦΕΚ 506/Δ/7-06-2006).
- η υπ. αρ. 2428/2006 απόφαση Γ.Γ. Περιφέρειας Ηπείρου, περί καθορισμού της όχθης, παλαιάς όχθης και παρόχθιας ζώνης στη Νήσο της λίμνης Παμβώτιδας, Κοινότητας Νήσου Νομού Ιωαννίνων (ΦΕΚ 1100/Δ/29-12-2006).
- η υπ. αρ. 8919/762/2007 απόφαση Γ.Γ. Περιφέρειας Ηπείρου, περί καθορισμού ορίων της όχθης, παλαιάς όχθης και παρόχθιας ζώνης στη θέση από πλατεία Μαβίλη μέχρι Μάτσικα στη λίμνη Παμβώτιδα του Δήμου Ιωαννιτών στο Νομό Ιωαννίνων (ΦΕΚ 448/Δ/14-09-2007).

- η υπ. αρ. 30529/1767 π.ε./2008 απόφαση Γ.Γ. Περιφέρειας Ηπείρου, περί καθορισμού ορίων της όχθης, παλαιάς όχθης και παρόχθιας ζώνης στη περιοχή «ΚΑΣΤΡΙΤΣΑ» στη λίμνη Παμβώτιδα του Δήμου Παμβώτιδας στο Νομό Ιωαννίνων (ΦΕΚ 69/Δ/19-02-2008).
- η υπ. αρ. 91357/3462/2008 απόφαση Γ.Γ. Περιφέρειας Ηπείρου, περί καθορισμού ορίων της όχθης, παλαιάς όχθης και παρόχθιας ζώνης στη θέση ΛΙΜΝΟΠΟΥΛΑ από την περιοχή ΜΑΤΣΙΚΑ έως τον ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟ ΚΟΠΑΝΩΝ στη λίμνη Παμβώτιδα του Δήμου Ιωαννιτών στο Νομό Ιωαννίνων (ΦΕΚ540/Δ/12-11-2008)»
- η υπ. αρ. 1865/836/2009 απόφαση Γ.Γ. Περιφέρειας Ηπείρου, περί καθορισμού ορίων της όχθης, παλαιάς όχθης και παρόχθιας ζώνης στο τμήμα μεταξύ της οδού Στρατηγού Βογιάνου και των Στρατιωτικών Φυλακών στην περιοχή Λασπότοπος Δήμου Ιωαννιτών στη λίμνη Παμβώτιδα στο Νομό Ιωαννίνων (ΦΕΚ 171/Δ/4-05-2009).
- η υπ. αρ. 23439/1176/2010 απόφαση Γ.Γ. Περιφέρειας Ηπείρου, περί καθορισμού ορίων της όχθης, παλαιάς όχθης και παρόχθιας ζώνης στη περιοχή «ΛΟΙΓΑΔΕΣ – ΝΤΡΑΜΠΑ–ΤΟΒΑ» στη λίμνη Παμβώτιδα των Δήμων Παμβώτιδας και Περάματος στο Νομό Ιωαννίνων (ΦΕΚ 232/Δ/6-05-2010).
- η υπ. αρ. 9857/2763/2011 απόφαση Γ.Γ. Αποκεντρωμένης Διοίκησης Ηπείρου – Δυτικής Μακεδονίας, περί καθορισμού ορίων της όχθης, παλαιάς όχθης και παρόχθιας ζώνης στη περιοχή από Αγ. Νικόλαο Κοπάνων έως Πέραμα στη λίμνη Παμβώτιδα των Δήμων Ιωαννιτών και Περάματος στο Νομό Ιωαννίνων (ΦΕΚ 221/Δ/27-06-2011).
- η υπ. αρ. 24638/6070/2012 απόφαση Γ.Γ. Αποκεντρωμένης Διοίκησης Ηπείρου – Δυτικής Μακεδονίας περί επανακαθορισμού των ορίων της όχθης, της παλαιάς όχθης και της παρόχθιας ζώνης στη θέση από Πλατεία Μαβίλη μέχρι Μάτσικα στη λίμνη Παμβώτιδα του Δήμου Ιωαννιτών στο Νομό Ιωαννίνων (ΦΕΚ 385/Δ/15-06-2012).
- η υπ. αρ. 39750/9247/2012 απόφαση Γ.Γ. Αποκεντρωμένης Διοίκησης Ηπείρου – Δυτικής Μακεδονίας, περί καθορισμού των ορίων της όχθης, της παλαιάς όχθης και της παρόχθιας ζώνης στην περιοχή από Πέραμα έως Ντραμπάτοβα στη λίμνη Παμβώτιδα του Δήμου Ιωαννιτών στο Νομό Ιωαννίνων (ΦΕΚ 492/Δ/6-08-2012).
- η υπ. αρ. 59627/12806/2012 απόφαση Γ.Γ. Αποκεντρωμένης Διοίκησης Ηπείρου – Δυτικής Μακεδονίας, περί επανακαθορισμού των ορίων της όχθης, της παλαιάς όχθης και της παρόχθιας ζώνης στο τμήμα μεταξύ της οδού Στρατηγού Βογιάνου και των Στρατιωτικών Φυλακών στην περιοχή

Λασιότοπος Δήμου Ιωαννιτών στη λίμνη Παμβώτιδα στο Νομό Ιωαννίνων (ΦΕΚ 668/Δ/23-11-2012).

- η υπ. αρ. 8978/2174/2013 απόφαση Γ.Γ. Αποκεντρωμένης Διοίκησης Ηπείρου - Δυτικής Μακεδονίας, περί επανακαθορισμού των ορίων της όχθης, της παλαιάς όχθης και της παρόχθιας ζώνης στην περιοχή των πρώην Δημοτικών Σφαγείων και ΚΕ.ΠΑ.ΒΙ στη λίμνη Παμβώτιδα στο Νομό Ιωαννίνων (ΦΕΚ 160/Δ/27-03-2013).

8. Εκτίμηση των ρυθμών ανάπτυξης των περιμετρικών περιοχών και της συμβολής τους στο πρόβλημα

Η περιοχή της μελέτης έχει καθοριστικό ειδικό βάρος στην οικονομική, κοινωνική και πολιτιστική δραστηριότητα του Ν. Ιωαννίνων και ευρύτερα της Περιφέρειας Ηπείρου. Λαμβάνοντας υπόψη το ειδικό βάρος της περιοχής της μελέτης ως προς το Ν. Ιωαννίνων όσο και ως προς την Περιφέρεια Ηπείρου, ότι οι αναπτυξιακές επιδόσεις της περιοχής ξεπερνούν κατά πολύ τόσο τις αντίστοιχες σε επίπεδο νομού όσο και σε επίπεδο Περιφέρειας. Έτσι, σύμφωνα με τα στοιχεία που αναφέρονται στο Ρυθμιστικό Σχέδιο Ιωαννίνων, Α' φάση-Ιούνιος 2008, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ για την περιοχή της μελέτης πλησιάζει το αντίστοιχο μέσο της ΕΕ-27 (100), ενώ η συμβολή του τριτογενούς τομέα στη διαμόρφωση της Ακαθάριστης Προστιθέμενης Αξίας ξεπερνά κατά πολύ το 85%, με αποτέλεσμα η περιοχή να τοποθετείται μεταξύ των τριών δυναμικότερων αστικών κέντρων της χώρας, μετά τα δύο μητροπολιτικά κέντρα Αθηνών και Θεσσαλονίκης.

Η παρουσία στη βορειο-ανατολική και ανατολική περίμετρο της αστικής και περιαστικής περιοχής των Ιωαννίνων των συνεχόμενων αμιγών φυσικών οικοσυστημάτων της Λίμνης Παμβώτιδας και των Υγροτόπων της, του Μιτσικελίου, του Εθνικού Δρυμού της Πίνδου και του Εθνικού Πάρκου Περιστερίου - Τζουμέρκων - Χαράδρας Αράχθου, όλων εντασσόμενων στο ευρωπαϊκό οικολογικό Δίκτυο «Φύση 2000», καθιστά την περιοχή της πόλης μέρος ενός από τους μεγαλύτερους εκτεταμένους προστατευόμενους βιότοπους του ευρωπαϊκού οικολογικού Δικτύου ΦΥΣΗ 2000.

Οι ως άνω περιοχές καθορίζουν έτσι ένα εκτεταμένο «αμιγώς πράσινο χώρο» του Λεκανοπεδίου υψηλής περιβαλλοντικής αξίας εντός του οποίου η ανθρώπινη δραστηριότητα και παρέμβαση οφείλει να υπόκειται σε ειδικές ρυθμίσεις που πρωτίστως να υπηρετούν τον «οικολογικό φυσικό χώρο» και να προωθούν μόνο απολύτως ελεγχόμενες ήπιες οικο-λειτουργίες.

Η πεδινή περιοχή χαρακτηρίζεται ως «κρίσιμη» περιοχή τόσο λόγω του ότι περιέχει την «πόλη» και τη λίμνη της Παμβώτιδας όσο και για το πεδινό της ανάγλυφο που την καθιστά τόσο κατ' εξοχή γεωργικό παραγωγικό χώρο αλλά και χώρο κατάλληλο για την ανάπτυξη οποιασδήποτε παραγωγικής εγκατάστασης.

Το παραγωγικό πρότυπο της πόλης έχει πλέον σαφή χαρακτηριστικά αστικού κέντρου με έμφαση μεν στον τριτογενή τομέα, που θα φθάνει το 80% στην

συμμετοχή στην απασχόληση, αλλά με ικανοποιητική παρουσία του ανεπτυγμένου πρωτογενή συνδεδεμένου με τα διατροφικά προϊόντα και την έρευνα.

Στην κυρίως αστική περιοχή αναπτύσσονται κυρίως υπερτοπικές δραστηριότητες διαπεριφερειακού και υπερτοπικού χαρακτήρα, το Διοικητικό Κέντρο, Πανεπιστήμιο, Νοσοκομεία, Τεχνόπολη, Πολιτιστικός / Τουριστικός πόλος, τα σημαντικά εσωτερικά δίκτυα τεχνικής υποδομής με τους απαιτούμενους διαδρόμους ανάπτυξης τους ως και βιομηχανική / βιοτεχνική / χονδρεμπορίου και αποθηκών σε συνδυασμό με τον εμπορευματικό σταθμό της προβλεπόμενης σιδηροδρομικής γραμμής.

Προβλέπονται επίσης οι μεγάλες ζώνες προστασίας και ανάδειξης της ταυτότητας της περιοχής που είναι η λίμνη, το νησί, οι παραλίμνιοι χώροι και τα εκτεταμένα ορεινά φυσικά τοπία.

Νότια της διέλευσης της Εγνατίας Οδού προβλέπεται η ανάπτυξη του εθνικού / διαπεριφερειακού / πολιτιστικού / τουριστικού πόλου της «Δωδώνης» ως και αγροτικές δραστηριότητες τοπικού / υπερτοπικού επιπέδου.

Στο βορειο-δυτικό τμήμα αναπτύσσονται οι εκτεταμένες ζώνες αγροτικών δραστηριοτήτων, η ΒΙΠΕ Ροδοτοπίου, πολιτιστικοί / τουριστικοί πόλοι τοπικής σημασίας και η ζώνη του Αεροδρομίου.

Δυτικά και κατά μήκος της διέλευσης της Ιόνιας Οδού προβλέπεται η ανάπτυξη αγροτικών δραστηριοτήτων τοπικής κλίμακας η λειτουργία λατομικής ζώνης μαρμάρου και ανάπτυξη τουριστικής δραστηριότητας τοπικής κλίμακας.

Στο σύνολο της περιοχής μελέτης πέραν της συμπαγούς πόλης των Ιωαννίνων, αναπτύσσονται 11 οικιστικά κέντρα τοπικής σημασίας που εξασφαλίζουν τη λειτουργία των επιμέρους περιοχών του αγροτικού χώρου.

Η οικονομική και η γενικότερη ανάπτυξη της περιοχής μέχρι σήμερα είχε ως αποτέλεσμα το αντίστοιχο οικολογικό τίμημα. Λόγω των βραδύτερων ρυθμών ανάπτυξης της βιομηχανίας, σε σχέση με άλλες περιοχές, τα οικολογικά προβλήματα δεν παρουσιάζονται με την ίδια οξύτητα. Αντανακλώνται όμως με τη μεγαλύτερη ένταση στη λίμνη, που αποτελεί τον καθρέπτη της οικολογικής κατάστασης για την ευρύτερη περιοχή.

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει από όλους αντιληπτή η υποβάθμιση της λίμνης, που εκφράστηκε με την ελάττωση της διαύγειας των νερών της, τη χαρακτηριστική οσμή, το θάνατο των ψαριών, τη μείωση των αλιευμάτων και την υπέρμετρη αύξηση της υδρόβιας βλάστησης. Σήμερα η λίμνη χαρακτηρίζεται ως ευτροφική, με προβλήματα ρύπανσης, που προέρχονται από την πόλη, αλλά και τις δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή.

Ειδικότερα, η ρύπανση του φυσικού περιβάλλοντος και κυρίως των υδάτων της λίμνης Παμβώτιδας προέρχεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, που αφορούν στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Ιωαννίνων, σε μικρές και μεγάλες κοινότητες και οικιστικές περιοχές, που είναι διεσπαρμένες στο λεκανοπέδιο, καθώς και στη βιομηχανική-βιοτεχνική δραστηριότητα και τις κτηνοτροφικές-πηνοτροφικές εγκαταστάσεις. Υποστηρίζεται εξάλλου ότι τα τελευταία 30-40 χρόνια η εισροή ρύπων στη λίμνη έχει αυξηθεί αισθητά. Σήμερα, η λίμνη διέρχεται μία φάση έντονου ευτροφισμού και ρύπανσης των υδάτων της, που συμπληρώνεται από σταδιακό και συνεχή περιορισμό της έκτασης και του βάθους της, λόγω των φυσικών προσχώσεων, των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και των επιχώσεων.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι κύριες αιτίες ρύπανσης (παρελθοντικές, σημερινές, προβλεπόμενες) της λίμνης.

Πίνακας 14 Αιτίες ρύπανσης της λίμνης Παμβώτιδας

Παρέμβαση	Περιγραφή	Χρόνος
Αστική ρύπανση	<p>Μέχρι πριν λίγα χρόνια, που τέθηκε σε λειτουργία η εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού στα βόρεια της πόλης, η λίμνη ήταν άμεσος και έμμεσος αποδέκτης του μεγαλύτερου ποσοστού των ρυπαντικών φορτίων που παράγονταν από τις δραστηριότητες του λεκανοπεδίου. Άμεσα δεχόταν τους ρύπους που διοχετεύονταν στο αποχετευτικό κυρίως δίκτυο της πόλης, καθώς και τα απόβλητα ορισμένων δραστηριοτήτων που διοχετεύονταν παράνομα ή υπερχειλίζαν στις αποστραγγιστικές αύλακες και τάφρους. Με τα νερά του αποχετευτικού δικτύου της πόλης εισέρχονταν στη λίμνη αστικά λύματα, τα απόβλητα του σφαγείου του Δήμου και σημαντικό μέρος των ρύπων διαφόρων αστικοβιοτεχνικών δραστηριοτήτων.</p> <p>Σήμερα, η κατάσταση είναι αρκετά καλύτερη με τη λειτουργία της μονάδας του Βιολογικού Καθαρισμού και αναμένεται ότι τα αποτελέσματα θα είναι περισσότερο αισιόδοξα μετά την υλοποίηση του έργου που αφορά την επέκταση του Βιολογικού, τη σύνδεση της βιομηχανικής περιοχής και της Κοινότητας Νήσου με το Βιολογικό, το αποχετευτικό της Κοινότητας Κρύας και άλλα.</p> <p>Επίσης η επέκταση των οικισμών ενδέχεται να προκαλέσει ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα (λειτουργία βόθρων). Ήδη παρατηρείται η παράνομη σύνδεση με το δίκτυο των όμβριων υδάτων, το οποίο καταλήγει στη λίμνη, αστικών λυμάτων που προέρχονται από του βόθρους των παραλίμνιων οικισμών. Με αποτέλεσμα την άμεση απειλή υδρόβιων ειδών (π.χ. βαλτόπαπια) και επιτείνοντας το πρόβλημα του ευτροφισμού.</p> <p>¹</p>	Παρελθόν-Σήμερα-Μέλλον

¹ Σχέδιο Διαχείρισης Αειφορικής Ανάπτυξης και Προστασίας Περιβάλλοντος Γεωργικών και Κτηνοτροφικών

Παρέμβαση	Περιγραφή	Χρόνος
Ρύπανση από κτηνοτροφικά απόβλητα	Σημαντικό παράγοντα ρύπανσης αποτελούν και τα απόβλητα και ο σημαντικός όγκος λυμάτων που προέρχονται από τις κτηνοτροφικές μονάδες της περιοχής. Σε όλο το λεκανοπέδιο υπάρχει μεγάλος αριθμός κτηνοτροφικών μονάδων, καθώς η περιοχή αποτελεί μια από τις σημαντικότερες κτηνοτροφικές περιοχές της χώρας, αλλά και πολλές χοιροτροφικές μονάδες. Ο μεγάλος αριθμός των κτηνοτροφικών μονάδων, η κακή χωροθέτησή τους και η ανεπαρκής έως ανύπαρκτη επεξεργασία των αποβλήτων τους αποτελούν τεράστιο πρόβλημα για την περιοχή. Η πρόχειρη ταφή των αποβλήτων και κυρίως παράνομη απόθεσή τους ρυπαίνουν τον υδροφόρο ορίζοντα της λίμνης, ενώ πρόβλημα υπάρχει και με τα απόβλητα των τυροκομιών, στην περιοχή Δροσοχωρίου. Μάλιστα το διάσπαρτο της εγκατάστασής τους προκαλεί υποβάθμιση στο σύνολο σχεδόν των χρήσεων γης, ενώ η συχνή έλλειψη ή πλημμελής τήρηση των κανόνων υγιεινής και καθαριότητας, μπορεί να θέσει σε άμεσο κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία ^[2] .	Παρελθόν-Σήμερα
Ρύπανση από γεωργικές καλλιέργειες	Η επιβάρυνση από τις γεωργικές καλλιέργειες και δη την αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων και εντομοκτόνων είναι αρκετά μεγάλη, γιατί συσσωρεύονται στη λίμνη αυξημένες ποσότητες αζωτούχων και φωσφορούχων λιπασμάτων. Τα λιπάσματα ρυπαίνουν τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα του λεκανοπεδίου, εισέρχονται μέσω της διαδικασίας της διήθησης στον υπόγειο υδροφόρο ή με έπλυση και απορροή στα	Παρελθόν-Σήμερα

Ζωνών της Ευρύτερης Περιοχής της Λίμνης Παμβώτιδας, 2004-2006 Υπ.Αγρ.Αν.Τροφίμων.

² Ρυθμιστικό Σχέδιο Ιωαννίνων, Α' φάση-Ιούνιος 2008 & Σχέδιο Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων.

Παρέμβαση	Περιγραφή	Χρόνος
	<p>επιφανειακά ρεύματα. Ευνοούν την ανάπτυξη ευτροφικών συνθηκών και επηρεάζουν όλα τα υδρόβια είδη πανίδας. Εκτός δε από τη βιοσυσσώρευση τοξικών ουσιών στο νερό, τα φυτοφάρμακα επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα και τα χερσαία είδη.</p> <p>Από το 1978 ως το 1993, υπάρχει τάση ελάττωσης του οργανικού φορτίου, ενώ μετά το 1993 η ποσότητα του οργανικού φορτίου φθάνει σε αρκετά χαμηλά επίπεδα. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στον αυξανόμενο έλεγχο των εισροών ρυπαντικών φορτίων, καθώς και στους ετήσιους εμπλουτισμούς με φυτοφάγα κυπρινοειδή, που απομακρύνουν ποσότητες φωσφόρου και φυτοπλαγκτονικής μάζας. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων διατηρούνται σε υψηλά επίπεδα, καθόλη τη χρονική περίοδο, με εξαίρεση τα τελευταία χρόνια, όπου σημειώνεται σημαντική μείωση στα αζωτούχα θρεπτικά άλατα, ενώ ο φώσφορος ελαττώνεται από το 1994 και μετά³.</p>	
Ρύπανση από φερτά υλικά	<p>Προκαλείται από τα φερτά υλικά που εισέρχονται στη λίμνη μέσω της στερεοπαροχής των χειμάρρων. Τα φερτά υλικά επιταχύνουν τις συνθήκες πρόσχωσης της λίμνης και λόγω της ποσότητας οργανικού φορτίου που μεταφέρουν συντελούν στο πρόβλημα του ευτροφισμού.</p>	Παρελθόν-Σήμερα

Πηγές: επεξεργασία των μελετητών, Σχέδιο Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων κ.ά.

Μπορούν να αναζητηθούν και άλλες αιτίες που συνεισφέρουν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό στη ρύπανση της λίμνης όπως: η απώλεια των υγρών λιβαδιών, η δημιουργία κρηπιδώματος, η ρύπανση από την αργυροχρυσοχοεία και τις

³ Σχέδιο Διαχείρισης Αειφορικής Ανάπτυξης και Προστασίας Περιβάλλοντος Γεωργικών και Κτηνοτροφικών Ζωνών της Ευρύτερης Περιοχής της Λίμνης Παμβώτιδας, 2004-2006 Υπ.Αγρ.Αν.Τροφίμων.

βιοτεχνίες κ.ά. Προβλήματα ρύπανσης της ευρύτερης περιοχής δημιουργούνται κι από τη μεγάλη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στα αστικά λύματα της πόλης.

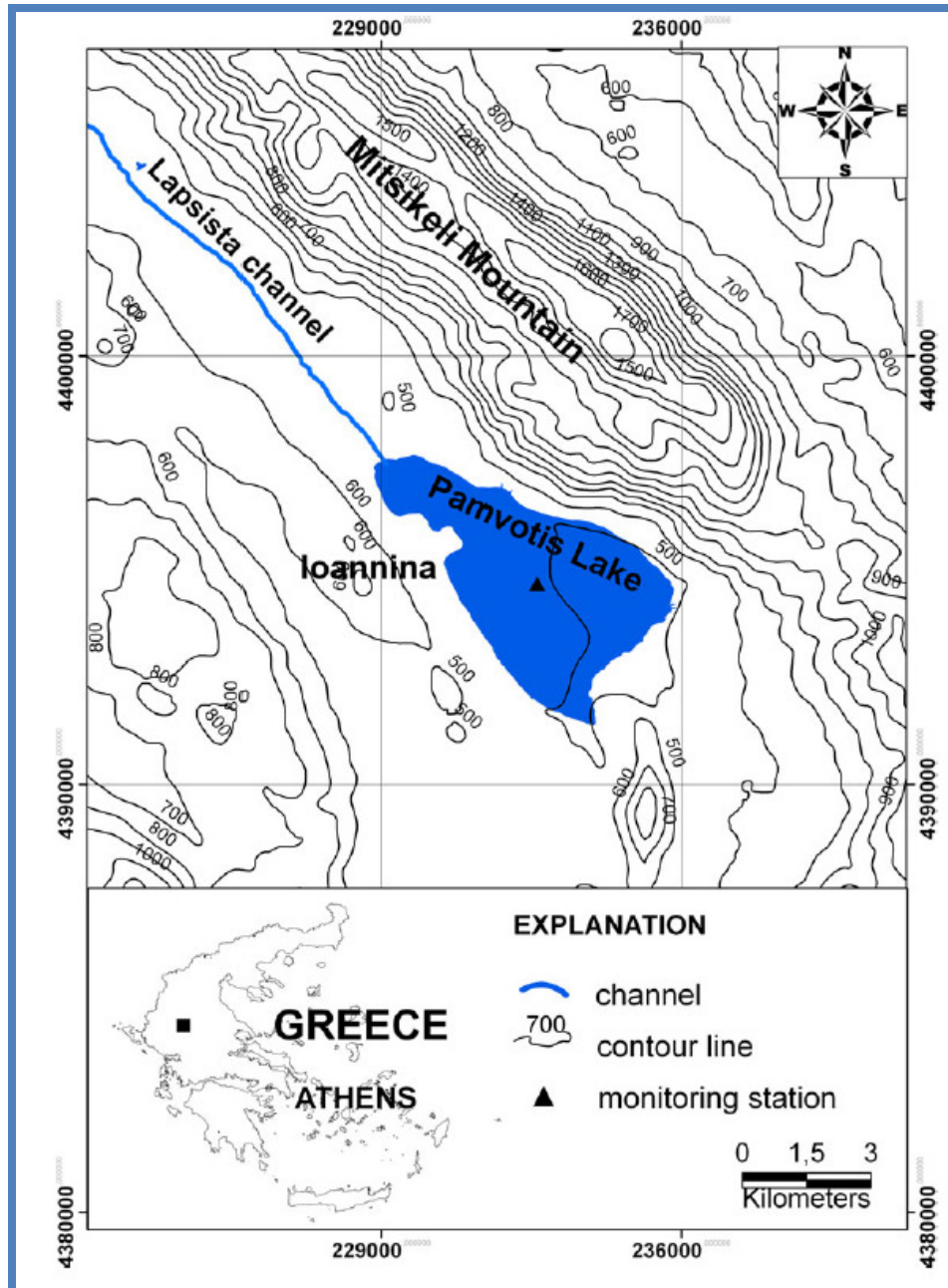
Η ρύπανση έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ευτροφικών καταστάσεων, που ευνοούν την επέκταση των καλαμώνων οι οποίοι σταδιακά προσχώνουν τη λίμνη, ενώ ταυτόχρονα προκαλείται αλλαγή στη χλωριδική δομή των υδρόβιων φυτοκοινωνιών της λίμνης.

Για την αντιμετώπιση του εντονότατου φαινομένου της ρύπανσης της λίμνης και την ελάττωση των καθόλα αρνητικών συνεπειών που αυτή έχει στο λιμναίο οικοσύστημα, στο σύνολο των οργανισμών που διαβιούν σε αυτό, αλλά και στον ίδιο τον άνθρωπο, είναι απαραίτητη η λήψη μιας σειράς μέτρων, όπως αυτά αναφέρονται τόσο στο Σχέδιο Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων, αλλά και όσων έχουν ανά καιρούς προταθεί από τους αρμόδιους φορείς και υπηρεσίες, την επιστημονική κοινότητα κι από τις διάφορες περιβαλλοντικές οργανώσεις που δραστηριοποιούνται επί σειρά ετών στην περιοχή.

ΜΕΡΟΣ Β

1. Τοπογραφία-Μορφολογία-Βυθομετρία & Ταξινόμηση

Η Λίμνη Παμβώτιδα βρίσκεται στη βορειοδυτική Ελλάδα. Η λίμνη καταλαμβάνει μια έκταση περίπου 22,8 km² και βρίσκεται στην ευρύτερη της πόλης των Ιωαννίνων (150.000 κάτοικοι), όπου περίπου το 40% της περιοχής της λεκάνης απορροής χρησιμοποιείται για τη γεωργία.



Εικόνα 1: Θέση της Λίμνης στην ευρύτερη & Εγγύτερη περιοχή

Η Λίμνη Παμβώτιδα με μήκος 7,5km, πλάτος 1-4,2km, βρίσκεται στο εσωτερικό και νότιο τμήμα της Λεκάνης των Ιωαννίνων και αποτελεί το απομεινάρι μιας αρχαίας μεγάλης λίμνης που κάλυπτε όλη τη λεκάνη. Χαρακτηριστικό

γνώρισμα της Λίμνης Παμβώτιδας είναι το νησί που σχηματίζεται περίπου στο μέσο της διάστασής της λίγα μέτρα από τη ορειανατολική της ακτή. Η στάθμη κυμαίνεται μεταξύ 470,7 και 468,8 m.

Η λίμνη τροφοδοτείται από τον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα του Μιτσικελίου με πηγές υπερχειλίσης (Μπιλίτσι, Σεντενίκου, Κρύας, Τούμπας) και την εσταβέλλα της Ντραμπάντοβας, από κατακρημνίσματα και επιφανειακές απορροές οι οποίες εισέρχονται με τη βοήθεια τριών τεχνητών καναλιών (ένα ανατολικά του λόφου της Καστρίτσας και δύο στην περιοχή Κατοικάς) στο νοτιοανατολικό της άκρο. Επίσης δέχεται το αποχετευτικό δίκτυο των όμβριων υδάτων της πόλης των Ιωαννίνων. Οι κυριότεροι χειμαρροί είναι τα ρέματα Σερβιανών, Καστρίτσας, Βασιλικής, Λογκάδων και Λαγκάτσας.

Η κλειστή λεκάνη των Ιωαννίνων είναι μία **πόλγη**, αποτέλεσμα τεκτονικών γεγονότων και της καρστικής εξέλιξης επί των ασβεστολίθων της εσωτερικής και αξονικής Ιόνιας ζώνης. Στην επαφή των ανθρακικών σχηματισμών με τις τεταρτογενείς αποθέσεις της λεκάνης εκδηλώνονται μια σειρά πηγές κυρίως ανατολικά ενώ αποστραγγίζεται από καταβόθρες κυρίως νότια και δυτικά. Η υπερχειλίση της λίμνης οδηγείται στην τεχνητή τάφρο Λαψίστας. Ανατολικά αναπτύσσεται η υδρογεωλογική ενότητα του Μιτσικελίου που τροφοδοτεί πλευρικά τις αποθέσεις εντός της λεκάνης. Δυτικά εμφανίζεται το περίπλοκο σύστημα του αντικλινόριου των Ιωαννίνων το οποίο αναπτύσσεται στους ανθρακικούς σχηματισμούς εκτός του Μιτσικελίου και εκφορτίζεται κυρίως εκτός της λεκάνης των Ιωαννίνων (λεκάνες Καλαμά, Λούρου, Αράχθου). Η παρουσία του σχηματισμού της Βίγλας στο υπόβαθρο της πόλης και η περιορισμένη περατότητα των αποθέσεων της λεκάνης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα καρστικά συστήματα Μιτσικελίου και αντικλινόριου Ιωαννίνων δεν επικοινωνούν.

Στο πεδινό τμήμα της λεκάνης, όπου κυριαρχούν ιζήματα λιμναίας φάσης, η κοκκομετρική διαβαθμισή τους διαφοροποιεί τα πρανή (αδρομερή ποταμοχειμάρρια) από το κέντρο των υπολεκανών (λεπτομερή). Στις αδρομερείς αποθέσεις αναπτύσσεται φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας, ενώ όπου υπόκεινται λεπτομερών αποθέσεων δημιουργούνται, υπό πίεση, υδροφόροι. Στο φρεάτιο υδροφόρο ορίζοντα αναπτύχθηκαν πηγάδια. Τα τελευταία χρόνια μερικά εξ αυτών μετατράπηκαν σε βόθρους με άγνωστα αποτελέσματα για την ποιότητα των υπόγειων νερών.

Το Βόρειο τμήμα του Μιτσικελίου εκφορτίζεται κυρίως από τις πηγές Κρύας και Τούμπας από όπου υδροδοτούνται η πόλη των Ιωαννίνων και γύρω οικισμοί. Περιλαμβάνει την υψηλή ζώνη από τη στάθμη της λίμνης (370 m) έως την κορυφή

του Μιτωκελίου (1810 m). Η γεωμετρία της υδρογεωλογικής λεκάνης του συστήματος αυτού συνδέεται άμεσα με την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της πόλης των Ιωαννίνων. παρουσιάζει κλίση προς βορειοδυτικά της τάξης του 0,3⁰/οο. Στο παρελθόν οι παροχές των πηγών Σαντινίκου, Αμφιθέας κατέληγαν στη λίμνη ανανεώνοντας τα νερά της.

Μετά την κατασκευή αργιλικού αναχώματος περιμετρικά (1974) τα νερά οδηγούνται στην τάφρο της Λαψίστας αποστερώντας τη λίμνη από την ανανέωση που πρόσφεραν (κυρίως την ξηρή περίοδο). Η περιοδικά λειτουργούσα ως καταβόθρα Ντραμπάντοβας καθώς και οι καταβόθρες Καστρίτσας και η υπερχειλίση προς τη Λαψίστα αποστραγγίζουν την περίσσεια νερού της λίμνης. Σήμερα η Ντραμπάντοβα έχει αποκλειστεί με χωμάτινο ανάχωμα λόγω λειψυδρίας. Στο παρελθόν έχουν διατυπωθεί προτάσεις για την αποκατάσταση της κίνησης των νερών από τις πηγές βορειοανατολικά της λίμνης προς τη λίμνη Παμβώτιδα, όπως γινόταν πριν την κατασκευή του αναχώματος.

Η έστω και περιορισμένη ανανέωση των νερών έχει εκτιμηθεί ότι θα ήταν ευεργετική, ιδίως αν τα νερά οδηγηθούν νοτιότερα και όχι δίπλα στην υπερχειλίση. Η επίτευξη των παραπάνω καθίσταται προβληματική εξαιτίας της εκσκαφής και συνακόλουθης ταπεινώσης του επιπέδου εκφόρτωσης της πηγής Σαντινίκου. Στη "Μελέτη οικονομική σκοπιμότητας αρδευτικών έργων" του 1994 δίνεται υψόμετρο +472,00 ενώ σε μελέτη του ΙΓΜΕ του 1997 σημειώνονται υψόμετρα ανάβλυσης από +469,10 έως +472,80. Τα παραπάνω στοιχεία δεν πρέπει να ανταποκρίνονται στη σημερινή πραγματικότητα, μιας και υπάρχουν πληροφορίες για πρόσφατες εκσκαφές.

Ακριβής προσδιορισμός της ηλικίας της λίμνης δεν έχει γίνει, αλλά με δεδομένα που στηρίχθηκαν κυρίως στο γεωτρητικό πρόγραμμα της Δ/σης Στερεών Κουσίμων του ΙΓΜΕ, την ηλικία των δύο λιγνιτοφόρων στοιβάδων και της πλειοκαινικής εμφάνισης της λεκάνης, εκτιμάται ότι αυτή υπερβαίνει οποιοδήποτε το ένα εκατομμύριο έτη.

Το όνομα της λίμνης, Παμβώτις, αναφέρεται για πρώτη φορά τον 12⁰ αιώνα από τον Ευστάθιο σε σχόλια που έγραψε για την Οδύσσεια. Η ύπαρξη όμως της λίμνης προκύπτει από βυζαντινές αναφορές σχετικά με την ίδρυση του φρουρίου των Ιωαννίνων (527-528 μ.Χ.) σύμφωνα με τις οποίες, ο αυτοκράτορας Ιουστινιανός, εκτιμώντας τη στρατηγική σπουδαιότητα του λεκανοπεδίου και θέλοντας να ενισχύσει την εγκαταλειμμένη από τις αδιάκοπες επιδρομές περιοχή, υποχρέωσε τους κατοίκους της παλαιάς Εύροιας της Θεσπρωτίας να μετοικήσουν στη χερσόνησο, όπου σήμερα βρίσκεται το κάστρο των Ιωαννίνων.

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

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

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

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

Όπως αναφέρθηκε, σύμφωνα με την πρόσφατη μελέτη «Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις Προδιαγραφές της Οδηγίας

2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007» **προσδιορίστηκε κατ' αρχήν ως ιδιαίτερος τροποποιημένο υδάτινο σώμα** λόγω των υδρομορφολογικών αλλοιώσεων τις οποίες έχει υποστεί και μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα:

- Αποτελούσε ενιαίο σύστημα με τη λίμνη της Λαψίστας η οποία αποξηράνθηκε.
- Η φυσική αποστράγγισή της γινόταν μέσω καταβοθρών, ενώ σήμερα υπάρχει ρύθμιση της στάθμης και εκροή μέσω της Τάφρου της Λαψίστας.
- Υπάρχουν τροποποιήσεις στην ακτογραμμή και οριοθέτησή της μέσω αναχωμάτων,

καθώς γύρω της έχει αναπτυχθεί ο πολεοδομικός ιστός της πόλης των Ιωαννίνων.

Κωδικός Σώματος	GR0512L000000004H
Τύπος Σώματος	Λίμνη
Όνομασία Σώματος	ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ
Υδατικό Διαμέρισμα	GR05- Ηπείρου
Διαχειριστική Λεκάνη	GR12- ΛΑΠ Καλαμά
ΙΤΥΣ / ΤΥΣ	ΙΤΥΣ
Τυπολογία Σώματος	Τύπος Β
Έκταση Λεκάνης Απορροής Σώματος (km ²)	325,96
Έκταση Ανάντη Λεκάνης Απορροής Σώματος (km ²)	325,96
Μέση Φυσικοποιημένη Απορροή Λεκάνης Σώματος (hm ³ /yr)	81,00
Ετήσιος Όγκος Απολήψεων λόγω Υδρευσης και Άρδευσης (hm ³ /yr)	52,70

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά Σώματος

Ο χαρακτηρισμός της λίμνης Παμβώτιδας έχει γίνει σύμφωνα με τα κριτήρια τυπολογία που δίδονται στην οδηγία 2000/60/ΕΚ για τα ύδατα καθώς και το σύστημα ECOFRAME (Moss et al 2003). Σύμφωνα με το σύστημα ECOFRAME, η λίμνη Παμβώτιδα χαρακτηρίστηκε ως "ζεστή" λίμνη δεδομένου ότι η περίοδος κάλυψης πάγου είναι μικρότερη από 2 μήνες το έτος και η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι πάνω από 25°C.

Ο χαρακτηρισμός της Λίμνης Παμβώτιδας βασίστηκε στα κριτήρια τυπολογία σύμφωνα με το Παράρτημα II της Οδηγίας για τα ύδατα, συμπεριλαμβανομένων, υψόμετρο, γεωλογία, και το βάθος (Σύστημα Α), καθώς και σύμφωνα με τα επιλεγμένα κριτήρια του Συστήματος Β και τα άλλα πρόσθετα κριτήρια (ΕΚ 2000). Το παράρτημα II της ευρωπαϊκής οδηγίας για τα νερά προτείνει δύο επιλογές για τον καθορισμό τυπολογίας λιμνών. Η πρώτη επιλογή είναι το σύστημα Α, με βάση τις οικολογικές (παράρτημα XI) και τους υποχρεωτικούς παράγοντες, όπως η γεωλογία, το μέγεθος, ύψος, βάθος. Το Σύστημα Β είναι η δεύτερη επιλογή, η οποία

περιλαμβάνει επίσης ένα ευρύ φάσμα των προαιρετικών παραγόντων (Παράρτημα II) (ΕΚ 2000).

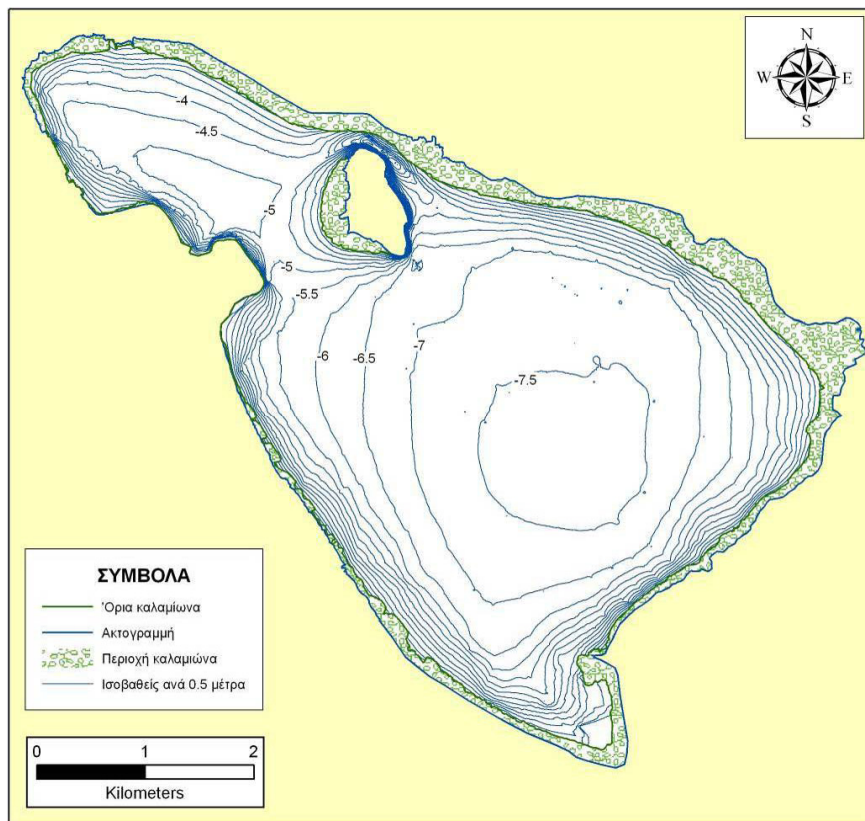
Οικο-περιοχή	Σύμφωνα με το Παράρτημα XI της οδηγίας WFD, η Λίμνη ανήκει στην οικο-περιοχή “Hellenic Western Balkans”
Υψόμετρο	Σύμφωνα με το σύστημα Α του Παραρτήματος II της WFD, διακρίνονται τρεις κλίσεις με βάση το υψόμετρο: πεδινές (<200m) μισού – υψομέτρου (200 – 80m) και υψηλού – υψομέτρου (>800m). Η λίμνη Παμβώτιδα ταξινομείται στην κατηγορία μέσου υψομέτρου δεδομένου ότι βρίσκεται σε υψόμετρο 470,25m από τη στάθμη της θάλασσας.
Μέγεθος & Μέσο Βάθος	Το σύστημα Α του Παραρτήματος II της WFD, προτείνει τρεις κατηγορίες μέσου βάθους ως εξής: πολύ ρηχές (<3m), Ρηχές (3-15m) και βαθιές (>15m). Η λίμνη Παμβώτιδα έχει ένα μέγιστο βάθος (Z_{max}) 8m και ένα μέσο βάθος (Z_{mean}) 4,3m κατατάσσοντας την στην κατηγορία ρηχές Λίμνες. Ο λόγος Z_{mean}/Z_{max} είναι 0,56.
Γεωλογία	Η περιοχή της Λεκάνης απορροής της λίμνης Παμβώτιδας εμφανίζει εκτεταμένη ασβεστολιθική διάβρωση ως αποτέλεσμα της ασβεστολιθικής προέλευσης της Λίμνης. Επιπλέον τα ιζήματα της Λίμνης περιλαμβάνουν, ιλύς, άμμο, χαλίκι και άργιλο. Σύμφωνα με το σύστημα Α του Παραρτήματος II της οδηγίας WFD, τρεις Γεωλογικοί τύποι διακρίνονται (ασβεστολιθικοί, πυριτικοί και οργανικοί). Η Λίμνη Παμβώτιδα ανήκει στην ασβεστολιθική κατηγορία.
Σύστημα Ανάμιξης	Η Λίμνη Παμβώτιδα είναι μία πολυμεικτική Λίμνη, στην οποία εμφανίζονται μία μικρή θερμική διάστρωμάτωση κατά τη διάρκεια μιας σύντομης περιόδου στα μέσα του καλοκαιριού (Καγκάλου, 2008)
Δομή της Ακτογραμμής	Σε όλο το νότιο τμήμα της Λίμνης (δηλ. στο αστικό τμήμα δεν υπάρχει φυσική ακτογραμμή. Οδικό δίκτυο, οικισμός, ιστός και τουριστικές υποδομές έχουν καταστρέψει τη φυσική ακτογραμμή. Το υπόλοιπο, τμήμα της ακτογραμμής επλήγει από αποθέσεις υλικών χαρακτηρίζονται από την εξαφάνιση των υγρών λιβαδιών και την επέκταση των καλαμιώνων.

Πίνακας 2 Χαρακτηρισμός της Λίμνης Παμβώτιδας σύμφωνα με WFD και το Σχήμα Ecoframe

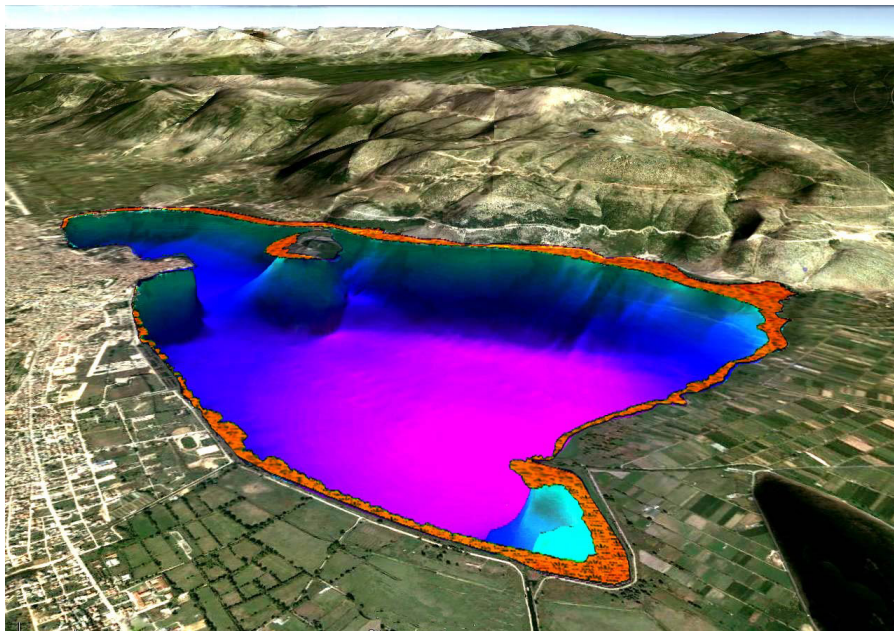
Η ετήσια διακύμανση της στάθμης της λίμνης είναι 0,90m. Την ξηρή περίοδο παρατηρείται η κατώτερη στάθμη στα 468,80m ή και πιο κάτω. Το μέγιστο βάθος είναι 9,60 m και έχει παρατηρηθεί στο στενό μεταξύ του Νησιού και της απέναντι όχθης (Ντραμπάτοβας). Ο συνολικός όγκος νερού υπολογίζεται σε 90 hm³. Με βάση τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για **αβαθή λίμνη**.

Πρόσφατα το Γεωλογικό τμήμα του Πανεπιστημίου Πατρών, με χρήση ακουστικής στρωματογραφίας και ψηφιοποίηση της πρώτης επιφανειακής ανάκλασης (η οποία αποδίδεται στην επιφάνεια του πυθμένα) και μετά από κατάλληλη επεξεργασία απέδωσε ένα χάρτη εκτίμησης του βάθους της λίμνης.

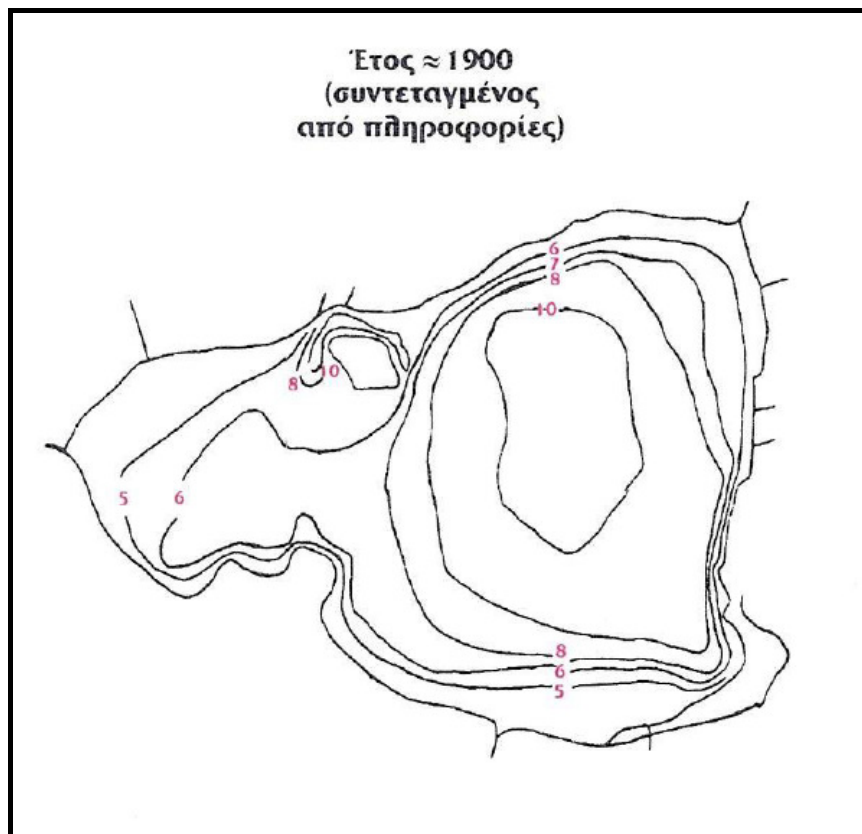
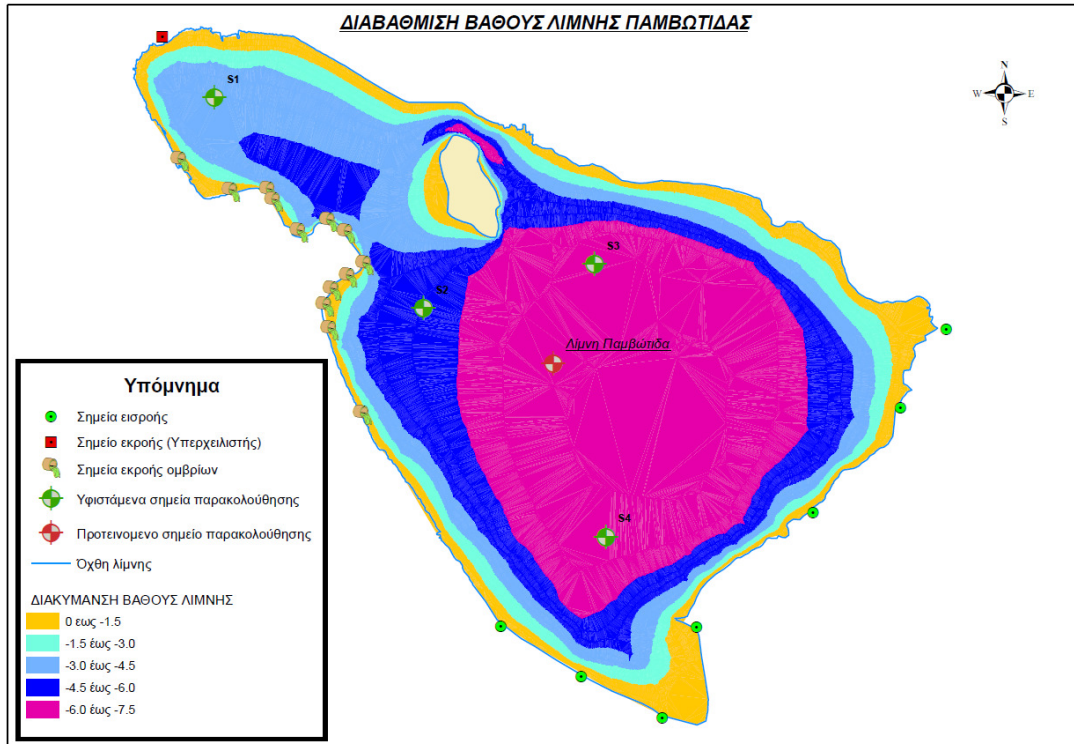
Η ανάλυση των δεδομένων αυτών κατέδειξε ότι το βαθύτερο τμήμα της λίμνης εντοπίζεται στον ανατολικό τομέας της και είναι περίπου -9.6 m.

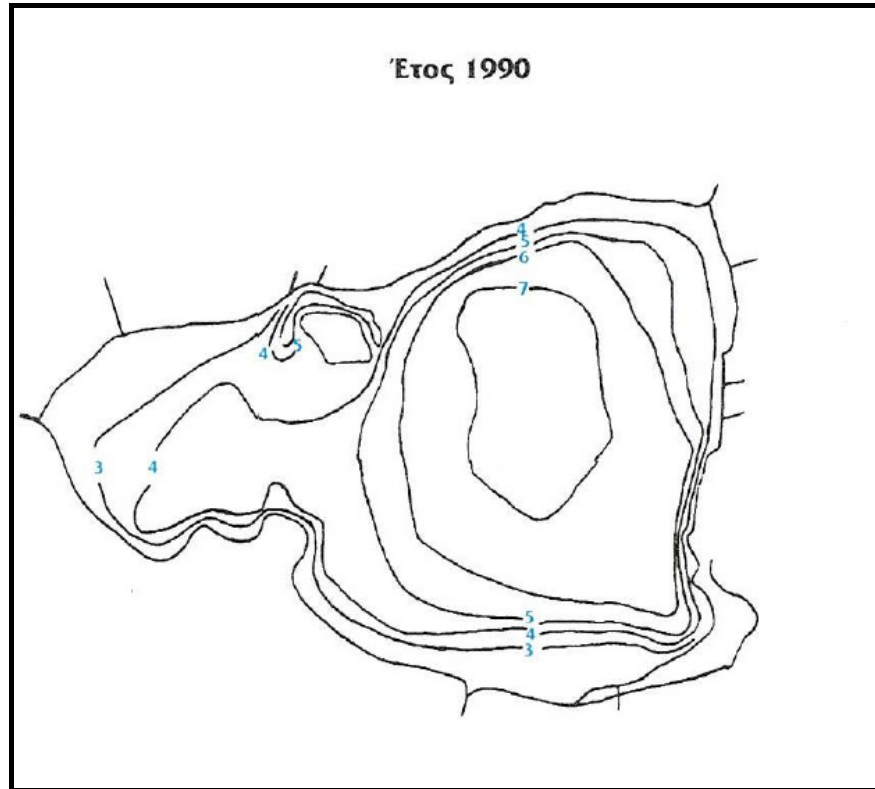


Εικόνα 2: Χάρτης Εκτίμησης Βάθους της Λίμνης Παμβώτιδας (Παν.Πατρών, 2011)



Εικόνα 3: Τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο βάθους της Λίμνης Παμβώτιδας(Παν.Πατρών, 2011)





Εικόνα 4: Βυθομετρικές Μεταβολές στη διάρκεια των ετών 1900-1990(ΔΕΛΙ, 1995)

Η λίμνη έχει μια μακρά ιστορία του ευτροφισμού λόγω πλήθους σημειακών και μη-σημειακών πηγών φόρτισης με θρεπτικά συστατικά και με την άνθηση κυανοφυκών να έχει παρατηρηθεί από το 1978. Οι παραδοσιακές μέθοδοι αποκατάστασης, όπως η μείωση του εξωτερικού P-φόρτισης, οδήγησε σε σημαντική μείωση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλλά ακόμη και σήμερα εξακολουθεί να είναι υψηλό ώστε να διατηρούνται οι ευτροφικές συνθήκες.

Σύμφωνα με την πρόσφατη μελέτη «Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις Προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007» **προσδιορίζετε από τις κάτωθι πιέσεις:**

ΠΙΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΤΥΧΕΙΣ ΤΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ

Κωδικός σώματος	GR0512L000000004H
Όνομα σώματος	ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ
Ένταση πίεσης στην υπολεκάνη	υψηλή
Οικισμοί με ΕΕΛ	μεσαία
Αριθμός μονάδων IPPC	χαμηλή
Αριθμός βιομηχανικών μονάδων σχετιζόμενες με απορρίψεις ουσιών προτεραιότητας	μεσαία
Αριθμός βιομηχανικών μονάδων σχετιζόμενες με απορρίψεις άλλων ουσιών	υψηλή
Κτηνοτροφικές μονάδες	υψηλή
Ιχθυοκαλλιέργειες	μεσαία
Φόρτιση φορτίου φωσφόρου σε λίμνες/ταμιευτήρες (από επιφανειακές απορροές)	υψηλή
Αριθμός λατομείων	χαμηλή
Αριθμός μονάδων Seveso	υψηλή
Ποσοστό κάλυψης αστικής περιοχής	χαμηλή
Ποσοστό κάλυψης καλλιεργήσιμων εκτάσεων	μεσαία
Οικισμοί χωρίς ΕΕΛ	μεσαία
Συγκέντρωση οργανικού φορτίου και θρεπτικών στις επιφανειακές απορροές	μεσαία
Συγκέντρωση BOD στις επιφανειακές απορροές	υψηλή
Συγκέντρωση αζώτου στις επιφανειακές απορροές	χαμηλή
Συγκέντρωση φωσφόρου στις επιφανειακές απορροές	χαμηλή

Ενδέχεται με αξιόλογη πιθανότητα να μην πετύχει τους στόχους της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ

Η πίεση απόληψης είναι υψηλή

2. Υδρογεωλογικό Ισοζύγιο

2.1 Γενικά

Η γνώση του μοντέλου προσομοίωσης στο καρστικό υδροφόρο σύστημα Ιωαννίνων προέρχεται από τη μελέτη του ΙΓΜΕ (Δ.Αντωνιάδης, 2010) με κύριο στόχο τη διερεύνηση της υδραυλικής σχέσης του καρστικού συστήματος Μιτσικελίου και της λίμνης Ιωαννίνων (Παμβώτιδα λίμνη). Το καρστικό σύστημα Μιτσικελίου αποτελεί υποσύστημα του όλου καρστικού συστήματος Ιωαννίνων και αναπτύσσεται στην ανθρακική σειρά της Ιονίου Ζώνης (ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα - ασβεστόλιθοι Ηωκαίνου) στον ορεινό όγκο του Μιτσικελίου (υψόμ. 1810 μέτρα).

Η έκταση του συστήματος υπολογίζεται στα 150 km² και το μέσο ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων στα 1269,84 χιλιοστά. Από τη βορειοανατολική του πλευρά το σύστημα οριοθετείται από τον αδιαπέρατο φλύσχη που αναπτύσσεται στο σύγκλινο του Αράχθου ενώ από τις άλλες πλευρές δεν υπάρχουν σαφή υδρογεωλογικά όρια γεγονός που καθιστά δύσκολη την εκτίμηση των αποθεμάτων υπόγειου νερού του συστήματος.

Οι κύριες πηγαίες εκφορτίσεις του συστήματος εμφανίζονται στο επίπεδο της πόλης Ιωαννίνων και της στάθμης της λίμνης σε υψόμετρα από 464 μέτρα έως 469 μέτρα. Πρόκειται για τις πηγές : Τούμπας (IP 92), Κρύας (IP 96), Σαντινίκου (IP 98), και Αμφιθέας (IP 100). Οι πηγές εμφανίζονται στην επαφή ασβεστόλιθων και τεταρτογενών ιζημάτων μειωμένης περατότητας που πληρώνουν την πόλη Ιωαννίνων.

Από γεωτρήσεις που βρίσκονται στην άμεση περιοχή τροφοδοσίας της πηγής Κρύας, υδρεύεται ο Δήμος Ιωαννιτών και από γεωτρήσεις που βρίσκονται στην άμεση περιοχή τροφοδοσίας της Πηγής Τούμπα, υδρεύεται ο Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων. Επίσης από το σύστημα εξυπηρετούνται οι ανάγκες νερού των εμφιαλωτηρίων πόσιμου νερού (ΒΙΚΟΣ και ΖΑΓΟΡΙ).

Συνολικά από το καρστικό σύστημα Μιτσικελίου απολαμβάνονται σε ετήσια βάση περίπου 17.000.000 κυβικά μέτρα νερού γεγονός που προσδίδει ιδιαίτερο διαχειριστικό ενδιαφέρον.

Στη νοτιοανατολική του πλευρά, το σύστημα έρχεται σε άμεση υδραυλική επικοινωνία με τη λίμνη των Ιωαννίνων. Η λίμνη αποτελεί κύριο

υδρογραφικό γνώρισμα του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου αλλά και είναι συνδεδεμένη με την ιστορία και την κοινωνικοοικονομική εξέλιξη της πόλης των Ιωαννίνων και της ευρύτερης περιοχής.

Ο καρστικός υδροφόρος του Μιτσικελίου βρίσκεται σε άμεση επαφή με τη λίμνη μέσω της εσταβέλας Δραμπάτοβα (IP 100) αλλά και των άλλων εσταβελών που βρίσκονται κατά μήκος της επαφής της με τους ασβεστόλιθους του Μιτσικελίου. Στις περιόδους υψηλών στάθμεων του καρστικού υδροφόρου αυτός τροφοδοτεί τη λίμνη και σε περιόδους χαμηλών στάθμεων, η λίμνη τροφοδοτεί τον καρστικό υδροφόρο.

Τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού της λίμνης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον καρστικό υδροφόρο. Επίσης γίνεται φανερό ότι τα αποθέματα υπόγειου νερού του καρστικού υδροφόρου αλλά και η υδροχημική του κατάσταση επηρεάζονται από τη λίμνη.

Γίνεται φανερό από τα παραπάνω ότι κύριοι στόχοι του μοντέλου προσομοίωσης είναι :

- Η διερεύνηση της υδρογεωλογικής και υδραυλικής σχέσης του καρστικού συστήματος και της λίμνης.
- Η μελλοντική πρόγνωση της εξέλιξης αυτής της σχέσης με σκοπό τη διατήρηση της περιβαλλοντικής ισορροπίας και την αποτροπή δυσμενών επιπτώσεων στο υδατικό ισοζύγιο του υπόγειου υδροφόρου αλλά και της λίμνης.
- Η πρόβλεψη ενός διαχειριστικού μοντέλου των αποθεμάτων υπόγειου νερού του καρστικού συστήματος Μιτσικελίου και η μελλοντική του ανταπόκριση στις υφιστάμενες πιέσεις (απολήψεις νερού κ.α.).
- Η χρησιμοποίησή του στον καθορισμό των ζωνών προστασίας των πηγών ύδρευσης (Τούμπα και Κρύα).

2.2 Υλοποίηση του Μοντέλου

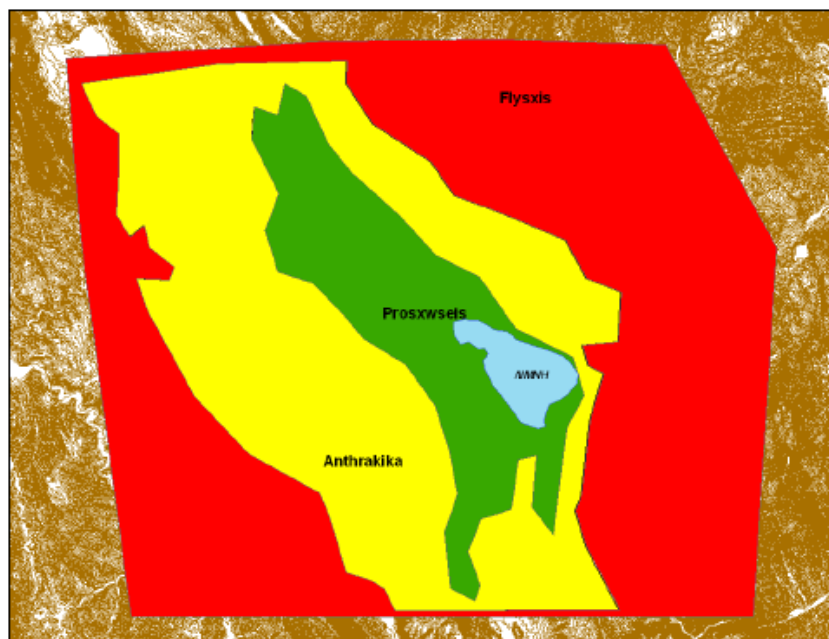
Στο πλαίσιο δημιουργίας του Υδρογεωλογικού Μοντέλου Προσομοίωσης (ΙΓΜΕ, 2010) της υπόγειας ροής υδάτων στην περιοχή που περιλαμβάνει το καρστικό σύστημα του όρους Μιτσικέλι και το λεκανοπέδιο των Ιωαννίνων και με βάση τον εννοιολογικό σχεδιασμό που προηγήθηκε, ακολουθεί η περιγραφική υλοποίησή του.

Αρχικά έγινε η μετατροπή των features δηλαδή των δεδομένων ανυσηματικής

μορφής του ArcGIS σε elements που είναι η μορφή στην οποία αναγνωρίζονται τα αντικείμενα στο ArcAEM. Όπως περιγράφεται και στον εννοιολογικό σχεδιασμό, τα ανυσοματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την συγκεκριμένη μετατροπή ήταν τα LAKE και WELLS δηλαδή η λίμνη Παμβώτιδα και οι αντλητικές γεωτρήσεις και πηγές της περιοχής ενδιαφέροντος.

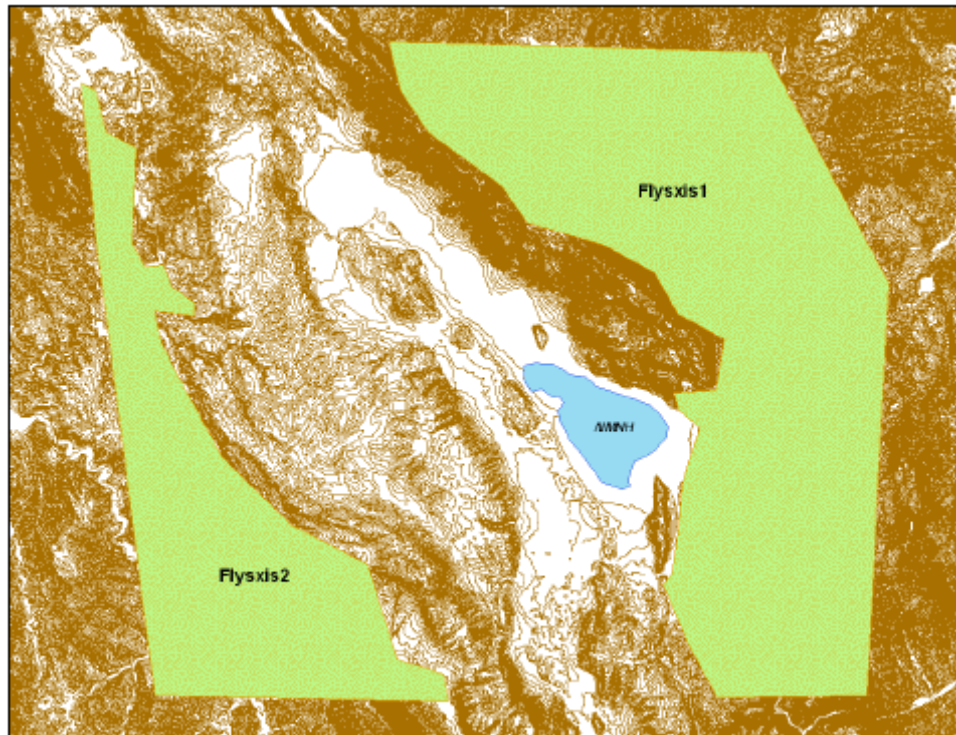
Δημιουργήθηκαν δύο κατηγορίες WELLS. Η «Wells» που περιλαμβάνει τις Πηγές της περιοχής και η «Drills(Wells2)» που περιλαμβάνει τις γεωτρήσεις άντλησης. Επιπλέον, δημιουργήθηκαν δύο features πολυγωνικής μορφής που στην συνέχεια μετατράπηκαν σε element του ArcAEM και περιγράφουν την περιοχή εισροής των κατακρημνισμάτων στο σύστημα (Recharge Zone) και την περιοχή που καταλαμβάνει ο αδιαπέρατος Φλύσχη που προσδιορίζει μια περιοχή υψηλής διαφοροποίησης στην Υδραυλική Αγωγιμότητα σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο και οριοθετεί ουσιαστικά το σύστημα εκατέρωθεν (Inhomogeneity).

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ζώνη εισροής (Recharge Zone) που περιλαμβάνει ουσιαστικά όλη την περιοχή μελέτης και αποτελείται από τρία επιμέρους πολύγωνα που καλύπτουν αντίστοιχα την επιφανειακή έκταση των Προσχώσεων, των Ανθρακικών και του Φλύσχη. Αυτό έγινε για να δοθεί διαφορετική τιμή εισροής υδάτων στην κάθε επιφάνεια αφού ανάλογα με το είδος τους διαφέρει και ο βαθμός της αντίστοιχης κατεισδυσης ύδατος.



Αντίστοιχα, στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η ζώνη ανομοιογένειας στην Υδραυλική Αγωγιμότητα (Inhomogeneity Zone) που αποτελείται από δύο επιμέρους

πολύγωνα που καλύπτουν αντίστοιχα την επιφανειακή έκταση του Φλύσχη εκατέρωθεν του Υδροφόρου.



Μετά την δημιουργία των οντοτήτων (Elements) του μοντέλου, ακολούθησε η εισαγωγή των τιμών των παραμέτρων σε κάθε μία από αυτές (Elements Editing).

Οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται στο Μοντέλο θα πρέπει να είναι καθορισμένες εξαρχής και ενιαίες για όλες τις παραμέτρους που λαμβάνουν χώρα. Επιλέχθηκε ως ενιαία μονάδα μέτρησης του μήκους το m, του όγκου ύδατος το m^3 και του χρόνου το Έτος. Έτσι, πριν την έναρξη της εισαγωγής τους στο σύστημα, όλα τα δεδομένα, ανεξαρτήτως της μορφής στην οποία δόθηκαν, ανάχθηκαν στις παραπάνω μονάδες. Σύμφωνα πάντα με τις υδρολογικές μετρήσεις που δόθηκαν από το Παράρτημα του ΙΓΜΕ Πρέβεζας, εισήχθησαν οι παρακάτω τιμές:

- Στην λίμνη (LAKE) που όπως αναφέρθηκε και στον εννοιολογικό σχεδιασμό θεωρήθηκε αρχικά σταθερής στάθμης (Head Specified Element) δόθηκε τιμή απόλυτου υψομέτρου στάθμης ίση με 469m.
- Στις εκφορτίσεις και απολήψεις (WELLS) από τις Πηγές και τις αντλητικές Γεωτρήσεις αντίστοιχα, εισήχθησαν τιμές τόσο για την εκφόρτιση (Discharge) όσο και για την ακτίνα (Radius) της διατομής τους. Οι αρνητικές τιμές εκφόρτισης υποδηλώνουν την τροφοδοσία του συστήματος με νερό, όπως στην περίπτωση της καταβόθρας Δραμπάτοβα. Στον πίνακα που ακολουθεί αναγράφονται αναλυτικά όλες οι τιμές που εισήχθησαν στο σύστημα:

WELL	DISCHARGE (m ³ /έτος)	RADIUS (m)
TOUMPA	10950000	2
KRYA	5900000	1.5
SANTINIKOY	10700000	2
DRAMPATOVA	-1750000	0.4
AMFITHEA	2000000	0.5
DOYRAXANI	-3500000	0.8
NOMARXIA1	1800000	0.16
NOMARXIA2	1800000	0.16
NOMARXIA3	1800000	0.16
NOMARXIA4	1800000	0.16
NOMARXIA5	1800000	0.16
MAZIA	350000	0.11
LIGKIADES	350000	0.11
SYDKLI(TOUMPA)	8400000	1
SYDKLI1	600000	0.13
SYDKLI2	600000	0.13
SYDKLI3	600000	0.13
DEYAI(KRYA)	6400000	1.8
ZAGORI1	300000	0.1
ZAGORI2	300000	0.1
VIKOS	300000	0.1
LOGGADES	700000	0.22

Για την ζώνη εισροής (Recharge Zone) και με βάση τον ετήσιο όγκο κατακρημνισμάτων και τον συντελεστή κατείδυσης των σχηματισμών (Ασβεστόλιθοι, Φλύσχης, Προσχώσεις), υπολογίστηκε ο όγκος ύδατος με τον οποίο τροφοδοτείται ο υδροφόρος ορίζοντας ανά περιοχή. Οι τιμές που εισήχθησαν δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Σχηματισμός	Εισροή Ύδατος (m ³ /έτος)
Ανθρακικά	65 000 000
Φλυσχης	1 000 000
Προσχώσεις	13 000 000

Τέλος, για την ζώνη ανομοιογένειας (Inhomogeneity Zone), εξαιτίας της διαφοροποίησης της Υδραυλικής Αγωγιμότητας του Φλύσχη ως προς το υπόλοιπο σύστημα, δόθηκε μια πολύ χαμηλή τιμή της τάξης των 9,5 m³/έτος

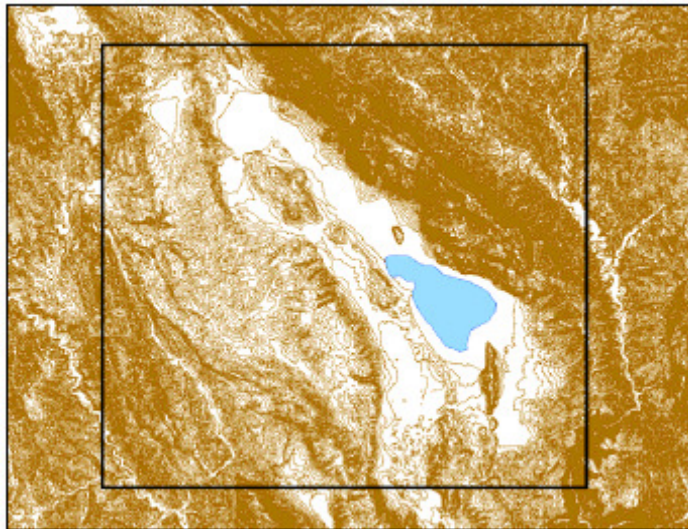
Πριν τρέξει το Μοντέλο, θα πρέπει να καθοριστούν και κάποιες παράμετροι που σχετίζονται με τα περιγραφικά χαρακτηριστικά του ίδιου του Υδροφόρου. Έτσι, και σύμφωνα πάντα με τις δοθείσες πληροφορίες, οι τιμές που εισήχθησαν για τον υδροφόρο του όρους Μιτσικέλι ήταν:

Απόλυτο Υψόμετρο Βάσης Υδροφόρου (Base) :	250 m
Πάχος Υδροφόρου (Thickness) :	220 m
Υδραυλική Αγωγιμότητα (Conductivity) :	100,92x10 ³
m/έτος	

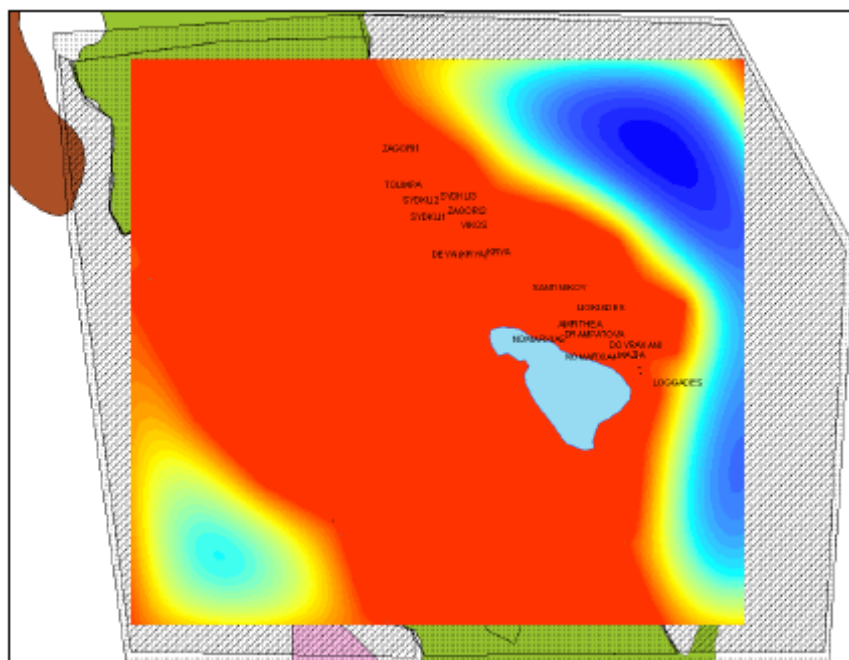
Στη συνέχεια ορίστηκε ένα σημείο αναφοράς (Reference Point) γνωστής απόλυτης υψομετρικής στάθμης ύδατος. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέχθηκε η θέση της γεώτρησης KG-315 με συντεταγμένες X=211313, Y=4419889 και απόλυτο υψόμετρο στάθμης (Head) 403m που βρίσκεται σε αρκετά μεγάλη απόσταση από την περιοχή μελέτης.

Κατόπιν καθορίστηκαν κάποιες τιμές σχετικές με τον τρόπο επίλυσης του Μοντέλου. Ως Start Mode επιλέχθηκε το 'Cold', ώστε οι συντελεστές επίλυσης να ξεκινούσαν από μηδενική βάση. Στον τρόπο επίλυσης των επαναληπτικών εξισώσεων (Iterative Solver) επιλέχθηκε ο αλγόριθμος του 'Seidel'.

Αφού ρυθμίστηκε και ο βαθμός λεπτομέρειας επίλυσης του μοντέλου (Solving Precision), στην συνέχεια καθορίστηκε η ανάλυση (Gridding Resolution) και η περιοχή επιρροής μέσα στην οποία θα σχεδιαζόταν το τελικό ψηφιακό πλέγμα μορφής Grid που περιγράφει την πεζομετρική επιφάνεια του υδροφόρου. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται με μαύρο πλαίσιο η επιφάνεια αυτή.



Εν συνέχεια και στο τελικό βήμα, έτρεξε το μοντέλο και εξήχθησαν η πιεζομετρική επιφάνεια (Grid) και οι πιεζομετρικές καμπύλες του υπόγειου υδροφόρου συστήματος. Στις εικόνες παρουσιάζονται το τελικό Grid και λεπτομέρεια από τις πιεζομετρικές καμπύλες γύρω από την λίμνη.



3. Υδρολογικό Ισοζύγιο

3.1 Υδατικό Ισοζύγιο της κλ.Λεκάνης της Λίμνης

Πριν την παρουσίαση και την ανάλυση του υδατικού ισοζυγίου της κλειστής λεκάνης απορροής της λίμνης Ιωαννίνων σύμφωνα με τα στοιχεία που αντλήθηκαν από την Α' φάση του έργου του Υπουργείου Ανάπτυξης (2004) με τίτλο: «*Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής*», αξίζει να παρουσιαστούν στο παρακάτω σχήμα όλες οι κύριες λεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος της Ηπείρου. Από το σχήμα αυτό, γίνεται αντιληπτό ότι οι κύριες λεκάνες καλύπτουν την συντριπτική πλειοψηφία της έκτασης του Υ.Δ. Παρατηρείται, ακόμη, ότι τα υδατικά ισοζύγια αφορούν τις συνολικές λεκάνες μέχρι την έξοδό τους στη θάλασσα (ή την έξοδό τους από τη χώρα) και όχι απλώς τις υπολεκάνες βαθμονόμησης.



Ακολουθεί η παρουσίαση του υδατικού ισοζυγίου της κλειστής λεκάνης απορροής της λίμνης Ιωαννίνων υπό μορφή διαγράμματος και αντίστοιχου πίνακα. Συγκεκριμένα, δίνονται:

- διάγραμμα και σχετικός πίνακας του μέσου μηνιαίου ισοζυγίου για την περίοδο ανάλυσης 1980 - 2001,
- διάγραμμα και σχετικός πίνακας του ετήσιου ισοζυγίου κάθε υδρολογικού έτους για την περίοδο ανάλυσης 1980 - 2001,
- συγκεντρωτικός πίνακας του μέσου ετήσιου υδατικού ισοζυγίου σε όλες τις λεκάνες για την περίοδο ανάλυσης 1980 - 2001, στο τέλος.

Οι μεταβλητές που αναφέρονται στα διαγράμματα και τους πίνακες είναι οι ακόλουθες:

- PREC* : κατακρήμνιση
- AET* : πραγματική εξατμισοδιαπνοή
- DIR* : άμεση απορροή
- RF* : ενδιάμεση και βασική απορροή
- BIN* : εισροές από γειτονικές λεκάνες
- BOUT* : εκροές από γειτονικές λεκάνες
- ΔS : αλλαγή στην αποθήκευση της λεκάνης στο τέλος του εκάστοτε χρονικού βήματος

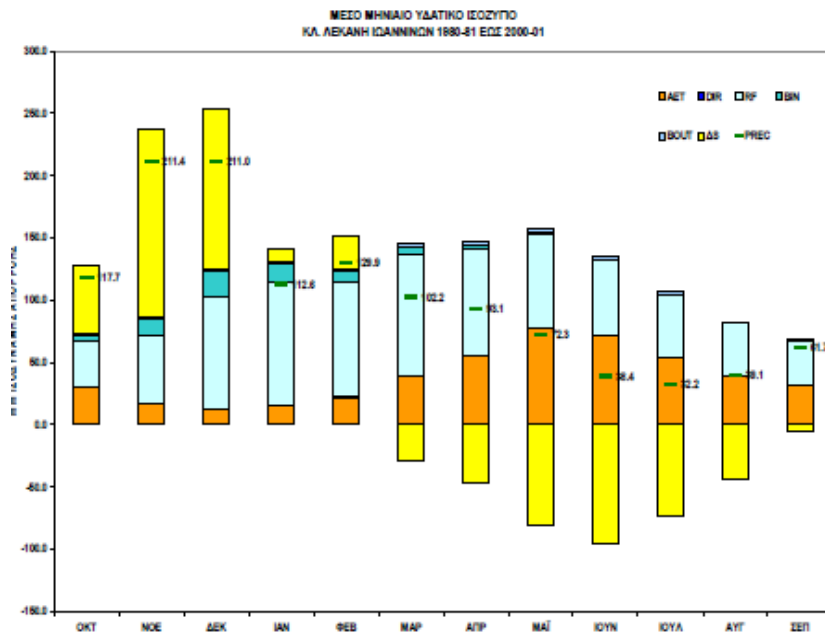
Η θετική τιμή του ΔS αντιστοιχεί σε πλεόνασμα στο τέλος του εκάστοτε χρονικού βήματος ενώ η αρνητική τιμή σε έλλειμμα.

Όλες οι ανωτέρω ποσότητες δίνονται στους σχετικούς πίνακες και διαγράμματα σε χιλιοστά (mm) ισοδύναμης απορροής. Η βασική εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου βάσει της οποίας υπολογίζονται οι παραπάνω ποσότητες είναι η εξής:

$$PREC = AET + DIR + RF \pm \Delta S$$

Για την ποσότητα ΔS ισχύει η εξής σχέση:

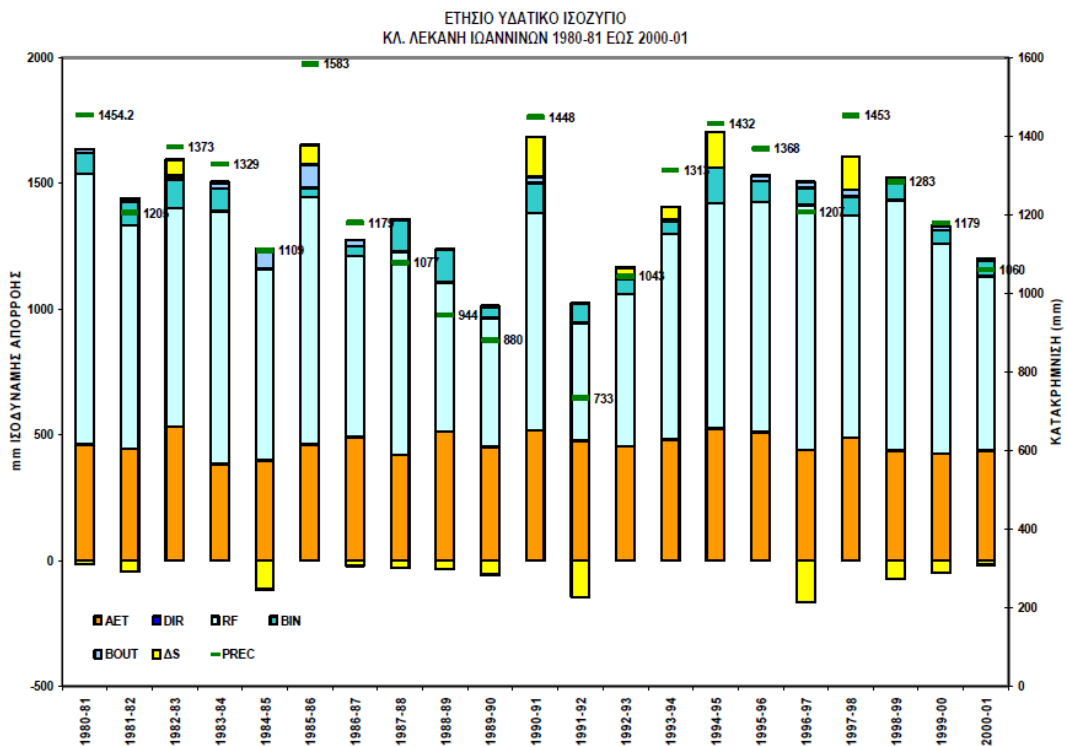
$$\Delta S = G + BIN - BOUT + \varepsilon$$



	PREC	AET	DIR	RF	BIN	BOUT	ΔS
Οκτώβριος	117.7	29.3	0.2	37.9	4.7	1.0	53.8
Νοέμβριος	211.4	16.6	0.3	54.6	13.0	1.0	151.7
Δεκέμβριος	211.0	11.7	0.2	90.1	21.7	0.5	128.4
Ιανουάριος	112.6	15.7	0.0	98.2	14.8	1.0	10.2
Φεβρουάριος	129.9	21.9	0.1	91.8	9.6	1.1	25.8
Μάρτιος	102.2	38.6	0.0	97.4	6.2	2.4	-29.9
Απρίλιος	93.1	55.7	0.0	85.2	3.2	2.8	-46.5
Μάιος	72.3	76.9	0.0	75.3	2.3	3.0	-80.9
Ιούνιος	38.4	71.9	0.0	59.6	0.6	2.5	-95.4
Ιούλιος	32.2	53.8	0.0	50.6	0.1	1.9	-74.2
Άγουστος	39.1	39.4	0.0	41.6	0.1	1.2	-43.3
Σεπτέμβριος	61.7	31.9	0.0	34.4	0.6	0.7	-5.0
Σύνολο	1221.6	463.5	0.7	816.8	77.0	19.0	-5.2

Πίνακας 4: Μέσο μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων 1980-2001

(Οι μονάδες είναι mm).



Υδρ. Έτος	PREC	AET	DIR	RF	BIN	BOUΤ	ΔS
1980-1981	1454.2	460.9	1.0	1072.92	85.9	14.5	-12.6
1981-1982	1204.9	443.0	0.0	885.61	92.5	11.6	-46.7
1982-1983	1373.3	533.2	0.7	861.70	106.3	14.7	65.3
1983-1984	1329.0	384.4	0.0	999.21	86.4	24.6	2.8
1984-1985	1109.2	396.9	0.0	759.88	8.9	70.4	-112.9
1985-1986	1582.8	461.3	1.9	979.49	33.4	92.2	77.2
1986-1987	1179.1	490.7	0.0	718.75	35.4	23.0	-21.4
1987-1988	1077.0	417.8	0.0	812.08	130.5	2.8	-28.9
1988-1989	943.9	511.7	0.0	601.73	140.2	0.3	-32.7
1989-1990	880.2	448.8	3.6	523.01	45.5	5.3	-57.4
1990-1991	1448.2	516.2	0.4	873.49	126.5	21.1	159.9
1991-1992	732.6	476.4	0.3	467.73	67.7	2.5	-149.3
1992-1993	1043.2	452.1	0.1	610.08	66.0	5.0	39.3
1993-1994	1313.4	479.1	2.6	819.75	49.0	6.9	50.4
1994-1995	1432.3	525.2	0.7	898.40	140.5	1.9	142.2
1995-1996	1368.1	510.9	0.0	914.10	80.4	19.1	0.1
1996-1997	1207.0	437.4	0.4	976.82	70.9	23.5	-164.6
1997-1998	1452.6	489.4	0.0	883.25	80.0	26.6	129.3
1998-1999	1283.4	436.5	3.4	988.41	77.5	4.2	-75.9
1999-2000	1178.8	425.9	0.6	833.09	53.2	17.4	-48.9
2000-2001	1060.3	436.2	0.0	674.3	40.5	10.7	-23.6
Μέσος όρος	1221.6	463.5	0.7	816.8	77.0	19.0	-5.2

Πίνακας 5: Ετήσιο υδατικό ισοζύγιο κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων 1980-2001

Να σημειώσουμε ότι τα υδατικά ισοζύγια που παρουσιάζονται, αποτελούν εξιδανικευμένα ισοζύγια της φυσικής κατάστασης των λεκανών, διότι δεν είχαν ακόμα συλληχθεί και τυχόν επεξεργασίας τα δεδομένα των χρήσεων ύδατος. Οι χρήσεις ύδατος όπως είναι φυσικό επηρεάζουν το τελικό ισοζύγιο και μεταβάλλουν, πολλές φορές δραστικά, την «φυσικοποιημένη» εκδοχή του. Για ορισμένες δε λεκάνες η μεταβολή αυτή είναι τέτοια που το «φυσικοποιημένο» ισοζύγιο είναι πιθανόν να απέχει αρκετά έως πολύ από το πραγματικό ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης. Κάτι αντίστοιχο ισχύει στην κλειστή λεκάνη των Ιωαννίνων, στην οποία οι έντονες χρήσεις ύδατος (ύδρευση πόλης Ιωαννίνων, άρδευση κλπ.) μεταβάλλουν έντονα το φυσικό ισοζύγιο.

Επίσης, στην λεκάνη Ιωαννίνων είναι βέβαιο ότι μέρος της υπολογιζόμενης απορροής στην πραγματικότητα συρρέει εντός της λίμνης Παμβώτιδας και χάνεται από την λεκάνη υπό μορφή εξάτμισης από την επιφάνεια της λίμνης.

3.2 Σύντομη περιγραφή του διαχειριστικού ομοιώματος MIKE BASIN

Στα πλαίσια της Γ' φάσης του έργου «Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής», πραγματοποιήθηκε ανάλυση του ειδικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε και με το οποίο κατασκευάστηκε διαχειριστικό μοντέλο του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου. Το διαχειριστικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του Υ.Δ. είναι το MIKE BASIN του DHI (Danish Hydraulic Institute, Δανία). Το μοντέλο αυτό ακολουθεί τη λογική της διαχείρισης σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης. Βασίζεται στη θεώρηση ότι οι φυσικοί και υδάτινοι πόροι μιας υδρολογικής λεκάνης αποτελούν μία ενότητα και, επομένως, πρέπει να θεωρηθούν έτοι, ώστε να μην υπάρξουν ανακρίβειες όσον αφορά στη μελλοντική χρήση του νερού. Το MIKE BASIN είναι ένα μοντέλο προσομοίωσης για διαχείριση υδάτων που αναπαριστά την υδρολογία λεκάνης στο χώρο και στο χρόνο.

Ένα από τα βασικότερα στοιχεία από τα οποία αποτελείται το MIKE BASIN είναι η διαχειριστική/υδρολογική λεκάνη, η οποία αποτελεί τη βασική υδρολογική μονάδα όπου λαμβάνει χώρα η απορροή που εισέρχεται στο γραμμικό δίκτυο (ποτάμια). Η εισαγωγή των ορίων και υψομετρικών χαρακτηριστικών της λεκάνης μπορεί να βασιστεί σε ψηφιακό μοντέλο εδάφους, εφόσον προϋπάρχει στο περιβάλλον του GIS. Εάν δεν υπάρχει ψηφιακό υπόβαθρο, η σχηματοποίηση μπορεί να γίνει γραφικά με βάση κάποιο υπόβαθρο εικόνας. Κάθε λεκάνη καλύπτει μία περιοχή που απορρέει σε ένα ποτάμι μεταξύ δύο σημείων του ποταμού ή μεταξύ του ανάντη σημείου της λεκάνης και ενός σημείου στο ποτάμι. Η λεκάνη είναι δυνατόν να καλύπτει ένα ποτάμι ή και πολλούς παραπόταμους, αναλόγως των ανάντη λεκανών.

Η κατάτμηση του εδάφους του Υ.Δ. σε διαχειριστικές λεκάνες, ακολούθησε κατά μείζονα λόγο την οριοθέτηση με βάση τους επιφανειακούς υδροκρίτες, με σημεία αναφοράς τις θέσεις των κύριων υδροληψιών των μεγάλων καταναλωτών, τις λεκάνες απορροής λιμναίων σωμάτων (λίμνη Παμβώτιδα) και κλειστές λεκάνες περιοχών που αποστραγγίζονται σε άλλες λεκάνες απορροής (π.χ. κλειστή λεκάνη Λαψίστας), τις θέσεις φραγμάτων και ταμιευτήρων ρύθμισης της ροής και τις θέσεις όπου διατίθενται υδρομετρικά δεδομένα για την βαθμονόμηση του διαχειριστικού μοντέλου.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, θα πραγματοποιηθεί αναφορά μόνον για την κλειστή λεκάνη της Λαψίστας και την κλειστή λεκάνη της λίμνης Παμβώτιδας.

Κλειστή Λεκάνη Λαψίστας

Η λεκάνη αυτή, μαζί με την κλειστή λεκάνη της Λίμνης Παμβώτιδας, αποτελούν τις δύο υπολεκάνες στις οποίες χωρίσθηκε η λεκάνη απορροής του Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων. Πρόκειται για δύο από τις πλέον σημαντικές λεκάνες του Υ.Δ. καθώς συγκεντρώνουν πληθώρα χρήσεων. Ο διαχωρισμός τους βασίσθηκε στην ανάγκη ορθής προσομοίωσης της Λίμνης Παμβώτιδας, η λεκάνη απορροής της οποίας έπρεπε να διαχωριστεί από την λεκάνη απορροής του βόρειου τμήματος του Λεκανοπεδίου, που αποστραγγίζεται στην τάφρο Λαψίστας. Το υδατικό καθεστώς του Λεκανοπεδίου έχει αλλάξει σε μεγάλο βαθμό από τα εγγειοβελτιωτικά έργα που υλοποιήθηκαν σταδιακά μέχρι το 1966 περίπου, με την αποστράγγιση της παλαιάς Λίμνης Λαψίστας και των ελωδών περιοχών που την συνέδεαν με την Λίμνη Παμβώτιδα. Η αποστράγγιση της κλειστής λεκάνης Λαψίστας εξασφαλίζεται πλέον από την τάφρο Λαψίστας, η οποία την διατρέχει στο κέντρο της και η οποία δέχεται επίσης τις υπερχειλίσεις της Λίμνης Παμβώτιδας. Η τάφρος απολήγει στην σήραγγα Λαψίστας, στο ύψος του οικισμού Ροδοτόπι, μέσω της οποίας η απορροή της λεκάνης, καθώς και τα νερά που προέρχονται από την κάτω λεκάνη της Λίμνης Παμβώτιδας, οδηγούνται στον ποταμό Καλαμά, μέσω του ρέματος της Κληματιάς.

Η περιοχή της λεκάνης περιβάλλεται από μεγάλα καρστικά συστήματα τα οποία εκτείνονται και στην λεκάνη της Λίμνης Παμβώτιδας και δημιουργούν ένα περίπλοκο υδατικό καθεστώς που έχει ως αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος των απορροών του λεκανοπεδίου να διαφεύγει υπογείως προς τις γειτονικές λεκάνες του Καλαμά, του Λούρου και του Αράχθου.

Η λεκάνη Λαψίστας περιλαμβάνει τα αρδευτικά έργα Κρύας - Λαψίστας τα οποία τροφοδοτούνται από εκροές της Λίμνης Παμβώτιδας και την αναρρύθμιση των πηγών Τούμπας. Περιλαμβάνει, επίσης, σημαντικές βιομηχανικές χρήσεις και επιφορτίζεται με την ύδρευση των οικισμών που ανήκουν στον Σύνδεσμο Ύδρευσης Κοινοτήτων Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων (Σ.Υ.Κ.Λ.Ι.).

Πρέπει, επίσης, να αναφερθεί ότι μερική αποστράγγιση της λεκάνης εξακολουθεί να λαμβάνει χώρα μέσω των καταβοθρών της περιοχής Ροδοτοπίου σε περιόδους υψηλών παροχών. Η έκταση στην οποία συμβαίνει αυτό δεν είναι σαφής και είναι συνάρτηση της έντασης των φαινομένων και της έκτασης των περιοχών που πλημμυρίζουν περιοδικά.

Κλειστή Λεκάνη Λίμνης Παμβώτιδας

Η λεκάνη της Λίμνης Παμβώτιδας αποτελεί την δεύτερη υπολεκάνη του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων. Πρόκειται για το τμήμα του λεκανοπεδίου που αποστραγγίζεται είτε απευθείας στην λίμνη, είτε εμμέσως μέσω των αποστραγγιστικών έργων που έχουν κατασκευασθεί (αποστράγγιση περιοχής Λαγκάτσας). Στην λεκάνη περιλαμβάνονται και οι εκτάσεις της περιοχής Μπιζανίου που δεν αποστραγγίζονται στην λίμνη καθώς ο διαχωρισμός τους ως ξεχωριστής λεκάνης δεν εξυπηρετεί διαχειριστικούς σκοπούς. Οι περιοχές αυτές αποστραγγίζονται κυρίως μέσω καταβοθρών.

Η λεκάνη φιλοξενεί σημαντικά αρδευτικά δίκτυα (Πόρου, Ανατολής) με πηγή υδροδότησης κυρίως την Λίμνη Παμβώτιδα, αλλά και την μεγαλύτερη πόλη του Υ.Δ., τα Ιωάννινα, η υδροδότηση των οποίων εξασφαλίζεται από τις πηγές Κρύας. Πρόκειται για σύμπλεγμα καρστικών πηγών που υπόκεινται σε αναρρύθμιση μέσω γεωτρήσεων. Στη λεκάνη αναπτύσσονται, επίσης, σημαντικές βιομηχανικές χρήσεις. Τα νερά της λεκάνης συγκεντρώνονται στην Λίμνη Παμβώτιδα, η διακύμανση της στάθμης της οποίας λειτουργεί ως καθρέφτης της υδατικής κατάστασης της λεκάνης.

Σημειώνεται, επίσης, ότι στην περίπτωση των δύο αυτών υπολεκανών, σημαντικό ρόλο έπαιξε η εκτίμηση του ύψους των υπόγειων διαφυγών προς τις γειτονικές λεκάνες. Αρχικώς, στο μοντέλο εισήχθησαν οι εκτιμήσεις προηγούμενων μελετών σχετικά με τις υπ' όψη ποσότητες και κατόπιν επιχειρήθηκε μέσω της ταυτόχρονης βαθμονόμησης με τις στάθμες της λίμνης αλλά και με τις απορροές της σήραγγας Λαψίστας η εκτίμηση των ποσοτήτων αυτών. Τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης κρίνονται ως πολύ ικανοποιητικά, δεδομένης της πολυπλοκότητας του συστήματος και παρουσιάζονται παρακάτω.

Οι διαφυγές μοιράστηκαν με την βοήθεια του μοντέλου στις δύο υπολεκάνες με την υπολεκάνη Λαψίστας να τροφοδοτεί τις γειτονικές λεκάνες Καλαμά και Άραχθου ενώ η υπολεκάνη Παμβώτιδας τις λεκάνες Καλαμά, Λούρου και Άραχθου. Οι τελικές εκτιμήσεις σε ποσοστά επί της ετήσιας αναπλήρωσης των δύο υπολεκανών του λεκανοπεδίου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Υπολεκάνη	Σύνολο (ετησίως)		
Λαψίστας	27% της ετήσιας αναπλήρωσης, εκ των οποίων:		
	προς Καλαμά	προς Άραχθο	προς Λούρο
	67%	33%	-
	Σύνολο (ετησίως)		
Παμβώτιδας	55% της ετήσιας αναπλήρωσης, εκ των οποίων:		
	προς Καλαμά	προς Άραχθο	προς Λούρο
	32,70%	16,40%	50,90%

Στο σημείο αυτό, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την βαθμονόμησης του μοντέλου για την υφιστάμενη κατάσταση της Λίμνης Παμβώτιδας και της Σήραγγας της Λαψίστας. Για κάθε θέση βαθμονόμησης δίδονται τα διαγράμματα των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μεταβλητών και πίνακες με τα αντίστοιχα στατιστικά των παραμέτρων για τις δύο περιπτώσεις. Γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων για την βαθμονόμηση του μοντέλου.

Λίμνη Παμβώτιδα

Η Λίμνη Παμβώτιδα αποτελεί τον κύριο υδατικό πόρο του Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων, τροφοδοτώντας αρδευτικές χρήσεις τόσο στην δική της υπολεκάνη, όσο και στην υπολεκάνη Λαψίστας, μέσω των υπερχειλίσεων της προς την τάφρο Λαψίστας. Η συνεξέταση του δείγματος παροχών στην έξοδο της Σήραγγας Λαψίστας είναι απαραίτητη για την συνδυασμένη αντιμετώπιση της βαθμονόμησης των δύο υπολεκανών του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων.

Η διακύμανση της στάθμης της Λίμνης Παμβώτιδας, αναπαρίσταται καλά από το μοντέλο. Παρατηρήθηκε ότι είναι δυνατή η ακριβής προσομοίωση διαφορετικών περιόδων της στάθμης, ιδιαίτερα πριν και μετά το γεγονός ξηρασίας των ετών 1989-1993. Ανάλογα με τις παραμέτρους που επιλέγονται, είναι δυνατή η πολύ ακριβής προσομοίωση της περιόδου πριν ή μετά την ξηρή περίοδο, ωστόσο δεν είναι δυνατή η προσομοίωση με τον ίδιο βαθμό επιτυχίας ολόκληρης της περιόδου 1980-2001.

Αυτό συμβαίνει, διότι τα δεδομένα που υπήρχαν αφορούσαν ημερήσιες στάθμες της λίμνης. Όμως, οι ημερήσιες μετρήσεις δεν ήταν συνεχείς αλλά σποραδικές εντός κάθε μήνα του έτους και, σε ορισμένες περιπτώσεις, ο αριθμός των μετρήσεων από μήνα σε μήνα ήταν αρκετά ανισοβαρής. Υπάρχουν μήνες εντός της περιόδου παρατηρήσεων κατά τους οποίους λείπουν μόνον λίγες ημερήσιες τιμές, ενώ σε άλλες περιπτώσεις υπάρχουν μήνες που αντιπροσωπεύονται με πολύ λίγες μετρήσεις και σε ορισμένες ακραίες περιπτώσεις μόνον με μία μέτρηση. Έγινε επεξεργασία του δείγματος για την συγκρότηση χρονοσειράς μηνιαίου βήματος κατά την οποία διορθώθηκαν και ορισμένα λάθη του αρχικού αρχείου, οφειλόμενα σε λανθασμένη πληκτρολόγηση δεδομένων. Ωστόσο, η προκύπτουσα συνολική χρονοσειρά, αν και σε γενικές γραμμές αντιπροσωπευτική της διακύμανσης της λίμνης, δεν μπορεί να θεωρηθεί ως απολύτως ακριβής σε μηνιαίο βήμα.

Το παραπάνω γεγονός έχει τις εξής πιθανές ερμηνείες: είναι γνωστό ότι για διάφορους λόγους τα τελευταία χρόνια πολλές αρδευόμενες εκτάσεις στην περιοχή

της λίμνης εγκαταλείπονται καθώς οι ιδιοκτήτες τους αναζητούν εργασία σε άλλες δραστηριότητες, ή οι εκτάσεις αστικοποιούνται (όπως, π.χ., στην περιοχή της Ανατολής). Έτσι, παρουσιάζεται το φαινόμενο η παρατηρημένη ελάχιστη στάθμη της λίμνης μετά το 1993 να εμφανίζεται μεγαλύτερη από την προσομοιωμένη, ενώ, πριν το 1989, αυτό δεν συμβαίνει. Στο μοντέλο, η επιβαλλόμενη ζήτηση παραμένει σταθερή από έτος σε έτος και έτσι δημιουργούνται μεγαλύτερες πτώσεις στάθμης λόγω της συνεχιζόμενης ζήτησης, η οποία στην πραγματικότητα δεν υφίσταται πλέον.

Το μέσο ετήσιο υδατικό ισοζύγιο της λίμνης για την περίοδο προσομοίωσης παρουσιάζεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Μεταβλητή	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο
Εισροές			
Βροχόπτωση στον καθρέφτη	11.1	24.3	18.5
Εισροή από την λεκάνη	25.4	95.3	62.4
Σύνολο Εισροών	36.6	119.7	80.9
Εκροές			
Εξάτμιση από τον καθρέφτη	14.9	20.9	18.0
Υπόγειες διαφυγές	10.3	11.5	11.1
Υπερχειλίσειες	0.0	63.3	34.3
Παροχή προς αρδεύσεις	17.2	20.2	18.4
Σύνολο Εκροών	42.4	115.9	81.8
ΔS (Μεταβολή στην αποθήκευση)	-5.8	3.8	-0.9

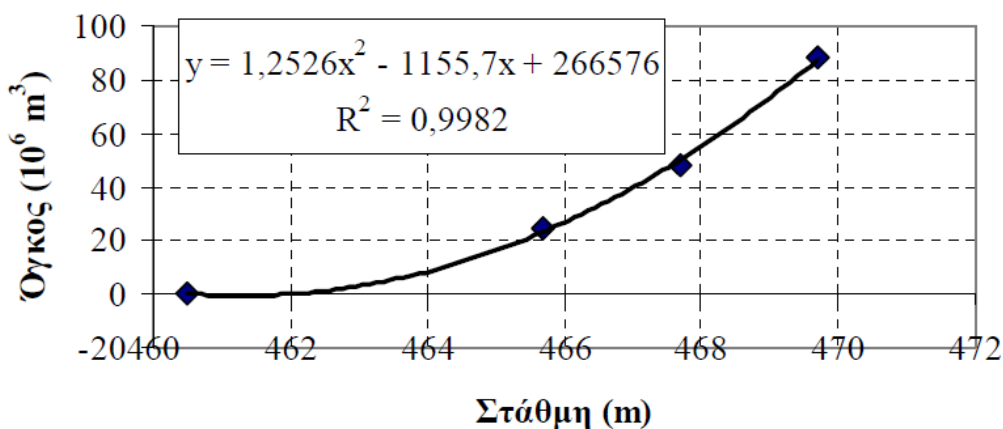
Πίνακας 6: Μέσο Ετήσιο υδατικό ισοζύγιο κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων 1980-2001

3.3 Υπολογισμός διαγραμμάτων στάθμης - όγκου και στάθμης - επιφάνειας της λίμνης

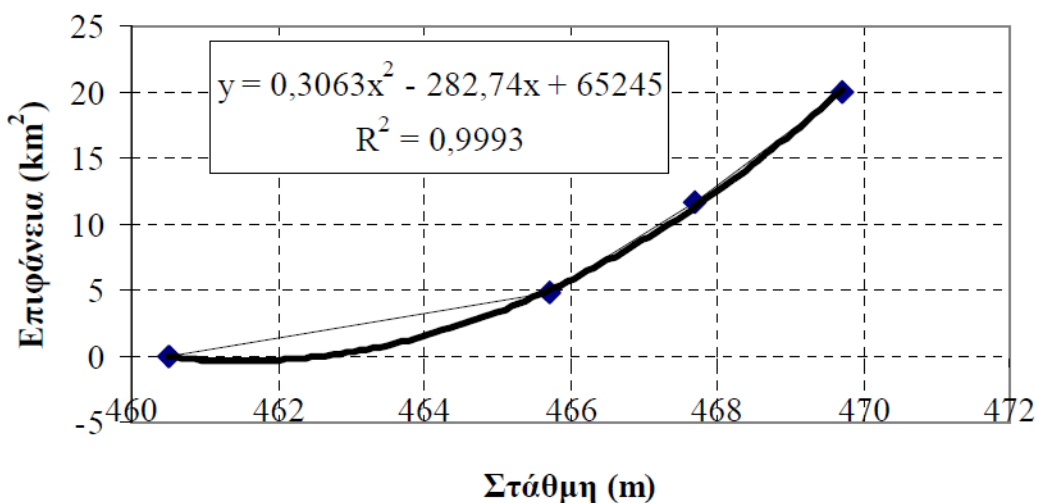
Με βάση την πληροφορία για την βαθυμετρία της λίμνης λήφθηκαν οι βαθυμετρικές καμπύλες με ψηφιοποίηση. Στη συνέχεια, με χρήση GIS μετρήθηκε το εμβαδόν που καταλαμβάνει κάθε βαθυμετρική καμπύλη, έτσι προέκυψε η δεύτερη στήλη του πίνακα 7. Η ισοδιασταση των καμπυλών είναι 2 μέτρα, άρα εύκολα υπολογίζεται η υψομετρική καμπύλη στη οποία βρίσκεται το κάθε βάθος, καθώς και ο όγκος μεταξύ δυο καμπυλών ο οποίος παρουσιάζεται στην τρίτη στήλη του πίνακα. Ο συνολικός όγκος της λίμνης προέκυψε αθροιστικά. Τα διαγράμματα στάθμης όγκου και στάθμης - επιφάνειας φαίνονται στα παρακάτω σχήματα.

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

Πίνακας 7: Υπολογισμός Όγκου Λίμνης Παμβώτιδας για; Διάφορες τιμές στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας

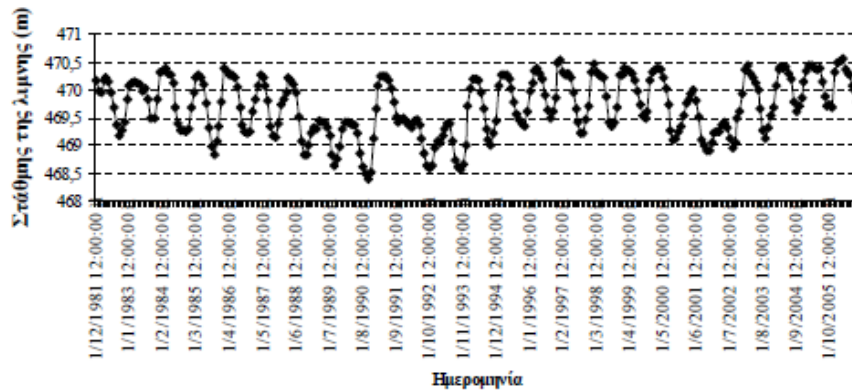


Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Στάθμης-Όγκου

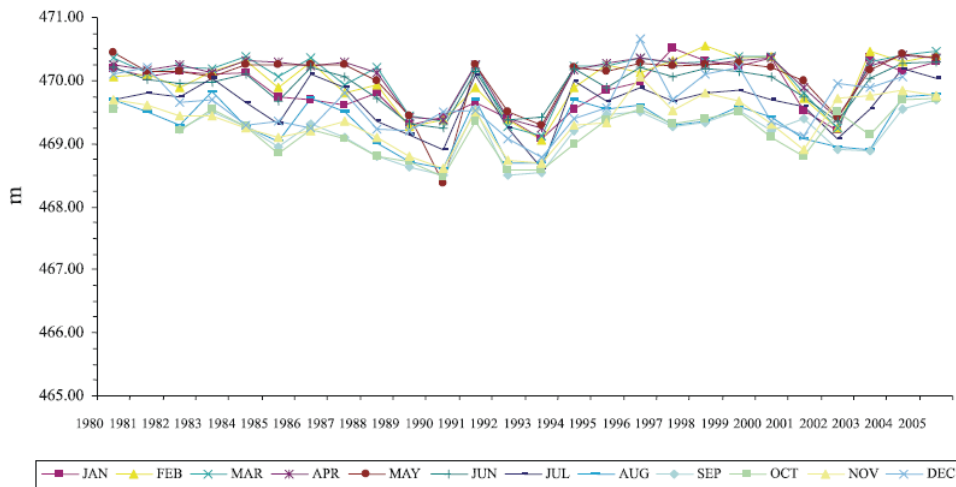


Διάγραμμα 2: Διάγραμμα Στάθμης-Επιφάνειας

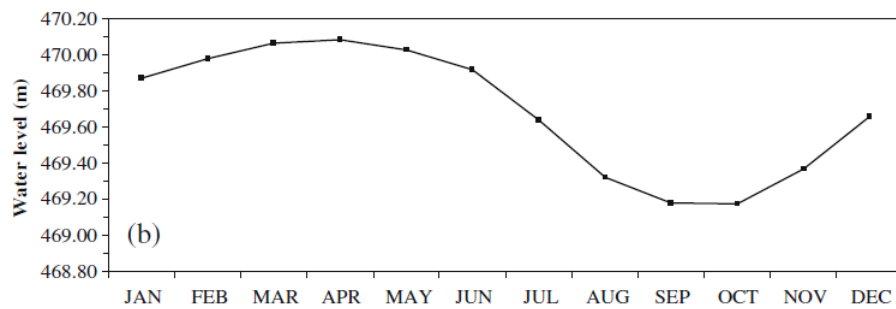
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1981 ΕΩΣ 2006



Διάγραμμα 3: Διάγραμμα Μεταβολής στάθμης 1981-2006



Διάγραμμα 4: Διάγραμμα Μηνιαίας Μεταβολής στάθμης των 25 τελευταίων ετών



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα υπερ-ετήσιας Μεταβολής στάθμης των 25 τελευταίων ετών

Ένα από τα κλειδιά για την οικολογική λειτουργία του οικοσυστήματος της λίμνης

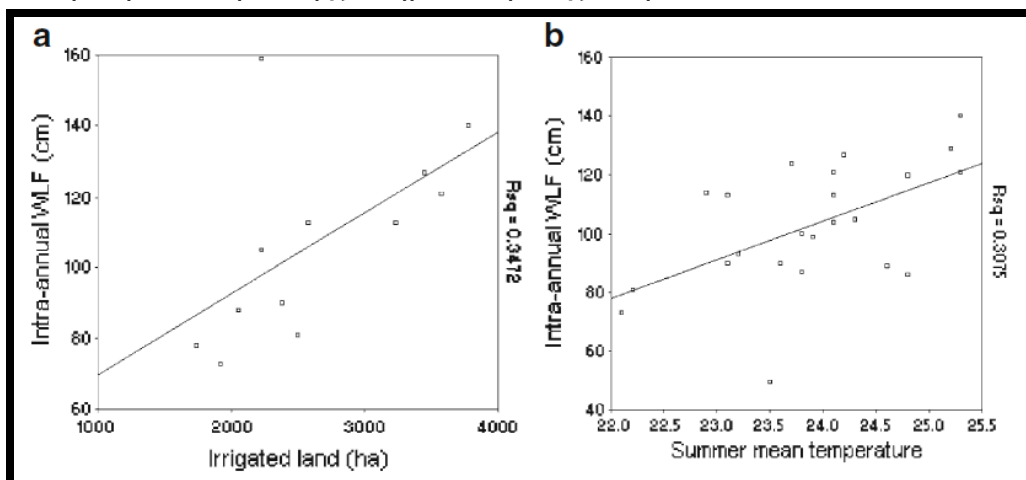
Παμβώτιδας είναι η διακύμανση της στάθμης ύδατος μεταξύ των υγρών και θερμών περιόδων, καθώς και οι ιστορικές αλλαγές της στάθμης του νερού. Με δεδομένη την έλλειψη καταγραφών στάθμης ύδατος πριν από το 1980, τα διαγράμματα 3,4,5 παρουσιάζουν τις μηνιαίες μεταβολές της στάθμης του νερού των τελευταίων 25 ετών (1981-2006).

Οι ετήσιες μεταβολές της στάθμης του νερού κυμάνθηκε μεταξύ 50-160 cm, με χαμηλά επίπεδα νερού που καταγράφονται κατά τη διάρκεια του 1993 και του 1994. Η μείωση της στάθμης του νερού αρχίζει τον Ιούνιο και συνεχίζεται μέχρι τα μέσα του φθινοπώρου. Η στάθμη του νερού αυξάνεται σταδιακά από το Νοέμβριο φθάνοντας στο μέγιστο το Μάρτιο-Απρίλιο.

Συνεπώς εισροή ύδατος στη λίμνη πραγματοποιείται το χειμώνα και την άνοιξη. Με μια συμφωνία μεταξύ των τοπικών αρχών, το επίπεδο της στάθμης ύδατος διατηρείται εντός του συγκεκριμένου εύρους (470,20-468,80m) μέσω μιας ελεγχόμενης εξόδου. Παρότι το οικοσύστημα δεν αντιμετωπίζει έντονες ετήσιες διακυμάνσεις της στάθμης του ύδατος (δηλ. μεταξύ χειμερινών/καλοκαιρινών περιόδων) υπάρχει πτώση στάθμης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (κάτω από το επιτρεπόμενο επίπεδο των 469,55m) που προκαλείται από την εξάτμιση και την κατανάλωση στη γεωργική δραστηριότητα της περιοχής. Την περίοδο που έχουμε υψηλή στάθμη ύδατος οι εισροές είναι υψηλές λόγω βροχοπτώσεων ενώ την περίοδο που υπάρχει χαμηλή στάθμη ύδατος οι πιέσεις είναι μεγάλες λόγω εξάτμισης και υπεραντλήσεων.

Η κατασκευή των αναχωμάτων κατά μήκος της βόρειας ακτογραμμής (το 1970) προκάλεσε υψηλές διακυμάνσεις της στάθμης ύδατος και επηρεάστηκε η παράκτια ζώνη.

Όσον αφορά τη σχέση μεταξύ της διακύμανσης της στάθμης ύδατος και της αρδευόμενης έκτασης υπάρχει σημαντική συσχέτιση.



Διάγραμμα 6: Διάγραμμα συσχέτισης στάθμης ύδατος Λίμνης & άρδευσης

4 Χαρακτηριστικά του Πυθμένα & των Ιζημάτων

4.1 Γενικά

Ο πυθμένας της Λίμνης Παμβώτιδας καλύπτεται από επάλληλες αποθέσεις χαλαρών ιζημάτων στα ιζηματολογικά δεδομένα και τοπικά στις τομογραφίες του πυθμένα της λίμνης όπως διαπιστώθηκε στα πλαίσια του έργου «*Θαλάσσια Γεωφυσική Μελέτη Πυθμένα Λίμνης Παμβώτιδας*» το οποίο πραγματοποιήθηκε από το Εργαστήριο Θαλάσσια Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών (2011). Το πάχος της ιζηματολογικής ακολουθίας αναμένεται να είναι τουλάχιστον 4 μέτρα όπως διαπιστώθηκε στις παραλίμνιες περιοχές. Τα ιζήματα είναι λεπτόκοκκα (συνήθως ιλύες) και οι αδρομερέστεροι οριζόντες αυτών εντοπίζονται υποεπιφανειακά με εξαίρεση τις παραλίμνιες εκτάσεις. Εκείνες οι περιοχές χαρακτηρίζονται από λιμναία φυτοκάλυψη και ιζήματα κυρίως βιογενούς προέλευσης.

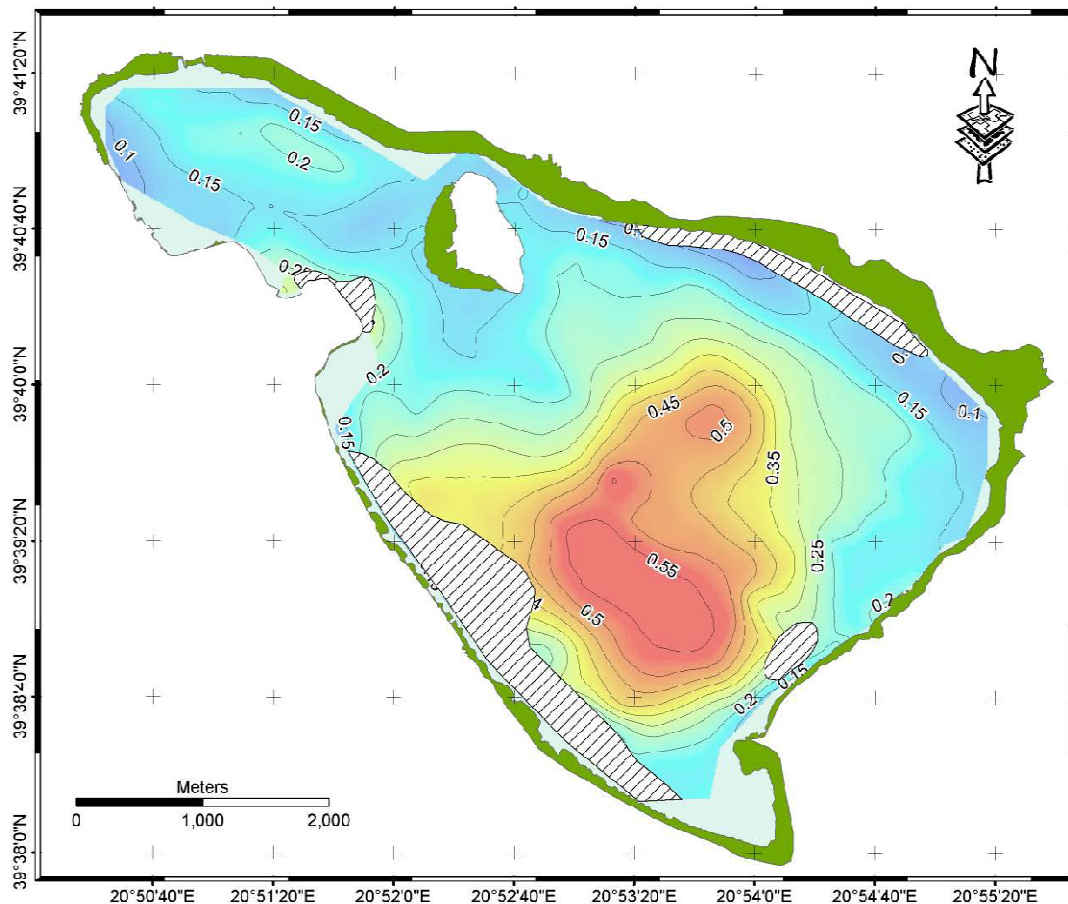
Χαρακτηριστικά γνωρίσματα του πυθμένα της λίμνης είναι η παρουσία ρευστών στους πόρους των ιζημάτων και η κάλυψη του πυθμένα στο μεγαλύτερο τμήμα του με ιλύ υψηλής υδαρότητας. Τα ρευστά στους πόρους των ιζημάτων της λίμνης μπορεί να είναι αέρια, αέρια και γλυκά νερά ή γλυκά νερά. Ενδείξεις για την παρουσία των ρευστών διαπιστώθηκαν:

- (α) στις τομογραφίες με την παρουσία υποεπιφανειακών ή επιφανειακών οριζόντων έντονης και παρατεταμένης ανάκλασης οι οποίοι συνοδεύονται από ηχητική σκιά,
- (β) στις ηχογραφίες με την παρουσία κυκλικών καταβυθίσεων, οι οποίες πιθανόν να αποτελούν κρατήρες διαφυγής ρευστών και
 - (γ) στη υφή που παρουσιάζουν τα υποεπιφανειακά ιζήματα.

Παρόλο που ενδείξεις για την παρουσία του επιφανειακού στρώματος της ιδιαίτερα υδαρούς ιλύος, εντοπίστηκαν τόσο στις τομογραφίες και τις ηχογραφίες όσο και από τη συλλογή ιζήματος, η εκτίμηση του πάχους του πραγματοποιήθηκε έπειτα από ειδική επεξεργασία των τομογραφιών. Το μέγιστο πάχος του εκτιμήθηκε στα 60 cm, το μέσο πάχος του στα 27 cm και ο όγκος του υπολογίστηκε σε τουλάχιστον 5.000.000 m³.

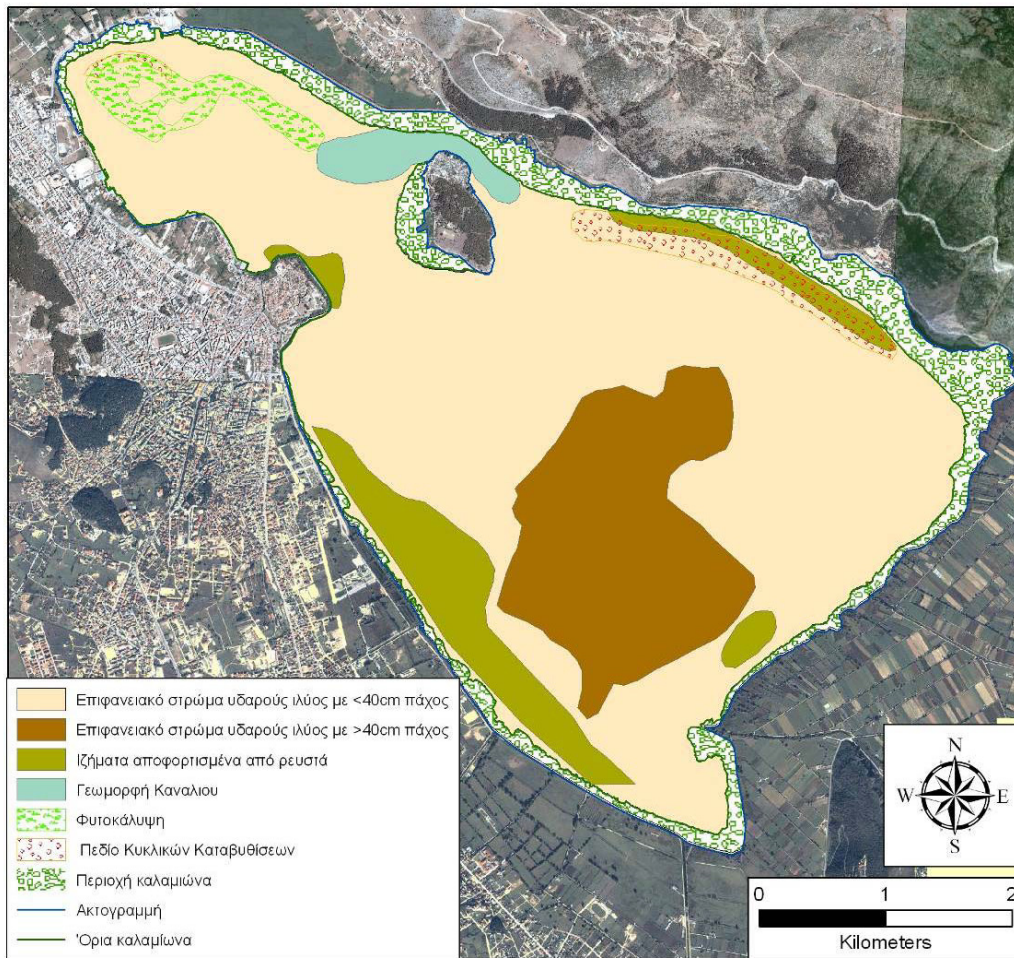
Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η διακύμανση του πάχους της υδαρούς ιλύος σε ισοπαχείς με ισοδιάσταση 5 εκατοστών. Ο χάρτης αυτός καλύπτει όλη την έκταση της λίμνης εκτός από περιορισμένης έκτασης παραλίμνιων περιοχών. Οι περιοχές αυτές αποκλείστηκαν από τον υπολογισμό για λόγους αξιοπιστίας. Όπως διαπιστώνεται από το χάρτη τα μεγαλύτερα πάχη της υδαρούς ιλύος (> 40 εκατοστά) εντοπίζονται στο κεντρικό τμήμα της λίμνης και καλύπτουν

μία έκταση 3.400.000 m².



Εικόνα 5. Χάρτης πάχους επιφανειακής υδαρούς ιλύος της Λίμνης Παμβώτιδας

Από τη σύνθεση των αποτελεσμάτων της έρευνας προέκυψε ένας γεωμορφολογικός χάρτης στον οποίο διαχωρίζονται περιοχές που εντοπίζεται (α) μεγάλο πάχος (> 40 cm) του επιφανειακού στρώματος υδαρούς ιλύος, (β) μικρό πάχος (< 40 cm) του επιφανειακού στρώματος υδαρούς ιλύος, (γ) αποφόρτιση των ιζημάτων από τα ρευστά, (δ) παρουσία χαμηλής φυτοκάλυψης στην επιφάνεια του πυθμένα, (ε) παρουσία κυκλικών καταβυθίσεων στον πυθμένα της λίμνης και (στ) περιοχή όπου έχει πραγματοποιηθεί εκσκαφή του πυθμένα για τη δημιουργία διαύλου ναυσιπλοΐας.



Εικόνα 6. Γεωμορφολογικός Χάρτης της Λίμνης Παμβώτιδας

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της γεωφυσικής μελέτης η οποία συνίσταται από τη συλλογή, την επεξεργασία, την ερμηνεία και τη σύνθεση τομογραφιών, ηχογραφιών και πυρήνων ιζημάτων στη λίμνη Παμβώτιδα, έδειξαν τα ακόλουθα:

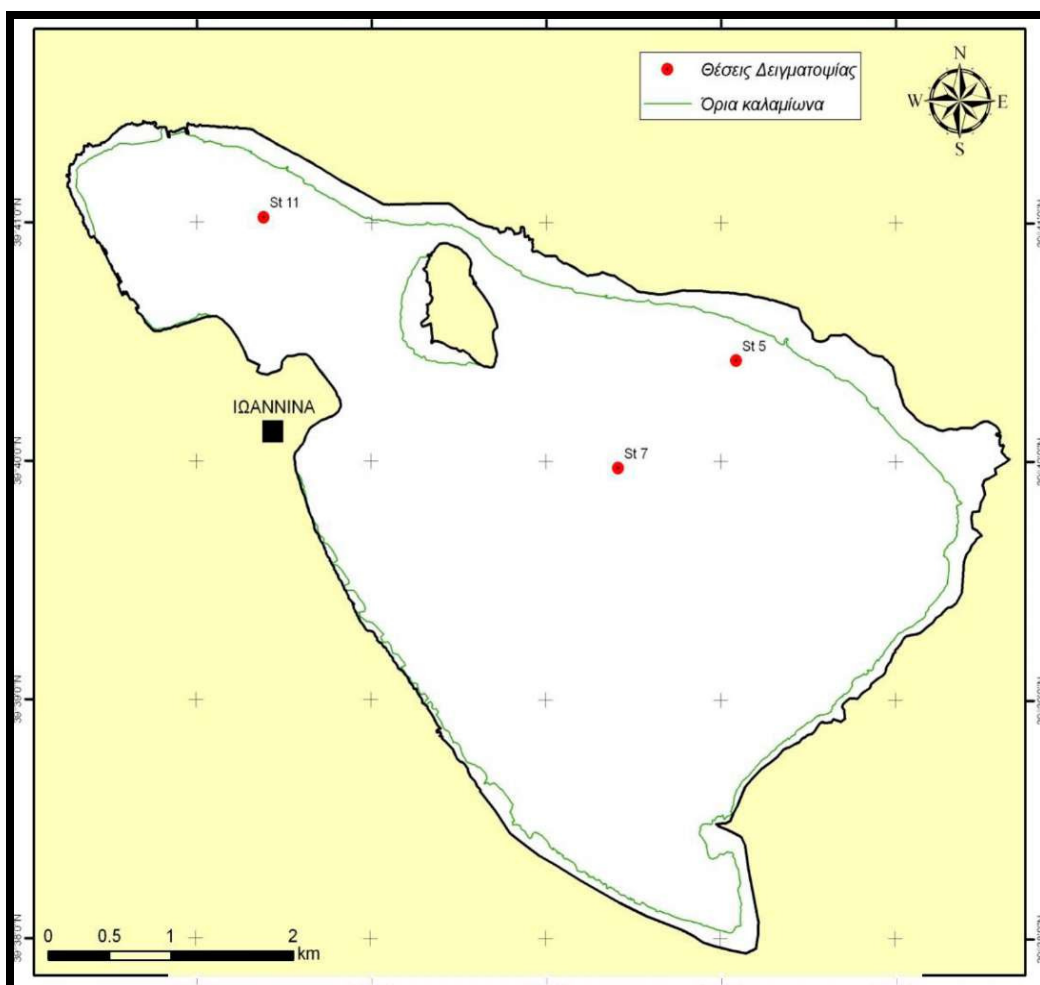
- Ο πυθμένας της λίμνης στο μεγαλύτερο τμήμα του καλύπτεται από λεπτό στρώμα ιδιαίτερα υδαρούς ιλύος.
- Το πάχος της υδαρούς ιλύος είναι μέγιστο (> 40 cm) στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης.
- Η ηχοβολιστική αποτύπωση δεν έδειξε λιμναία βλάστηση στην επιφάνεια του πυθμένα της λίμνης εκτός από το βόρειο τμήμα του πυθμένα το οποίο καλύπτεται από αραιή και χαμηλή βλάστηση.
- Στο βορειοδυτικό πυθμαίο τμήμα της εσωτερικής νησίδας της λίμνης εντοπίστηκε μία περιοχή που έχει υλοποιηθεί εκοκαφή.
- Σε όλο το εύρος της ανώτερης ιζηματολογικής ακολουθίας του πυθμένα της λίμνης, διαπιστώθηκε παρουσία ρευστών με εξαίρεση τις παραλίμνιες

περιοχές. Τα ρευστά αυτά είναι δυνατόν να αντιπροσωπεύουν υγρή φάση ή/και αέρια φάση (πιθανώς βιογενούς προέλευσης).

- Εντοπίστηκαν γεωμορφές (κυκλικές καταβυθίσεις) στο βόρειο τμήμα της λίμνης, οι οποίες πιθανόν να δηλώνουν την άνοδο ρευστών (υγρή ή/και αέρια φάση) στην υδάτινη στήλη.
- Επιφανειακά στον πυθμένα της λίμνης, εντοπίστηκε μια πληθώρα στόχων που συνδέονται με ανθρώπινες δραστηριότητες. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι η γεωφυσική έρευνα της λίμνης δεν σχεδιάστηκε για τον εντοπισμό στόχων και συνεπώς υπάρχει ισχυρή πιθανότητα να μην εντοπίστηκε το σύνολο των στόχων στον πυθμένα της λίμνης.

4.2 Προσδιορισμός των ορυκτολογικών, ιζηματολογικών και γεωχημικών παραμέτρων

Ο πρόσφατος προσδιορισμός των ορυκτολογικών, ιζηματολογικών και γεωχημικών παραμέτρων των ιζημάτων της λίμνης έγινε από το Πανεπιστήμιο Πατρών (Μ.Μπρομπονά 2010) σε αντιπροσωπευτικά δείγματα των πυρήνων ιζήματος ρμν 11, ρμν 5 και ρμν 7. Ο πυρήνας ρμν 11 βρίσκεται στη ΒΔ πλευρά της λίμνης Παμβώτιδας κοντά στην παράκτια ζώνη, ο πυρήνας ρμν 5 στη ΒΑ πλευρά της λίμνης επίσης κοντά στην παράκτια ζώνη και ο πυρήνας ρμν 7 στο κέντρο.



Εικόνα 7. Θέσεις Δειγματοληψίας

Έχει δείχτει ότι τα αργιλικά ορυκτά είναι σημαντικοί φορείς ιχνοστοιχείων. Τα ιχνοστοιχεία ενσωματώνονται στο πλέγμα των ορυκτών ή προσροφώνται στην επιφάνεια τους. Έτσι η μεταφορά των ιχνοστοιχείων από το θαλάσσιο νερό στα ιζήματα γίνεται είτε με την ενσωμάτωσή τους στο πλέγμα των αργιλικών ορυκτών όπου βρίσκονται, οπότε και καθιζάνουν, είτε βρίσκονται ως ελεύθερα ιόντα οπότε

μέσω της διεργασίας της προσρόφησης προσκολλώνται είτε στα αργιλικά ορυκτά, ή στο οργανικό υλικό, ή στα οξειδία Fe-Mn οπότε και καθιζάνουν.

Τα λεπτόκοκκα κλάσματα αποτελούνται κυρίως από αργιλικά ορυκτά που περιέχουν σχετικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων. Αντίθετα στο κλάσμα του πηλού και της λεπτόκοκκης άμμου οι συγκεντρώσεις των μετάλλων γενικά ελαττώνονται, αφού στο κλάσμα αυτό επικρατεί χαλαζίας με χαμηλή περιεκτικότητα σε μέταλλα. Στο χονδρόκοκκο κλάσμα η παρουσία βαρέων ορυκτών, πιθανώς δικαιολογεί και την ανάλογη αύξηση των μετάλλων (Salomons and Forstner, 1984).

Το κατά βάρος ποσοστό της άμμου, του πηλού και της αργίλου για κάθε δείγμα ανά πυρήνα και αντίστοιχα ο λιθολογικός τους χαρακτηρισμός παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 8. Επισημαίνεται, ότι σε όλα τα δείγματα, δεν προσδιορίστηκε το κλάσμα των ψηφίδων λόγω της απουσίας των χονδρόκοκκων υλικών από την περιοχή της λίμνης. Τα ποσοστά συμμετοχής κάθε αναλυθείσας τάξης μεγέθους αποτυπώθηκαν διαγραμματικά με στόχο, την εκτίμηση μιας γενικής εικόνας της λιθολογικής κατάστασης της περιοχής μελέτης.

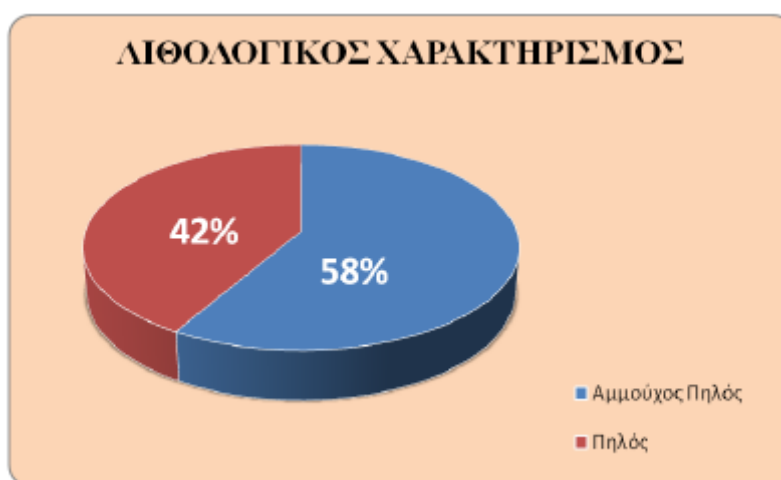
Τα αποτελέσματα περιγράφονται στους Πίνακες 8 & 9, ενώ η ανάλυσή τους αποτυπώνεται στην Εικ.8 και περιγράφει τον ποσοστιαίο καταμερισμό τους στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης Παμβώτιδας.

ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (cm)	ΑΡΓΙΛΟΣ (%)	ΠΗΛΟΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
MM 11-1	2	12.76	75.91	11.33	Αμμούχος πηλός
MM 11-2	12	12.62	73.8	13.58	Αμμούχος πηλός
MM 11-3	17	13.93	73.35	12.72	Αμμούχος πηλός
MM 11-4	24	17.95	71.57	10.48	Αμμούχος πηλός
MM 5-1	2	13.13	77.32	9.55	Πηλός
MM 5-2	4	13.9	74.44	11.66	Αμμούχος πηλός
MM 5-3	8	16.26	75.24	8.5	Πηλός
MM 5-4	12	16.11	75.25	8.64	Πηλός
MM 7-1	2	13.89	70.28	15.83	Αμμούχος πηλός
MM 7-2	4	13.54	71.93	14.53	Αμμούχος πηλός
MM 7-3	8	15.77	74.72	9.51	Πηλός
MM 7-4	12	17.23	77.75	5.02	Πηλός

Πίνακας 8: Λιθολογικός χαρακτηρισμός και το κατά βάρος ποσοστό της αργίλου, του πηλού και της άμμου για κάθε δείγμα ανά πυρήνα

Λιθολογικός Χαρακτηρισμός	Ποσοστιαία εμφάνιση (%)	Δείγμα
Αμμούχος πηλός (sZ)	58	MM 11-1, MM 11-2, MM 11-3, MM 11-4, MM 5-2, MM 5-7-1, MM 7-2
Πηλός (Z)	42	MM 5-1, MM 5-3, MM 5-4, MM 7-3, MM 7-4

Πίνακας 9: Ποσοστιαίος καταμερισμός των Λιθολογικών κλασμάτων



Εικόνα 8. Ποσοστιαίος καταμερισμός των Λιθολογικών κλασμάτων

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το 58% των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία της αμμούχου πηλού και το 42% των ιζημάτων είναι πηλός. Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη έκταση της λίμνης καλύπτεται από αμμούχο πηλό.

Από την ερμηνεία περιθλασιογραμμάτων προέκυψε ότι τα δείγματα παρουσιάζουν παρόμοιες ανακλάσεις επομένως έχουν παρόμοια ορυκτολογική σύσταση. Εξαιρέση αποτελεί ο πυρήνας pmn 11 που παρατηρήθηκε η εμφάνιση σιδηροπυρίτη.

Σύμφωνα με τον ποσοτικό προσδιορισμό προέκυψε ότι ο πυρήνας pmn 11 παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό ασβεσίτη και αργλικών ορυκτών σε σχέση με τους άλλους πυρήνες. Αντίθετα ο πυρήνας pmn 7 παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό σε χαλαζία.

Από την παρατήρηση στο Σαρωτικό Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο πιστοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των ορυκτών που είχαν προκύψει από τα περιθλασιογράμματα με εξαίρεση τον καολινίτη που ανιχνεύθηκε στο Σαρωτικό Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο και αυτό γιατί ο καολινίτης βρίσκεται κάτω από ποσοστό 3%.

Από την μακροσκοπική περιγραφή των πυρήνων παρατηρήθηκαν δείγματα αμμούχου ιλύος χρώματος πράσινο-γκρι (olive gray) με εξαίρεση στον πυρήνα pmn

11 όπου παρατηρήθηκε και χρώμα καφέ (brown). Επίσης στα περισσότερα δείγματα εντοπίστηκαν φυτικά υπολείμματα καθώς και σε ορισμένα δείγματα θραύσματα από κελύφη.

Από τις γεωχημικές αναλύσεις προέκυψε ότι οι τιμές των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων διαφέρουν μεταξύ των δειγμάτων, υποδηλώνοντας την ανομοιογένεια των ιζημάτων.

Από τις μέσες συγκεντρώσεις των στοιχείων των επιφανειακών και υποεπιφανειακών δειγμάτων της λίμνης Παμβώτιδας παρατηρήθηκαν παρόμοιες συγκεντρώσεις των στοιχείων με εναλλαγές άλλοτε να παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές τα επιφανειακά δείγματα και άλλοτε τα υποεπιφανειακά δείγματα. Βέβαια σε περιπτώσεις όπως στα SiO₂, Ba, Zr και Cr τα επιφανειακά δείγματα εμφανίζουν υψηλότερες τιμές σε σχέση με τα υποεπιφανειακά και μάλιστα με μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους. Αντίθετα στα Sr, Y, V, Rb, Ni, Cu, Zn, As, Ce παρατηρήθηκαν αρκετά υψηλότερες τιμές στα υποεπιφανειακά δείγματα συγκριτικά με τα επιφανειακά

ΔΕΙΓΜΑ	ΜΜΥ 11-1	ΜΜΥ 11-2	ΜΜΥ 11-3	ΜΜΥ 11-4	ΜΜΥ 11-5	ΜΜΥ 5-1	ΜΜΥ 5-2	ΜΜΥ 7-1	ΜΜΥ 7-2	ΜΜΥ 14-1	ΜΜΥ 14-2	ΜΜΥ 1-1	ΜΜΥ 2-1	ΜΜΥ 3-1
Κόμμα Στοιχία %														
SiO ₂	28,87	27,32	29,02	27,94	26,09	34,32	35,66	37,69	37,71	8,2	12,3	77,7	40,71	36,5
TiO ₂	0,4	0,409	0,433	0,426	0,372	0,517	0,534	0,563	0,575	0,1	0,148	0,337	0,581	0,553
Al ₂ O ₃	9,22	9,01	9,45	9,49	8,68	10,81	11,08	11,96	12,18	2,26	3,34	6,26	12,64	11,8
Fe ₂ O ₃	4,34	4,43	4,65	5,09	4,62	5,45	5,63	6,13	6,01	1,28	1,8	1,48	6,17	5,9
MnO	0,169	0,148	0,102	0,108	0,088	0,184	0,124	0,197	0,147	0,083	0,089	0,089	0,146	0,164
MgO	2,11	2,09	2,21	2,25	1,93	2,67	2,74	2,87	2,97	0,84	1,11	0,6	2,98	2,8
CaO	19,2	19,2	19,87	20,18	22,59	14,45	14,5	10,94	10,57	43,22	39,85	2,71	10,3	13,73
Na ₂ O	0,58	0,38	0,42	0,36	0,31	0,6	0,62	0,64	0,67	0,12	0,17	1,46	0,73	0,65
K ₂ O	1,4	1,3	1,36	1,46	1,17	1,63	1,72	1,83	1,89	0,31	0,47	1,35	1,94	1,74
P ₂ O ₅	0,25	0,23	0,22	0,18	0,19	0,25	0,22	0,22	0,24	0,23	0,09	0,08	0,22	0,21
LOI	32,5	35,22	31,76	29,84	32,64	28,64	27,42	25,64	25,54	42,55	39,7	6,57	24,23	26,7
Total	99,04	99,75	99,49	97,32	98,68	99,73	100,3	98,69	98,53	99,19	99,05	98,63	100,7	100,7
Γνωστότητα ppm														
Ba	414	239	250	257	236	504	339	300	406	166	495	268	370	288
Sr	256	260	268	290	307	212	206	172	174	516	468	96	174	215
Y	17	18	19	20	17	20	20	21	22	6	7	8	22	21
Zr	60	60	73	79	61	76	84	80	85	22	32	243	96	91
V	88	89	97	107	84	108	112	124	125	20	28	30	127	114
Rb	49	71,5	74,3	76,5	64,3	88,4	83	93	89	16	24	42	94	80
Th	6,9	5,1	6,3	8,1	6,3	7,7	7,5	8,1	7,8	1,6	2,4	3,3	8,3	7,8
U	1,6	1,6	1,6	2	1,6	1,6	1,9	2	2	0,8	0,8	2,9	2,1	2
Cr	142	136,5	143,5	154,5	128,5	184,5	200	210	210	40	60	520	230	170
Co	16,2	16,5	16,5	18,5	14,5	20,2	19	21	21	<1	<1	10	22	17
Ni	135	139	139	158	130	188	150	160	160	40	50	40	160	130
Cu	49,6	53,2	56,1	53,8	48,6	49,1	50	50	50	20	20	10	50	50
Zn	110	120	122	98,2	70,8	110	110	120	110	<30	<30	50	110	100
As	5,95	6,75	7,3	25,8	11,45	5,2	7	<5	5	<5	<5	<5	<5	6
Mo	3	0,9	0,8	0,6	0,8	0,8	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Pb	34,4	35,4	39,7	38,6	28,8	26,3	24	25	26	<5	10	30	23	22
Be	1	1	2	2	1	2	2	2	2	<1	<1	<1	2	2
Ga	10,9	11,9	12,4	12	8,4	13,3	14	16	15	3	4	6	16	13
Ge	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	1	1	1	<1	<1	1	1	1

Πίνακας 10: Χημικές Αναλύσεις Αντιπροσωπευτικών δειγμάτων Ιζημάτων προθμένα Λ.Παμβώτιδας

Nb	8,5	8,3	8,9	9,1	7,6	9,7	8	6	7	1	2	3	8	9
Sn	7	7	7	8	7	4	5	5	5	<1	<1	2	5	6
Sb	0,65	0,65	0,7	0,75	0,6	0,55	1,1	1,1	1,1	0,7	0,6	0,9	1,1	0,9
Cs	4,55	4,9	4,97	5,38	4,7	5,18	5,1	5,6	5,5	1,2	1,7	1,3	5,8	4,7
Hf	1,4	1,5	1,5	1,7	1,3	1,6	2,3	2,2	2,3	0,5	0,8	6	2,6	2,5
Ta	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,1	0,1	0,5	0,6	0,6
W	1,4	1	1,1	1,2	1,3	1,2	3	2	2	<1	1	10	3	3
Tl	0,48	0,48	0,51	0,56	0,48	0,5	0,4	0,4	0,4	0,1	0,2	0,1	0,5	<0,1
Ag	0,54	0,45	0,52	0,43	0,38	0,31	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,1	<0,5	<0,5
In	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bi	0,33	0,31	0,33	0,4	0,25	0,28	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Sc	12	12	13	13	12	15	15	16	17	3	5	4	17	16
Έτησιες Γαίες ppm														
La	20,8	23	23,4	24,3	20,6	25,4	24,2	25,4	24,6	6,4	10,4	10	25,8	27
Ce	38,8	43,2	44,2	46,5	39	49	44,4	47,3	45,8	11,2	17,6	19,5	48,4	51,6
Pr	4,4	4,8	5,1	5,2	4,3	5,6	5,5	5,91	5,65	1,37	2,11	2,22	5,95	5,96
Nd	17,3	19,3	19,8	21,2	16,4	21	21,6	22	22	5,2	7,7	8,1	23,1	22
Sm	3,6	4	4,1	4,5	3,4	4,3	4,3	4,6	4,4	1	1,5	1,6	4,5	4,5
Eu	0,86	0,91	0,92	1,06	0,83	0,97	0,95	0,99	0,97	0,22	0,32	0,36	0,97	0,98
Gd	3,8	4	3,9	4,7	3,7	4,2	3,8	4	3,9	0,9	1,2	1,4	4	4
Tb	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,1	0,2	0,3	0,7	0,7
Dy	3,1	3,2	3,2	3,7	3	3,4	3,6	3,8	3,7	0,8	1,3	1,6	3,9	3,7
Ho	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,3	0,8	0,7
Er	1,7	1,8	1,9	2,1	1,7	2	2	2,1	2,1	0,5	0,7	1	2,2	2
Tm	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,32	0,31	0,07	0,1	0,17	0,32	0,3
Yb	1,6	1,8	1,8	2	1,5	1,8	2,1	2,1	2,1	0,4	0,6	1,2	2,1	2
Lu	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,33	0,35	0,34	0,08	0,1	0,2	0,35	0,33

4.3 Χημικά Χαρακτηριστικά Ιζημάτων πυθμένα λ.Παμβώτιδας

Οι πιο πρόσφατες (2012) χημικές αναλύσεις σε δείγματα πυρήνων ιζημάτων πραγματοποιήθηκαν από τη Βιοτράπεζα Καρκίνου του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων με επιστημονικό Υπεύθυνο τον Ι.Σαϊνή.

Σε σύγκριση με μελέτες της δεκαετίας του 1990 τα ιζήματα εμφανίζονται ελαφρώς όξινα σήμερα από ελαφρώς αλκαλικά με χαμηλό οργανικό περιεχόμενο και υψηλή περιεκτικότητα σε νερό.

Σε σύγκριση με μελέτες της δεκαετίας του 1990 τα νιτρικά και τα φωσφορικά στον πυθμένα είναι σχεδόν στα ίδια επίπεδα με αντίστοιχες εποχικές διακυμάνσεις. Τα φωσφορικά εμφανίζουν μέγιστο τον Ιούλιο ενώ τα αμμωνιακά αρχίζουν να μειώνονται από το Μάιο-Ιούνιο στα επίπεδα εξαντλήσεως το Σεπτέμβριο πριν αρχίσουν να αυξάνονται και πάλι από το Νοέμβριο.

Σε σύγκριση με μελέτες της δεκαετίας του 1990, το ίδιο ισχύει και για τα βαρέα μέταλλα με εξαίρεση το νικέλιο, το οποίο παρουσιάζει αύξηση.

Δεδομένου ότι δεν υπάρχουν εργοστάσια ή μονάδες επεξεργασίας μπαταριών περιμετρικά ή στη λεκάνη απορροής της λίμνης, η αύξηση πιθανά να οφείλεται στη σύσταση των πετρωμάτων στη γύρω περιοχή.

Στο έδαφος και σε οξειδωτικές συνθήκες σε όξινα διαλύματα εμφανίζεται με τη μορφή Ni^{2+} , $NiSO_4$, $NiHCO_3^{3+}$ και σε σύμπλοκα οργανικά, ενώ σε αλκαλικά διαλύματα εμφανίζεται ως $NiCO_3$, $NiHCO_3^{3+}$, Ni^{2+} και $NiB(OH)^{4+}$ με μειούμενη συγκέντρωση κατά τη σειρά γραφής τους (Sposito, 1983).

Οι μέσες τιμές στα εδάφη που δίνει ο Levinson είναι 5-500 ppm, η διάμεση τιμή από τον Rose et al. (1979) στα 17 ppm, η διάμεση τιμή στα εδάφη της Ευρώπης 30,7 ppm (Salminen et al., 2005) και τα φυτοτοξικά επίπεδα από Kabata-Pendias and Pendias (1984) στα 100 ppm.

Στην περιοχή μας οι τιμές κυμαίνονται από 16-137 ppm, η μέση τιμή είναι στα 70,8 ppm και η διάμεση τιμή 70 ppm, που δείχνουν ότι έχουμε μια τυπική κανονική κατανομή των τιμών του στοιχείου. Μπορούμε λοιπόν να πούμε, ότι οι τιμές κυμαίνονται από φυσιολογικά μέχρι ελαφρώς υψηλά επίπεδα.

Από το γεωχημικό χάρτη του Ni παρατηρούμε, ότι οι σημαντικότερες τιμές εντοπίζονται στα ΝΔ της περιοχής έρευνας γύρω από το χωριό Ροδοτόπι, στα Α γύρω από το Πέραμα και στα ΒΔ της περιοχής ανατολικά του Πρωτόπαπια.

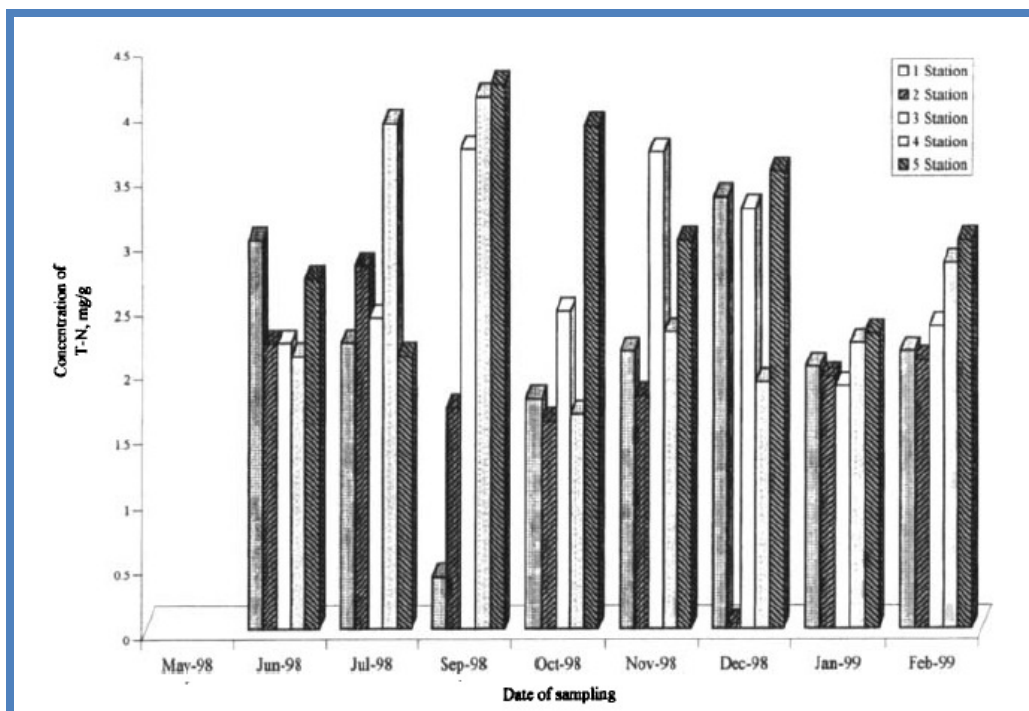
Εντοπίζονται δηλαδή στις ίδιες περιοχές που είχαμε αυξημένες περιεκτικότητες και στα ιχνοστοιχεία Mn, Fe, Zn κ.λπ.

Σταθμός	Ημερομηνία δειγμ.	pH	Na ⁺ (mg/Kg)	NH ₄ ⁺ (mg/Kg)	K ⁺ (mg/Kg)	Ca ²⁺ (mg/Kg)	Mg ⁺ (mg/Kg)	Cl ⁻ (mg/Kg)	NO ₃ ⁻ (mg/Kg)	SO ₄ ⁻ (mg/Kg)
1	28/5/2010	6,96	4,96	2,86	4,17	37,69	13,06	64,34	0	296,62
1	19/8/2010	7,07	4,87	5,5	4,33	50,04	14,48	64,66	16,43	554,17
1	7/12/2010	7,08	4,91	5,9	5,57	49,19	18,73	70,17	0	431,68
1	7/2/2011	7,18	3,39	4,67	5,56	57,28	16,33	35,35	0	450,01
2	28/5/2010	6,3	6,09	9,86	5,41	72,15	17,83	117,82	0	537,42
2	19/8/2010	6,31	5,54	9,66	5,98	76,34	19,41	103,95	0	386,02
2	7/12/2010	6,23	6,33	8,15	5,86	70,98	18,95	109,87	12,05	589,16
2	7/2/2011	6,45	3,62	8,05	5,02	51,26	16,32	51,16	0	428,55
M.O		6,70	4,96	6,83	5,24	58,12	16,89	77,17	3,56	459,20
MAX		7,18	6,33	9,86	5,98	76,34	19,41	117,82	16,43	589,16
MIN		6,23	3,39	2,86	4,17	37,69	13,06	35,35	0,00	296,62
SD		0,41	1,05	2,49	0,68	13,65	2,27	29,84	6,69	96,80

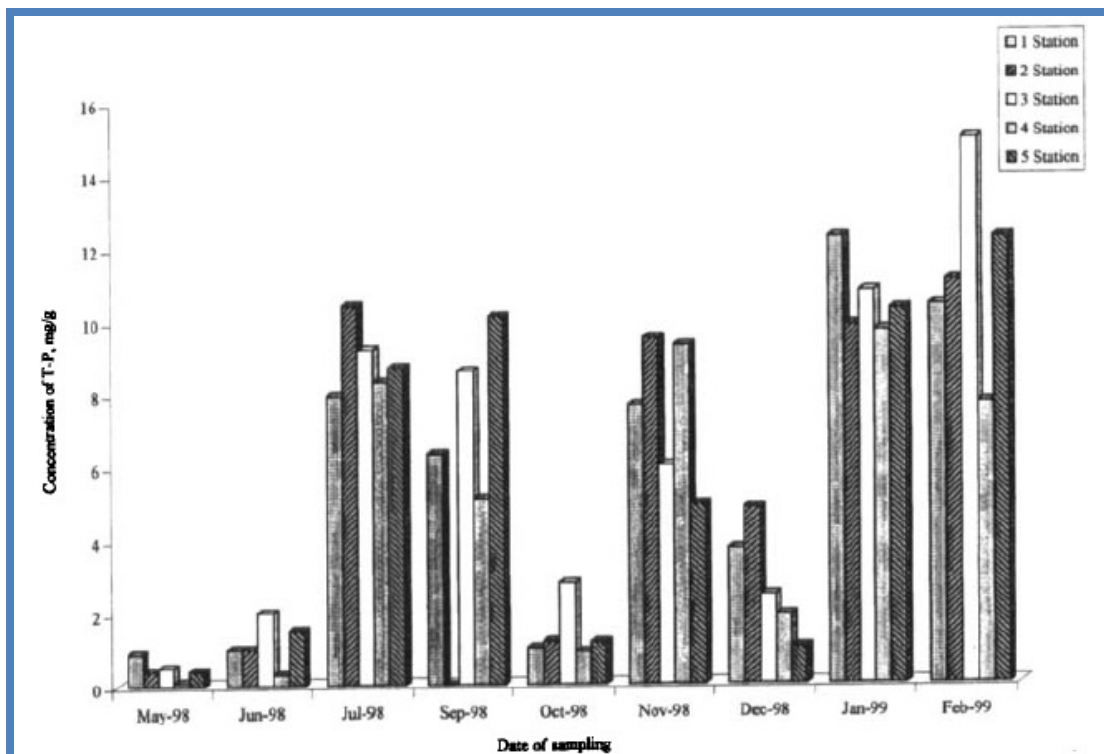
Σταθμός	As (mg/Kg)	Sb (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Hg (mg/Kg)	Se (mg/Kg)	TC (mg/g)	TOC (mg/g)	T-N (mg/g)	T-P (mg/g)
1	2,76	5,1	132	1,13	<6,00	67,54	60,69	2,94	3,02
1	1,88	2,85	126	0,16	<6,00	68,58	65	3,91	4,83
1	2,4	2,89	123	0,44	<6,00	67,39	63,54	3,99	10
1	2,14	3,32	135	0,18	<6,00	59,73	58,19	3,94	10,75
2	4,58	2,43	98	1,59	<6,00	99,79	87,31	5,03	4,05
2	4,44	2,78	97,1	0,84	<6,00	99,53	93,7	3,33	4,13
2	4,37	2,72	96,5	0,95	<6,00	65,6	61,3	5,01	9,69
2	4,8	3,52	88,5	<0,10	<6,00	79,8	79,6	5,8	8,78
M.O	3,42	3,20	112,01	0,66	-	76,00	71,17	4,24	6,91
MAX	4,80	5,10	135,00	1,59	-	99,79	93,70	5,80	10,75
MIN	1,88	2,43	88,50	0,16	-	59,73	58,19	2,94	3,02
SD	1,24	0,84	18,73	0,53	-	15,62	13,69	0,96	3,18

Πίνακας 11: Χημικές Αναλύσεις σε δείγματα Ιζημάτων ποθμένα Λ.Παμβότιδας (2012)

Πηγή: αδημοσίετο στοιχεία από έρευνα υπό εξέλιξη



Εικόνα 9. Διαχρονική Μεταβολή Ολικού Αζώτου (T-N) στο Ίζημα (1990)



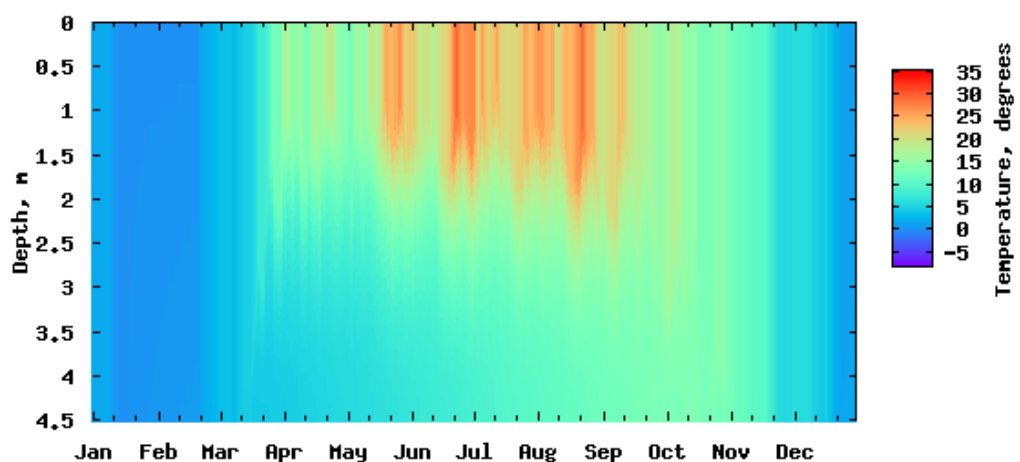
Εικόνα 10. Διαχρονική Μεταβολή Ολικού Φωσφόρου (T-P) στο Ίζημα (1990)

5. Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά στη Στήλη Ύδατος

5.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία αναγνωρίζεται ως ο σημαντικότερος περιβαλλοντικός παράγοντας στα συστήματα των εσωτερικών υδάτων, επηρεάζοντας τα πρότυπα κατανομής, την ηθολογία και τους μεταβολικούς ρυθμούς των οργανισμών (Bronmark & Hansson 1998).

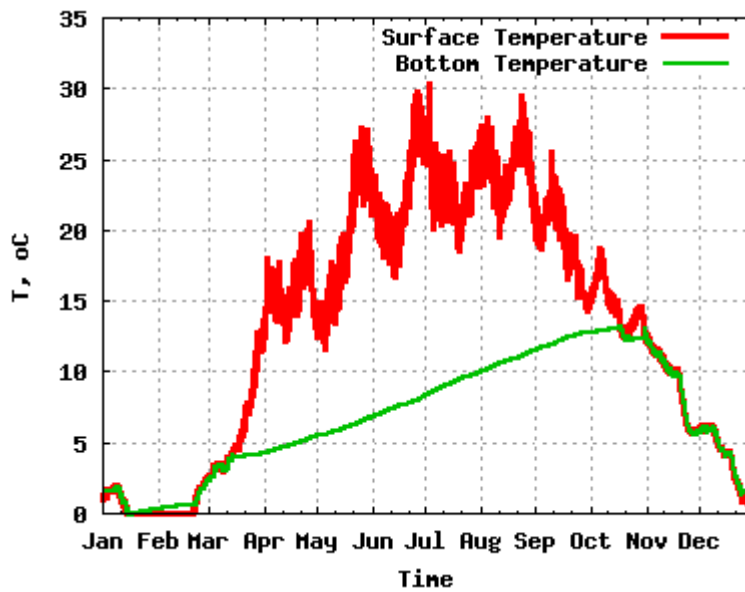
Όπως αναφέρθηκε, η Λίμνη Παμβώτιδα είναι μία πολυμεικτική Λίμνη, στην οποία εμφανίζονται μία μικρή θερμική διάστρωμάτωση κατά τη διάρκεια μιας σύντομης περιόδου στα μέσα του καλοκαιριού (Καγκάλου, 2008, Romero et al. 2002). Σύμφωνα με τους παρακάτω ερευνητές, λόγω του μικρού της βάθους η λίμνη δε μπορεί να διατηρήσει εποχική στρωμάτωση ένεκα του ότι υφίσταται συχνές περιόδους πλήρους κατακόρυφης ανάμιξης με το καθεστώς της να χαρακτηρίζεται ως θερμό πολυμεικτικό.



Εικόνα 11. Θερμική διαστρωμάτωση της Λίμνης Παμβώτιδας στη Διάρκεια του Έτους

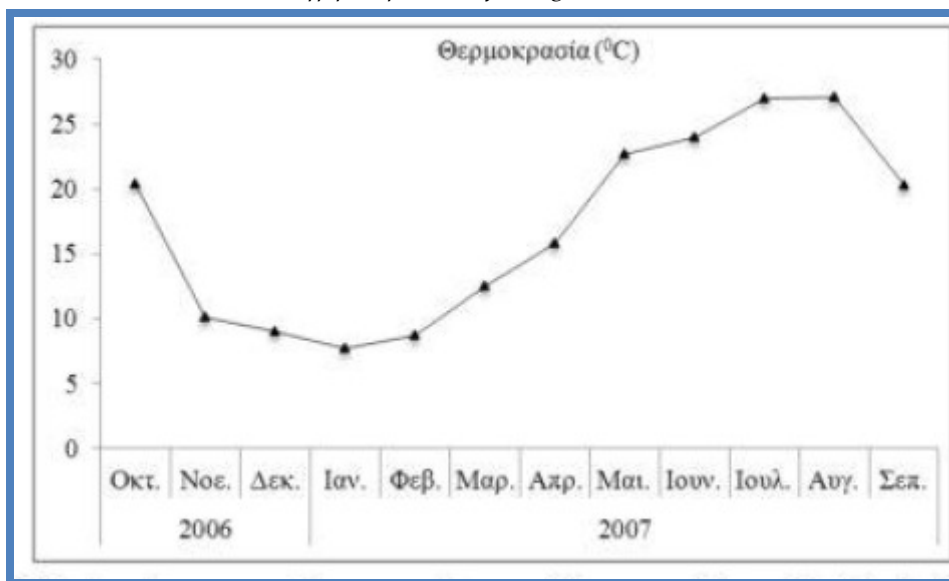
Πηγή: <http://www.flake.igb-berlin.de/>

Η θερμοκρασία, σύμφωνα με μετρήσεις του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (2006-2007) παρουσίασε τις ανάλογες μηνιαίες μεταβολές. Παρατηρήθηκε ένας κύκλος με βαθμιαία αύξηση της θερμοκρασίας από το μήνα Μάρτιο και σε όλη τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού. Επιπροσθέτως παρατηρήθηκε ένας κύκλος βαθμιαίας μείωσης της θερμοκρασίας από το μήνα Νοέμβριο και σε όλη τη διάρκεια του χειμώνα. Η μέγιστη θερμοκρασία του νερού στο σταθμό 1 καταγράφηκε το μήνα Αύγουστο (27,1°C) και η ελάχιστη το μήνα Ιανουάριο (7,7°C).



Εικόνα 12. Διακόμανση της Θερμοκρασίας της Λίμνης Παμβώτιδας

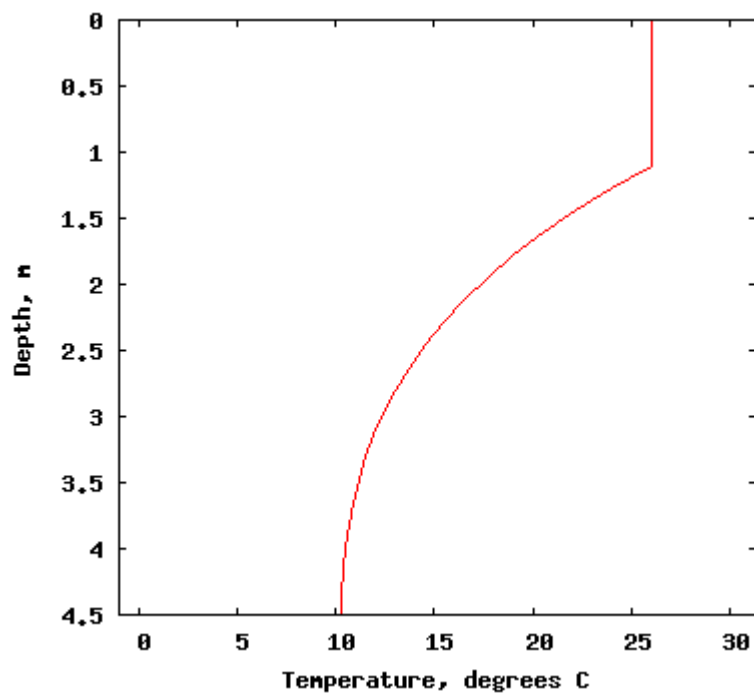
Πηγή: <http://www.flake.igb-berlin.de/>



Εικόνα 13. Διακόμανση της Θερμοκρασίας της Λίμνης Παμβώτιδας

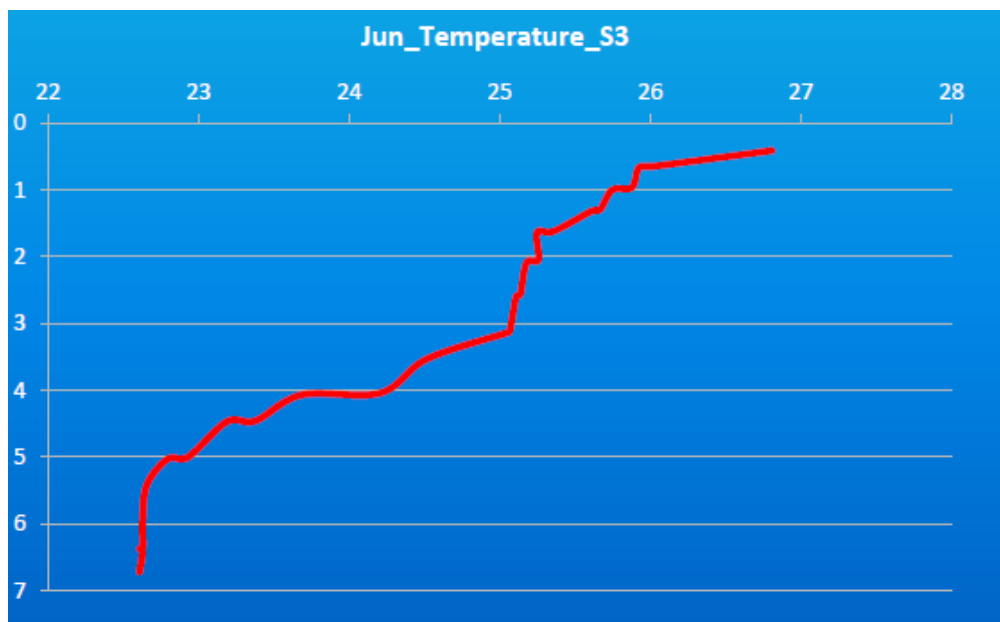
Πηγή: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Η μεγαλύτερη διαφορά Θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και πυθμένα παρατηρείται κατά το θέρος και τα τέλη άνοιξης όπου και εμφανίζετε στρωμάτωση της λίμνης κυρίως στο σταθμό με το μεγαλύτερο βάθος.



Εικόνα 14. Κατακόρυφη Κατανομή της Θερμοκρασίας της Λίμνης Παμβώτιδας (3 Αυγούστου 2013)

Πηγή: <http://www.flake.igb-berlin.de>



Εικόνα 15. Κατακόρυφη Κατανομή της Θερμοκρασίας της Λίμνης Παμβώτιδας

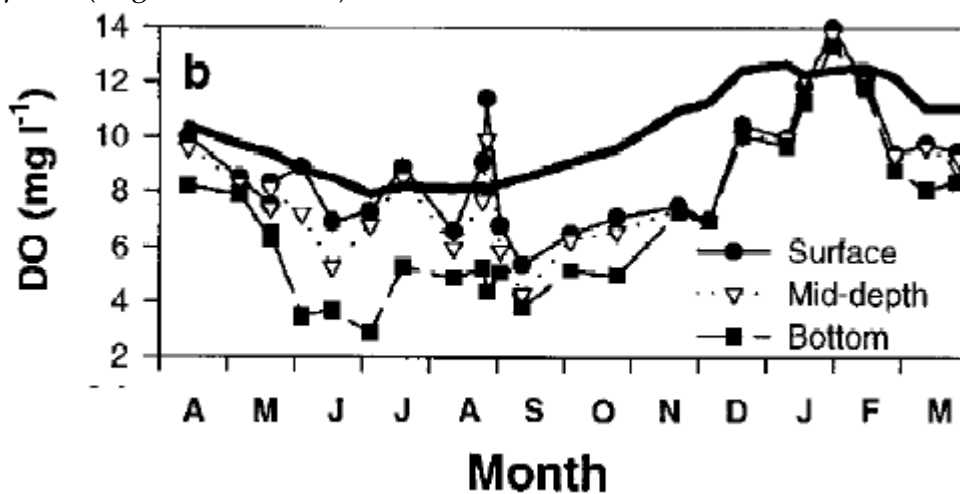
Πηγή: <http://www.lakepamvotis.gr/>

5.2 Διαλυμένο Οξυγόνο

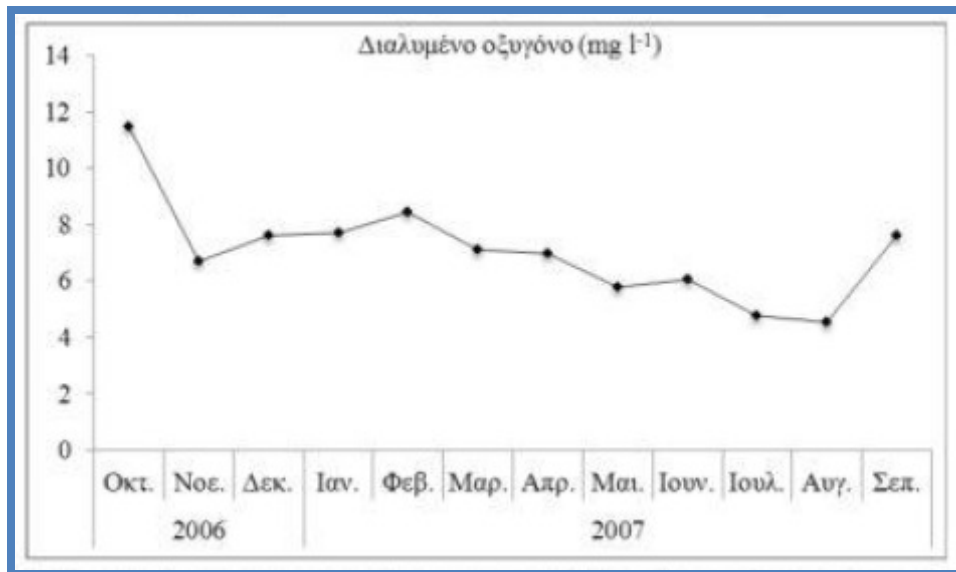
Η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου ($DO\ mg\ l^{-1}$) αποτελεί διαδικασία απαραίτητη για τον άμεσο εντοπισμό των μεταβολών που τυχόν συμβαίνουν στην ποιότητα των νερών, αφού καθορίζει σειρά βιολογικών και χημικών διεργασιών.

Το οξυγόνο είναι απαραίτητο σε όλες τους υδρόβιους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων αυτών των οργανισμών που είναι υπεύθυνοι για τις διεργασίες αυτοκαθαρισμού στα φυσικά νερά. Το περιεχόμενο σε οξυγόνο στα φυσικά νερά ποικίλει σε σχέση με τη θερμοκρασία, την αλατότητα, τη θολρότητα, τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυκιών και των φυτών και τη ατμοσφαιρική πίεση. Η διαλυτότητα του οξυγόνου μειώνεται όσο η θερμοκρασία και η αλατότητα αυξάνεται. Στα ανανεούμενα νερά το διαλυμένο οξυγόνο (DO), στο επίπεδο της θάλασσας κυμαίνεται από $15\ mg/l$ στους $0^{\circ}C$ σε $8\ mg/l$ στους $25^{\circ}C$. Οι συγκεντρώσεις σε ρυπασμένα νερά είναι συνήθως κοντά ή αλλά πάντα κάτω από $10\ mg/l$. Το DO μπορεί ακόμα να εκφραστεί με όρους ποσοστού κορεσμού. Επίπεδο λιγότερο του 80 τοις εκατό κορεσμό στο πόσιμο νερό μπορεί να είναι η αιτία για μυρωδιά και γεύση δυσάρεστη στους καταναλωτές.

Σύμφωνα με τον Wetzel (2001), η δυναμική της κατανομής του οξυγόνου στο νερό των λιμνών περιλαμβάνει ένα ισοζύγιο ανάμεσα σε αυτό που διαλύεται από την ατμόσφαιρα ή παράγεται φωτοσυνθετικά και σε αυτό που καταναλώνεται στις βιοχημικές και χημικές διεργασίες. Οι μειωμένες τιμές στο διαλυμένο οξυγόνο κατά τη θερινή περίοδο οφείλονται στο ότι η παρόχθια ζώνη λειτουργεί ως αποδέκτης οργανικής ύλης, με αποτέλεσμα κατά την αποσύνθεση της να απαιτείται οξυγόνο και έτσι να παρατηρούνται μικρότερα επίπεδα συγκεντρώσεων διαλυμένου οξυγόνου (Kagalou et al. 2001).



Εικόνα 16. Διακόμανση του DO της Λίμνης Παμβώτιδας (Romero 1998-1999)



Εικόνα 17. Διακύμανση του DO της Λίμνης Παμβώτιδας (Γκένας Χ.2012)

Στην εικ.16 φαίνεται ότι ο σταθμός δειγματοληψίας (Πέραμα) εμφανίζει υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου που καταγράφηκαν κατά τη φθινοπωρινή – χειμερινή περίοδο ενώ οι μικρότερες στα τέλη της άνοιξης και του καλοκαιριού.

Επίσης πραγματοποιήθηκαν πρόσφατες μετρήσεις (2010-2011) από το Φορέα Διαχείρισης της Λίμνης Παμβώτιδας στα πλαίσια του προγράμματος monitoring και οι οποίες έδωσαν:

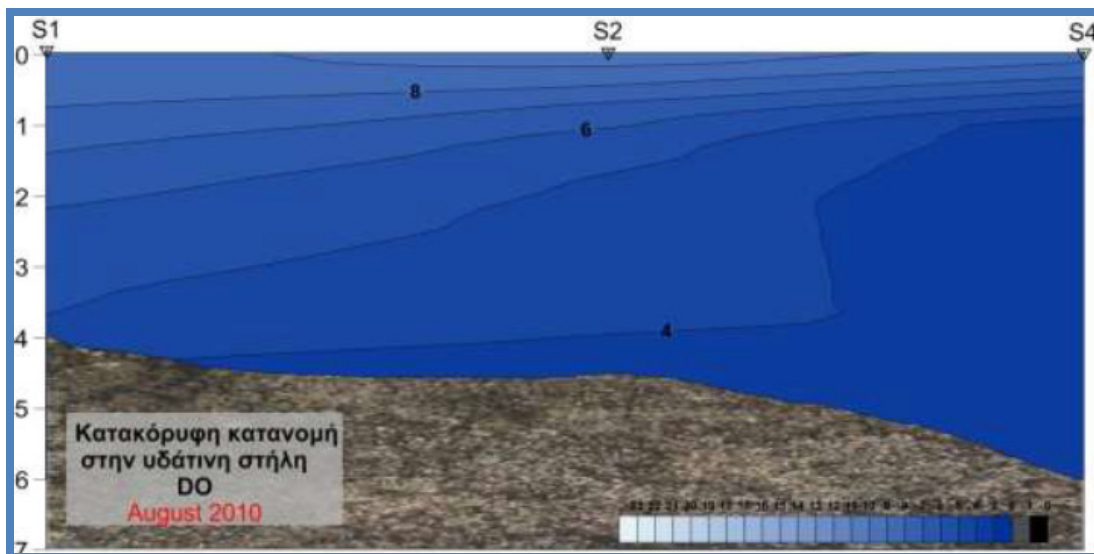
Μέση Τιμή: 10 mg/l

Μέγιστη Τιμή: 23,7mg/l (Ιούνιος)

Ελάχιστη Τιμή: 6,5 mg/l (Οκτώβριος)

Υψηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου επιφανειακά (έντονο φαινόμενο φωτοσυνθετικών διεργασιών) παρουσιάζονται στο μεγαλύτερο μέρος της λίμνης, ενώ ισχυρά οξυκλινή παρατηρούνται από το 1m μέχρι και τα 3,5m περίπου σε όλη την τομή. Παρατηρήθηκαν φαινόμενα υποξιας (<2mg/l) και ανοξιας (<1mg/l) τα οποία εμφανίζονται κατά τους θερινούς μήνες και στο τέλος της εαρινής περιόδου. Ωστόσο το μήνα Αύγουστο δεν παρατηρούνται τέτοια φαινόμενα, καθότι οι ισχυροί άνεμοι που έπνεαν προκάλεσαν την πλήρη μίξη των υδάτων, με αποτέλεσμα να εμπλουτιστεί η στήλη ύδατος με οξυγόνο. Το μήνα Μάιο επανεμφανίστηκε το φαινόμενο ανοξιας, σε συνδυασμό με υψηλότερες θερμοκρασίες. Πρόκειται για οξειδωτική διεργασία βακτηριακής και βιοχημικής αποδόμησης κοντά στο ίζημα με

πιθανή καταναλωτική δραστηριότητα (ζωοπλαγκτόν).



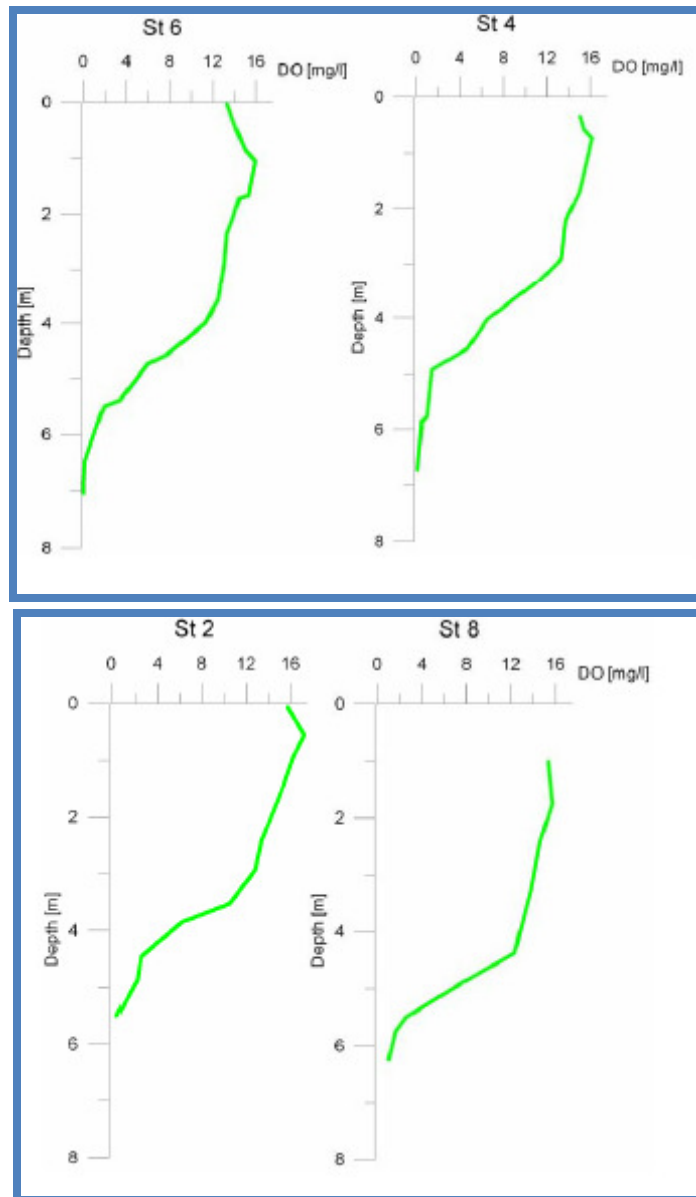
Εικόνα 18. Κατακόρυφη Κατανομή του Διαλυμένου Οξυγόνου της Λίμνης Παμβώτιδας

Πηγή: <http://www.lakepamvotis.gr/>

Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και η έρευνα του Πανεπιστημίου Πατρών, η οποία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της γεωφυσικής μελέτης του πυθμένα της Λίμνης της Παμβώτιδας. Ένα ανοξικό/υποξικό (<2mg/l) καθεστώς έχει αναπτυχθεί στο βαθύτερο τμήμα της λίμνης όπως δείχνουν οι μετρήσεις διαλυμένου οξυγόνου κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου μειώνεται κάτω των 2 mg/l σε βάθος νερού μεγαλύτερο των 5 μέτρων. Η γεωγραφική έκταση αυτού του ανοξικού/υποξικού υδάτινου στρώματος την καλοκαιρινή περίοδο συσχετίζεται καλά με την έκταση του μέγιστου πάχους της υδαρούς ιλύος στον πυθμένα της λίμνης. Η παρουσία αυτού του ανοξικού/υποξικού στρώματος είναι ιδιαίτερα ανησυχητική καθώς σχετίζεται άμεσα με την υποβάθμιση της οικολογικής κατάστασης της λίμνης και συμβάλει στην απελευθέρωση αμμωνίας από τα ιζήματα της λίμνης (Beutel, 2006).

Αναμφίβολα το εύρος και η έκταση του ανοξικού/υποξικού στρώματος θα πρέπει να παρακολουθηθεί σε εποχική και διαχρονική βάση. Προκαταρκτικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε δύο σταθμούς τη χειμερινή περίοδο 2011 έδειξαν ότι η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου μεταβάλλεται το χειμώνα.



Εικόνα 19. Κατακόρυφη Κατανομή του DO σε υδρογραφικούς σταθμούς της Λίμνης Παμβώτιδας

Πηγή: Πανεπιστήμιο Πατρών

Συνεπώς ένα ανοξικό/υποξικό (<2mg/l) καθεστώς διαπιστώνετε στο βαθύτερο τμήμα της λίμνης όπως δείχνουν οι μετρήσεις διαλυμένου οξυγόνου κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η γεωγραφική έκταση αυτού του ανοξικού/υποξικού υδάτινου στρώματος την καλοκαιρινή περίοδο συσχετίζεται καλά με την έκταση του μέγιστου πάχους της υδαρούς ιλύος στον πυθμένα της λίμνης.

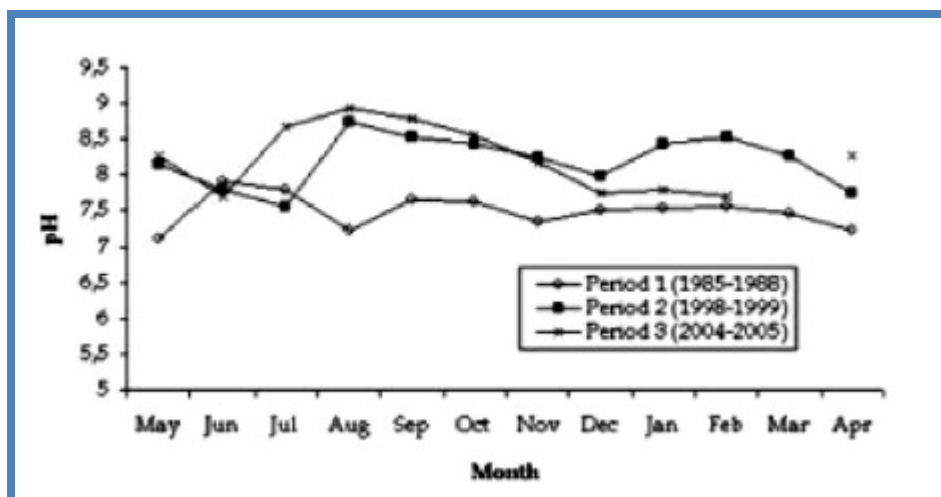
Η παρουσία αυτού του ανοξικού/υποξικού στρώματος είναι ιδιαίτερα ανησυχητική καθώς σχετίζεται άμεσα με την υποβάθμιση της οικολογικής κατάστασης της λίμνης και θα πρέπει να μελετηθεί σε εποχική και διαχρονική βάση με την πόντιση σταθμού παρακολούθησης μακράς διάρκειας (long-term

monitoring).

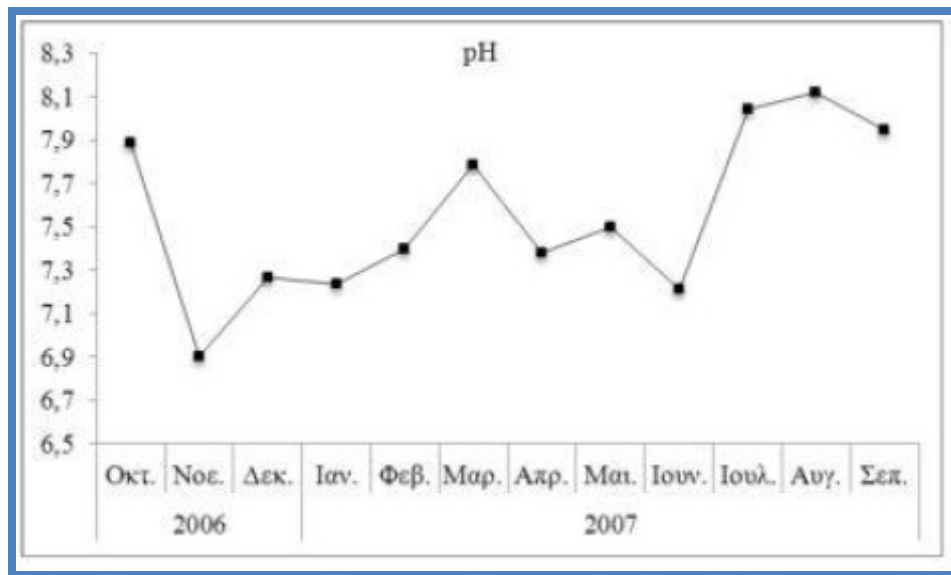
5.3 Ενεργός Οξύτητα (pH)

Η ενεργός οξύτητα αποτελεί έναν από τους σημαντικούς αβιοτικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του υδάτινου οικοσυστήματος με άμεση συνέπεια τη βιωσιμότητα των ψαριών. Στα οικοσυστήματα των εσωτερικών υδάτων το pH κυμαίνεται συνήθως από 6 μέχρι 9, με εξαίρεση ορισμένα ηφαιστιογενών περιοχών, στις οποίες εμφανίζονται πολύ χαμηλές τιμές (Bronmark & Hansson 1998). Η αύξηση του pH τους καλοκαιρινούς μήνες ενδεχομένως οφείλεται σε αυξημένη φυτοπλαγκτική βιομάζα κατά την καλοκαιρινή περίοδο (Kagalou et al. 2003). Όπως αναφέρεται από τον Wetzel (2001), η υψηλή φυτοπλαγκτική βιομάζα έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα την υψηλή κατανάλωση του CO₂ και την επακόλουθη αύξηση του pH.

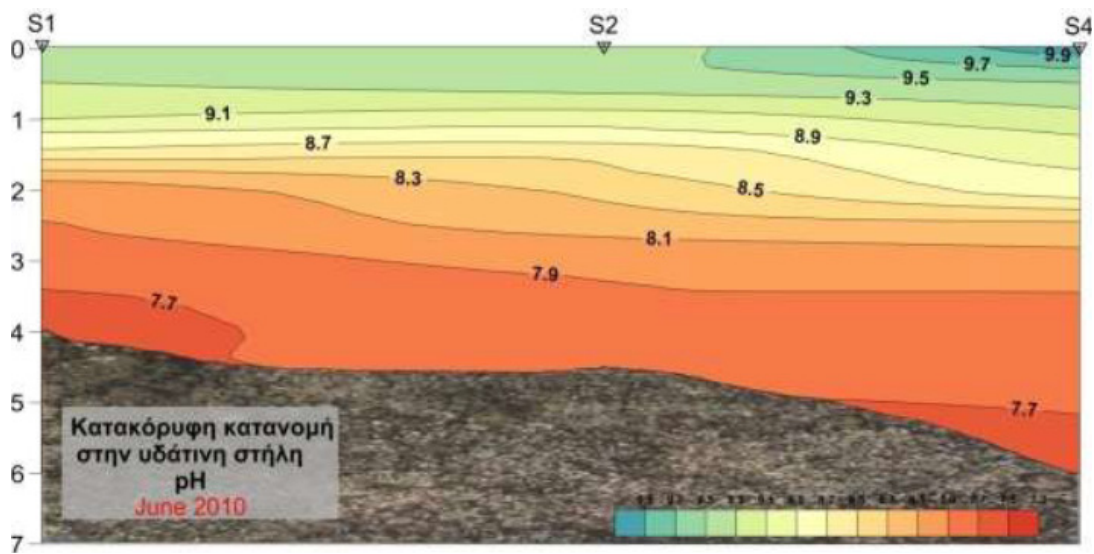
Εξετάζοντας τα δεδομένα της ενεργού οξύτητας για τρεις διακριτές περιόδους (1985-1988, 1998-1999 και 2004-2005) από αναλύσεις δειγμάτων στήλης ύδατος μπορούμε να παρατηρήσουμε μια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών της πρώτης περιόδου και των υπολοίπων γεγονός που καταδεικνύει τη μετατόπιση του περιβάλλοντος στην αλκαλική περιοχή. Συνεπώς το περιβάλλον της λίμνης Παμβώτιδας χαρακτηρίζεται γενικά ως αλκαλικό με τιμές pH που κυμαίνονται γύρω στο 8,6. Οι υψηλότερες οριζόντιες και κατακόρυφες διακυμάνσεις εμφανίζονται κατά τους θερινούς μήνες και εντοπίζονται ανατολικά και νοτιοανατολικά της λίμνης, και μειώνονται καθώς κινούμαστε προς την βορειοδυτική πλευρά.



Εικόνα 20. Ενδο-ετήσιες μεταβολές pH υδάτων Λίμνης Παμβώτιδας(Kagalou 2008)



Εικόνα 21. Ενδο-ετήσιες μεταβολές pH υδάτων Λίμνης Παμβώτιδας (Γκένας Χ.2012)



Εικόνα 22. Κατακόρυφη κατανομή pH στην υδάτινη στήλη Λίμνης Παμβώτιδας

Πηγή: <http://www.lakepamvotis.gr/>

5.4 Τα Θρεπτικά στην Υδάτινη Στήλη

5.4.1 Ενώσεις Φωσφόρου

Ο φώσφορος είναι ένα απαραίτητο θρεπτικό για τους ζώντες οργανισμούς και υπάρχει στο σώμα του νερού σε διάλυση ή σε σωματιδιακή μορφή. Γενικά είναι ο περιοριστικός παράγοντας για τη αύξηση των φυκών και έτσι ελέγχει την πρωτογενή παραγωγικότητα μέσα στο νερό. Τεχνητή αύξηση στις συγκεντρώσεις του φωσφόρου λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας είναι η βασική αιτία για τον ευτροφισμό.

Στα φυσικά νερά και τα απόβλητα, ο φώσφορος υπάρχει κυρίως ως διαλυμένα ορθοφωσφορικά και πολυφωσφορικά και ως οργανικά δεσμευμένα φωσφορικά άλατα. Μπορούν να παρατηρηθούν συνεχείς αλλαγές στις μορφές του φωσφόρου λόγω της αποσύνθεσης και της σύνθεσης οργανικά δεσμευμένων μορφών και οξειδωμένων ανόργανων μορφών.

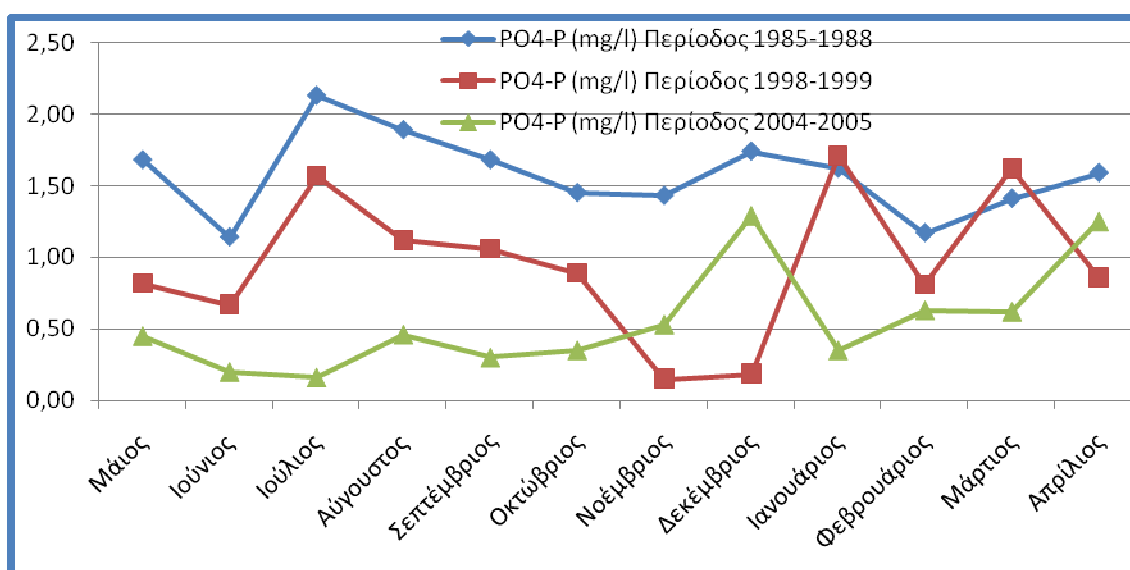
Οι φυσικές πηγές του φωσφόρου είναι κυρίως η διάβρωση των φωσφορούχων πετρωμάτων και η αποσύνθεση της οργανικής ύλης. Άλλες πηγές μπορούν να θεωρηθούν τα οικιακά απόβλητα, ειδικά αυτά που περιέχουν απορρυπαντικά, βιομηχανικά απόβλητα και λιπασματούχες απορροές. Ο φώσφορος σχετίζεται με τα οργανικά και ανόργανα συστατικά των ιζημάτων που μπορούν να κινητοποιηθεί από βακτήρια και να απελευθερωθεί στη στήλη του νερού.

Ο φώσφορος σπάνια βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα γλυκά νερά καθώς απορροφάται από τα φυτά. Ως αποτέλεσμα είναι δυνατό να παρατηρηθούν σημαντικές εποχιακές μεταβολές των συγκεντρώσεων στα επιφανειακά νερά.

Καθώς ο φώσφορος είναι σημαντικό συστατικό του βιολογικού κύκλου στο σώμα του νερού συχνά περιλαμβάνεται στις βασικές μελέτες ποιότητας του νερού ή προγραμμάτων παρακολούθησης υποβάθρου. Μεγάλες συγκεντρώσεις των φωσφορικών είναι ένδειξη ρύπανσης και είναι αιτία ευτροφικών συνθηκών. Η διαχείριση μιας λίμνης ή ενός ταμιευτήρα, ειδικά όταν πρόκειται το νερό να χρησιμοποιηθεί για πόσιμο, απαιτεί τη γνώση των επιπέδων των φωσφορικών ούτως ώστε να ελεγχθεί η αύξηση των αλγών.

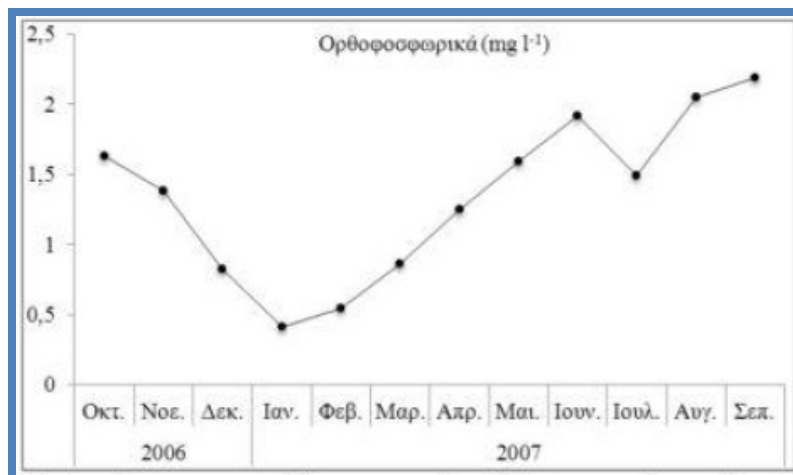
Οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου συνήθως προσδιορίζονται ως ορθοφωσφορικά, ολικά ανόργανα φωσφορικά ή ως ολικός φώσφορος.

Εξετάζοντας τα δεδομένα των φωσφορικών για τρεις διακριτές περιόδους (1985-1988, 1998-1999 και 2004-2005) από αναλύσεις δειγμάτων στήλης ύδατος μπορούμε να παρατηρήσουμε τη σημαντική μείωση του επιπέδου των τιμών μετά την κατασκευή και λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού της πόλης των Ιωαννίνων ως αποτέλεσμα της σημαντικής μείωσης της εξωτερικής φόρτισης φωσφόρου από τη λεκάνη απορροής.



Εικόνα 23. Ενδο-ετήσιες μεταβολές Ορθοφωσφορικών Ριζών των υδάτων Λίμνης Παμβώτιδας

Οι μετρήσεις του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δίδουν διακύμανση των τιμών των ορθοφωσφορικών ριζών ή αλλιώς του διαλυμένου ενεργού φωσφόρου βρέθηκε μεταξύ $0,41 \text{ mg l}^{-1}$ και $2,19 \text{ mg l}^{-1}$. Οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν κατά τους θερινούς μήνες και ιδιαίτερα τους φθινοπωρινούς μήνες



Εικόνα 24. Ενδο-ετήσιες μεταβολές Ορθοφωσφορικών Γκένας Χ.2012)

Οι αυξημένες τιμές του ολικού φωσφόρου κατά τη θερινή περίοδο πιθανών να σχετίζονται με τις αναγωγικές και ανοξικές συνθήκες που επικρατούν στον πυθμένα καθώς ο φώσφορος που είναι δεσμευμένος με το σίδηρο (III) ανάγεται σε σίδηρο (II) με αποτέλεσμα ο σίδηρος και ο προσροφόμενος φώσφορος να επιστρέφουν στην υδάτινη στήλη (εσωτερική ανακύκλωση).

5.4.2 Ενώσεις Αζώτου

Το άζωτο είναι στοιχείο το οποίο εμφανίζεται με πολλές μορφές στα εσωτερικά ύδατα: ως διαλυμένο μοριακό N_2 , συνδεδεμένο με μεγάλο αριθμό ενώσεων από αμινοξέα, αμίνες, πρωτεΐνες και χουμικές ενώσεις ως αμμωνία (NH_4), ως νιτρώδη (NO_2) και νιτρικά (NO_3) (Wetzel 2001).

Το άζωτο είναι απαραίτητο για τους ζώντες οργανισμούς ως συστατικό των πρωτεϊνών, περιλαμβανομένου και του γενετικού υλικού. Τα φυτά και οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν το άζωτο σε οργανικές μορφές. Στο περιβάλλον, το ανόργανο άζωτο απαντάται σε διάφορες βαθμίδες οξείδωσης, ως νιτρικά (NO_3), νιτρώδη (NO_2^-), αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+) και μοριακό άζωτο (N_2). Υπόκειται σε βιολογικές και μη βιολογικές μετατροπές στο περιβάλλον ως μέρος του κύκλου του αζώτου. Οι περισσότερες μη βιολογικές διεργασίες περιλαμβάνουν φάσεις μετατροπής όπως είναι η εξάτμιση, απορρόφηση και ιζηματοποίηση. Οι βιολογικές μετατροπές περιλαμβάνουν : α) αφομοίωση ανόργανων μορφών (αμμωνίας και νιτρικών) από φυτά και μικροοργανισμούς για το σχηματισμό οργανικών μορφών του αζώτου όπως αμινοξέα, β) μείωση του αέριου αζώτου σε αμμωνία και οργανικό άζωτο από μικροοργανισμούς, γ) πολύπλοκες ετεροτροφικές μετατροπές από τον ένα οργανισμό στον άλλο, δ) οξείδωση της αμμωνίας σε νιτρικά και νιτρώδη (νιτροποίηση), ε) αμμωνιοποίηση του οργανικού αζώτου για την παραγωγή αμμωνίας κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης

και στ) βακτηριακή αναγωγή του αζώτου σε οξείδιο του αζώτου (N_2O) και μοριακό άζωτο (N_2) κάτω από ανοξικές συνθήκες (απονιτροποίηση). Οι διάφορες μορφές αζώτου εκφράζονται σε moles/lit ή mg /lit αζώτου (π.χ $NO_3^- - N$, $NH_4^+ - N$) και όχι ως mg/lit NO_3^- ή NH_4^+ .

Μια από τις ενώσεις του αζώτου είναι η αμμωνία Η αμμωνία απαντάται στα φυσικά νερά και προκύπτει από την αποσύνθεση της οργανικής και ανόργανης αζωτούχας ύλης στο έδαφος και στο νερό, από τις απεκκρίσεις της χλωρίδας και πανίδας, από την αναγωγή του αερίου αζώτου στο νερό από μικροοργανισμούς και από ανταλλαγή αερίων με την ατμόσφαιρα. Ακόμα, μπορεί να προέλθει από βιομηχανικές εκροές αποβλήτων και οικιακών και αστικών λυμάτων. Σε δεδομένα επίπεδα pH μεγάλες συγκεντρώσεις αμμωνίας (NH_3) είναι τοξικές για τις υδρόβιες μορφές και κατ' επέκταση είναι βλαβερή για την οικολογική ισορροπία στα φυσικά νερά.

Μη μολυσμένα νερά περιέχουν μικρές ποσότητες αμμωνίας και αμμωνιακές ενώσεις, συνήθως σε ποσότητες μικρότερες του 0,1 mg/lit αζώτου. Οι συγκεντρώσεις τις συνολικής αμμωνία που μετρώνται στα επιφανειακά νερά είναι συνήθως λιγότερη από 0,2 mg/lit αζώτου αλλά μπορεί να φτάσει 2-3 mg/lit N. Υψηλότερες συγκεντρώσεις μπορεί να είναι ένδειξη οργανικής μόλυνσης από οικιακά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα και επιφανειακή απορροή λιπασμάτων. Η αμμωνία, λοιπόν, είναι ένας καλός δείκτης οργανικής ρύπανσης. Μπορούν να παρατηρηθούν φυσικές εποχιακές διακυμάνσεις ως αποτέλεσμα του θανάτου και της αποσύνθεσης υδρόβιων οργανισμών, ειδικά των φυτοπλαγκτονικών και των βακτηρίων σε νερά πλούσια σε θρεπτικά. Υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας μπορούν να παρατηρηθούν και στο βυθό των λιμνών οι οποίες έχουν γίνει ανοξικές.

Άλλες ενώσεις του αζώτου είναι τα νιτρικά και τα νιτρώδη. Τα νιτρικά ιόντα είναι η πιο κοινή μορφή των ενώσεων του αζώτου στα φυσικά νερά. Είναι δυνατό να μειωθούν βιοχημικά σε νιτρώδη με διαδικασίες απονιτροποίησης που παρατηρούνται συνήθως σε αναερόβιες συνθήκες. Τα νιτρικά ιόντα γρήγορα οξειδώνονται σε νιτρώδη. Φυσικές πηγές νιτρικών στα επιφανειακά νερά είναι τα πυριγενή πετρώματα, η αποστράγγιση της γης και τα συντρίμματα από φυτά και ζώα. Τα φυσικά επίπεδα σπάνια ξεπερνούν τα 0,1 mg /l $NO_3^- - N$, ενώ μπορεί να είναι αυξημένο από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, όπως και από διαρροές από χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων. Σε αγροτικές και ημιαστικές περιοχές η χρήση ανόργανων αζωτούχων λιπασμάτων μπορεί να είναι μια σημαντική πηγή. Εποχιακές διακυμάνσεις των νιτρικών μπορούν να παρατηρηθούν και να συσχετιστούν με την αύξηση και αποσύνθεση της χλωρίδας καθώς αποτελούν απαραίτητα θρεπτικά για τα υδρόβια φυτά.

Όταν τα επιφανειακά νερά επηρεάζονται από ανθρώπινες δραστηριότητες

μπορούν να περιέχουν ως και 5 mg/lit $\text{NO}_3 - \text{N}$. Όταν ξεπεραστεί αυτό το όριο τότε υπάρχει ένδειξη για ρύπανσης από ανθρώπινα ή ζωικά απόβλητα, ή από την επιφανειακή απορροή περιοχών που λιπαιίνονται (fertilizer run-off). Σε περιπτώσεις εξαιρετικά έντονης ρύπανσης οι συγκεντρώσεις μπορεί να φτάσει τα 200 mg/lit $\text{NO}_3 - \text{N}$. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) έχει ορίσει σαν όριο τα 10 mg/lit $\text{NO}_3 - \text{N}$ για το πόσιμο νερό, πέρα από το οποίο τίθεται σε κίνδυνο η υγεία. Στις λίμνες τα επίπεδα των νιτρικών 0,2 mg/lit $\text{NO}_3 - \text{N}$ τείνουν να αφομοιωθούν με την αύξηση των φυκιών και είναι ένδειξη ευτροφικών συνθηκών.

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών στα νερά είναι συνήθως πολύ χαμηλές, 0,001 mg/lit $\text{NO}_2 - \text{N}$, και σπάνια ξεπερνούν τα 0,1 mg/lit $\text{NO}_2 - \text{N}$. Μεγάλη συγκεντρώση νιτρικών είναι γενικά ενδεικτικό βιομηχανικών απορροών και συχνά συσχετίζονται με ικανοποιητική μικροβιολογική ποιότητα του νερού.

Ο προσδιορισμός των νιτρικών και των νιτρικών στα επιφανειακά νερά δίνει μια ένδειξη για το επίπεδο των θρεπτικών. Συνεπώς, αυτά τα είδη συγκαταλέγονται στα βασικότερα σε μια έρευνα για την ποιότητα του νερού και περιλαμβάνονται πάντα σε προγράμματα παρακολούθησης της επίδρασης οργανικών και βιομηχανικών εισροών. Λόγω του πιθανού κινδύνου για την υγεία που θέτουν τα υψηλά επίπεδα των νιτρικών μετρώνται και στις πηγές πόσιμου νερού. Η συνήθης επεξεργασία του πόσιμου νερού αφαιρεί λίγα νιτρικά και γι' αυτό το νερό της πηγής που προορίζεται για πόσιμο πρέπει να αναλύεται όταν οι συγκεντρώσεις νιτρικών είναι υψηλές.

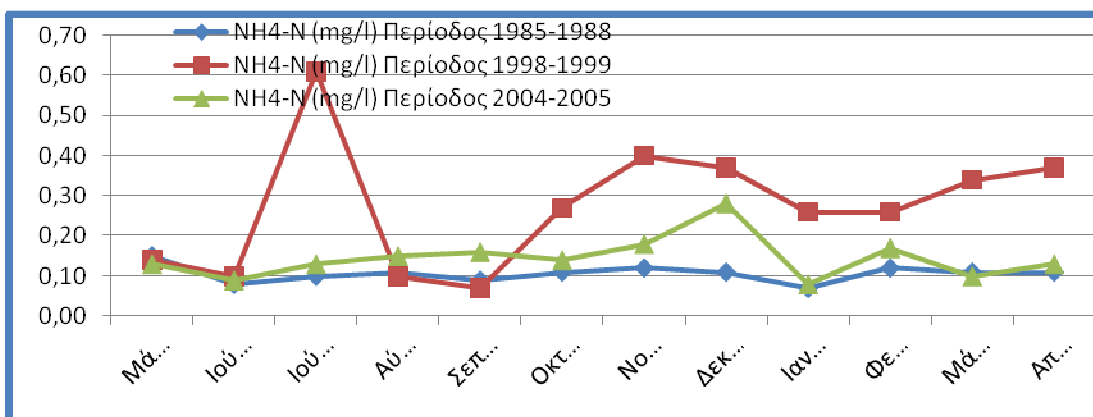
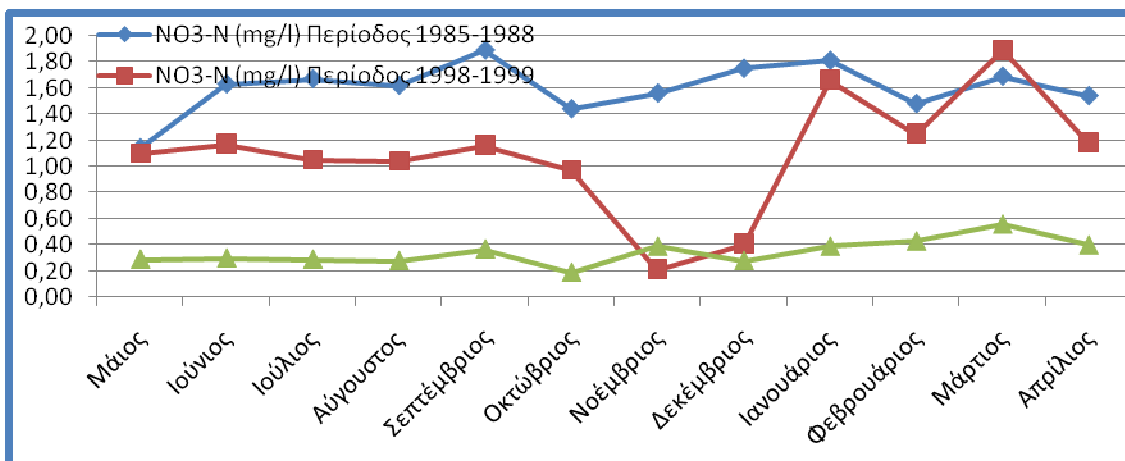
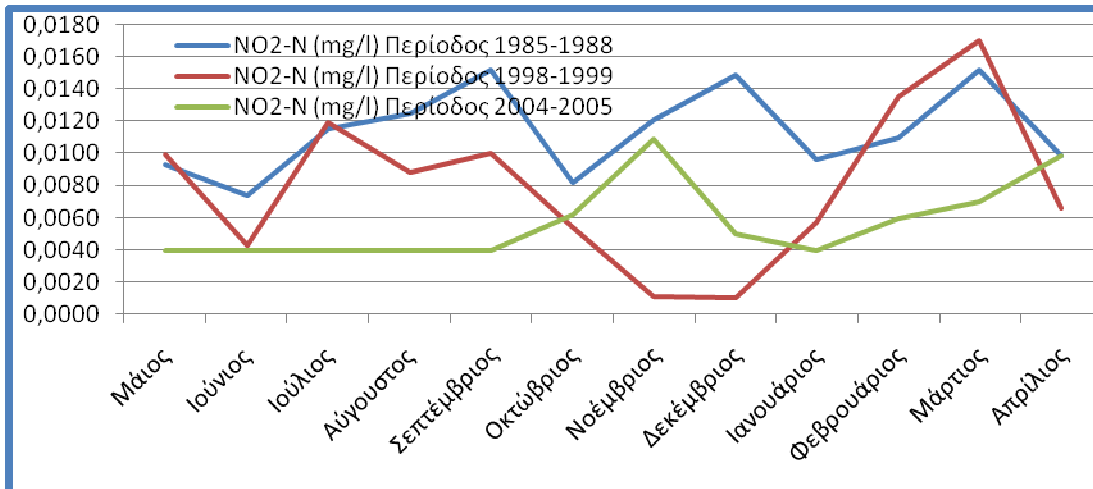
Στη λίμνη και στο σταθμό 1 οι συγκεντρώσεις N των διαλυτών νιτρικών διατηρήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα με τις χαμηλότερες τιμές να παρατηρούνται την καλοκαιρινή περίοδο του 2007. Αναλυτικότερα τα επίπεδα συγκεντρώσεως των νιτρικών κυμάνθηκαν από 0,001 mg l^{-1} μέχρι 0,07 mg l^{-1}

Η μηνιαία μεταβολή των τιμών των νιτρικών ακολουθεί την ίδια μεταβολή με τα νιτρικά. Η συμμετοχή των νιτρικών αλάτων στο συνολικό ποσό αλάτων N κυμάνθηκε από 0,1 mg l^{-1} μέχρι 0,5 mg l^{-1} . Σε ότι αφορά την αμμωνία, οι τιμές της κυμάνθηκαν από 0,13 mg l^{-1} ως 0,28 mg l^{-1} (2006-2007).

Σύμφωνα με τους Chapman & Kimstach (1996) συγκεντρώσεις νιτρικών μεγαλύτερες από 0,2 mg l^{-1} τονώνουν την ανάπτυξη φυτοπλαγκτού και είναι ενδεικτικές τροφικών καταστάσεων. Η εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων στις εκτάσεις γύρω από τη λίμνη Παμβώτιδα, σε συνδυασμό με τις έντονες βροχοπτώσεις, έχουν ως αποτέλεσμα την έκπλυση του αζώτου και την εισροή ποσοτήτων αυτού μέσα στη λίμνη. Επίσης, οι υψηλές συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρικών το χειμώνα και νωρίς την άνοιξη, οφείλονται στη μειωμένη

φωτοσυνθετική δραστηριότητα, τις υψηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου και την έκπλυση των εδαφών. Αντίθετα, η πτώση στις συγκεντρώσεις τους από την άνοιξη και μέχρι το φθινόπωρο έγινε εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας και της μείωσης του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, καθώς και από την αύξηση της βιομάζας του φυτοπλαγκτού χωρίς το φθινόπωρο.

Τέλος, το ότι τα αμμωνιακά εμφανίζονται ιδιαίτερα αυξημένα το καλοκαίρι, πρέπει να αποδοθεί στις έντονες βακτηριακές δραστηριότητες και στην αφομοιωτική ικανότητα του φυτοπλαγκτού που επηρεάζεται από την υψηλή θερμοκρασία και μέσα από τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης, της οξείδωσης και της αναγωγής των αζωτούχων ενώσεων συνεισφέρει στον κύκλο του αζώτου στο σύστημα της λίμνης (Wetzel 2001).



Εικόνα 25. Ενδο-ετήσιες μεταβολές θρεπτικών αλάτων αζώτου στήλης υδάτων Λιμνης Παμβώτιδα

Οι αυξημένες συγκεντρώσεις του TN στη στήλη ύδατος που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του θέρους ίσως οφείλονται σε υψηλές συγκεντρώσεις NH_4^+ και τη διαδικασία απονιτροποίησης εξαιτίας των αναερόβιων συνθηκών που επικρατούν στον πυθμένα. Οι υψηλές τιμές του TN τους χειμερινούς μήνες οφείλονται στις ισχυρές βροχοπτώσεις και την επιφανειακή απορροή.

Η αφθονία του φυτοπλαγκτόν σε λίμνες γλυκού νερού έχει συσχετισθεί με πολλούς περιοριστικούς παράγοντες. Ο λόγος TN:TP έχει προταθεί ως δείκτης, έτσι ώστε να κατηγοριοποιούνται οι λίμνες ανάλογα με το αν το άζωτο ή ο φώσφορος είναι περιοριστικός παράγοντας. Στη λίμνη Παμβώτιδα υπάρχει εναλλαγή του περιοριστικού παράγοντα. Τον Αύγουστο και Φεβρουάριο περιοριστικός παράγοντας είναι το άζωτο (N) ενώ από τον Οκτώβριο έως και τον Ιανουάριο ο φώσφορος (P).

6. Βιολογικοί Παράμετροι

6.1 Φυτοπλαγκτόν

6.1.1 Οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί-Chl-a

Οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα της φυτικής βιομάζας στην πλειονότητα των λιμνών και παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον από διαχειριστικής άποψης, μιας και αποτελούν την κυρίαρχη πηγή οργανικής ύλης στη βάση της τροφικής αλυσίδας. Ως φυτοπλαγκτόν προσδιορίζονται οι μικροσκοπικοί πλευστοί φυτικοί οργανισμοί, στην πλειονότητά τους φύκη, που ζουν σε υδάτινα σώματα μεταφερόμενοι από τις κινήσεις του νερού και δεν διαθέτουν ή διαθέτουν ελάχιστη ικανότητα ενεργητικής μετακίνησης. Όπως όλα τα φυτά, περιέχουν χλωροφύλλη και αναπτύσσονται με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης προσλαμβάνοντας τα απαραίτητα για την ανάπτυξή τους θρεπτικά στοιχεία από τη μάζα του νερού (ΕΛΚΕΘΕ, 2003).

Οι πιο συνήθεις και σημαντικές ταξινομικές ομάδες στις οποίες κατατάσσονται τα διάφορα είδη φυτοπλαγκτού των λιμνών είναι τα χλωροφύκη, ξανθοφύκη, διάτομα, χρυσοφύκη, κρυπτοφύκη, δινοφύκη και κυανοφύκη. Οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί έχουν διαφορετική κυτταρική δομή και φυσιολογία, παρουσιάζουν εξαιρετική ποικιλία μορφών και μεγεθών και μπορεί να είναι μονοκύτταροι, πολυκύτταροι, νηματοειδείς ή να σχηματίζουν αποικίες.

Η συγκέντρωση των πλαγκτονικών φυκών σε μια λίμνη σε ορισμένη θέση και χρόνο εκφράζεται με τον όρο βιομάζα του φυτοπλαγκτού. Η εκτίμηση της βιομάζας του φυτοπλαγκτού των λιμνών μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες μεθόδους, όπως η καταμέτρηση του αριθμού των κυττάρων ανά μονάδα όγκου, η μέτρηση του όγκου, του βάρους (ξηρού ή υγρού), του περιεχόμενου άνθρακα ή των περιεχόμενων χρωστικών τους (κυρίως χλωροφύλλης-α). Μπορεί ακόμη να γίνει με μέτρηση των ολικών αιωρούμενων στερεών και των ρυθμών ανταλλαγής οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα με το περιβάλλον (Αντωνόπουλος, 2003).

Οι χλωροφύλλες είναι οι πράσινες χρωστικές που απαντώνται στα φύκη και κυρίως στα ανώτερα φυτά. Είναι διαδεδομένες σε όλα τα φυτά, στα πρώτιστα, στα κυανοφύκη και σε αρκετά βακτήρια (βακτηριοχλωροφύλλες). Στους χλωροπλάστες των ανώτερων φυτών απαντώνται δύο είδη χλωροφυλλών, η χλωροφύλλη-α και η χλωροφύλλη-β, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την υποκατάσταση του πυρολικού δακτυλίου II. Η χλωροφύλλη-α είναι η πιο σημαντική και δίνει τη δυνατότητα στον οργανισμό κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης να δημιουργήσει

σάκχαρα. Για τη σύνθεση της χλωροφύλλης είναι απαραίτητο το μαγνήσιο (Mg). Οι χλωροφύλλες-α περιέχουν πορφυρινικό δακτύλιο και το κεντρικό ιόν μετάλλου στο μόριο τους είναι το μαγνήσιο. Ο δακτύλιος αυτός αποτελεί τη διαδικασία με την οποία αιχμαλωτίζεται η ενέργεια του φωτός.

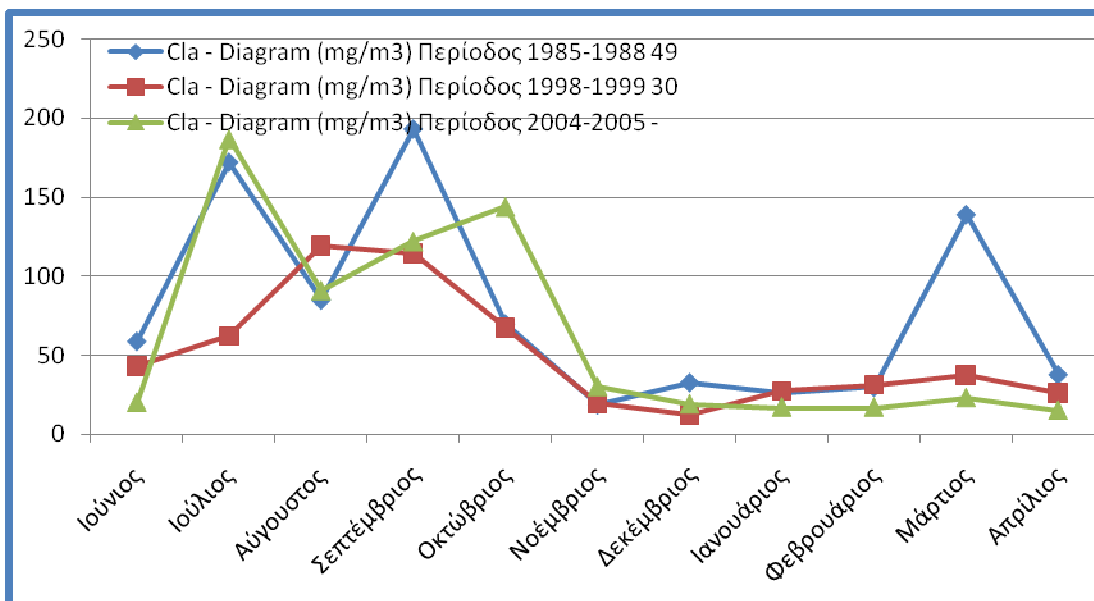
Η χλωροφύλλη-α απορροφά ακτινοβολίες με μήκη κύματος κοντά στα δύο άκρα του ορατού φάσματος, δηλαδή το κόκκινο και το μπλε. Εκτός όμως από τη χλωροφύλλη-α, τα φυτά χρησιμοποιούν και άλλες χρωστικές που απορροφούν ακτινοβολίες με ενδιάμεσα μήκη κύματος (συμπληρωματικές χρωστικές) (Kingsley and Rowan, 1989).

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της καθαρής πρωτογενούς παραγωγής και της τροφικής κατάστασης των υδατικών οικοσυστημάτων. Στα υδατικά οικοσυστήματα η καθαρή πρωτογενής παραγωγή αντιπροσωπεύει τον καθαρό μεταβολισμό της βιοκοινότητας και προσδιορίζει την τροφική κατάσταση του συστήματος (Kemp et al., 1981). Στα μοντέλα ποιότητας των λιμνών η συγκέντρωση του φυτοπλαγκτού, καθώς και των άλλων βιολογικών παραμέτρων, συχνά εκφράζεται ως συγκέντρωση άνθρακα ή βάρους ξηράς μάζας. Σύμφωνα με τον Carlson ο δείκτης τροφικής κατάστασης (Trophic State Index, TSI) για τις λίμνες μπορεί να εκτιμηθεί με μια σωρεία παραμέτρων όπως ο δίσκος Secchi, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης και ο ολικός φώσφορος.

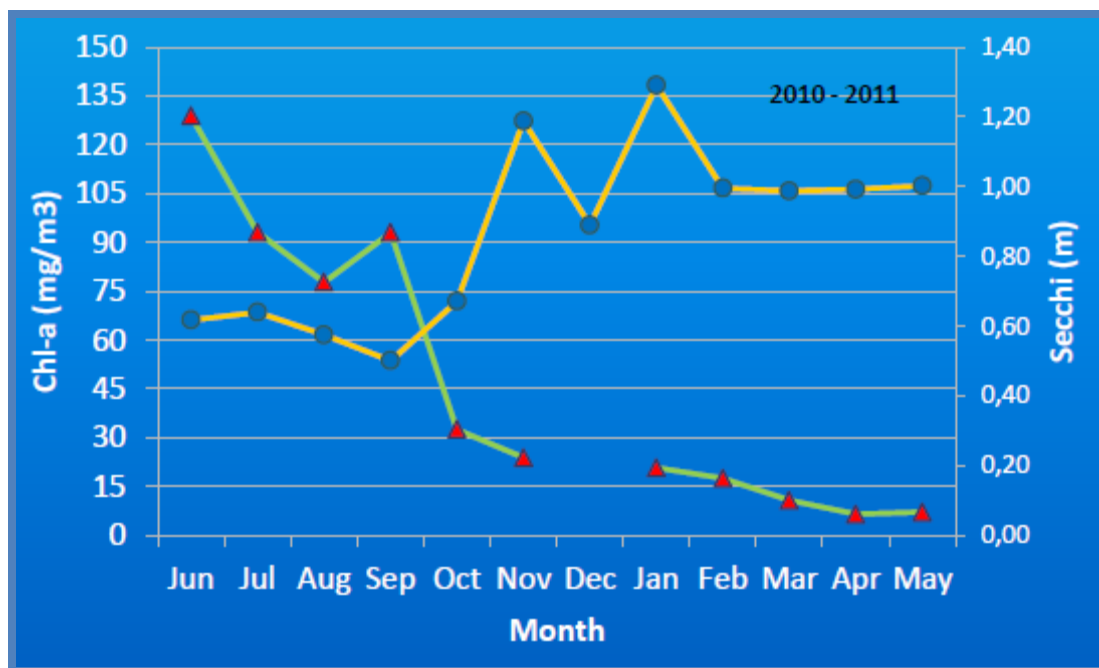
Αναλύοντας τα δεδομένα της χλωροφύλλης για τις τρεις περιόδους όπου υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία μπορούμε να παρατηρήσουμε την αντίδραση της σε σχέση με τα επίπεδα των θρεπτικών. Για την πρώτη περίοδο η ετήσια μέση συγκέντρωση ήταν $76,91 \text{ mg/m}^3$ με τη μέγιστη τιμή να παρουσιάζετε τη θερινή περίοδο. Στη δεύτερη περίοδο παρατηρούμε μια μετατόπιση προς τα κάτω του επιπέδου των τιμών της χλωροφύλλης η οποία οφείλετε στη μείωση των εισερχομένων εξωτερικών φορτίων θρεπτικών. Η μέση ετήσια συγκέντρωση της 2^{ης} περιόδου ανέρχεται σε $21,21 \text{ mg/m}^3$. Αυξημένα επίπεδα χλωροφύλλης καταγράφονται στο τέλος της θερινής περιόδου ($>20,0 \text{ mg/m}^3$) εμφανίζοντας μέγιστο τον μήνα Οκτώβριο ($45,90 \text{ mg/m}^3$). Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης μετρήθηκε στατιστικά σημαντικά υψηλότερα κατά τη διάρκεια της 3^{ης} περιόδου με μέση ετήσια συγκέντρωση ($79,23 \text{ mg/m}^3$) με τις συγκεντρώσεις να κυμαίνονται μεταξύ $91-189 \text{ mg/m}^3$ καταδεικνύοντας την επιστροφή σε ισχυρές υπερτροφικές συνθήκες.

Οι πρόσφατες μετρήσεις του Φορέα Διαχείρισης της Λίμνης Παμβώτιδας έδωσαν μέση ετήσια τιμή chl-a στα $46,6 \text{ mg/m}^3$ με μέγιστη τιμή τα $298,1 \text{ mg/m}^3$ (Ιούνιος) και ελάχιστη τα $4,9 \text{ mg/m}^3$ (Απρίλιος). Η έξαρση της άνθησης του φυτοπλαγκτόν εμφανίζεται διαδοχικά σε δύο εποχές, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, κατά τις

οποιές η τιμή της chl-a ξεπερνά την τιμή των 25 mg/m³ που έχει ορίσει ο OECD για την κατάταξη των λιμνών ως υπερτροφικές.



Εικόνα 26. Ενδο-ετήσιες μεταβολές chl-a στη στήλησ υδάτων Λίμνης Παμβώτιδα



Εικόνα 27. Ενδο-ετήσιες μεταβολές chl-a & Διαφάνειας στη στήλησ υδάτων Λίμνης Παμβώτιδα

Πηγή: <http://www.lakepamvotis.gr/>

6.1.2 Το Φυτοπλαγκτόν της Λίμνης από συστηματικής απόψεως

Ο πρώτος που ασχολήθηκε με το φυτοπλαγκτό της λίμνης Παμβώτιδας, είναι ο

Foufas το 1958, ο οποίος μελέτησε τα διάτομα στην παραλιακή ζώνη της λίμνης (από Anagnostidis and Economou-Amilli 1980). Το 1980, οι Anagnostidis and Economou- Amilli μελέτησαν το φυτοπλαγκτό και το περίφυτο της λίμνης Παμβώτιδας από συστηματικής απόψεως. Από το 2001 έχει αναφερθεί η παρουσία εν δυνάμει τοξικών κυανοβακτηρίων στη λίμνη (Βαρδάκα 2001, Cook et al. 2004, Vardaka et al. 2005). Οι Gkelis et al. (2005) αναφέρουν την παρουσία κυανοτοξινών σε δείγματα φυτοπλαγκτού, ενώ οι Gkelis et al. (2006) αναφέρουν την παρουσία κυανοτοξινών σε δείγματα από ιστούς ζώων (π.χ. ιχθύς, αμφίβια).

Το φυτοπλαγκτόν είναι συνήθως μικροφύκη, τα οποία απλώνονται στα νερά της λίμνης, εκεί όπου υπάρχει αρκετή ηλιακή ενέργεια για φωτοσύνθεση. Όταν το φυτοπλαγκτόν βρίσκεται σε αφθονία προσδίδει στο νερό ένα πρασινωπό χρώμα. Για τις περισσότερες λίμνες παίζει πολύ σημαντικότερο ρόλο στην παραγωγή της βασικής τροφής από ότι τα μεγάλα φυτά (J.C Emberlin, 1996).

Το φυτοπλαγκτόν της λίμνης των Ιωαννίνων περιλαμβάνει 7 κύριες ομάδες: τα διάτομα, τα κυανοφύκη, τα χλωροφύκη, τα κρυπτοφύκη, τα δινοφύκη, τα χρυσοφύκη και τα ευγληνοειδή. Ειδικότερα:

- Από τα διάτομα επικρατούν τα είδη: *Cyclotella meneghianiana*, *Cyclotella ocellata*, *Melosira granulate*.
- Από τα κυανοφύκη τα είδη: *Chroococcus limneticus*, *Chroococcus dispersus*, *Aphanocapsa elachista*, *A.sp.*, *Microcystis aeruginosa*, *M.sp.*, *Aphanothece sp.*
- Από τα χλωροφύκη τα είδη: *Ankistrodesmus falsatus*, *Selanastrum gracile*, *Scenedesmus sp.*, *Pediastrum sp.*
- Από τα κρυπτοφύκη το *Cryptomonas erosa*
- Από τα δινοφύκη το *Ceratium hirundinella* και σε μικρότερη εμφάνιση τα *Gyrodinium* και *Peridinium*.
- Από τα χρυσοφύκη βρέθηκε το *Dinobryon divergens*.
- Από τα ευγληνοειδή τα είδη: *Euglena viridis*, *Phacus acuminatus*.

Τα διάτομα έχουν διαρκή παρουσία με αντίστοιχη εποχιακή διαφοροποίηση των γενών. Την άνοιξη έχουμε επικράτηση των γενών *Nitzschia sp.*, και *Melosira sp.*

Τα χλωροφύκη επικρατούν περιοδικά, όταν παρουσία φωσφόρου η απονιτροποίηση εμποδίζει τη φωτοσύνθεση, η διαδοχή άνοιξη-καλοκαίρι καθορίζεται από χαρακτηριστικά γένη.

Τα κυανοφύκη επικρατούν κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι, με χαρακτηριστικό είδος την *Comprophaeria aromca*, αλλά ο τύπος του νερού περιγράφεται από τη σημαντική ποσοτικά εμφάνιση του είδους *Aphanizomenon flos-aquae*, που έχει την ιδιότητα να δεσμεύει ατμοσφαιρικό άζωτο, σε αντικατάσταση των *Microcystis aeruginosa* και *Anabaena sp.*

Από την περιοδική επικράτηση των κυανοφκών την άνοιξη και το καλοκαίρι μπορούν να προκληθούν διάφορα προβλήματα, όπως:

- 1) Δηλητηρίαση του ιχθυοπληθυσμού λόγω της τοξικότητας των προϊόντων του μεταβολισμού τους που εκκρίνονται ή συσσωρεύονται στα κύτταρα.
- 2) Δηλητηριάσεις των κατοικίδιων ζώων που ποτίστηκαν με νερό πλούσιο σε *Microcystis*.
- 3) Η διαφοροποίηση της γευστικής αξίας των ψαριών, λόγω της γεωσμίνης που παράγουν. Η ουσία αυτή προσδίδει στο ψάρι μια έντονη γεύση λάσπης.
- 4) Το κυριότερο όμως φαινόμενο που παρατηρείται μετά από μια άνθιση κυανοφκών είναι το γεγονός ότι η οργανική ύλη που παράγεται κατά την αποσύνθεσή της ευνοεί την ανάπτυξη βακτηριδίων και επιφέρει συχνά δέσμευση του συνολικού διαλυμένου οξυγόνου.

6.1.3 Τα Κυανοβακτήρια

Τα κυανοβακτήρια συμπεριλαμβάνονται στον Διεθνή Κώδικα Βοτανικής Ονοματολογίας (ICBN) (Greuter et al. 1994 από Mur et al. 1999), ως κλάση Cyanophyceae και στον Διεθνή Κώδικα Ονοματολογίας των Βακτηριδίων (ICNB) (Sneath 1992 από Mur et al. 1999), ως κλάση Oxyphotobacteria.

Για τη συστηματική των κυανοβακτηρίων έχουν αναπτυχθεί έως τώρα διάφορα ταξινομικά συστήματα. Το πιο πρόσφατο σύστημα ταξινόμησης είναι των Anagnostidis και Komarek (Anagnostidis and Komarek [1985], Komarek and Anagnostidis [1986], Anagnostidis and Komarek [1988], Komarek and Anagnostidis [1989], Komarek and Anagnostidis [1999] και Komarek [2003]), το οποίο βασίζεται μεταξύ άλλων σε μορφολογικά, φυσιολογικά, γενετικά και οικολογικά γνωρίσματα των κυανοβακτηρίων που προέρχονται τόσο από φυσικούς πληθυσμούς όσο και από καλλιέργειες (Anagnostidis and Komarek 1985). Σύμφωνα με αυτό το ταξινομικό σύστημα, τα κυανοβακτήρια διαιρούνται στις εξής πέντε κλάσεις: Chroococcales, Pleurocapsales, Oscillatoriales, Nostocales και Stigonematales.

Ένας μεγάλος αριθμός ειδών κυανοβακτηριών που συμμετέχουν στην άνθιση του

νερού έχει την ικανότητα να παράγει τοξίνες ως προϊόντα του μεταβολισμού του (Sivonen and Jones 1999). Έκθεση θηλαστικών, ψαριών, πτηνών σε αυτές τις τοξίνες έχει συσχετιστεί με επεισόδια τοξίνωσης και θανάτου, ενώ επίσης έχουν αναφερθεί συμβάντα τοξίνωσης και θανάτου ανθρώπων είτε λόγω πόσης νερού είτε λόγω χρήσης νερού για αναψυχή (Kuiper-Goodman et al. 1999, Sivonen and Jones 1999).

Ειδικότερα στον Ελλαδικό χώρο, τα τελευταία χρόνια, λίμνες που γειτνιάζουν με πόλεις ή οικισμούς και στις οποίες παρατηρούνται έντονες ανθρώπινες δραστηριότητες (π.χ. άρδευση, θέσεις τροφής ή πόσης κτηνοτροφικών ζώων, ψάρεμα, κολύμβηση, ύδρευση) αποτέλεσαν αντικείμενο ερευνητικού ενδιαφέροντος που αποσκοπούσε στην εκτίμηση της έκτασης και της σοβαρότητας των προβλημάτων ποιότητας του νερού που προκαλούνται από την παρουσία τοξικών κυανοβακτηρίων και των τοξινών τους (Lanaras et al. 1989, Cook et al. 2004, Gkelis et al. 2005, Vardaka et al. 2005).

Σε έρευνα του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης το 2006 (Ξυνή 2011) προσδιορίστηκαν 11 είδη κυανοβακτηρίων στη λίμνη Παμβώτιδα. Τα 11 είδη είναι μοιρασμένα σε τρεις τάξεις κυανοβακτηρίων, όπου τα 5 είδη ανήκουν στην τάξη Chroococcales (*Aphanothece clathrata*, *Chroococcus limneticus*, *Microcystis aeruginosa*, *Pannus microcystiformis*, *Snowella lacustris*), τα 3 είδη στην τάξη Oscillatoriales (*Limnothrix redekei*, *Lyngbya* sp., *Oscillatoria tenuis*) και τα 3 είδη στην τάξη Nostocales (*Anabaena flos-aquae*, *Anabaena scheremetievi*, *Aphanizomenon flos-aquae*). Με εξαίρεση το *Lyngbya* sp. όπου, λόγω της μικρής αφθονίας του στα υπό εξέταση δείγματα, δεν ήταν ασφαλής η ταξινομική του αναγνώριση σε επίπεδο είδους, τα υπόλοιπα κυανοβακτήρια ανταποκρίνονται πλήρως στις περιγραφές που δίνονται σε άλλα ταξινομικά συγγράμματα. Η παρουσία όλων των παραπάνω ειδών στη λίμνη Παμβώτιδα έχει αναφερθεί σε προηγούμενες έρευνες (Anagnostidis and Economou-Amilli 1980, Cook et al. 2004, Vardaka et al. 2005).

Τα είδη των κυανοβακτηρίων που αναγνωρίστηκαν κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας απαντώνται και σε άλλα υδάτινα συστήματα της Ελλάδας των οποίων η τροφική κατάσταση είναι κυρίως εύτροφη (Πίνακας 4), (Anagnostidis and Economou-Amilli 1980, Hindák and Moustaka 1988, Moustaka-Gouni 1988, Moustaka-Gouni and Nikolaidis 1990, Moustaka-Gouni and Nikolaidis 1992, Moustaka et al. 2000, Moustaka et al. 2006, Overbeck et al. 1982, Tafas et al. 1997, Temponeras et al. 2000, Tryfon et al. 1997, Vardaka et al. 2005, Σπαρτινού 1992). Από τα πιο κοινά είδη μεταξύ των ελληνικών υδάτινων συστημάτων είναι τα *Chroococcus limneticus*, *Microcystis aeruginosa* και *Aphanizomenon flos-aquae*. Αντίθετα το *Anabaena scheremetievi* έχει αναγνωριστεί μόνο στο φυτοπλαγκτό της λίμνης Παμβώτιδας.

6.2 Το ζωοπλαγκτόν

Το ζωοπλαγκτόν αποτελείται από πλαγκτονικά ασπόνδυλα. Στη λίμνη Παμβώτιδα έχουν βρεθεί συνολικά 51. Από αυτά 2 είναι πλαγκτονικά μόνο ως προνύμφες (το μαλάκιο *Dreissena polymorpha* και το έντομο *Chaoborus*), 18 είναι παραλιακά, βενθικά ή τροχόφιλα (δηλαδή απαντώνται περιστασιακά μόνο στο πλαγκτόν) και 31 είναι τα πραγματικά πλαγκτονικά ασπόνδυλα της λίμνης. Από αυτά, 17 είναι τροχόζωα, 9 κλαδόκερα και 5 κωπήποδα.

Όσον αφορά τις τροφικές τους συνήθειες, όλα σχεδόν τα είδη είναι διηθηματοφάγα, που εκμεταλλεύονται το πλούσιο σε φύκη, βακτήρια και θρόμματα περιβάλλον της λίμνης.

Επιπρόσθετα από τη λίμνη λείπουν ή υπάρχουν σε πολύ μικρούς αριθμούς ορισμένα αρπακτικά πλαγκτονικά ασπόνδυλα, τα οποία υποβαθμίζουν την εικόνα της πλαγκτονικής κοινωνίας.

Τους χειμερινούς και τους ανοιξιάτικους μήνες κυριαρχούν τα κωπήποδα και τους καλοκαιρινούς τα τροχόζωα, ενώ αρκετά σημαντική είναι και η παρουσία των κλαδόκερων.

Με βάση τη σύνθεση των ειδών, τις εποχιακές τους διακυμάνσεις και την αφθονία τους, η λίμνη Παμβώτιδα κατατάσσεται ως εύτροφη. Τα πλαγκτονικά ασπόνδυλα καλύπτουν τις τροφικές απαιτήσεις των ζωοπλαγκτονοφάγων ψαριών, αφού η παρουσία των τροχοζώων και των κλαδόκερων τους μήνες μετά την αναπαραγωγή και η υψηλή συμμετοχή των κωπήποδων σε όλη τη διάρκεια του έτους στηρίζουν τροφικά τα ψάρια

6.3 Η βενθική πανίδα

Οι βενθικοί οργανισμοί μιας λίμνης παίζουν ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην ισορροπία του οικοσυστήματος. Καταναλώνουν οργανικά υπολείμματα του φυτοπλαγκτού και του ζωοπλαγκτού που φθάνουν στο βυθό, συμβάλλουν στην οξυγόνωση του ιζήματος και έχουν μεγάλη αξία ως διαθέσιμη τροφή για τα ψάρια (Περιφέρεια Ηπείρου, 2001).

Τη βενθική πανίδα της λίμνης Παμβώτιδας συνθέτουν είδη εύτροφων λιμνών. Οι επικρατούσες ομάδες στη βαθιά ζώνη της λίμνης είναι οι Ολιγόχαιτοι, οι προνύμφες των *Chironomidae* και οι Νηματώδεις. Ο πληθυσμός με τη μεγαλύτερη αφθονία είναι του *Potamothrix hamnoniens* και ακολουθεί ο πληθυσμός του *Tubifex tubifex* και των *Chironomus sp.*

Συνομοταξία	Είδη
1) Δακτυλιοσκώληκες	<i>Stylaria lacustris</i> <i>Nais vafriabilis</i> <i>Tubifex tubifex</i> <i>Psammoryctides sp</i>
2) Μαλάκια	<i>Viviparus fasciatus</i> <i>Lymnaea stagnalis</i> <i>Lymnaea auricularia</i> <i>Dreissena polymorpha</i> <i>Anodonta cygnea</i>
3) Αρθρόποδα	<i>Astacus fluviatilis</i> <i>Chironomus plumosus</i> <i>Chironomus thummi</i>

Πίνακας: Η βενθική πανίδα της λίμνης

Πηγή: Περιφέρεια Ηπείρου

6.4 Η χλωρίδα και η βλάστηση της λίμνης

Η βλάστηση της λίμνης των Ιωαννίνων αποτελείται κατά μεγάλο ποσοστό από ελόβια και κατά μικρότερο από υδρόβια είδη (Περιφέρεια Ηπείρου, 2001).

Στα ελόβια είδη εντάσσονται φυτοκοινωνίες υδρόβιων μακρόφυτων που αναπτύσσονται μέσα στο νερό και έχουν αναδυόμενα βλαστικά μέρη στον αέρα. Πρόκειται για μονάδες βλάστησης που αναπτύσσονται στην ανώτερη υποπαράκτια ζώνη και καταλαμβάνουν την περιφέρεια της λίμνης, στις περισσότερες περιπτώσεις από την όχθη, μέχρι βάθος 1m. Στα υδρόβια είδη εντάσσονται οι φυτοκοινωνίες των υδρόβιων μακρόφυτων που έχουν επιπλέοντα φύλλα στο νερό και είναι πλήρως βυθισμένα.

Τύπος οικοτόπου Natura 2000	Κωδικός	Μονάδα (ες) Βλάστησης	Τοποθεσία στη λίμνη
Ευτροφικές φυσικές λίμνες με βλάστηση τύπου <i>Magnopotamion</i> ή <i>Hydrocharition</i>	3150	<i>Lemno-Spirodeletum polyhazae</i>	B, BΔ (όχθη)
		<i>Hydrocharidetum morsuranae</i>	B, BΔ, A
		<i>Lemno-Utricularietum vulgaris</i>	A, BA
		<i>Lemno-Azolletum filiculoides</i>	B, BΔ
		<i>Lemnetum gibbae</i>	B, BΔ, BA
		<i>Potamogetonnetum lucentis</i>	BA
		<i>Potamogetonnetum perfoliati</i>	NΔ
		<i>Potamogetonnetum crispi</i>	B-BΔ
		<i>Myriophylletum spicati</i>	B-BΔ, Δ, NA, NΔ
		<i>Nymphaeetum albae</i>	BΔ, B-BΔ, BA
		<i>Myriophyllo-Nupharetum</i>	B-BΔ, Δ
		<i>Nymphoidetum peltatae</i>	B, B-BΔ, NΔ
Ποταμοί της Μεσογείου με περιοδική ροή	3290	<i>Ceratophylletum demersi</i>	B-BΔ, Δ, NA
		<i>Najadetum marinae</i>	B-BΔ, Δ
		<i>Potamogetonnetum pectinati</i>	NΔ
Επιπλέουσα βλάστηση υδροχαρών φυτών των ποταμών στους πρόποδες των βουνών και στις πεδιάδες	3260	<i>Ranunculetum aquatilis</i>	B, BA, NΔ
		<i>Ranunculetum baudoti</i>	NΔ
Καλαμιόνες	72ΑΟ	<i>Phragmitetum communis</i>	B, B-BΔ, B-BA
		<i>Scirpetum lacustris</i>	B, B-BΔ, B-BA
		<i>Typhetum angustifoliae</i>	BA, B-BΔ, Δ, NΔ, NΔ, NA, A
		<i>Typhetum latifoliae</i>	NA
		<i>Sparganitum erecti</i>	B-BA, A, NΔ
		<i>Oenantho-Rorippetum</i>	B, BA, A, NA
		<i>Eleocharidetum palustris</i>	A, Δ
		<i>Glycerietum plicatae</i>	B
		<i>Helosciadetum</i>	BΔ, NA

Πηγή: Περιφέρεια Ηπείρου

Εικόνα 28: Η Βλάστηση στη λίμνη Παμβώτιδα

6.5 Η Ιχθυοπανίδα της λίμνης

Από τα είδη ιχθύων που ζουν στην Παμβώτιδα, πέντε (*Rutilus ramosi*, *Luciobarbus albanicus*, *Economidichthys pygmaeus*, *Silurus aristotelis*, *Cobitis hellenica*) περιλαμβάνονται στη κοινοτική οδηγία 92/43/ΕΟΚ, πέντε (*Pseudophoxinus stymphalicus*, *Rutilus ramosi*, *Economidichthys pygmaeus*, *Silurus aristotelis*, *Silurus glanis*) είναι προστατευόμενα είδη σύμφωνα με την συνθήκη της Βέρνης και έξι (*Squalius pamvoticus*, *Pelasqus stymphalicus*, *Pelasqus epiroticus*, *Luciobarbus albanicus*, *Economidichthys pygmaeus*, *Cobitis hellenica*) περιλαμβάνονται στο Κόκκινο Βιβλίο σαν τοπικά απειλούμενα είδη (Κόκκινο Βιβλίο για τα απειλούμενα ζώα της Ελλάδας, 2009).

Ιδιαίτερη σημασία για τη λίμνη έχει η πεταλούδα (*Carassius gibelio*). Αυτό το είδος παρουσιάζει ευρεία κατανομή και εκτείνεται από την Ιαπωνία έως και την Ευρώπη συμπεριλαμβανόμενης και της Ελλάδας. Το είδος εμφανίστηκε στη λίμνη Παμβώτιδα περίπου το 1950 και ο πληθυσμός του παρουσίασε σημαντική αύξηση με την πάροδο του χρόνου, σε τέτοιο βαθμό που αποτελεί πλέον ένα από τα κυρίαρχα είδη, ενώ οι πληθυσμοί άλλων ειδών όπως του είδους *Cyprinus carpio* και του ενδημικού είδους *Pelasqus epiroticus* μειώθηκαν (Perdikaris et al. 2003). Σήμερα το είδος *Carassius gibelio* έχει τη μεγαλύτερη παραγωγή στη λίμνη αλλά μικρή εμπορική αξία, η οποία όμως συνεχώς αυξάνεται.

7. Σύνοψη

Την πλήρη εικόνα της κατάστασης των πιέσεων και επιπτώσεων στο οικοσύστημα της Λίμνης μπορούμε με δούμε στον παρακάτω πίνακα, όπου με τη χρήση του συστήματος δεικτών που στηρίχθηκε στο μεθοδολογικό πλαίσιο DPSIR (Driving Forces, Pressures, State, Impact, Response), γίνεται η πλήρη αποτύπωση της σημερινής εικόνας του οικοσυστήματος.

Οδηγός	Πίεση	Κατάσταση	Επιπτώσεις	Ανταπόκριση
Γεωργία, κτηνοτροφία και οικιακά απόβλητα	Χρήση λιπασμάτων, χρήση φυτοφαρμάκων, αλλαγή χρήσεων γης, άρδευση, κτηνοτροφία, μη επεξεργασμένα λύματα	Συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών, συγκέντρωση χλωροφύλλης-α, συγκέντρωση, καταστροφή ενδιαιτημάτων	Υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων, ευτροφισμός, κατάσταση διατήρησης	Γεωργικές πολιτικές, σχέδια διαχείρισης για τα διάχυτα ρυπαντικά φορτία και σημεία ρύπανσης, ολοκλήρωση των δικτύων λυμάτων, σύνδεση των εν μέρει - αστικών οικισμών με ΕΙΟ.ΚΑ..
Άρδευση	Απαιτήσεις άρδευσης	Υψηλές ενδο-ετήσιες διακυμάνσεις της στάθμης του νερού	Χαμηλή ικανότητα αραίωσης	Γεωργικές πολιτικές, σχέδια διαχείρισης
Αλλαγές Χρήσεων γης και αστικοποίηση	Ικανότητα αυτό-καθαρισμού, απώλεια ενδιαιτημάτων, ανάπτυξη αστικών και εν μέρει - αστικών περιοχών, απαίτηση για επεξεργασία των λυμάτων	Καταβόθρα θρεπτικών συστατικών, κατάσταση διατήρησης, διαλυμένο οξυγόνο, θρεπτικά συστατικά, συγκέντρωση	Υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων, απώλεια ενδιαιτημάτων, εξαφάνιση των ειδών, ευτροφισμός, αύξηση της απαίτηση σε οξυγόνο, απώλεια ενδιαιτημάτων	Η εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο Υδάτων, αξιολόγηση των ΕΙΟ.ΚΑ., καθορισμός ζωνών διακανονισμού
Κατασκευή φραγμάτων και εκτροπής πηγών	Τροποποίηση της υδραυλικής εξισορρόπησης	Αύξηση του χρόνου κατακράτησης του νερού	Χαμηλή ικανότητα αραίωσης	Αποκατάσταση του υδρολογικού καθεστώτος
Τουρισμός και αναψυχή	Απαιτήσεις αναψυχής	Διάθεση αποβλήτων, τουριστικές υποδομές / εγκαταστάσεις	Υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, μεταβολή ενδιαιτημάτων	Ολιστική προσέγγιση της διαχείρισης
Απαίτηση για προστασία του οικοσυστήματος	Απαιτήσεις διατήρησης, διατήρηση των ειδών, κλιματική αλλαγή (πλημμύρες / ξηρασίες)	Υψηλή απαίτηση σε επιφάνεια, ύψωση πληθυσμών, χωροκατακτητικά είδη	Κατάσταση διατήρησης, επιπτώσεις στην βιοποικιλότητα	Μέτρα για τα είδη και τη διατήρηση των οικοτόπων, αξιολόγηση των αγαθών και των υπηρεσιών, συμμετοχή κοινότητας
Εκτροπή ψαριών	Υποβάθμιση του τροφικού ιστού	Χαμηλή βιοποικιλότητα, απώλεια θολότητας μακροφυτών	Αύξηση ευτροφισμού, διατήρηση θολώδους επιφάνειας, κυανοβακτήρια	Βιό-χειρισμός

Εικόνα 29: Δεδομένα των δεικτών DPSIR στο οικοσύστημα της λίμνης Παμβώτιδας

Πηγή: Kagalou et al.(2013)

Η λίμνη Παμβώτιδα αποτελεί αποδέκτη πολλών επιβαρυντικών για το περιβάλλον ουσιών (κυρίως λόγω άρδευσης και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων). Οι σοβαρές

αρνητικές συνέπειες των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στο λεκανοπέδιο των Ιωαννίνων, ιδιαίτερα στον τομέα της ρύπανσης, συνδέονται άμεσα με την αύξηση του πληθυσμού της περιοχής, τις υπάρχουσες βιομηχανίες και βιοτεχνίες και τη χρήση τεχνητών παρασκευασμάτων στον πρωτογενή τομέα παραγωγής.

Οι πηγές ρύπανσης κατά κατηγορία είναι: α) σημειακές (κτηνοτροφικές μονάδες, βιομηχανίες, βιοτεχνίες), β) αστικής προέλευσης (λύματα, απορρίμματα πάσης φύσεως), γ) γεωργικής προέλευσης (λιπάσματα, φυτοφάρμακα). Οι επιπτώσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας εμφανίζονται εντονότερες στο έδαφος και στο υδάτινο περιβάλλον.

Η λίμνη Παμβώτιδα παρουσιάζει αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών και ειδικότερα φωσφόρου. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι την περίοδο 2001-2002 η μέση τιμή του ολικού φώσφορου ανήλθε στα 200 $\mu\text{g}/\text{lt}$. Ωστόσο παρά την επιβαρυσμένη κατάσταση της λίμνης, οι συγκεντρώσεις θρεπτικών (NO_3 , NH_4 και P) φαίνεται ότι καταρχήν δεν παραβιάζουν τις μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις για τις διάφορες χρήσεις (πρόσληψη νερού για ύδρευση μετά από επεξεργασία, άρδευση, διαβίωση ψαριών) και κατατάσσουν την λίμνη στη κατηγορία A1 (Οδηγία 75/440/ΕΟΚ). Επιπλέον, κατά την περίοδο 2001-2002 καταγράφηκαν συγκεντρώσεις νιτρικών 0-18.2 mg/lt , ενώ οι αντίστοιχες τιμές αμμωνίας κυμαίνονταν από 0 έως 1 mg/lt . Επισημαίνεται το χαμηλό επίπεδο μικρο-οργανικών ενώσεων, οι περισσότερες των οποίων βρίσκονται σε μη ανιχνεύσιμα επίπεδα και καμία δεν υπερβαίνει τα όρια που έχουν καθοριστεί με την Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου υπ' αριθμ. 2/1-2-2001. Σε χαμηλό επίπεδο βρίσκονται επίσης τα βαρέα μέταλλα που έχουν μετρηθεί στην λίμνη.

Βιβλιογραφία

- Albanis, T.; Pomonis, P.; Sdoukos, A., 1986: Seasonal fluctuations of organochlorine and triazines pesticides in the aquatic system of Ioannina basin (Greece). *Sci. Tot. Env.* 58, 243–253.
- Hela, D.; Lambropoulou, D.; Konstantinou, I.; Albanis, T., 2005: Environmental monitoring and ecological risk assessment for pesticide contamination and effects in Lake Pamvotis, northwestern Greece. *Environ. Toxicol. Chem.* 24, 1548–1556.
- Daskalou, V., Polona Vreča, Gregor Muri, Constantine Stalikas. (2009) Recent Environmental Changes in the Shallow Lake Pamvotis (NW Greece): Evidence from Sedimentary Organic Matter, Hydrocarbons, and Stable Isotopes *Arch Environ Contam Toxicol* (2009) 57:21–31.
- Vreča P, Stalikas C, Muri G, Daskalou V, Kanduč T, Leis A (2008) C and N elemental and stable isotopic signatures in sedimentary organic matter from Lake Pamvotis (Greece) and Lake Bohinj (Slovenia). *Geologija* 51:65–70
- Kotti, M., Vlessidis, A., Evmiridis, N., 2000. Determination of phosphorous and nitrogen in the sediment of Lake Pamvotis (Greece). *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 78 (3–4), 455–467.
- Conispoliatis, N., Panagos, A., Perissoratis, C., Varnavas, S. (1986). Geological and sedimentological patterns in the Lake Pamvotis (Ioannina), NW Greece. *Annales Geologiques des Pays Helleniques* 33, 269–285.
- Clews, J.E. (1989). Structural controls on basin evolution: Neogene to Quaternary of the Ionian zone, Western Greece. *Journal of the Geological Society* 146, 447–457
- Kagalou I, Economidis G, Leonardos I, Papaloukas C (2006b) Assessment of a Mediterranean shallow lentic ecosystem (Lake Pamvotis, Greece) using benthic community diversity: response to environmental parameters. *Limnologica* 36:269–278. doi:10.1016/j.limno.2006.08.002
- Kagalou I, Leonardos I (2006a) Planktonic respiration in a shallow eutrophic Lake. *J Freshwater Ecol* 21:531–533.
- Kagalou I, Papastergiou E, Leonardos I (2008) Long term changes in the eutrophication process in a shallow Mediterranean lake ecosystem of W. Greece: response after the reduction of external load. *J Environ Manag* 87:497–506. doi:10.1016/j.jenvman.2007.01.039
- Kagalou I, Papastergiadou E, Tsimarakis G, Petridis D (2003) Evaluation of the trophic state of Lake Pamvotis Greece, a shallow urban lake. *Hydrobiologia* 506:745–752
- Kagalou I, Tsimarakis G, Patsias A (2001) Phytoplankton dynamics and physical- chemical features of a shallow lake (L.Pamvotis, Greece). *Fresenius Environ Bull* 10:845–849.

- Leonardos I, Kagalou I, Tsoumani M, Economidis PS (2007) Fish fauna in a Greek lake biodiversity, introduced fish species over an 80-year period and their impacts on the ecosystem. *Ecol Freshw Fish* 17:165–173. doi:10.1111/j.1600-0633.2007.00268.x
- Papagiannis, I.; Kagalou, I.; Paleologos, E.; Karayiannis, M., 2002: Heavy metals in Lake Pamvotis ecosystem. *Fresenius Environ. Bull.* 11, 659–664.
- Papagiannis, I.; Kagalou, I.; Leonardos, J.; Petridis, D.; Kalfakakou, V., 2004: Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). *Environ. Inter.* 30,357–362.
- Papastergiadou E, Retalis A, Apostolakis A, Georgiadis T (2008) Environmental monitoring of spatio-temporal changes using remote sensing and GIS in a Mediterranean wetland of Northern Greece. *Water Resour Manag* 22:579–594. doi:10.1007/s11269-007-9179-7
- Papatheodorou G., Demopoulou G., Lambrakis N. (2006) A long-term study of temporal hydrochemical data in a shallow lake using multivariate statistical techniques. *Ecological Modelling* 193, p. 759-776.
- Papatheodorou G., Christodoulou D., Geraga M., Etiope G., Ferentinos G (2007). “The pockmark field of the Gulf of Patras: An ideal natural laboratory for studying seabed fluid flow” In: ZELILIDIS, A., PAPANOTODOROU, G. and GERAGA, M. (eds.): *Sedimentology of western and central Greece from recent to Triassic*. 25th IAS Meeting of Sedimentology, Patras, 2007, Field Trip Guidebook, p. 43-62.
- Romero JR, Kagalou I, Imberger J, Hela D, Kotti M, Bartzokas A, Albanis T, Evrimides M, Skarkabounas S, Papagiannis J, Bithava A (2002) Seasonal water quality of shallow and eutrophic lake Pamvotis, Greece: implications for restoration. *Hydrobiologia* 474:91–105. doi:10.1023/A:1016569124312
- Stalikas CD, Pilidis GA, Karayannis MI (1994) Heavy metal concentration in sediments of Lake Ioannina and Kalamas river in north-western Greece. *Fresenius Environ Bull* 3:575–579
- Stalikas CD, Pilidis GA, Tsouwara-Karayanni SM (1999) Use of a sequential extraction scheme with data normalization to access the metal distribution in agricultural soils irrigated by lake water. *Sci Total Environ* 236:7–18. doi:10.1016/S0048-9697(99)00277-6.
- Stefanidis K, Papastergiadou E (2007) Aquatic vegetation and related abiotic environment in a shallow urban lake of Greece. *Belg J Bot* 140(1):25–38.
- Ψαριανού Π., 2010. Προσομοίωση Ποιοτικής Κατάστασης Λίμνης Παμβώτιδας, (Διπλωματική Εργασία), Ε.Μ.Π., Αθήνα.

- Λάμπρου Α., 1988. Το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Παμβώτιδας. Μια προσέγγιση με το μοντέλο RIBASIM (Διπλωματική εργασία), Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- Ανδρεαδάκης, Α., και Αφραταίος, Χ., *Μελέτη του Φαινομένου του Ευτροφισμού με Εφαρμογή στη Λίμνη Παμβώτιδα*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 1986.
- Βακάκης & Συνεργάτες, Γκάργκουλας Ν., Ματθαίου Γ., *Σχέδιο Διαχείρισης Αειφορικής Ανάπτυξης και Προστασίας Περιβάλλοντος Γεωργικών και Κτηνοτροφικών Ζωνών της Ευρύτερης Περιοχής της Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων*.
- Βαταβάλη, Φ., Το Θεσμικό Πλαίσιο για την Προστασία της Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων και ο Φορέας Διαχείρισης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Φεβρουάριος 2004.
- Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη, *Ανάπλαση-Ανάδειξη-Προστασία της Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων και των περιμετρικών αυτής περιοχών*, 2001.
- Εταιρεία Αγροτικής Ανάπτυξης "ΗΠΕΙΡΟΣ" Α.Ε., *Αρχές και Σύστημα Διευθέτησης των χειμαρικών ρευμάτων της Λίμνης Παμβώτιδας*, 1992.
- Θεοχάρη, Β., και Παπαδόπουλος, Γ., *Συμβολή στη Μελέτη των Φαινομένων Ευτροφισμού στη Λίμνη των Ιωαννίνων*, Θαλασσογραφικά, 13, 55-70, 1990.
- Κάγκαλου, Ι., και Κατσουγιαννόπουλος, Β., *Κατανομή και Συσχέτιση του Ποσοστού των Θρεπτικών Συστατικών και της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας Λιμναίου Οικοσυστήματος (Εφαρμογή στη Λίμνη Παμβώτιδα)*, Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, 345-354, Μυτιλήνη, Σεπτέμβριος 1989.
- Κάγκαλου, Ι., Πατσιάς, Α., και Πάσχος, Ι., *Ενδείξεις για την Τροφική Κατάσταση της Λίμνης Παμβώτιδας με Βάση την Εποχιακή Κατανομή Χλωροφύλλης-α και Φυτοπλαγκτού*, 230-234.
- Καραβοκώρης, Γ., και Συνεργάτες Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε., Ζ&Α Αντωνρόπουλος, Π., Συνεργάτες Α.Μ.Ε., ΕΠΕΜ Α.Ε. και Σταυρόπουλος, Ξ., (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής και Δυτικής Ελλάδας), *Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής*, Αθήνα, 2004.
- Κυδωνάκη, Ι., *Μελέτη ευτροφισμού Λίμνης Παμβώτιδας: Υδατικό ισοζύγιο και ισοζύγιο φωσφόρου*, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, 2010.
- Ξανθόπουλος, Θ. (Επιστημονικός Υπεύθυνος Ερευνητικού Έργου), Κουζέλη-Κατοίρη, Α., Ανδρεαδάκης, Α., Κουτσογιάννης, Δ., Βαμβακερίδου, Λ. (Κύριοι Ερευνητές), και Καραγιάννης, Μ. (Υπευθυνός Αναλύσεων Πεδίου), *Διερεύνηση Ποιότητας και Αφομοιωτικής Ικανότητας Νερών Ποταμού Καλαμά και Λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων)*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Δεκέμβριος 1984.
- ΟΙΚΟΣ - Διαχείριση Φυσικού Περιβάλλοντος ΕΠΕ - ΛΔΚ, *Σχέδιο*

Διαχείρισης Λομμάτων Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων, Μάιος 2001.

- ΟΙΚΟΣ - Διαχείριση Φυσικού Περιβάλλοντος ΕΠΕ - ΛΔΚ, *Σχέδιο Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων, Μάιος 2005.*
- Life-Περιβάλλον, *Καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και αποτύπωση της εξέλιξης του περιβάλλοντος της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά, 1999-2001.*

ΕΚΘΕΣΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Για τη σύνταξη του παραδοτέου του Πακέτου 1, σε όλη τη διάρκεια της 1^{ης} Φάσης πραγματοποιήθηκε η συλλογή και καταγραφή των απαραίτητων δεδομένων για την άρτια ολοκλήρωση του έργου.

Τα κυριότερα δεδομένα που συλλέχθηκαν, ταξινομημένα κατά κατηγορία είναι:

- Μελέτες διαφορών φορέων
- Δημοσιεύσεις σε έγκριτα περιοδικά
- Διδακτορικές διατριβές
- Μεταπτυχιακές εργασίες

Αναλυτικότερα:

A. Κυριότερες Μελέτες

1. Ηπειρος ΑΕ (1992): Αρχές και Συστήματα Διευθέτησης των Χειμερινών Ρευμάτων της Λίμνης Παμβώτιδας.
2. ΔΕΛΙ (1995): Διαχειριστική Μελέτη Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων.
3. The University of Western Australia - Centre for Waste Research (1999) Lake Pamvotis Project - Draft Final Report.
4. Πανεπιστήμιο Πατρών - Τμήμα Γεωλογίας - Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φύσης Ωκεανογραφίας (2011) Θαλάσσια Γεωφυσική Μελέτη Πυθμένα Λίμνης Παμβώτιδας.
5. Σύμπραξη Γραφείων Μελετών EDP ΑΕ - Μ. Χουσιανάκου και Χρυσάνθη Αραμπατζή - Καρρά (2008) Ρυθμιστικό Σχέδιο και Πρόγραμμα Οικισμού Συγκροτήματος Ιωαννίνων Α & Β Φάση.
6. Υπουργείο Συντονισμού (1966): Αρδευτικά Έργα Πεδιάδος Ιωαννίνων - Μελέτη Οικονομικής Σκοπιμότητας.
7. ΥΠΕΧΩΔΕ (1984): Ερευνητικό Έργο: Διερεύνηση Ποιότητας και Αφομοίωσης Ικανότητας νερών ποταμού Καλαμά και Λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων).
8. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (2004) Σχέδιο Διαχείρισης Αειφορικής Ανάπτυξης και Προστασίας Περιβάλλοντος Γεωργικών και Κτηνοτροφικών Ζωνών της Ευρύτερης Περιοχής της Λίμνης Παμβώτιδας

9. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (2004) Εκσυγχρονισμός και Ανακαίνιση Τμημάτων Αρδευτικών Δικτύων Α! και Β! Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων – Οριστική Μελέτη Περιοχής Πόρου και Περιοχής Λαψίστας.
10. Ήπειρος ΑΕ (2010): Επικαιροποίηση του Έργου σε Εκπόνηση Χάρτου με Γεωγραφικές Πληροφορίες σχετικά με τις κτηνοπτηνοτροφικές μονάδες στο Νομό Ιωαννίνων.
11. ΥΠΕΚΑ – ΕΓΥ (2012) Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ’ εφαρμογή του Ν.3199/2003 και του Π.Δ.51/2007 Αρ. Έργου: 2010 ΣΕΟ7580000 – Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου – Τελική Έκθεση.
12. ΙΓΜΕ (2010) Καταγραφή και Αποτίμηση των Υδρογεωλογικών Χαρακτηριστικών των Υπόγειων Νερών και των Υδροφόρων Συστημάτων της Χώρας – Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου – Τελική Έκθεση.
13. ΟΙΚΟΣ ΕΠΕ (2006) Σχέδιο Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας.

Β. Δημοσιεύσεις

1. Anagnostidis K, Economou A (1989) Limnological studies of Lake Pamvotis (Ioannina) Greece. Arch Hydrobiol 89:313–342
2. Ganiatsas KA (1970) Flora and vegetation of Lake Pamvotis. Ipirotiki Estia, p 20, Thessaloniki, Greece (in Greek)
3. Kagalou I (2010) Classification and management issues of Greek lakes under the European Water Framework Directive: a DPSIR approach. J Environ Monit 12:2207–2215
4. Kagalou I, Leonardos I (2009) Typology, classification and management issues of Greek Lakes: implication of the Water Framework Directive (2000/60/EC). Environ Monit Assess 150:469–484
5. Kagalou I, Economidis G, Leonardos I, Papaloukas C (2006) Assessment of a Mediterranean lentic ecosystem (Lake Pamvotis, Greece) using benthic macroinvertebrate community. Limnologica 36:269–278
6. Kagalou I, Papastergiadou E, Leonardos I (2008a) Long term changes on eutrophication process in a shallow Mediterranean lake ecosystem of W. Greece: response after the reduction of external load. J Environ Manage 87:497–506
7. Kagalou I, Papadimitriou T, Bacopoulos V, Leonardos I (2008b) Assessment of microcystins in lake water and the omnivorous fish species *Carassius gibelio* in lake Pamvotis (Greece) containing dense cyanobacterial bloom. Environ Monit Assess 137:185–195
8. Kagalou I, Leonardos I, Anastasiadou C, Neofytou C (2012) The DPSIR approach for an integrated river management framework. A preliminary application on a

- Mediterranean site (Kalamas River-NW Greece). *Water Res Manage* 26:1677-1692
9. Kotti, M. E., A. G. Vlessidis & N. P. Evmiridis, 2000. Determination of phosphorus and nitrogen in the sediment of Lake 'Pamvotis' (Greece). *Int. J. environ. anal. Chem.* 78: 455-467.
 10. Leonardos I, Kagalou I, Tsoumani M, Economidis P (2008) Fish fauna in a Greek lake: biodiversity, introduced fish species over a 80-year period and their impacts on the ecosystem. *Ecol Freshw Fish* 17:165-173
 11. Papastergiadou E, Kagalou I, Stefanidis K, Retalis A, Leonardos I (2010) Effects of anthropogenic influences on the trophic state, land uses and aquatic vegetation in a shallow Mediterranean lake: implications for Restoration. *Water Res Manage* 24:415-435
 12. Romero R, Kagalou I, Imberger J, Hela D, Kotti M, Bartzokas A, Albanis T, Evmirides N, Karkabounas S, Papagiannis J, Bithava A (2002) Seasonal water quality of shallow and eutrophic Lake Pamvotis, Greece: implications for restoration. *Hydrobiologia* 474:91-105

Γ. Διδακτορικές Διατριβές

1. Ι. Καγκάλου (1989) Μελέτη των Σχέσεων μεταξύ των φυσικοχημικών παραγόντων υγειονομολογικού ελέγχου και της ολικής μικροβιακής χλωρίδας υδάτινων οικοσυστημάτων : εφαρμογή στη Λίμνη Παμβώτιδα.
2. Μ Σαρικά - Χατζηνικολάου (1999) Χλωρίδα και Φυτοκοινωνιολογική Έρευνα Υδάτινων Οικοσυστημάτων της Ηπείρου.
3. Α. Χιωτελλή (2011) Η Συμβολή της Αρχιτεκτονικής Τοπίου στην Αξιολόγηση Υγροτοπικών Τοπίων Προστατευόμενων Περιοχών με Χρήση GIS.
4. Β. Καλφανάκου (1983) Επίπεδα συγκεντρώσεων μετάλλων στον Άνθρωπο σε σχέση με την οικολογία της Λίμνης Ιωαννίνων.
5. Θ. Παπαδημητρίου (2010) Επιπτώσεις των συγκεντρώσεων των μικροκυστινών σε Υδρόβιους Ζωικούς Οργανισμούς.
6. Ν. Καλογερόπουλος (1994): Μελέτη Ρύπανσης Υδάτινων Αποδεκτών από Ιχνοστοιχεία με Νετρονική Ενεργοποίηση, Στατιστική Ανάλυση.
7. Χ. Γκένας (2012): Μελέτη της οικολογίας ειδών της οικογένειας Gobiidae στα εσωτερικά ύδατα της Δυτικής Ελλάδας με έμφαση στο είδος *E. Pygmaeus* της Λίμνης Παμβώτιδας.

Δ. Μεταπτυχιακές Εργασίες

1. Π. Ψαριανού (2010): Προσομοίωση Ποιοτικής Κατάστασης Λίμνης Παμβώτιδας.
2. Ι. Κυδωνάκη (2010): Μεταβολή Ευτροφισμού στη Λίμνη Παμβώτιδα: Υδατικό Ισοζύγιο και Ισοζύγιο Φωσφόρου.

3. Μ. Μπρομπανά (2010) Μελέτη Περιβαλλοντικών Παραμέτρων της Λίμνης Παμβώτιδας. – Ιωάννινα.
4. Ε. Παπιγγιώτη (2013): Παρακολούθηση της Οικολογικής Κατάστασης της Λίμνης Παμβώτιδας (Ιωάννινα) με Χρήση Χημικών & Βιολογικών Παραμέτρων Εκτίμησης της Υδάτινης Ρύπανσης.
5. Χ. Ξυνή (2009): Δυναμική Καινού βακτηρίων στη Λίμνη Παμβώτιδα.
6. Χ. Παπαδάκη (2010): Εκτίμηση της Οικολογικής Κατάστασης των Λιμνών της Ηπείρου – Απειλές για τη Βιοποικιλότητα των Ορεινών Περιοχών.

Ε. Λοιπά Δεδομένα

1. Βάση κλιματικών δεδομένων Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για το Σταθμό που διατηρεί στο νησί ετών 2008-2013
2. Απογραφικά Στοιχεία Αλιείας έως 2013
3. Δεδομένα GIS του Φορέα Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας
4. Δεδομένα GIS από την κατάρτιση σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών απορροής-ΕΓΥ 2012
5. Επικαιροποιημένα Δεδομένα GIS της Ηπειρος ΑΕ για τις κτηνοπτηνοτροφικές εκμεταλεύσεις
6. Σχέδια σε μορφή Autocad για την αποχέτευση ομβρίων της περιοχής μελέτης
7. Δεδομένα ποιοτικής κατάστασης των υδάτων της λίμνης Παμβώτιδας έως το έτος 2012 του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων
8. Δεδομένα του Corine-land cover για τα έτη 1990-2000-2006
9. Στοιχεία Ποιότητας & Χημικών Χαρακτηριστικών ιζημάτων πυθμένα Λίμνης Παμβώτιδας για το έτος 2012 –Βιοτράπεζα Καρκίνου Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Με βάση τα παραπάνω συντάχθηκε η Τεχνική Έκθεση του 1^{ου} Παραδοτέου. Η μόνη έλλειψη στοιχείων που παρατηρείται είναι τα πρόσφατα στοιχεία ποιότητας της στήλης ύδατος σε διάφορα βάθη.



Περιφέρεια Ηπείρου
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδας -
Ηπείρου 2007-2013



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

**ΦΟΡΕΑΣ: ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ**

ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ

ΠΑΚΕΤΟ 2

Αθήνα, 2015



ENVIROPLAN S.A.
Consultants & Engineers

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΣΕΛ.
1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2-1
2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΙΜΝΩΝ.....	2-4
2.1 ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΗΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	2-4
2.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ.....	2- 6
2.2.1 Απομάκρυνση ιζημάτων.....	2-7
2.2.2 Επικάλυψη ιζημάτων	2-8
2.2.3 Υπολίμνια απομάστευση	2-9
2.2.4 Υπολίμνιος αερισμός και οξυγονωση	2-10
2.2.5 Καθίζηση και αδρανοποίηση του φωσφόρου	2-12
2.2.6 Οξειδωση ιζημάτων - Riplox	2-18
2.2.7 Ορκοποίηση των ιζημάτων	2- 19
2.3 ΤΕΧΝΗΤΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	2- 20
2.3.1 Αραίωση και έκπλυση.....	2-20
2.3.2 Τεχνητή αποστρωματοποίηση (ανάμειξη)	2- 21
2.3.3 Υπέρηχοι	2-22
2.3.4 Η μηχανική απομάκρυνση των κυανοβακτηρίων.....	2-23
2.3.5 Ξήρανση ιζημάτων	2-23
2.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	2-24
2.4.1 Βιοχειραγώγηση.....	2-24
2.4.2 Φυτοφάγα Ψάρια	2-25
2.4.3 Μακρόφυτα και Περίφυτα	2- 26
2.4.4 Άλλοι οργανισμοί.....	2-27
2.5 ΑΛΓΟΚΤΟΝΑ.....	2- 29
2.5.1 Ανόργανα και οργανικά χημικά προϊόντα	2-30
2.5.2 Φυσικές ενώσεις και υλικά.....	2-37
3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	2-43
3.1 ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	2- 45
3.1.1 Δασώσεις - Αναδασώσεις.....	2-50
3.1.2 Έργα Συγκράτησης Φερτών Υλικών	2- 53
3.2 ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ	2-58
3.2.1 Εσωποτάμιοι Αναβαθμοί.....	2-58
3.2.2 Δεξαμενές Καθίξεσης	2-60
3.3 ΠΑΡΟΧΘΙΑ ΖΩΝΗ.....	2-62
3.3.1 Διαχείριση Καλαμώνων	2-62
3.3.2 Κατασκευή Τ.Υ. για την επεξεργασία της Επιφανειακής Απορροής.....	2-66
3.4 ΛΙΜΝΑΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	2-71
3.5 ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ & ΛΟΙΠΑ ΜΕΤΡΑ	2-77

1.Γενική εισαγωγή

Η έλλειψη καλής ποιότητας γλυκού νερού είναι ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα ο κόσμος. Οι αλλαγές στη φύση και την κλίμακα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων έχουν συνέπειες τόσο για τις ποιοτικές όσο και για τις ποσοτικές ιδιότητες των υδατικών πόρων. Εκτός από τις τοξικές χημικές ουσίες, η ρύπανση με θρεπτικές ουσίες η οποία οδηγεί τα υδάτινα σώματα σε ευτροφισμό αναγνωρίστηκε ως πρόβλημα ρύπανσης σε πολλές ευρωπαϊκές και βορειοαμερικανικές λίμνες και ταμιευτήρες στα μέσα του εικοστού αιώνα (Bartram et al., 1999). Από τότε, ο ευτροφισμός έχει γίνει ένα παγκόσμιο πρόβλημα, που προκαλεί υποβάθμιση του υδάτινου περιβάλλοντος και σοβαρά προβλήματα για τη χρήση του νερού, ιδιαίτερα στην επεξεργασία πόσιμου νερού.

Αν και ο ευτροφισμός είναι μια φυσική διαδικασία της γήρανσης των λιμνών και των ποταμών σε ορισμένες περιπτώσεις οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να επιταχύνουν σημαντικά τον ευτροφισμό με την αύξηση του ρυθμού με τον οποίο τα θρεπτικά συστατικά και οι οργανικές ουσίες εισέρχονται στα υδάτινα οικοσυστήματα από τις γύρω λεκάνες απορροής. Γεωργικές απορροές, αστικές απορροές, διαρροές από σηπτικά συστήματα, απορρίψεις λυμάτων, και άλλες παρόμοιες πηγές μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση της ροής των θρεπτικών και οργανικών ουσιών στα υδατικά συστήματα. Η αυξημένη εισροή θρεπτικών ουσιών στα επιφανειακά ύδατα (δηλαδή, ο ανθρωπογενής ευτροφισμός) θεωρείται ότι είναι ο κύριος παράγοντας που ευθύνεται για το μαζικό πολλαπλασιασμό των κυανοβακτηρίων σε γλυκά, υφάλμυρα και παράκτια θαλάσσια οικοσυστήματα.

Τα κυανοβακτήρια είναι οργανισμοί που υπάρχουν από πολύ παλιά και βρίσκονται παντού, πολλοί δε από αυτούς διαθέτουν φωτοσυνθετικές ικανότητες. Συχνά αναπτύσσονται σε θαλάσσια, υφάλμυρα και γλυκά νερά, συμπεριλαμβανομένων των επιφανειακών υδάτων, που είναι πηγή πόσιμου νερού (Whitton και Potts, 1999). Σε υδάτινο περιβάλλον, πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, τα κυανοβακτήρια εμφανίζουν σημαντικά αυξημένο ρυθμό αναπαραγωγής. Οι πληθυσμοί των κυανοβακτηριδίων προκαλούν αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως είναι η σκίαση, η αύξηση του pH, η μείωση της περιεκτικότητας σε οξυγόνο στη στήλη νερού μέσω της αναπνοής ή αποδόμισης των πληθυσμών, και την παραγωγή υψηλά ενεργών κυανοτοξινών (Chorus και Bartram, 1999). Αυτά τα αποτελέσματα οδηγούν στη θνησιμότητα των υδρόβιων οργανισμών, στη μειωμένη ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης, στη μείωση της βιοποικιλότητας των υδρόβιων οργανισμών και στη μείωση της σταθερότητας του οικοσυστήματος, παρεμβαίνοντας στη δυναμική του τροφικού πλέγματος, εκτοπίζοντας τα κανονικά είδη φυτοπλαγκτόν. Επιπλέον, υπάρχουν και άλλες αρνητικές συνέπειες για τον άνθρωπο οι οποίες οφείλονται στην παραγωγή οσμών και κυανοτοξινών σε λίμνες με ψυχαγωγικές χρήσεις και στα

αποθέματα πόσιμου ύδατος (Falconer, 1999). Ένα ευρύ φάσμα κυανοτοξινών (μπλε πράσινες τοξίνες αλγών) προκαλεί κυρίως νευροτοξικά, ηπατοτοξικά και τοξικά δερματολογικά προβλήματα (Falconer, 1989, Chorus και Bartram, 1999). Η υπερβολική ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων μπορεί να επιφέρει οικονομικές απώλειες, με τη μορφή υψηλού κόστους επεξεργασίας πόσιμου νερού, ασθένειες και έξοδα για τη διαχείριση και αποκατάσταση των λιμνών και ταμιευτήρων που έχουν διαταραχθεί (Cooke et al., 2005). Σήμερα, υπάρχει μια ισχυρή πίεση για την ανάπτυξη και χρήση μεθόδων και τεχνικών για τον έλεγχο της υπέρμετρης ανάπτυξης κυανοβακτηρίων.

Τα κυανοβακτήρια διαθέτουν μια ποικιλία προσαρμοστικών μηχανισμών που τους επιτρέπει να επιβιώνουν υπό δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες και να εξακολουθούν την ανάπτυξη τους στο νερό. Η εμφάνιση φυσαλίδων αερίου, η δυνατότητα μερικού ετεροτροφικού μεταβολισμού, καθώς και η παραγωγή των αλληλοπαθητικών ενώσεων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επιτυχία του περιορισμού των ειδών μπλε -πράσινα (Mur et al., 1999). Οι επιδράσεις πολλών μέτρων για τον έλεγχο των κυανοβακτηρίων εξαρτώνται από την ευαισθησία ή την αυτοοικολογία των συγκεκριμένων ειδών κυανοβακτηρίων. Ένα από τα παγκοσμίως πιο συνηθισμένα είδη κυανοβακτηρίων που σχηματίζουν πληθυσμούς και παράγουν τοξίνες είναι το γένος *Microcystis*, ιδιαίτερα τα ***Microcystis aeruginosa***. Ως εκ τούτου, πολλοί πειράματα και μέθοδοι αποσκοπούν στον έλεγχο των ειδών αυτών (Kolmakov, 2006). Η υψηλή αντοχή τους σε οποιαδήποτε μέτρα εντός της λίμνης ενισχύεται περαιτέρω από το σχηματισμό μεγάλων αποικιών που περιβάλλονται από παχύ γλοιώδες στρώμα, την ικανότητα της μακροπρόθεσμης επιβιώσής τους των εμβολιασμένων στα ιζήματα, και η ικανότητα της γρήγορης πλευστότητας (κατακόρυφες κινήσεις) ανανέωση και εκ νέου εισχώρησή τους στο υδάτινο σώμα (Reynolds et al., 1981).

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν διαθέσιμες πολλές μέθοδοι για τον έλεγχο του ευτροφισμού και των κυανοβακτηρίων, δεν έχει απαντηθεί το ερώτημα πώς μπορεί να ελεγχθεί η ανάπτυξη των εν λόγω οργανισμών που μπορούν να αναπτυχθούν επιτυχώς με τόση ευκολία και με τέτοια δυνατότητα προσαρμογής. Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων ελέγχεται από ένα εύρος χαρακτηριστικών (το είδος και το μέγεθος της λίμνης, ο χρόνος παραμονής, ο τροφικός βαθμός και το μέγεθος του θρεπτικού φορτίου, η χημεία του νερού, η ποιότητα και η ποσότητα των ιζημάτων, η εποχή, τα απόθεμα ψαριών, κλπ.), οι μέθοδοι δεν χρησιμοποιούνται καθολικά και η χρήση πολλών από αυτών περιορίζεται σε ειδικές περιπτώσεις. Ο συνδυασμός αρκετών μέτρων έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να πετύχουν από ότι έχει μια μόνο μέθοδος αποκατάστασης.

Το λογικό και πιο σημαντικό βήμα για την πρόληψη των πληθυσμών των κυανοβακτηρίων είναι να μειωθούν τα υψηλά φορτία θρεπτικών συστατικών, ιδιαίτερα του φωσφόρου, από τη λεκάνη απορροής, η οποία είναι η κύρια αιτία της

μαζικής εμφάνισης των κυανοβακτηρίων. Αυτό περιλαμβάνει την αποκατάσταση των σημειακών και μη - σημειακών πηγών των θρεπτικών συστατικών (απορρίψεις λυμάτων, γεωργικές απορροές και η διάβρωση από τις αστικές και αποψιλωμένες περιοχές). Ευρύ φάσμα μεθόδων εντός της λίμνης μπορούν να μειώσουν περαιτέρω τη διαθεσιμότητα του φωσφόρου στις λίμνες. Ωστόσο, για να επιτευχθεί επαρκής μείωση των εισροών των θρεπτικών και της συσσώρευσης τους απαιτείται μακροχρόνια και δαπανηρή αποκατάσταση του τοπίου και των ταμιευτήρων (Cooke et al., 2005). Ως εκ τούτου, για να έχουμε αποτελέσματα σε μικρότερο χρονικό διάστημα, υπάρχει μεγάλη πίεση για την άμεση επεξεργασία των κυανοβακτηρίων στις λίμνες, κυρίως από ορισμένες χημικές ουσίες τοξικές για τα κυανοβακτήρια. Ωστόσο, η χρήση των περισσότερων αλγοκτόνων/φυκοκτόνων που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα όπως τα άλατα χαλκού δεν είναι αποδεκτά λόγω της μη επιλεκτικής τους επίδρασης, της τοξικότητας τους σε μη στοχευόμενους υδρόβιους οργανισμούς, και τις αρνητικές συνέπειες σε σχέση με την ανθρώπινη υγεία (Hanson και τον Stefan, 1984, Kenefick κ.ά. . 1993, Lam et al., 1995). Έτσι, εξακολουθεί να υπάρχει ανάγκη για την επιλογή ή την ανάπτυξη νέων κυανοκτόνων με μικρότερες αρνητικές επιπτώσεις στα υδρόβια περιβάλλοντα, καθώς επίσης και άλλοι τύποι μεθόδων.

Η υπερβολική ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων στα νερά είναι ένα σύνθετο πρόβλημα και η λύση του δεν είναι ένα απλό έργο . Εκτός από τη συστηματική προσπάθεια για τη μείωση της ρύπανσης από τα θρεπτικά στις λεκάνες απορροής, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη νέων μεθόδων για την καταπολέμηση της αύξησης των κυανοβακτηρίων στις λίμνες και ταμιευτήρες, καθώς και η πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με ήδη αναπτυγμένες μεθόδους και η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους, τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς τους. Αν και μερικές ανασκοπήσεις των μεθόδων αποκατάστασης των λιμνών που είναι διαθέσιμες στην παγκόσμια βιβλιογραφία περιλαμβάνουν μεθόδους για τον έλεγχο της άλγης, δεν έχουν επικεντρωθεί ιδιαίτερα στον έλεγχο των κυανοβακτηρίων και δε βασίζονται σε σημερινές μεθόδους και αρχές.

2. Ανασκόπηση Μεθόδων Αποκατάστασης Λιμνών

Η θρεπτική ουσία η οποία περιορίζει την ανάπτυξη των κυανοβακτηριδίων είναι συνήθως ο φωσφόρος (Smith, 1983). Ως εκ τούτου, το πρώτο και πιο σημαντικό βήμα για τη βελτίωση της ποιότητας των λιμναίων υδάτων ή των ταμιευτήρων, είναι η εξάλειψη των θρεπτικών ουσιών. Ωστόσο, η δυνατότητα να μειθούν επαρκώς οι απορροές των θρεπτικών από την λεκάνη απορροής συχνά περιορίζεται, ή το μέτρο αυτό μπορεί να είναι ανεπαρκές λόγω της εσωτερικής ανακύκλωσης των θρεπτικών στη λίμνη. Πολλές μέθοδοι στοχεύουν επίσης στην περαιτέρω μείωση της περιεκτικότητας του φωσφόρου στις λίμνες. Υπάρχουν επίσης και άλλες μέθοδοι για την άμεση επεξεργασία της υπέρμετρης αύξησης του ευτροφισμού και κατ'επέκταση των κυανοβακτηριδίων. Η πιθανότητα να υπάρχει πρόσβαση σε νερό καλής ποιότητας από υπερτροφικές λίμνες είναι εξαιρετικά χαμηλή, συνεπώς, ένας τυπικός και αναγκαίος συνδυασμός είναι να χρησιμοποιούνται πάντα μέθοδοι ελέγχου τόσο στη λεκάνη απορροής και όσο και εντός της λίμνης. Η αποτελεσματικότητα των διαφόρων μεθόδων εντός της λίμνης εξαρτάται από μια σειρά συνθηκών καθώς επίσης και από τη καλή γνώση της ποιοτικής κατάστασης των υδάτων της. Ιδιαίτερα, υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυνατοτήτων για ρηχές σε σχέση με βαθιές λίμνες.

Η παρούσα ανασκόπηση ενοποιεί την έως τώρα γνώση για τις μεθόδους που μπορούν να οδηγήσουν στον έλεγχο του ευτροφισμού και της ανάπτυξης των επιβλαβών πληθυσμών κυανοβακτηριδίων, και κωδικοποιεί τις υπάρχουσες τεχνικές αποκατάστασης σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους, τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς τους. Ο κύριος στόχος της παρούσας ανασκόπησης είναι η παροχή λεπτομερών πληροφοριών σχετικά με τις μεθόδους και τα μέτρα εντός της λίμνης. Ωστόσο, δεν πρέπει να παραμεληθούν οι πολύ σημαντικές μέθοδοι για τη μείωση του φορτίου των θρεπτικών ουσιών εντός της λεκάνης απορροής. Ως εκ τούτου, μια σύντομη ανασκόπηση των μεθόδων εντός της λεκάνης απορροής έχει επίσης προηγηθεί.

2.1 Μέτρα αποκατάστασης σε επίπεδο λεκάνης απορροής

Στις περισσότερες ευτροφικές λίμνες που έχουν επηρεαστεί από τους πληθυσμούς των κυανοβακτηριδίων, η κυριότερη εργασία που πρέπει να γίνει είναι η μείωση του φορτίου των θρεπτικών ουσιών από την λεκάνη απορροής. Αυτό περιλαμβάνει τις σημειακές και μη - σημειακές πηγές φορτίου θρεπτικών συστατικών.

Οι μη σημειακές πηγές φωσφόρου, προέρχονται από τις γεωργικές απορροές και τη διάβρωση από τις αστικές και αποψιλωμένες περιοχές. Οι απορροές των θρεπτικών ουσιών είτε διαλυμένες είτε σε μορφή σωματιδίων συνδέονται στενά με την αυξημένη

απορροή του νερού από την γύρω περιοχή. Ως εκ τούτου, **τα μέτρα πρόληψης είναι σε πολλές περιπτώσεις παρόμοια με τα αντιπλημμυρικά μέτρα.** Οι απορροές νερού και κατ'επέκταση των θρεπτικών ουσιών μπορούν να προληφθούν με την αναδιευθέτηση των ποταμών και ρεμάτων, την αποκατάσταση των παρόχθιων ζωνών και ιδιαίτερα με την αποκατάσταση των υδροβιότοπων. Σημαντικές ποσότητες θρεπτικών ουσιών μπορούν επίσης να συγκρατηθούν από λίμνες κατακράτησης και ταμιευτήρες και τεχνητούς υδροβιότοπους. Σε γενικές γραμμές, όσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλομορφία του τοπίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η ρυθμιστική του ικανότητα του. Οι απορροές των θρεπτικών ουσιών από την γεωργία μπορούν να ελεγχθούν με την εφαρμογή καλύτερων γεωργικών πρακτικών, ιδιαίτερα από την αλλαγή της χρήσης γης, των μεθόδων καλλιέργειας και με μια σωστή διαχείριση της κοπριάς (Cooke, 2005).

Οι πιο σημαντικές **σημειακές πηγές** φωσφόρου είναι τα αστικά λύματα. Το φορτίο φωσφόρου μπορεί κατά συνέπεια να μειωθεί σημαντικά με την δημιουργία μίας νέας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων, με την αναβάθμιση των υφιστάμενων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, για παράδειγμα, με την καθίζηση και την κροκιδώση (τριτοβάθμια επεξεργασία) ή με την προσαρμογή της βιολογικής επεξεργασίας στην απομάκρυνση της αυξημένης ποσότητας φωσφόρου. Πολύ σημαντική είναι επίσης η απαγόρευση των απορρυπαντικών με βάση τον φώσφορο. Η εστίαση στα προβλήματα των πληθυσμών των κυανοβακτηριδίων, όχι μόνο στην υψηλότερη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό, αλλά και στη χαμηλή αναλογία N:P που οδηγεί στην ανάπτυξη των κυανοβακτηριδίων (Smith, 1983; Stahl- Delbanco et al., 2003). Οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων χωρίς τριτοβάθμια επεξεργασία είναι συνήθως πιο αποτελεσματικές στην απομάκρυνση του αζώτου από ότι φώσφορου, ως εκ τούτου, η αναλογία N:P αυξάνεται. Επιπλέον, τα νιτρικά άλατα στις λίμνες χρησιμεύουν και ως οξειδωτικός παράγοντας και η έλλειψη τους μπορεί να ενισχύσει την αναερόβια αποσύνθεση των οργανικών ιζημάτων, και ως εκ τούτου, να ενισχυθεί η απελευθέρωση φωσφόρου από τα ιζήματα στο νερό (βλ. κεφάλαια Α.2 και Α.2.6). Επομένως, η λειτουργία μη προηγμένων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να ενισχύσει την ανάπτυξη των κυανοβακτηριδίων.

Εκτός από τα μέτρα εντός της λεκάνης απορροής, υπάρχουν επίσης μερικές μέθοδοι, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χειμάρρους ή τάφρους πριν από μια συγκεκριμένη λίμνη ή ταμιευτήρα.

Η μεγάλη ποσότητα των θρεπτικών ουσιών μπορεί να αφαιρεθεί στις λεγόμενες προ-δεξαμενές. Αυτές είναι συνήθως μικρές, ρηχές δεξαμενές με σύντομο χρόνο κατακράτησης οι οποίες τοποθετούνται κοντά, πριν από την κύρια δεξαμενή στην οποία θα πρέπει να διατηρηθεί ένα υψηλό επίπεδο ποιότητας του νερού. Ο φώσφορος στις προ- δεξαμενές απομακρύνεται με βιολογικές δράσεις και καθίζηση

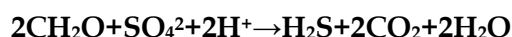
της σωματιδιακής ύλης. Η αποδοτικότητα των προ-δεξαμενών εξαρτάται από το σωστό σχεδιασμό τους και τη διαχείρισή τους (Pütz και Benndorf , 1998; Salvia - Castellvi et al., 2001).

Οι λίμνες, στις οποίες η καλή ποιότητα του νερού είναι μεγάλης σημασίας, μπορούν μερικές φορές να προστατευθούν μέσω της εκτροπής των υδάτων εισροής με μεγάλη συγκέντρωση θρεπτικών ουσιών ή/και άλλων ρύπων. Αυτά τα νερά διοχετεύονται σε υδάτινα σώματα ή λεκάνη απορροής μικρότερης σημασίας, ή σε ύδατα με μεγαλύτερη αφομοιωτική ικανότητα ή με μεγαλύτερο όγκο διάλυσης. Αν και υπάρχουν ορισμένες θετικές αναφορές (Lake Washington, Edmondson και Lehman, 1981), η δυνατότητα χρήσης αυτής της μεθόδου είναι περιορισμένη.

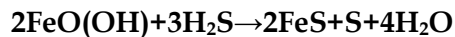
Λίμνες υψηλής σημασίας μπορούν επίσης να προστατευτούν από την υπερβολική εισροή θρεπτικών ουσιών με την αφαίρεση του φωσφόρου στο ρέμα τροφοδοσίας. Ως η πιο αποτελεσματική εγκατάσταση εξάλειψης φωσφόρου έχει προταθεί ο ταμιευτήρας Wahnbach, στη Γερμανία (Bernhardt, 1980; Clasen και Bernhard, 1987). Η μέθοδος βασίζεται στην καθίζηση του φωσφόρου και κροκιδωση με ιόντα τρισθενή σιδήρου και ακόλουθη απομάκρυνση των ιζημάτων με διήθηση. Αυτή η μέθοδος είναι εξαιρετικά αποτελεσματική, ικανή να μειώσει τη συγκέντρωση του φωσφόρου στα ύδατα σε 5mg/lit, δυστυχώς όμως είναι πολύ ακριβή.

2.2 Επεξεργασία ιζημάτων εντός της λίμνης και αδρανοποίηση του φωσφόρου

Τα ιζήματα στον πυθμένα της λίμνης συσσωρεύουν φώσφορο για μεγάλες χρονικές περιόδους. Ως εκ τούτου, τα ιζήματα αντιπροσωπεύουν μια μεγάλη εσωτερική πηγή φωσφόρου, η οποία μπορεί ξανά να απελευθερωθεί αργά στη στήλη ύδατος. Εξαιτίας αυτού, ένα σώμα νερού μπορεί να εμφανίσει συνθήκες ευτροφισμού, ακόμη και αρκετά χρόνια μετά τη μείωση του εξωτερικού φορτίου φωσφόρου. Η απελευθέρωση φωσφόρου από ιζήματα στο υδατικό σώμα μπορεί να ενισχυθεί έντονα όταν η λίμνη είναι στρωματοποιημένη και ο πυθμένας της λίμνης εμφανίζει ανοξικές συνθήκες. Στα ανοξικά ιζήματα, κατά τη διάρκεια αποδόμησης της οργανικής ύλης, τα θειικά ιόντα ανάγονται σε υδρόθειο.



Το υδρόθειο αντιδρά με υδροξείδια και φωσφορικά άλατα σιδήρου, σχηματίζοντας θειούχο σίδηρο και απελευθερώνοντας φωσφορικά ιόντα.



Τα ιζήματα επίσης χρησιμεύουν ως μια χρόνια τροφοδοσία κυανοβακτηριδίων, ως ένα μέρος όπου τα κυανοβακτηρίδια επιβιώνουν υπό αντίξοες συνθήκες και παραμένουν ζωντανά σε τεράστιες ποσότητες για αρκετά χρόνια.

Επίσης σε άλλες περιπτώσεις, όπως η ανάμειξη μέσω των ανέμων σε ρηχές λίμνες ή οι αναταράξεις από μηχανοκίνητα σκάφη και ψάρια στον πυθμένα, συμβάλλουν στην αυξημένη απελευθέρωση θρεπτικών ουσιών από τα ιζήματα του πυθμένα της λίμνης στο νερό, καθώς και την πρόσληψη των κυανοβακτηριδίων από τα ιζήματα. Χρησιμοποιούνται διάφορες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για τη μείωση του εσωτερικού φορτίου φωσφόρου - αφαίρεση των ιζημάτων, επικάλυψη και οξείδωση. Μερικές από αυτές τις μεθόδους στοχεύουν επίσης στις ευνοϊκές συνθήκες για την επιβίωση των κυανοβακτηριδίων στα ιζήματα .

2.2.1 Απομάκρυνση ιζημάτων

Η αφαίρεση των ιζημάτων μπορεί να είναι μία πολύ αποτελεσματική μέθοδος για την μείωση της περιεκτικότητας σε θρεπτικές ουσίες στη λίμνη ή στον ταμιευτήρα. Η απομάκρυνση των επιφανειακών στρωμάτων του πυθμένα της λίμνης με τα ιζήματα με μεγαλύτερη ποσότητα φωσφόρου αποκαλύπτει τα στρώματα με την μεγαλύτερη ικανότητα δέσμευσης του φωσφόρου. Μαζί με την αφαίρεση του άνω στρώματος των ιζημάτων, απομακρύνονται επίσης τα περισσότερα από τα εναιωρήματα των κυανοβακτηριδίων.

Πολλές μελέτες για περιπτώσεις αποκατάστασης λιμνών με απομάκρυνση των ιζημάτων που έχουν περιγραφεί, κυμαίνονται από λιγότερο από 2 μέχρι 1050 ha του μεγέθους της λίμνης και του όγκου των ιζημάτων από μερικές εκατοντάδες έως πάνω από 7 εκ. m³ (Peterson, 1982; Eiseltová , 1994; Cooke et al , 2005). Οι περιπτώσεις που είχαν σχεδιαστεί για τον έλεγχο της εσωτερικής ανακύκλωσης των θρεπτικών ουσιών παρουσιάζουν μικτά αποτελέσματα. Η απόφαση για το αν τα ιζήματα θα πρέπει να αφαιρεθούν ή να αντιμετωπίζονται καλύτερα μέσα στη λίμνη, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (ποσότητα και ποιότητα των ιζημάτων, περιεκτικότητα σε θρεπτικές ουσίες, περιεχόμενο τοξικών ουσιών, διαθεσιμότητα του χώρου εναπόθεσης, δυνατότητα για περαιτέρω επαναχρησιμοποίηση, κόστος των συγκεκριμένων τεχνικών, λιμνολογική μελέτη), οι οποίες θα πρέπει να αξιολογούνται λεπτομερώς προτού ληφθεί η τελική απόφαση για την απομάκρυνση

των ιζημάτων. Ειδικότερα το εκοκαμμένο υλικό απόθεσης μπορεί να είναι προβληματικό. Εάν το ίζημα δεν περιέχει τοξικές ενώσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για γεωργικούς σκοπούς ως λίπασμα. Σε ειδικές περιπτώσεις, το εκοκαμμένο ίζημα μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα στους αγρούς (Pokorný και Hauser, 2002).

Περιγράφονται πολλές διαφορετικές μέθοδοι αφαίρεσης ιζημάτων. Η πιο κοινή μέθοδος σε μικρότερες λίμνες είναι η μείωση του επιπέδου του νερού και η απομάκρυνση των εκτεθειμένων και ξεραμένων ιζημάτων. Ωστόσο, για διάφορους λόγους, πολλές λίμνες και ταμιευτήρες δεν μπορούν να αδειάσουν ή να μειωθεί η στάθμη του νερού κυρίως λόγω της διατήρησης της υδρόβιας ζωής. Ως η πιο φιλική προς το περιβάλλον τεχνική χρησιμοποιείται συνήθως η αναρρόφηση του εκοκαμμένου υλικού. Αυτή η μέθοδος ελαχιστοποιεί την ανεπιθύμητη επαναιώρηση στο νερό των ιζημάτων, ωστόσο, θα πρέπει να μεταφερθούν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες (το απομακρυνόμενο ίζημα περιέχει περίπου 90 % νερό) και η μέθοδος είναι πιο ακριβή. Επιπλέον, προκύπτουν περαιτέρω προβλήματα με την μεταφορά του υγρού ιζήματος και την εναπόθεσή του.

Φυσικά, η εκοκαφή ιζημάτων αποτελεί σημαντική παρέμβαση στο οικοσύστημα της λίμνης, με πιθανές αρνητικές πλευρές. Η πιο προφανής είναι η καταστροφή των οργανισμών του βυθού. Αν η λεκάνη της λίμνης εκοκαφεί εντελώς, μπορεί να χρειαστεί 2 με 3 χρόνια για να αποκατασταθεί η πανίδα του βυθού. Εάν τμήματα του πυθμένα μείνουν χωρίς να εκοκαφούν η αποκατάσταση μπορεί να είναι από άμεση μέχρι 1 έως 2 έτη. Σε κάθε περίπτωση η επίδραση στην πανίδα του βυθού είναι γενικά πιο αποδεκτή λαμβάνοντας υπόψη τα μακροπρόθεσμα οφέλη που προκύπτουν (Cooke et al., 2005).

Ακόμη και στην περίπτωση της υψηλής αποτελεσματικότητας και του υψηλού κόστους, η απομάκρυνση των ιζημάτων μπορεί να μην επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα, ειδικότερα αν το εξωτερικό φορτίο θρεπτικών ουσιών παραμένει αρκετά υψηλό για την μαζική ανάπτυξη κυανοβακτηριδίων. Ως παράδειγμα, η αφαίρεση παχύ στρώματος ιζημάτων από τεχνητή λίμνη 40ha στο Vajgar (Τσεχία), οδήγησε σε αρνητικό ισοζύγιο φωσφόρου (περισσότερος P εγκλωβίστηκε από ότι απελευθερωνόταν από τα ιζήματα) και απουσία των πληθυσμών κυανοβακτηριδίων *Microcystis* sp. Ωστόσο, λόγω της αμετάβλητης υψηλής εξωτερικής φόρτισης θρεπτικών ουσιών, η αλλαγή αυτή ήταν προσωρινή, αποτρέποντας την ανάπτυξη των κυανοβακτηριδίων μόνο για πέντε έτη από το πέρας της εκοκαφής των ιζημάτων (Pokorný και Hauser, 2002).

2.2.2 Επικάλυψη ιζημάτων

Μια εναλλακτική και κάπως φθηνότερη τεχνική από την απομάκρυνση των ιζημάτων είναι η επικάλυψη. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται κυρίως για την

επεξεργασία των ιζημάτων που έχουν ρυπανθεί από τοξικά μέταλλα ή άλλες ανθεκτικές τοξικές ουσίες, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη μείωση της επανακινητοποίησης των θρεπτικών ουσιών ή των κυανοβακτηριδίων στο νερό. Η έννοια της επιτόπιας (in situ) κάλυψης των ιζημάτων περιλαμβάνει την τοποθέτηση μιας στρώσης πάνω από το ίζημα ώστε να το στεγανώσει και να ελαχιστοποιηθεί η απελευθέρωση ρύπων στο νερό. Το υλικό της στρώσης μπορεί είτε απλώς να παρέχει ένα φυσικό φραγμό πάνω από το ίζημα είτε να αφορά ένα ενεργό φραγμό.

Ως μηχανικό φράγμα μπορεί να νοηθεί ένα "καθαρό" ίζημα (χωρίς τοξικές ενώσεις ή θρεπτικές ουσίες), άμμου ή χαλκιού. Το στρώμα πρέπει να έχει 30 έως 40 εκατοστά πάχος για την πρόληψη εναιώρησης των ιζημάτων και λίγο πιο χοντρό από το αρχικό ίζημα ώστε να αποφεύγεται η ανάμειξη με τον αέρα και τα κύματα (UNEP - IETC, 1999). Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται σπάνια λόγω δυσκολιών στην δημιουργία ομοιόμορφου και συνεχούς στρώματος κάτω από το νερό. Τα συστήματα ενεργού φραγμού είναι γενικά διαπερατά γεωχημικά υλικά ικανά για την αδρανοποίηση των ρύπων/θρεπτικών ουσιών στο νερό μέσω προσρόφησης ή καθίζησης. Πρόσφατα ένας αριθμός υλικών ενεργού φραγμού έχουν δοκιμαστεί, συμπεριλαμβανομένου του ασβεστίτη (CaCO_3), ζεόλιθων, τροποποιημένου άργιλου και άμορφων παράγωγων του καολίνης (Jacobs και Forstner, 1999; Hart et al, 2003). Ειδικότερα διάφορα υλικά ασβεστίτη έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μείωση έκλυσης φωσφόρου από τα ιζήματα (Hart et al . 2003). Είναι επίσης γνωστή η επιτυχημένη χρήση ενός μίγματος αλάτων αλουμινίου και αδρανών υλικών για την επικάλυψη των ιζημάτων (για παράδειγμα, στη Σουηδία), με στόχο να μειωθεί το εσωτερικό φορτίο φωσφόρου στο νερό της λίμνης. Δεν έχουν αναφερθεί αρνητικές πτυχές αυτής της μεθόδου (<http://www.vattenresurs.se>).

2.2.3 Υπολίμνια απομάστευση

Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται μόνο σε στρωματοποιημένες λίμνες, όπου οι υψηλότερες συγκεντρώσεις φωσφόρου συσσωρεύονται στο υπολίμνιο λόγω των μεγάλων εκπομπών φωσφόρου από τα ιζήματα κατά τη διάρκεια ανοξικών συνθηκών. Η μέθοδος βασίζεται στην επιλεκτική απόρριψη των υπολίμνιων υδάτων (χαμηλά σε οξυγόνο και πλούσια σε φώσφορο, σίδηρο και μαγγάνιο) από μια λίμνη, αντί της απόρριψης υδάτων χαμηλά σε θρεπτικά συστατικά των ανώτερων στρωμάτων του νερού. Η μείωση της συγκέντρωσης του φωσφόρου και αύξηση της συγκέντρωσης του οξυγόνου θα μπορούσε έτσι να περιορίσει την ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων ιδιαίτερα σε λίμνες ή ταμιευτήρες, όπου η εσωτερική πηγή του φωσφόρου επικρατεί. Η χρήση αυτής της μεθόδου είναι επίσης προτιμητέα για την επιτάχυνση της αποκατάστασης της λίμνης μετά τον περιορισμό του εξωτερικού φορτίου φωσφόρου.

Τα υπολίμνια ύδατα μπορούν να απομακρυνθούν κατά προτίμηση μέσω αναρρόφησης, άντλησης (λίμνες) ή επιλεκτικής εκκένωσης (ταμιευτήρες). Αυτό

μπορεί να επιτευχθεί με το λεγόμενο σωλήνα Olszewski που βασίζεται στην αρχή του σιφονιού, μέσω της απόρριψης του υπολίμνιου νερού προς μια χαμηλότερη θέση κατάντη της λίμνης (Olszewski, 1961). Κατά τη διάρκεια της υπολίμνιας απομάστευσης θα πρέπει να μην διαταράσσεται η στρωματοποίηση, διότι αυξάνεται η μεταφορά των θρεπτικών ουσιών και του ανοξικού νερού από το υπολίμνιο στο επιλίμνιο. Μπορεί να εφαρμοστεί μόνο εάν η ποσότητα του νερού που απορρίπτεται μπορεί να αντικατασταθεί από επαρκή εισροή, για να διατηρηθεί το επίπεδο της λίμνης σταθερό (Cook et al. 2005).

Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι το σχετικά χαμηλό κόστος. Η χρήση του περιορίζεται σε σχετικά μικρές και βαθιές λίμνες και ταμιευτήρες. Σε μεγαλύτερες λίμνες ($> 2,5 \times 10^6 \text{ m}^3$), η απομάστευση μπορεί να μην είναι αρκετή για να μειωθούν οι ανοξικές συνθήκες και η περιεκτικότητα σε φώσφορο στο υπολίμνιο (Νυρεμβέργη, 1987). Αυτό πιθανότατα αφορούσε ορισμένους ταμιευτήρες (όπως π.χ στην Τσεχία) όπου αυτή η τεχνική χρησιμοποιήθηκε ανορθολογικά, με το υπολίμνιο νερό συνήθως να απορρίπτεται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ωστόσο η μείωση της συγκέντρωσης φωσφόρου δεν ήταν σημαντική. Επιτυχημένες περιπτώσεις περιγράφονται σε μια σειρά από λίμνες στις ΗΠΑ, τον Καναδά, τη Φινλανδία, τη Γερμανία και την Πολωνία (Νυρεμβέργη , 1987; Dunalska et al, 2001; Cooke et al , 2005) .

Αρνητικές επιπτώσεις μπορεί να προκύψουν από την εκκένωση υδάτων με χαμηλότερη θερμοκρασία, περισσότερες θρεπτικές ουσίες, αμμωνία, υδρόθειο ή άλλες τοξικές ουσίες. Αυτό μπορεί να μειώσει την παρουσία ευαίσθητων ειδών και να ενισχύσει την ανάπτυξη φυκών και μακρόφυτων. Για να αποφευχθεί αυτή η αρνητική επίπτωση, θα πρέπει να εφαρμοστεί η ανάμειξη με το επιλίμνιο νερό (Cook et al., 1993). Αυτές οι ανεπιθύμητες ενέργειες θα μπορούσαν επίσης να εξασθενήσουν με την επιπρόσθετη καθίζηση χημικού φωσφόρου στην έξοδο (Mur, 1999).

2.2.4 Υπολίμνιος αερισμός και οξυγόνωση

Η βασική αρχή του συστήματος αερισμού είναι να διατηρείται σταθερή η συγκέντρωση του οξυγόνου στον πυθμένα της λίμνης, έτσι ώστε, ο σίδηρος να παραμένει σε στερεά μορφή και να μειωθεί η απελευθέρωση φωσφόρου από τα ιζήματα στο νερό. Ο αερισμός υποστηρίζει επίσης την γρήγορη αποδόμηση των οργανικών ιζημάτων μέσω των αερόβιων βακτηρίων.

Συνήθως, ο αερισμός επιτυγχάνεται με αεροσυμπιεστές που εισάγουν αέρα στον πυθμένα της λίμνης μέσω διάτρητων σωλήνων. Οι ανερχόμενες φυσαλίδες ωθούν το ανοξικό νερό στην επιφάνεια, όπου αερίζεται εκ νέου παρουσία ατμοσφαιρικού οξυγόνου. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος μπορεί να διαταράξει τις συνθήκες

στρωματοποίησης στη λίμνη και να μεταφέρει νερό πλούσιο σε θρεπτικά στο επιλίμνιο, προκαλώντας ακόμη πιο εντόνη ανάπτυξη των φυκών και των κυανοβακτηρίων. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιείται μερικές φορές συγκεκριμένη τεχνική αερισμού του υπολίμνιου. Ο υπολίμνιος αερισμός έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μην οδηγεί σε αύξηση της περιεκτικότητας του οξυγόνου στο υπολίμνιο χωρίς να αποστρωματοποιεί το υδάτινο σώμα ή να θερμαίνει το υπολίμνιο.

Η επισκόπηση διαφόρων τεχνικών για υπολίμνιο αερισμό είναι διαθέσιμη στο Cooke et al. (2005). Ο πρώτος τύπος βασίζεται στην μηχανική απομάκρυνση του υπολίμνιου νερού, οξυγόνωση στον αέρα, και την επιστροφή του πίσω στο ίδιο βάθος, χωρίς αλλαγή της θερμοκρασίας. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η κακή απόδοση στην ανταλλαγή αερίων. Μια άλλη δυνατότητα είναι η έγχυση αέρα στο υπολίμνιο. Εάν οι φυσαλίδες αέρα που εγχέονται είναι αρκετά λεπτές (ακτίνα ≤ 1 mm), οι φυσαλίδες θα διαλυτοποιηθούν εντελώς στο υπολίμνιο (Wuest et al., 1992). Μερικές φορές χρησιμοποιείται καθαρό O_2 αντί του αέρα για να αυξηθεί η ικανότητα μεταφοράς στην αέρια φάση, αλλά αυτό παρέχει μικρότερη ικανότητα κατανομής συγκριτικά με τον αέρα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να προστεθούν μικρές ποσότητες όζοντος στον αέρα προκειμένου να αποφευχθεί η ανάπτυξη βακτηρίων και μυκήτων στο εσωτερικό των σωλήνων αερισμού. Μια άλλη τεχνική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η έγχυση στο υπολίμνιο μείγματος αέρα-νερού ή επιλίμνιο νερό πλούσιο σε οξυγόνο.

Ο υπολίμνιος αερισμός μπορεί να μην λειτουργήσει ικανοποιητικά, εάν το σώμα νερού είναι πολύ ρηχό ακόμη και αν υπάρχει στρωματοποίηση. Ο υπολίμνιος αερισμός δεν συνιστάται εάν το μέγιστο βάθος είναι μικρότερο από 12 έως 15 m (Cooke et al., 2005). Οι αεριστήρες συνήθως χρησιμοποιούνται μετά την άνοιξη και λειτουργούν καθόλη τη σεζόν μέχρι τις αρχές του φθινοπώρου. Μπορεί επίσης να ξεκινήσει κατά τη διάρκεια του χειμώνα, κάτω από το πάγο, εάν είναι αναγκαίο. Ο υπολίμνιος αερισμός θα πρέπει να σχεδιάζεται πάντα ειδικά για τις συνθήκες της κάθε λίμνης. Λόγω των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια, το κόστος λειτουργίας αυτής της μεθόδου είναι σχετικά υψηλό.

Δεν υπάρχουν πολλές αρνητικές επιπτώσεις. Ο υπερκορεσμός του υπολίμνιου νερού με N_2 θα μπορούσε να οδηγήσει σε ορισμένες περιπτώσεις σε ασθένεια των ψαριών η οποία προκαλείται από συγκέντρωση φυσαλίδων στους ιστούς τους (gas bubble disease) (Kortmann et al., 1994). Μπορεί να υπάρχει μια πιθανή αρνητική επίδραση από τη μεταφορά και εγκατάσταση του εξοπλισμού στη λίμνη. Μερικές φορές το οξυγονωμένο υπολίμνιο δεν εξασφαλίζει απαραίτητα ότι η επιφάνεια του ιζήματος θα είναι αρκετά όξινη ώστε να μειώσει επαρκώς την απελευθέρωση φωσφόρου από τα ιζήματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, παρατηρήθηκε η αυξημένη διασπορά των θρεπτικών ουσιών, παρόλου που διατηρήθηκε η στρωματοποίηση (Steinberg και

Arzet, 1984). Οι παρενέργειες της μεθόδου αυτής είναι μάλλον ευεργετικές. Οι βελτιωμένες αερόβιες συνθήκες βελτιώνουν την ποιότητα για παροχή πόσιμου νερού λόγω της μείωσης του σιδήρου, του μαγγανίου, των προβλημάτων στη γεύση και την οσμή, μειώνοντας τις βλάβες του στροβίλου και στο λοιπό εξοπλισμό από τη διάβρωση και βελτιώνοντας τη ποιότητα του νερού στα κατάντι (Prepas και Burke, 1997). Ο αερισμός επιτρέπει επίσης στο ζωοπλαγκτόν να εισχωρήσει βαθύτερα μέσα στη λίμνη, όπου μπορούν να κρύβονται από τους θηρευτές στο σκοτεινό πυθμένα κατά τη διάρκεια της ημέρας (McComas, 2002). Επιπρόσθετα, η διεύρυνση των αερόβιων συνθηκών ενισχύει την ανάπτυξη και επέκταση των ψαριών.

2.2.5 Καθίζηση και αδρανοποίηση του φωσφόρου

Αυτή η τεχνική επικεντρώνεται στη μείωση της περιεκτικότητας της λίμνης σε φώσφορο με αφαίρεση του φωσφόρου από το νερό και επιβραδύνοντας την απελευθέρωση του ελεύθερου φωσφόρου από τα ιζήματα της λίμνης. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των λεγόμενων κροκιδωτικών. Αυτές οι ενώσεις, όταν προστίθεται στο νερό καθιζάνουν με τη μορφή κροκιδών. Κατά το σχηματισμό των κροκιδών, συγκρατείται αποτελεσματικά ο φώσφορος και μετατρέπεται σε μορφή ακατάλληλη για φυτοπλαγκτόν. Μερικά κροκιδωτικά μπορούν επίσης να δεσμεύσουν μικρά σωματίδια, συμπεριλαμβανομένων των φυκών και των κυανοβακτηρίων σε κροκίδες. Οι κροκίδες τότε καθιζάνουν στα ιζήματα, απομακρύνοντας έτσι τον φώσφορο και τα κυανοβακτηρίδια από το νερό. Στο πυθμένα της λίμνης, τα κροκιδωτικά αυξάνουν περαιτέρω την ικανότητα δέσμευσης του φωσφόρου από τα ιζήματα.

Η δέσμευση του βιοδιαθέσιμου φωσφόρου στις σχηματιζόμενες κροκίδες είναι μεγαλύτερη από τη δέσμευση του φωσφόρου σε σωματιδιακή μορφή (ανόργανα κύτταρα, κ.λπ.). Ως εκ τούτου, είναι προτιμότερο να πραγματοποιείται αυτή η τεχνική σε λίμνες με μεγάλο χρόνο παραμονής, από τα τέλη του φθινοπώρου ως τις αρχές της άνοιξης, όταν ο ελεύθερος φώσφορος είναι πολύ υψηλός, προτού ενσωματωθεί στο έντονα αυξανόμενο φυτοπλαγκτόν (Wolter, 1994). Η παρέμβαση αυτή πραγματοποιείται σε ρηχές λίμνες που έχουν καλυφθεί από μακρόφυτα, και όταν το εξωτερικό φορτίο υπερβαίνει την ικανότητα δέσμευσης του φωσφόρου από τα κροκιδωτικά (Welch και Cooke, 1999). Η αποτελεσματικότητα αυτής της μεθόδου είναι επίσης χαμηλή σε ρηχές λίμνες λόγω της επαναιώρησης του φωσφόρου από τα ιζήματα από τον αέρα/κύματα. Αν ο κύριος στόχος της επεξεργασίας είναι η μείωση της συγκέντρωσης φωσφόρου, η εφαρμογή μπορεί να είναι αποτελεσματική σε λίμνες με μεγάλο χρόνο παραμονής (> ένα έτος), σε λίμνες μετά την σημαντική μείωση του εξωτερικού φορτίου φωσφόρου ή / και όταν η κύρια εισροή φωσφόρου είναι από ιζήματα (Straškraba και Tundisi, 1999; Cooke et al, 2005). Όταν χρησιμοποιείται σε κατάλληλη τοποθεσία, η μέθοδος αυτή μπορεί να παρέχει μακροπρόθεσμες ωφέλειες (Welch και Cooke, 1998).

Εκτός από την επίδραση στη συγκέντρωση του φώσφορου, υπάρχει επίσης η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν τα κροκιδωτικά ως εναλλακτική λύση για τον περιορισμό των φυκών κατά τη διάρκεια της περιόδου (βλέπε κεφάλαιο 2.5.1). Τα κροκιδωτικά μπορούν να εφαρμοστούν από ειδικό σκάφος είτε σε ολόκληρη την λίμνη, ή είτε να περιοριστεί σε συγκεκριμένες περιοχές ή στρώματα στο υδάτινο σώμα (Sondergaard et al. 2002). Επίσης, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μικρότερες λίμνες ένας σταθμός στην όχθη από όπου θα διοχετεύεται συνεχώς κατάλληλη δοσολογία (McComas, 2002). Μία κινητή μονάδα, με ονομασία PELICON (Phosphorus ELImination CONtainer) αναπτύχθηκε από τους Keil και Meyer-Jenin(1995) για την απομάκρυνση από το υπολίμνιο των λιμνών το μεγάλο ποσοστό θρεπτικών ουσιών. Το υπολίμνιο νερό αντλείται προς της μονάδας, αποτελούμενη από ένα ή περισσότερους πλωτούς διαχωριστές φώσφορου, ενώ από ένα κοντέινερ στην ακτή, τροφοδοτείται κροκιδωτικά για το σχηματισμό λάσπης, η οποία ακολούθως αντλείται σε ένα συλλέκτη (Jørgensen et al, 2005).

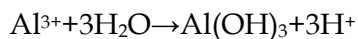
Υπάρχουν διαθέσιμες διάφορες ενώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κροκιδωτικά, ήτοι άλατα αλουμινίου, σιδήρου και ασβεστίου ή συνδυασμοί αυτών, και ορισμένα αργιλικά υλικά. Το αλουμίνιο, ο σίδηρος και το ασβέστιο έχουν χρησιμοποιηθεί για αιώνες για την επεξεργασία πόσιμου νερού και λυμάτων. Ο Lund (1955) φαίνεται να είναι ο πρώτος που πρότεινε την προσθήκη θεικού αργιλίου σε ρυάκια και λίμνες για τον περιορισμό της ανάπτυξης φυκών. Διαφέρουν οι επιδράσεις στο υδάτινο περιβάλλον των ανωτέρω αναφερθέντων ομάδων ενώσεων, ως εκ τούτου οι λεπτομέρειες της χρήσης τους περιγράφονται ξεχωριστά στις παρακάτω ενότητες.

Αλουμίνα

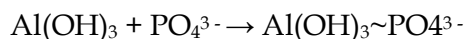
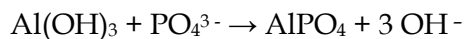
Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο κροκιδωτικό από τα άλατα αλουμινίου είναι το θεικό αργίλιο (αλουμίνα, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$). Όταν προστίθεται στο νερό, η αλουμίνα σχηματίζει γρήγορα μεγάλες, ορατές, μη-τοξικές καθιζίσεις υδροξειδίου του αργιλίου που μεγαλώνει σε μέγεθος και βάρος, όπως καθιζάνει μέσα από το νερό στα ιζήματα. Κατά τη διάρκεια του σχηματισμού των κροκιδών και της καθιζήσής τους, ενσωματώνονται μικρά σωματίδια. Ο Holz και ο Hoagland (1998) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αλουμίνα ήταν εξαιρετικά αποτελεσματική στον έλεγχο του ρυθμού απελευθέρωσης του φωσφόρου από τα ιζήματα, βελτιώνει τη διαύγεια του νερού, μειώνει τη βιομάζα του φυτοπλαγκτόν, μετατοπίζοντας τον κυρίαρχο πληθυσμό από τα κυανοβακτηρίδια στα bacillariophytes και chlorophytes, αυξάνοντας τη ποικιλία diaphnid, και αυξάνοντας το φυσικό περιβάλλον των ψαριών.

Η τιμή του pH του διαλύματος καθορίζει, ποια προϊόντα υδρόλυσης της αλουμίνας κυριαρχούν και ποιά θα είναι η διαλυτότητά τους. Στις συνήθεις τιμές pH 6 - 8,

κυριαρχεί το αδιάλυτο πολυμερές $Al(OH)_3$ και προχωρά η προσρόφηση του φωσφόρου.



Ο διαλυτός ανόργανος φώσφορος δεσμεύεται άμεσα από την αλουμίνα, ή απορροφάται στις κροκκίδες του υδροξειδίου του αργιλίου (Wolter, 1994):



Σε pH 4 έως 6, διάφορες διαλυτές ενδιάμεσες μορφές σχηματίζονται ($Al(OH)_2^+$, $Al(OH)^{2+}$...) και σε pH μικρότερο από 4, επικρατεί το ένυδρο και διαλυτό Al^{3+} . Σε υψηλότερο pH (> 8.0), όπως για παράδειγμα σε περιπτώσεις έντονης φωτοσύνθεσης, η διαλυτότητα αυξάνεται και πάλι, σχηματίζεται αργλικό ιόν $Al(OH)_4^-$, το οποίο οδηγεί σε ασθενέστερη προσρόφηση φωσφόρου (Cooke et al, 2005). Επειδή όταν ένα άλας αλουμινίου προστίθεται στο νερό απελευθερώνονται ιόντα υδρογόνου, σε λίμνες με χαμηλή ή μέτρια αλκαλικότητα (< 30-50 mg $CaCO_3 L^{-1}$), η επεξεργασία οδηγεί σε σημαντική μείωση της τιμής του pH, ενδέχεται να οδηγήσει σε αύξηση της συγκέντρωσης τοξικού Al^{3+} . Η συγκέντρωση διαλυτού Al^{3+} είναι ασφαλής για τους υδρόβιους οργανισμούς έως 50 $\mu g L^{-1}$. Επίσης, τιμή του pH χαμηλότερη του 6,0 (οξόνιση) από μόνο του έχει αρνητικές επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα, ακόμη και χωρίς αυξημένο Al^{3+} . Αυτές οι πτυχές του pH περιορίζουν την ποσότητα αλουμίνιας που μπορεί να προστεθεί με ασφάλεια. Παράλληλη προσθήκη ενός ρυθμιστικού μπορεί να λύσει αυτό το πρόβλημα. Το υδροξείδιο του νατρίου, υδροξείδιο του ασβεστίου και ανθρακικό νάτριο ελέγχθηκαν / χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό (2002 Sondergaard et al). Επίσης, το αργλικό νάτριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ρυθμιστικό με πρόσθετο πλεονέκτημα την υψηλή περιεκτικότητα σε αλουμίνα (Smeltzer, 1990).

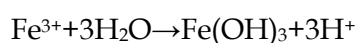
Για την επιτυχή απομάκρυνση όχι μόνο του διαλυμένου φωσφόρου, αλλά και του σωματιδιακού φωσφόρου και για να παρέχεται επαρκής αδρανοποίηση των ιζημάτων φωσφόρου, ο στόχος είναι να εφαρμόζεται όσο το δυνατόν περισσότερο Al, σύμφωνα πάντα με την περιβαλλοντική ασφάλεια. Ορισμένες διαδικασίες για την εκτίμηση της κατάλληλης δόσης προτείνεται στο Cooke et al. (2005), οι οποίες βασίζονται στον προσδιορισμό του ανόrganου φωσφόρου στα ιζήματα (rydin και Welch, 1998, Reitzel κ.ά., 2005), στα εκτιμώμενα ποσοστά του περιεχόμενου φορτίου φωσφόρου στα ιζήματα (Kennedy et al., 1987), ή με βάση την αλκαλικότητα του νερού της λίμνης (Kennedy και Cooke, 1982). Οι συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν έχουν αναφερθεί σε 5-100 g Al m^{-2} ή 5 έως 25 g Al m^{-3} (Welch και Cooke, 1999; Rydin et al 2000). Ο ανόrganος φώσφορος απομακρύνεται πιο αποτελεσματικά από τον οργανικό σωματιδιακό φώσφορο (κυτταρικός) (Straškraba και Tundisi, 1999) υποδηλώνοντας ότι η πιο αποτελεσματική χρονική στιγμή επεξεργασίας είναι νωρίς την άνοιξη όταν η περιεκτικότητα του διαλυτού φωσφόρου είναι υψηλότερη. Από

την άλλη πλευρά, η κροκκιδωτική δράση μειώνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ως εκ τούτου, η επεξεργασία στις αρχές του καλοκαιριού, πριν δημιουργηθούν οι πληθυσμοί των κυανοβακτηρίων θεωρείται ως η πλέον κατάλληλη (Cooke et al., 2005). Η αλουμίνα εφαρμόζεται με μεγαλύτερη επιτυχία σε υγρή μορφή. Εκτός από το θειικό αργίλιο ή το αργλικό νάτριο, επίσης χρησιμοποιείται το χλωριούχο πολυαργίλιο για επεξεργασία λιμνών. Το πλεονέκτημα της χρήσης των αλάτων αλουμινίου ως κροκκιδωτικά για την επεξεργασία των λιμνών είναι ότι σε χαμηλές ή μηδενικές συγκεντρώσεις διαλυτού οξυγόνου (στα ιζήματα της λίμνης ή στο υπολίμνιο) δεν διαλύονται οι κροκκίδες και δεν επιτρέπεται η απελευθέρωση του φωσφόρου (Welch et al. 1988).

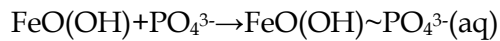
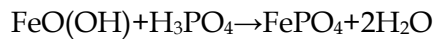
Η αλουμίνα βρίσκεται σε αφθονία στο φλοιό της Γης και περιέχεται φυσικά σε υψηλή συγκέντρωση στα ιζήματα των λιμνών. Έτσι, η επεξεργασία με αλουμίνα αυξάνει ελαφρά το φυσικό περιεχόμενο Al των ιζημάτων. Εάν εφαρμοστεί σε εύλογη δόση δεν προκαλεί μεγάλης διάρκειας οξείδωση του νερού της λίμνης, και έτσι η χρήση του είναι ασφαλής. Στη τυπική περίπτωση, η τιμή του pH αυξάνεται και πάλι μετά από μισή έως 1 ώρα από το σχηματισμό των κροκκιδών. Τοξικότητα στους υδρόβιους οργανισμούς κατά το σχηματισμό των κροκκιδών εμφανίζεται μόνο σε ορισμένα εργαστηριακά πειράματα ή όταν εφαρμόζεται σε μικρότερους όγκους. Σε λίμνες ή ταμιευτήρες, η δόση της αλουμίνας δεν διανέμεται ποτέ σε όλο τον όγκο της λίμνης ταυτόχρονα (η επεξεργασία ολόκληρης της λίμνης συνήθως διαρκεί αρκετές ημέρες), ως εκ τούτου, οι οργανισμοί μπορούν να διαφύγουν (Wolter, 1994; Cooke et al, 2005). Πρόσφατα, το χλωριούχο πολυαλουμίνιο (εμπορική ονομασία PAX18) και το θειικό αργίλιο έχουν εφαρμοστεί σε αρκετούς ταμιευτήρες στην Τσεχία για την κροκκιδωση των κυανοβακτηριδίων κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου. Στον ταμιευτήρα Máchno Jezero η εφαρμογή του PAX18 (δόση 5 mg Al/lit) οδήγησε σε διατήρηση της συγκέντρωσης των κυανοβακτηρίων κάτω από το όριο για περισσότερο από 6 εβδομάδες μετά την επεξεργασία. Επεξεργασίες και σε άλλες λίμνες προκάλεσαν μικρότερες ή καθόλου επιδράσεις. Ωστόσο, σε όλες τις περιπτώσεις δεν έχουν παρατηρηθεί ανεπιθύμητες ενέργειες ή βλάβη στο υδάτινο περιβάλλον.

Σίδηρος

Ο σίδηρος εφαρμόζεται συνήθως υπό την μορφή FeCl_3 , αλλά FeCl_2 ή $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ μπορούν επίσης να χρησιμοποιούνται. Κατά τη διάρκεια εφαρμογής του σιδήρου εντός του ύδατος, σχηματίζονται οι κροκκίδες του υδροξειδίου σιδήρου, οι οποίες μπορεί να μετατραπούν σε μείγμα οξειδίου του σιδήρου και υδροξειδίου:



Ομοίως όπως με τα κροκκιδωτικά αλουμίνας, ο φώσφορος μπορεί να δεσμευτεί απευθείας με το σίδηρο ή να προσροφάται στις κροκκίδες του υδροξειδίου του σιδήρου.



Σε αντίθεση με την αλουμίνα, η σταθερότητα των κροκκιδών σιδήρου εξαρτώνται λιγότερο από το pH και ο σίδηρος δεν εμφανίζεται σε τοξική μορφή. Παρ' όλα αυτά, η προσρόφηση του Fe(OH)_3 είναι μεγαλύτερη σε τιμή pH 5 έως 7, το οποίο δεν είναι τόσο σύνηθες σε ευτροφικές λίμνες ειδικά εάν υπάρχουν υψηλότερες πυκνότητες φυτοπλαγκτόν. Ο φώσφορος μπορεί να απελευθερωθεί κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλών τιμών pH (Anderson, 1975). Παρομοίως όπως γίνεται και κατά την επεξεργασία με την αλουμίνα απελευθερώνονται ιόντα υδρογόνου, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του pH και των τοξικών επιδράσεων στα ψάρια εάν η τιμή του pH μειωθεί κάτω του 6 (Sondergaard et al. 2002). Επιπλέον, η σταθερότητα των ενώσεων Fe-P εξαρτάται σημαντικά από τις αλλαγές στην οξειδοαναγωγική κατάσταση. Καθώς το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό πάνω από τα ιζήματα πέφτει κάτω από 1 mg L^{-1} , ο σίδηρος χρησιμοποιείται ως ένας εναλλακτικός δέκτης ηλεκτρονίων. Τα ιόντα σιδήρου στην αναγωγική μορφή (Fe^{2+}) είναι διαλυτά και ο δεσμευμένος P απελευθερώνεται. Αυτή η αλλαγή πραγματοποιείται γρήγορα, έτσι ώστε ακόμη και σύντομες περιόδους ανοξίας στον πυθμένα της λίμνης οδηγούν σε σημαντική απελευθέρωση φωσφόρου. Προκειμένου να αποφευχθεί αυτή η επίδραση, θα πρέπει να πραγματοποιείται ο αερισμός παράλληλα με την εφαρμογή του Fe (Wolter, 1994). Στο γερμανικό ταμιευτήρα Bautzen έχει χρησιμοποιηθεί συνεχής εφαρμογή σιδήρου κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου με συνδυασμό τεχνητής αποστρωματοποίησης για την πρόληψη των πληθυσμών κυανοβακτηρίων (Deppe και Bennndorf, 2002). Η εφαρμογή σιδήρου μπορεί να συνδυαστεί με επιτυχία με την επεξεργασία των ιζημάτων με νιτρικό ως εναλλακτικό δέκτη ηλεκτρονίων (βλέπε κεφάλαιο A.2.6).

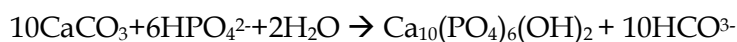
Ένα άλλο μειονέκτημα, είναι ότι ο σίδηρος δεσμεύει αποτελεσματικά μόνο ανόργανο διαλυμένο φώσφορο. Συνήθως δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη κροκκιδωση σωματιδιακού φωσφόρου και κυττάρων. Ως εκ τούτου, η εποχιακή εφαρμογή δεν θα είναι αποτελεσματική και η επεξεργασία της λίμνης μπορεί ενδεχομένως να πραγματοποιηθεί μόνο στα τέλη του φθινοπώρου ή νωρίς την άνοιξη (Sondergaard et al. 2002). Παρόλα αυτά, υπάρχει διαθέσιμη και μια έκθεση σχετικά με την κροκκιδωση των κυανοβακτηρίων (Chow et al. 1998).

Δεν έχουν περιγραφεί τοξικές επιδράσεις του Fe^{3+} σε υδρόβιους οργανισμούς, τουλάχιστον όχι στις συγκεντρώσεις που αφορούν αυτή την επεξεργασία. Παρόλα αυτά, σε σπάνιες περιπτώσεις, η ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων μπορεί να υποστηρίζεται από την επεξεργασία σιδήρου, όταν ο σίδηρος είναι ο περιοριστικός

παράγοντας στη λίμνη (Chorus και Mur, 1999). Στην περίπτωση εφαρμογής FeCl_3 , η συγκέντρωση των χλωριούχων μπορεί να φθάσει έως και αρκετές εκατοντάδες mgL^{-1} . Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις έως 500 mg L^{-1} δεν προκαλούν καμία βιολογική ζημιά. Η εφαρμογή μπορεί να προκαλέσει προσωρινή αλλαγή χρώματος του νερού (καφέ) και θα πρέπει να περιορίζεται το κολύμπι κατά τη διάρκεια της εφαρμογής (Sondergaard et al., 2002).

Ασβέστιο

Μπορεί να προστεθεί στη λίμνη ανθρακικό ασβέστιο (ασβεσίτη, CaCO_3) ή υδροξείδιο του ασβεστίου (άσβεστος, Ca(OH)_2) ως μέσο καθίζησης του φωσφόρου. Ο ασβεστίτης δεσμεύει το φώσφορο ειδικά όταν η τιμή του pH υπερβαίνει το 9,0 και οδηγεί σε σημαντική απομάκρυνση του φωσφόρου από το νερό. Όταν εφαρμόζεται υδροξείδιο του ασβεστίου τότε ο φώσφορος προσροφάται στην επιφάνεια του ασβεστίτη, ή δεσμεύεται μέσα σε ένα κρύσταλλο κατά το σχηματισμό του CaCO_3 (Kleiner, 1988; House, 1990). Διάφορες μορφές ασβεστίτη έχουν επίσης αναφερθεί για την πιθανή χρήση τους ως ενεργοί φραγμοί για την επικάλυψη των ιζημάτων ώστε να μειωθεί η απελευθέρωση φωσφόρου από τα ιζήματα (Hart et al. 2003). Σχηματίζεται υδροξυαπατίτης σε υψηλές τιμές pH, και συγκεντρώσεις Ca^{2+} και διαλυμένου P.



Ο υδροξυαπατίτης έχει τη χαμηλότερη διαλυτότητά του σε τιμή $\text{pH} > 9,5$ και δεσμεύει το φώσφορο πιο έντονα σε υψηλό pH (Cooke et al , 2005). Ωστόσο, εάν το pH μειωθεί τότε αυξάνεται απότομα η διαλυτότητα και απελευθερώνεται P. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα σε ζώνες με έντονη βακτηριακή ανάπτυξη κοντά στα ιζήματα (Driscoll et al. 1993).

Οι περιγραφόμενες εφαρμοζόμενες δόσεις ασβέστου κυμαίνονται από 25 - 300 mg Ca L^{-1} (Sondergaard, 2002). Το πλεονέκτημα του ασβέστη είναι η χαμηλή τιμή του και η μη τοξικότητά του. Ωστόσο, ενδέχεται να προκύψουν αρνητικές συνέπειες για τους υδρόβιους οργανισμούς, λόγω του ότι η εφαρμογή του ασβέστη οδηγεί σε αύξηση του pH του νερού (Miskimmin et al 1995; Yee et al 2000). Σε λίμνες με γλυκό νερό το pH μπορεί εύκολα να υπερβεί τα 11 (Zhang και Prepas, 1996). Η επεξεργασία με ασβέστη αυξάνει επίσης προσωρινά τη θολερότητα του νερού.

Ως πλεονέκτημα, ο ασβέστης και ο ασβεστίτης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη καθίζηση των κυανοβακτηρίων στο νερό (Zhang και Prepas, 1996).

Αργιλικά υλικά

Επίσης ένα ευρύ φάσμα αργιλικών υλικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δεσμευτεί ο φώσφορος από το νερό, όπως είναι οι ζεόλιθοι, ο τροποποιημένος άργιλος και ο καολίνης. Ο ειδικά τροποποιημένος άργιλος Phoslock™ έχει αναφερθεί ότι δεσμεύει επιτυχώς το φώσφορο στα ποτάμια της Canning και Vasse στην Αυστραλία (Robb et al. 2003). Η δυνατότητα του άργιλου να δεσμεύει τον φώσφορο χρησιμοποιείται επίσης και σε τεχνητούς υγρότοπους για την επεξεργασία των λυμάτων (Sakadevan και Bavor, 1998; Drizo et al 1999).

Τα αργιλικά υλικά μπορούν να κροκκιδώνονται αποτελεσματικά και να απομακρύνουν τα κυανοβακτήρια. Στη μελέτη του ο Sengco et al. (2001) έδειξε ότι 25 είδη άργιλου είχαν μεγαλύτερη απόδοση στην απομάκρυνση των κόκκινων και καφέ κυττάρων από την απόδοση που είχαν η αλουμίνα ή το χλωριούχο πολυαλουμίνιο. Έχει αναφερθεί μία εφαρμογή για την απομάκρυνση των πληθυσμών των κυανοβακτηριδίων στο ποτάμι Swan στην Αυστραλία, όπου χρησιμοποιήθηκε ένα μείγμα μπεντονίτη και χλωριούχου πολυαλουμίνιου (Atkins et al., 2001). Ωστόσο δεν έχει αναφερθεί σε λίμνη γλυκού νερού επεξεργασία με άργιλο για την κροκκίδωση των κυανοβακτηριδίων.

2.2.6 Οξείδωση ιζημάτων - Riplox

Η μέθοδος RIPLOX για την οξείδωση των ιζημάτων, η οποία επικεντρώνεται στη μείωση απελευθέρωσης φωσφόρου από τα ιζήματα, έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στη Σκανδιναβία και τη Γερμανία (Ripl, 1994). Αυτή η μέθοδος συνδυάζει την επιφανειακή επεξεργασία των ιζημάτων με νιτρικό ασβέστιο ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), χλωριούχο σίδηρο (FeCl_3) και ασβέστη (CaCO_3).

Ο τριχλωριούχος σίδηρος (FeCl_3) εφαρμόζεται στα ιζήματα με χαμηλό σίδηρο για να αυξηθεί η ικανότητα δέσμευσης του φωσφόρου. Το πλέγμα ατόμων φωσφόρου δεσμεύεται στα ιζήματα από σχηματισμούς $\text{Fe}(\text{OH})_3$, ή απευθείας από το Fe που σχηματίζει FePO_4 . Ο θειικός σίδηρος (FeSO_4) μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί αντί του FeCl_3 . Το πολύ χαμηλό pH που δημιουργείται στο ιζημα ρυθμίζεται με τη προσθήκη ασβέστη για τη δημιουργία βέλτιστης τιμής pH (7 έως 7,5) για την απονιτροποίηση. Στη συνέχεια, προστίθεται το νιτρικό ασβέστιο στα ιζήματα προκειμένου να αυξηθεί η δυνατότητα οξειδοαναγωγής και να υποκινηθεί η απονιτροποίηση για τη μείωση της οργανικής ύλης στα ιζήματα. Στα πλούσια σε οργανική ύλη ιζήματα παρουσιάζεται μια εντατική βακτηριακή υποβάθμιση, η οποία οδηγεί σε γρήγορη κατανάλωση οξυγόνου. Όπως έχει περιγραφεί σε προηγούμενη ενότητα, η μειωμένη δυνατότητα οξειδοαναγωγής οδηγεί κατά συνέπεια σε ταχεία απελευθέρωση P από ενώσεις σιδήρου. Κατά την απονιτροποίηση η οργανική ύλη στα ιζήματα αποδομείται σε τελικά προϊόντα -μοριακό άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Ένα πλεονέκτημα της απονιτροποίησης είναι ότι

εκτελείται σε ένα εύρος δυναμικού οξειδοαναγωγής, όταν ο σίδηρος βρίσκεται σε οξειδωτική μορφή και όχι σε διαλυτή αναγωγική μορφή. Η απονιτροποίηση συνήθως δεν διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε φυσικές λίμνες, επειδή σπάνια υπάρχει επαρκές φορτίο αζώτου σε οξειδωτική κατάσταση (Rippl, 1976; 1994). Το αυξημένο οξειδοαναγωγικό δυναμικό οδηγεί επίσης σε οξείδωση του σιδήρου που έχει δεσμευτεί από σουλφίδιο και την οξείδωση του προς FeOOH , το οποίο είναι επίσης ικανό να δεσμεύει φώσφορο.

Η εφαρμογή πραγματοποιείται συνήθως στα τέλη της άνοιξης. Χημικά μπορούν να εφαρμοστούν μέσω απευθείας έγχυσης στο ανώτερο στρώμα του ιζήματος όπως χρησιμοποιήθηκε στην επεξεργασία της λίμνης Lillesjön (Rippl, 1976). Η μέθοδος έγχυσης είναι πιο αποτελεσματική, ωστόσο, είναι πολύ ακριβή και εφαρμόσιμη μόνο για λίμνες με επίπεδο πυθμένα και ρηχές (Straškraba και Tundisi, 1999). Η επιτυχής χρήση της μεθόδου Riplox περιγράφεται επίσης σε ένα έργο αποκατάστασης του παραπόταμου του Δούναβη στη Βιέννη, όπου η εφαρμογή οδήγησε σε σημαντική μείωση των θρεπτικών και των επιπέδων χλωροφύλλης και μετατόπισε από την επικράτηση των κυανοβακτηρίων σε επικράτηση από πράσινα φύκια και διάτομα. Στην περίπτωση αυτή οι χημικές ουσίες εφαρμόστηκαν στο υδατικό σώμα (Donabaum et al. 1999). Οι εφαρμοζόμενες δόσεις νιτρικών ποικίλλουν από 16 έως 140 g N m^{-2} (Cooke et al, 2005; 1999 Donabaum et al.). Η προσθήκη του χλωριούχου σιδήρου και ασβέστη μπορεί να μην είναι απαραίτητη στις περιπτώσεις όπου το pH είναι αρκετά υψηλό για να ενισχύσει την απονιτροποίηση και η περιεκτικότητα σε σίδηρο στα ιζήματα είναι επαρκής (30-50 mg g^{-1}) για δέσμευση P. Αυτό επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση κόστους (Cooke et al., 2005). Μια άλλη δυνατότητα είναι να εφαρμοστεί νιτρικό άλας ή επεξεργασμένα λύματα πλούσια σε νιτρικά άλατα (Rippl, 1976, 1994). Επιτυχημένη εφαρμογή του Depox®, ένωσης που αναπτύχθηκε πρόσφατα αποτελούμενη από Fe(III) και NO_3^- , έχει αναφερθεί πρόσφατα. Αυτό το υλικό έχει αποθηκευτική ικανότητα για το NO_3^- . Το NO_3^- απελευθερώνεται αργά, ως εκ τούτου, το μειονέκτημα της υψηλής διαλυτότητας του NO_3^- στο νερό μπορεί να επιβραδυνθεί (Wauer et al., 2005).

Δεν έχουν αναφερθεί αρνητικές επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον στις περιπτώσεις όπου εφαρμόστηκε η μέθοδος Riplox.

2.2.7 Ορυκτοποίηση των ιζημάτων

Η μικροβιακή αποσύνθεση των οργανικών ιζημάτων μπορεί να ενισχυθεί πέρα από την επεξεργασία με νιτρικά και με την προσθήκη μικροοργανισμών. Η ορυκτοποίηση των οργανικών ιζημάτων μπορεί να έχει δύο ευεργετικές επιδράσεις. Η μειωμένη περιεκτικότητα οργανικών ενώσεων στα ιζήματα οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης οξυγόνου από τους μικροβιακούς οργανισμούς που πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της αποδόμησης της οργανικής ύλης. Ως εκ τούτου,

πραγματοποιούνται σπανιότερα καταστάσεις ανοξίας στον πυθμένα της λίμνης οι οποίες ακολουθούνται από μεγάλη εισροή P στο νερό. Επιπλέον, τα οργανικά ιζήματα είναι τα πιο κατάλληλα για παρατεταμένο χειμώνα και για μακροπρόθεσμη διατήρηση των κυανοβακτηρίων. Έτσι, η ορυκτοποίηση των ιζημάτων μπορεί επίσης να επηρεάσει αρνητικά την επιβίωση των κυανοβακτηρίων στα ιζήματα.

Πρόσφατα πολλά έτοιμα βιολογικά δείγματα που περιέχουν σαπροφυτικούς μικροοργανισμούς είναι διαθέσιμα στο εμπόριο και συνήθως προσφέρονται για χρήση σε λίμνες και ταμιευτήρες. Αυτά τα δείγματα συνήθως αποτελούνται από επιλεγμένους βακτηριακούς πληθυσμούς που βρίσκονται σταθεροποιημένοι πάνω σε ένα ορυκτό υπόστρωμα. Μερικές φορές τα δείγματα εμπλουτίζονται με βακτηριακά ένζυμα ως βιοκαταλύτες. Ορισμένα δείγματα εμπλουτίζονται με θρεπτικά συστατικά, ως βελτιωτικά στην έναρξη της ανάπτυξης μετά την προσθήκη τους στο νερό. Παρόλα αυτά, στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι απαραίτητο για την υποστήριξη της ανάπτυξης και της δραστηριότητας των προστιθέμενων μικροοργανισμών, ο παράλληλος αερισμός τους ή οξείδωση των ιζημάτων με την προσθήκη άλλου δέκτη ηλεκτρονίων, όπως τα νιτρικά. Διαφορετικά, η μέθοδος δεν είναι αποτελεσματική. Πρόσφατα, διάφορα είδη από αυτά τα έτοιμα βιολογικά δείγματα βρίσκονται διαθέσιμα στη Τσεχία, όπου διανέμονται για χρήση ακόμη και σε μεγαλύτερους ταμιευτήρες, δυστυχώς χωρίς την απαίτηση για παράλληλη οξείδωση και συχνά χωρίς γνώση της χημείας των ιζημάτων και του συγκεκριμένου οικοσυστήματος.

2.3 Τεχνητά και φυσικά μέτρα εντός της λίμνης

2.3.1 Αραιώση και έκπλυση

Σε σπάνιες περιπτώσεις, η ποιότητα του νερού στη λίμνη ή τον ταμιευτήρα μπορεί να βελτιωθεί μέσω της αραιώσης του με νερό από άλλες εξωτερικές πηγές. Η συγκέντρωση των περιοριστικών θρεπτικών συστατικών για την ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων αραιώνεται και το ποσοστό ανταλλαγής του νερού αυξάνεται, το οποίο οδηγεί επίσης σε μεγαλύτερη απώλεια (έκπλυση) της άλγης από τη λίμνη. Η έκπλυση από τα φύκια μπορεί να έχει επιπτώσεις ακόμη και αν χρησιμοποιείται νερό με υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά (Welch, 1981).

Η αραιώση και έκπλυση έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε πολλές λίμνες. Η σημαντική μείωση των πληθυσμών των κυανοβακτηρίων με αυτή τη μέθοδο επιτεύχθηκε στη λίμνη Moses στην Ουάσιγκτον (Welch και Patmond, 1990), μετά τη μείωση του χρόνου κατακράτησης του νερού από 10 σε 5 ημέρες. Μετά την αραιώση στη λίμνη Green οδήγησε σε μείωση του CCA 50 % στα θρεπτικά συστατικά και της περιεχόμενης άλγης και σε αύξηση της διαφάνειας του νερού (Welch et al, 1972).

Στη λίμνη Veluwe (Netherlands) η επιτυχής αποκατάσταση της λίμνης επιτεύχθηκε με έκπλυση με νερό με χαμηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο αλλά με υψηλή περιεκτικότητα σε νιτρικό άλας και ασβέστιο. Ο πληθυσμός των κυανοβακτηρίων αντικαταστάθηκε από πράσινα φύκια και διάτομα (Hosper και Meijer, 1986; Jagtman et al 1992; Sas, 1989). Ωστόσο, λόγω των μεγάλων ποσοτήτων νερού που απαιτούνται, αυτή η μέθοδος σπάνια εφαρμόζεται.

2.3.2 Τεχνητή αποστρωματοποίηση (ανάμειξη)

Η ανάμειξη του νερού της λίμνης οδηγεί σε βελτίωση της οξυγόνωσης σε ολόκληρο το σώμα του νερού με κύρια οφέλη τη μείωση της απελευθέρωσης P από τα οξειδωμένα ιζήματα και τη δημιουργία ευνοικών συνθηκών για τους αερόβιους οργανισμούς (βλέπε επίσης στο κεφάλαιο Α.2.4). Εκτός αυτού, η μόνιμη ανάμειξη του νερού μπορεί να έχει άμεσα θετική επίδραση στη βιομάζα και τη σύνθεση του φυτοπλαγκτόν.

Η θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση της λίμνης το καλοκαίρι ευνοεί την ανάπτυξη των gas-vacuolated κυανοβακτηριδίων. Σε αντίθεση με άλλα είδη φυτοπλαγκτόν, αυτά είναι σε θέση να ρυθμίζουν τη θέση τους στο σώμα του νερού (πλευστότητα) και επομένως να χρησιμοποιούν τόσο τα θρεπτικά συστατικά του πυθμένα όσο το φως στην επιφάνεια του νερού (Reynolds et al., 1987). Η συνεχής ανάμειξη του νερού καταστρέφει τη διαστρωμάτωση του υδάτινου αποδέκτη, ως εκ τούτου, καταστρέφεται και το πλεονέκτημα της πλευστότητας των κυανοβακτηρίων προς όφελος της άλγης και για τα ταχύτερα αναπτυσσόμενα πράσινα φύκια που δεν έχουν τη δυνατότητα πλευστότητας. (Reynolds et al., 1984). Η ταχύτητα ανάμειξης θα πρέπει να είναι αρκετά υψηλή ώστε να υπερβαίνει την ταχύτητα επίπλευσης των συγκεκριμένων κυανοβακτηρίων που υπάρχουν στη λίμνη (Visser et al, 1996; Jungo et al, 2001). Η επικράτηση των κυανοβακτηρίων μπορεί να μετατοπισθεί σε επικράτηση από τα πράσινα φύκια, ως αποτέλεσμα στη μείωση του pH και τη συνακόλουθη αύξηση του ελεύθερου CO₂, οι οποίες είναι συνθήκες πιο ευεργετικές για την πράσινη άλγη (Shapiro, 1984, Deppe κ.ά., 1999). Η ανάμειξη οδηγεί επίσης σε μείωση του φυτοπλαγκτόν που αναπτύσσεται στο νερό μέσω του περιορισμού του φωτός, καθώς το φως που προσλαμβάνουν στη ζώνη φωτός είναι ανεπαρκές για την πραγματοποίηση φωτοσύνθεσης. Αυτό είναι πιο πιθανό να πραγματοποιηθεί σε λίμνες πλούσιες σε θρεπτικά συστατικά όπου το φως αποτελεί πιο περιοριστικό παράγοντα από ότι τα θρεπτικά συστατικά. Η επίδραση της ανάμειξης έχει αποτελέσματα σε πιο βαθιές λίμνες. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί επίσης να λειτουργήσει και σε ρηχές λίμνες με υψηλότερη θολότητα και ως εκ τούτου με μεγαλύτερη μείωση του φωτός (Cooke et al., 2005).

Η συνεχής ανάμειξη επιτυγχάνεται συνήθως με την εισαγωγή φουσαλίδων αέρα στον πυθμένα της λίμνης. Οι ανερχόμενες φουσαλίδες ωθούν το υπολίμνιο νερό στην

επιφάνεια, δημιουργώντας έτσι ένα ρεύμα συνεχής κυκλοφορίας (Verner, 1994). Υπάρχει επίσης η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν αντλίες. Η διάταξη αερισμού συνήθως ενεργοποιείται μετά την άνοιξη και λειτουργεί καθόλη τη διάρκεια της σεζόν έως την αρχή της ανάμειξης του φθινόπωρου. Σύμφωνα με τον Reynolds et al. (1984) επαρκή ή ακόμα και καλύτερα αποτελέσματα μπορούν να επιτευχθούν με μη συνεχόμενη ανάμειξη (περίοδο 3 εβδομάδων), παρά με τη συνεχόμενη. Αυτό επίσης οδηγεί σε μείωση του κόστους λειτουργίας.

Υπάρχουν μόνο μερικά παραδείγματα που αναφέρουν αρνητικές επιπτώσεις της τεχνητής αποστρωματοποίησης. Στην περίπτωση που περιγράφεται από τους Fast και Hulquist (1982), η χρήση πεπιεσμένου αέρα για την αποστρωματοποίηση μιας λίμνης προκάλεσε υπερκορεσμό του νερού με διαλυμένο άζωτο και προκάλεσε θάνατο ψαριών. Η ανάμειξη μπορεί επίσης να επηρεάσει τη σύνθεση του φυτοπλαγκτόν (Pastorak et al., 1980). Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού του πυθμένα μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις για ορισμένα είδη ψαριών του ψυχρού νερού (McComas, 2002, Cooke et al., 2005). Σε ορισμένες περιπτώσεις, η μέθοδος αυτή μπορεί να φέρει στο επιλίμνιο νερό πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, το οποίο μπορεί να προκαλέσει ακόμα πιο εντατική ανάπτυξη κυανοβακτηρίων .

Η τεχνητή αποστρωματοποίηση με στόχο τον έλεγχο των πληθυσμών των κυανοβακτηρίων, γνωστή από τη λίμνη Nieuwe (Netherlands), αποτέλεσε μακροχρόνια επιτυχημένη περίπτωση. Κατά τη περίοδο της ανάμειξης, η επικράτηση των κυανοβακτηρίων (80 %) μετατοπίστηκε στο 5-25 % των κυανοβακτηρίων, ενώ η αναλογία από τα πράσινα φύκια, flagellates και διάτομα αυξήθηκε. Από τα είδη των κυανοβακτηρίων, μειώθηκαν περισσότερο τα *Microcystis*.

Αυτή η μέθοδος, ωστόσο, ελέγχει τους πληθυσμούς των κυανοβακτηρίων μόνο σε κάποιο βαθμό, και μπορεί να είναι επιτυχής στην περίπτωση που υπάρχουν χαμηλότερα επίπεδα φωσφόρου στο νερό και κυανοβακτηριδίων.

2.3.3 Υπέρηχοι

Οι πιο συνηθισμένοι πληθυσμοί κυανοβακτηριδίων που σχηματίζονται είναι τα *Microcystis*, *Anabaena*, *Planktothrix*, *Aphanizomenon* και *Woronichinia*, και συγκαταλέγονται στα gas-vacuolated κυανοβακτηριδία. Η πλευστότητά τους τους επιτρέπει να ρυθμίζουν το θέση τους στο νερό, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα είδη φυτοπλαγκτόν και, ως εκ τούτου βοηθά την υπέρμετρη ανάπτυξη τους. Η εφαρμογή υπερήχων (3 δευτερόλεπτα 120 W ισχύς, 28 kHz) προκαλεί τη διαταραχή των κυανοβακτηριδίων και οδηγεί στην καθίζησή τους στο πυθμένα της λίμνης. Σε αντίθεση με την επεξεργασία φυκοκτόνων, η χρήση υπερήχων δεν αυξάνει την απελευθέρωση μικροκυστινών από τα κύτταρα (Lee et al., 2001).

Ωστόσο, τα κυανοβακτηριδία αναπτύσσονται ξανά σε μικρό χρονικό διάστημα μετά

τη διακοπή των υπερήχων (Ahn et al., 2003α), το γεγονός αυτό συμβαδίζει με τα αποτελέσματα του Walsby (1992) ο οποίος παρατήρησε επανασύνθεση των κυανοβακτηριδίων σε 20 ώρες ακόμα και στο σκοτάδι. Άλλες πτυχές που σχετίζονται με την επίδραση των υπερήχων έχουν επίσης μελετηθεί. Μετά την χρήση υπέρηχων, έχει παρατηρηθεί μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα (Lee et al, 2001). Οι υπέρηχοι προωθούν επίσης τη στενή επαφή με το βακτήριο *Mycobacter*, το οποίο οδηγεί στην καταστροφή των κυανοβακτηριδίων (Lee et al., 2002).

Ο υπέρηχος μπορούν να εφαρμοστούν απευθείας στο νερό, παρόλα αυτά όμως μπορεί να έχει επιβλαβείς συνέπειες για τα ψάρια σε περίπτωση που δε ρυθμιστούν κατάλληλα οι παράμετροι. Συνεπώς οι υπέρηχοι είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται σε κλειστά συστήματα. Η μέθοδος έχει εφαρμοστεί πειραματικά σε μία λίμνη στην Ιαπωνία, με μη ικανοποιητικά αποτελέσματα (Nakano et al., 2001). Παρόλο που η εφαρμογή των υπέρηχων εμφανίζει προοπτικές στον έλεγχο των πληθυσμών των κυανοβακτηριδίων, υπάρχει ωστόσο έλλειψη στην πληροφόρηση σχετικά με τις επιδράσεις των υπέρηχων στα υδάτινα οικοσυστήματα. Δεν υπάρχουν διαθέσιμες θετικές αναφορές από τη χρήση υπέρηχων.

2.3.4 Η μηχανική απομάκρυνση των κυανοβακτηρίων

Σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται μαζική ανάπτυξη κυανοβακτηριδίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν δίχτυα όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση των πετρελαιοκηλίδων. Οι μονάδες μπορούν να σύρονται από σκάφος και οι συγκεντρωμένοι αφροί στην επιφάνεια να αντλούνται. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης διάφοροι τύποι φιλτραρίσματος του νερού. Ωστόσο, μόνο ένα μικρό τμήμα του πληθυσμού των κυανοβακτηρίων στη λίμνη μπορεί να αφαιρεθεί με τη μηχανική αφαίρεση εξαιτίας της παρουσίας των κυανοβακτηρίων σε ολόκληρο το σώμα του νερού και στα ιζήματα. Υπάρχει επίσης το επακόλουθο πρόβλημα με τη διάθεση της κολλώδους και συχνά τοξικής βιομάζας που απομακρύνεται από το νερό. Θα μπορούσαμε να λάβουμε υπόψη την κομποστοποίησή ή την καύση τους. Είναι προτιμότερη η κροκίδωση και καθίζηση των κυανοβακτηρίων στον πυθμένα της λίμνης από τη μηχανική απομάκρυνση (βλέπε κεφάλαιο Α.2.5). Ένα μικρό πλεονέκτημα της μηχανικής αφαίρεσης είναι ότι με αυτό το τρόπο απομακρύνεται και ένα μέρος των θρεπτικών συστατικών που περιέχονται στη βιομάζα.

2.3.5 Ξήρανση ιζημάτων

Στο Ρουλίτσκονά et al (1998) ανεφέρθηκε η μείωση των πληθυσμών *Microcystis* για τρία χρόνια μετά την απομάκρυνση των ιζημάτων, ως αποτέλεσμα της αφαίρεσης των επιφανειακών τμημάτων των ιζημάτων. Ωστόσο, τα έργα εκσκαφής είναι γενικά ακριβά, ενώ απαιτείται μια κατάλληλη περιοχή απόθεσης των ιζημάτων. Η ξήρανση

των ιζημάτων μπορεί να είναι ευκολότερη και λιγότερο δαπανηρή από ότι η εκσκαφή των ιζημάτων, ειδικά στην περίπτωση ενός ρηχού ταμιευτήρα (Tsuji-mura, 2004). Οι Baker και Bellifemine (2000) έδειξαν ότι η αφυδάτωση του *Anabaena circinalis* για σύντομες περιόδους θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά την ικανότητά τους να βλαστήσουν. Δεν βρέθηκαν εκθέσεις για την αφυδάτωση των *Microcystis* sp., αλλά μπορούμε να αναμένουμε μικρότερη αντοχή στην αφυδάτωση. Από την άλλη πλευρά, το παχύ κολλώδες στρώμα των *Microcystis* sp. μπορεί να παρέχει κάποια προστασία στην ξήρανση.

2.4. Βιολογικός Έλεγχος

2.4.1 Βιοχειραγώγηση

Ο όρος βιοχειραγώγηση επινοήθηκε από τους Hrbáček et al. (1961) και αργότερα χρησιμοποιήθηκε από τον Shapiro και άλλοι (1975), ως όρος στις μεθόδους διαχείρισης ποιότητας υδάτων λιμνών βάσει των βιολογικών παρεμβάσεων. Ο Shapiro συμπεριέλαβε τις επιδράσεις της βιομάζας αλγών από τον έλεγχο που ασκούν από πάνω προς τα κάτω τα ιχθυοφάγα στα ζωοπλακτονοφάγα και τις κάτω προς τα επάνω επιδράσεις στις άλγες, όπως για παράδειγμα ο κύκλος των θρεπτικών ουσιών από τα βενθοφάγα ψάρια. Στη σύγχρονη λιμνολογία η μέθοδος αυτή συνήθως αναφέρεται ως έλεγχος από τα πάνω προς τα κάτω. Η αρχή αυτή βασίζεται στην χειραγώγηση του τροφικού καταρράκτη (trophic cascade). Ως αποτέλεσμα της μείωσης της πίεσης στην τροφοδοσία των ιχθύων στα ζωοπλαγκτόν, μεγάλα είδη ζωοπλαγκτόν κυριαρχούν, που είναι ικανά να διατηρήσουν τα επίπεδα φυτοπλαγκτόν χαμηλά. Η επιθυμητή σύνθεση των πληθυσμών των ψαριών μπορεί να επιτευχθεί με τη αλίευση μη αρπακτικών ψαριών και με την αντίστοιχη εισαγωγή αρπακτικών ψαριών. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου βιοχειραγώγησης από πάνω προς τα κάτω είναι περιορισμένη. Ο αριθμός των άρθρων που έχουν γραφτεί για αυτό το θέμα δείχνει ότι για να είναι η μέθοδος επιτυχής, θα πρέπει να πληρούνται ειδικές προϋποθέσεις (Gulati και άλλοι 1990, Reynolds 1994; DeBernardi και Giussani 1995, Shapiro 1995, Perrow και άλλοι 1997, Lazzaro 1997).

Η βιοχειραγώγηση συνήθως δεν είναι πολύ αποτελεσματική στην περίπτωση εξαιρετικά ευτροφικών λιμνών και ταμιευτήρων, όπου η συνολική συγκέντρωση φωσφόρου υπερβαίνει τα 100 $\mu\text{g L}^{-1}$. Τα πιο αποτελεσματικά παραδείγματα βιοχειραγώγησης εφαρμόζονται σε σχετικά μικρά υδατικά συστήματα, λόγω της μεγάλης δυσκολίας συνεχούς χειραγώγησης πληθυσμών ψαριών σε αντίστοιχες μεγάλες. Επίσης, η διαδικασία βιοχειραγώγησης δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μια μέθοδος ρουτίνας, δεδομένου ότι εξαρτάται από έναν αριθμό περιστάσεων και μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο με τη συμμετοχή ενός ειδικευμένου λιμνολόγου. Συχνά, είναι απαραίτητη η συνεχής συντήρηση. (Cooke και άλλοι 2005; Jørgensen και άλλοι 2002).

Στην περίπτωση της επικράτησης των *Microcystis* η βόσκηση του ζωοπλαγκτού είναι περιορισμένη, κυρίως εξαιτίας των μεγαλύτερων αποικιών, οι οποίες είναι ελάχιστα βρώσιμες για τα περισσότερα είδη ζωοπλαγκτού (Boing και άλλοι 1998, Yang και άλλοι 2006). Σε περίπτωση αυξημένου αριθμού μικρότερων ειδών ζωοπλαγκτού, οι πράσινες άλγες προτιμώνται για βόσκηση, η οποία μπορεί να υποστηρίξει ακόμα και την επικράτηση κυανοβακτηρίων. Έχουν καταγραφεί οι τοξικές επιδράσεις των κυανοβακτηρίων σε είδη *daphnia* (Thostrup και Christoffersen, 1999, Rohlack και άλλοι 2005), η οποία μπορεί επίσης να επηρεάσει αρνητικά την αποτελεσματικότητα, εάν η βιοχειραγώγηση επικεντρωθεί στον έλεγχο της άνθισης κυανοβακτηρίων. Ωστόσο, οι δαφνίδες σε λίμνες με συνήθη παρουσία άνθισης κυανοβακτηρίων μπορεί να είναι ήδη ανθεκτικά σε κυανοτοξίνες (Nandini και Rao, 1998), οπότε δεν μπορεί να αποκλειστεί η αποτελεσματική βόσκηση.

Πιο πιθανόν, η βιοχειραγώγηση μπορεί να μειώσει την ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων μέσω της επίδρασης από κάτω προς τα επάνω στην περίπτωση της απομάκρυνσης των ψαριών. Λόγω της αλειας και των οικονομικών συμφερόντων, οι λίμνες (φυσικές ή τεχνητές) είναι συνήθως υπερφορτωμένες με βενθοφάγα κυπρινοειδή. Βενθοφάγα ψάρια επαναιωρούν μεγάλες ποσότητες ιζημάτων, οι οποίες ενισχύουν τη μεταφορά φωσφόρου και κυττάρων κυανοβακτηρίων στο υδατικό σώμα. Εκτός αυτού, θα ξεριζώνουν τα υδρόβια φυτά και η απέκκριση τους συμβάλλει στα φορτία φωσφόρου. Ως εκ τούτου, η απομάκρυνση της σημαντικής ποσότητας των βενθοφάγων ψαριών συνιστάται ιδιαίτερα εάν ο έλεγχος της άνθισης κυανοβακτηρίων είναι ο στόχος του έργου αποκατάστασης της λίμνης-(Gehrke και Harris, 1994).

Πιο πρόσφατα, ο όρος βιοχειραγώγηση αναφέρθηκε σε όλες σχεδόν τις πρακτικές οικολογικής χειραγώγησης σε σχέση με τη διαχείριση αλγών και τα υδρόβια φυτών. Σε ξεχωριστά κεφάλαια θα γίνει αναφορά στα αποτελέσματα των μακρόφυτων ή στην βόσκηση από φυτοφάγα ψάρια.

2.4.2. Φυτοφάγα Ψάρια

Μία μέθοδος για τη μείωση ανάπτυξης της άνθισης κυανοβακτηρίων είναι η άμεση βόσκηση από φυτοφάγα ψάρια. Το φυτοπλαγκτόν είναι η κύρια τροφή ειδικά για την ασημοκυπρίνο (*Hyporhthalmichthys molitrix*) και επίσης εν μέρει για τον μαρμαροκυπρίνο (*Aristichthys nobilis*). Ωστόσο, αρκετές μελέτες ανέφεραν ότι η μεταβολική δραστηριότητα του φυτοπλαγκτού μετά το πέρασμα στο έντερο παραμένει ανεπηρέαστο ή ακόμα αυξάνεται (Miura & Wang 1985, Friedland και άλλοι 2005, Kolmakov και Gladyshev, 2003, Gavel και Maršálek 2004). Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις που προωθούνται από τις μελέτες οικοσυστημάτων, στις οποίες περιγράφεται η αποτελεσματική χρήση της τιλάπιας του Νείλου (*Oreochromis niloticus*) για τον έλεγχο της άνθισης κυανοβακτηρίων (Gulati 1990, Figueredo 2005).

Η τιλάπια του Νείλου είναι γνωστό ότι έχει μια εξαιρετικά χαμηλή τιμή pH στο στομάχι της (Getachew, 1989), ως εκ τούτου είναι πιθανή η αυξημένη καταστροφή των κυανοβακτηρίων μετά την κατάποση τους.

Πρόσφατα έχει αποδειχθεί πως μπορεί να επιτευχθεί απώλεια μεγαλύτερη από 95% της βιωσιμότητας των αποικιών *Microcystis* μετά το πέρασμα τους από το εντέρο (Jančula και άλλοι, 2007). Ακόμα κι έτσι, η χρήση αυτών των τροπικών ειδών για τον έλεγχο ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων σε λίμνες είναι περιορισμένη.

Η ανάπτυξη κυανοβακτηρίων μπορεί να εκδηλωθεί ακόμη και αν υπάρχουν φυτοφάγα ψάρια, λόγω της αυξημένης απελευθέρωσης θρεπτικών συστατικών από την πέψη των μακρόφυτων, το αποτέλεσμα του οποίου ονομάζεται *ichthyoeutrophication* (Oruszyński, 1978). Η επλεκτική βόσκηση άλλων ειδών εκτός των κυανοβακτηρίων μπορεί επίσης να συμβάλλει στην επικράτηση των κυανοβακτηρίων. Ακόμη και αν επέλθει σημαντική βόσκηση συγκεκριμένων ειδών κυανοβακτηρίων, συνήθως αντικαθίστανται από την άνθιση άλλων ειδών κυανοβακτηρίων.

2.4.3. Μακρόφυτα και Περίφυτα

Η παρουσία των μακρόφυτων σε λίμνες και ταμιευτήρες είναι ευεργετική για πολλούς λόγους. Οι λίμνες που επικρατούν μακρόφυτα είναι ανθεκτικά στην εμφάνιση επικράτησης και κυανοβακτηρίων και αλγών, επειδή τα ριζωμένα φυτά μειώνουν την επαναιώρηση ιζημάτων από το άνεμο και τη διέλευση σκαφών, παρέχουν καταφύγιο κατά τη διάρκεια της ημέρας στα *Daphnia* και σκιά και ως εκ τούτου δροσερό νερό στις παράκτιες ζώνες. Τα μακρόφυτα επίσης αφαιρούν μέρος των θρεπτικών ουσιών και ενεργούν ως στάδιο για τα περίφυτα, τα οποία αφαιρούν περαιτέρω ποσότητα διαλυμένου φωσφόρου (Cooke και άλλοι, 2005, McComas, 2002). Μερικά μακρόφυτα απελευθερώνουν επίσης αλληλοπαθητικές ενώσεις που δρουν ανασταλτικά στα κυανοβακτήρια. Ειδικότερα, έχουν καταγραφεί τα ανασταλτικά αποτελέσματα των ειδών *Miriophyllum*, *Chara* και *Elodea* (Saito και άλλοι 1989 Nakai και άλλοι 1996, Berger και Shagerl, 2003, Erhard και Gross, 2006).

Ωστόσο, υπάρχει ένα όριο σταθερότητας θρεπτικών ουσιών σε σχέση με τη κατάσταση επικράτησης μακροφυτών στις λίμνες, περίπου $50-100 \mu\text{g P L}^{-1}$. Εάν το φορτίο θρεπτικών ουσιών παραμένει υψηλότερο, η ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού ή κυανοβακτηρίων θα παραμένει κυρίαρχο. Η μείωση των φορτίων P αυξάνει την πιθανότητα η κυριαρχία των κυανοβακτηρίων ή αλγών σε μια λίμνη μπορεί να μεταβεί σε κατάσταση επικράτησης μακρόφυτων, δηλαδή καθαρό νερό. Ωστόσο, υπάρχει μια αντίσταση της λίμνης τόσο στην αύξηση όσο και στη μείωση των φορτίων θρεπτικών ουσιών. Στις λίμνες όπου επικρατούν τα μακρόφυτα μπορεί να διατηρηθεί καθαρό νερό, ακόμη και στην περίπτωση υψηλού φορτίου θρεπτικών

ουστατικών, ενώ η ποιότητα του νερού σε λίμνες που επικρατεί το φυτοπλαγκτόν ίσως δεν μπορεί να βελτιωθεί ακόμη κι αν οι συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών μειωθούν σημαντικά (Cooke και άλλοι 2005).

Υπάρχουν αρκετές άλλες πιθανές αιτίες που μπορεί να εμποδίζουν την ανάπτυξη των ριζωμένων υδρόβιων φυτών, οι οποίες μπορεί να επιλυθούν εν μέρει με πρόσθετα μέτρα -τη επίδραση των κυμάτων (θα μπορούσε να λυθεί με την προσωρινή εγκατάσταση κυματοθραυστικών) , το περιορισμό φωτός (μείωση θολότητας με καθίζηση και κροκίδωση), το ξερίζωμα φυτών από ψάρια (μείωση των αποθεμάτων ψαριών) , πάπιες , χήνες , κύκνους και θαλάσσιες χελώνες που τρέφονται με φυτά (κατασκευή προστατευτικών κλουβιών) , ανενεργούς σπόρους (μπορούν να ενεργοποιηθούν από την ξηρασία κατά τη διάρκεια του χειμώνα). Για να επιταχυνθεί η διαδικασία αποκατάστασης της επικράτησης μακρόφυτων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της μεταφύτευσης φυτών, αλλά πρέπει να εξαλειφθούν πιθανοί περιοριστικοί παράγοντες (McComas 2002) . Ωστόσο , η σταθερή κατάσταση επικράτησης μακρόφυτων μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε ρηχές λίμνες, όπου η περιοχή που αποικίστηκε από μακρόφυτα μπορεί δυνητικά να πλησιάσει το 100%. Οι βαθιά διμεκτικές λίμνες έχουν μικρές παράκτιες ζώνες και τα μακρόφυτα ίσως να έχουν περιορισμένες επιπτώσεις στη διατήρηση ύδατος υψηλής καθαρότητας (Cooke και άλλοι 2005).

Τα μακρόφυτα μπορούν να ενεργούν ως στάδιο για τα περίφυτα, τα οποία αφαιρούν ποσότητα του διαλυμένου φωσφόρου (McComas 2002). Η απομάκρυνση του φωσφόρου από τα περίφυτα μπορεί επίσης να ενισχυθεί τεχνητά ακόμη και στην περίπτωση που λείπουν μακρόφυτα . Σημαντικές ποσότητες φωσφόρου (100 mg TP ανά m²) απομακρύνθηκαν με την εγκατάσταση φύλλων PP στη λίμνη στη μελέτη των Jöbgen et al. (2004) .

2.4.4 Άλλοι οργανισμοί

Πολλοί άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί έχουν εξεταστεί και μελετηθεί για τον περιορισμό της ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων. Η χρήση τους βασίζεται στις αρχές της θήρευσης, παρασιτισμού ή απελευθέρωσης μεταβολιτών που καταστέλλουν την ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων. Έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία μελέτες με ιούς, βακτήρια, άλγη, μύκητες και πρωτόζωα. Ειδικά ο παρασιτισμός των βακτηρίων και των ιών παρουσιάζει ενδιαφέρον λόγω της επίδρασής τους μόνο σε συγκεκριμένα είδη κυανοβακτηρίων και, ως εκ τούτου, δεν επηρεάζουν άλλους υδρόβιους οργανισμούς. Παρόλα αυτά, η μεγάλης κλίμακας καλλιέργεια πολλών από αυτούς τους οργανισμούς είναι προβληματική. Είναι επίσης γνωστό ότι τα κυανοβακτήρια αναπτύσσουν αντίσταση στην οποία βασίζεται η παραγωγή αντιβιοτικών (βακτήρια, μύκητες). Η γνώση σε αυτό το τομέα βασίζεται ως επί το πλείστον μόνο σε

εργαστηριακές μελέτες και δεν έχουν αναφερθεί επιτυχής άμεσες εφαρμογές σε όλη την κλίμακα της λίμνης. Ως εκ τούτου, παρουσιάζεται ακολούθως μια σύντομη ανασκόπηση μόνο.

Ιοί

Οι ιοί των κυανοβακτηρίων (cyanophages) συνήθως παρουσιάζονται σε θαλάσσιο περιβάλλον καθώς και σε υδάτινο περιβάλλον γλυκού νερού (ergh 1989, Suttle, 1990), όπου διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των κυανοβακτηρίων κατά τη διάρκεια της σεζόν (Manage et al, 1999, 2001). Οι πρώτες ενδείξεις για πιθανή χρήση των ιών για τον έλεγχο των κυανοβακτηρίων αναφέρθηκαν από Safferman και Morris (1964). Υπάρχουν μερικές πρόσφατες μελέτες που ασχολούνται με τον πιθανό έλεγχο της ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων με τη χρήση ιών (Yoshida, 2006, Tucker και Pollard, 2005). Ωστόσο, υπάρχουν πολλά προβλήματα που κάνουν τη χρήση των ιών σχεδόν αδύνατη στη πράξη. Η απομόνωση και η καλλιέργεια των κυανοφάγων είναι προβληματική ή σχεδόν αδύνατη. Τα κυανοβακτήρια γίνονται ανθεκτικά στα κυανοφάγα έτσι η επίδραση θα είναι προσωρινή (Cannon et al. 1976). Επιπλέον ο ιός ειδικεύεται για ένα συγκεκριμένο στέλεχος και συχνά δεν επηρεάζει κυανοβακτήρια από άλλη τοποθεσία, ακόμη και αν το είδος είναι το ίδιο (Waterbury και Valois, 1993). Ακόμη και μετά την μείωση των συγκεκριμένων κυανοβακτηρίων από ιούς, τα κυανοβακτήρια μπορούν να αντικατασταθούν εύκολα από άλλα είδη (van Hannen et al. 1999).

Βακτήρια

Τα βακτήρια μπορούν να διαλύσουν τα κυανοβακτήρια με την παραγωγή εξωκυτταρικών διαλυτικών ενζύμων ή με την δημιουργία λύσις (διάλυση του κυανοβακτηρίου). Τα αποτελέσματα της διάλυσης επιλεκτικά για τους σχηματιζόμενους πληθυσμούς κυανοβακτηρίων αναφέρονται στην περίπτωση των βακτηρίων *Alcaligenes denitrificans* (Manage et al . 2000), *Bacillus* sp. (Reim et al . 1974), *Bdellovibrio* - βακτήρια (Sallal , 1994), *Myxococcus* sp. (Daft et al 1985;. Daft και Stewart , 1971), *Flexibacterium* (Gromov et al 1972), και *Pseudomonas* sp. ή *Spingomonas* sp. παραγωγή διαλυτικού παράγοντα Argimicin A (Sugiura et al. 1993, Imamura et al. 2000, 2001). Το Actinomycete *Streptomyces exfoliatus* προκάλεσε 50% θνησιμότητα των *Anabaena*, *Microcystis* a *Oscillatoria* (Sigee et al. 1999). Μερικά κυανοβακτήρια εξωκυτταρικοί μεταβολίτες προκαλούν επίσης αναστολή της ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων, της φωτοσύνθεσης ή του μεταβολισμού. Πιο πρόσφατα περιγράφει ισχυρή επιλεκτική αναστολή ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων *Microcystis aeruginosa* και *Anabaena affinis* από surfactin που παράγεται από το *Bacillus subtilis* C1. Παρόμοια, η ουσία διάλυσης των κυανοβακτηρίων ουσία από το *Bacillus cereus* έχει περιγραφεί (Nakamura et al., 2003a, 2003b), καθώς επίσης έχει βρεθεί και η διαδικασία διάλυσης προς το *Aphanizomenon flos- aquae* (Shi, 2006). Έχει αναφερθεί η διάλυση των *Microcystis aeruginosa* από *Streptomyces neyagawaensis* (Choi et al., 2005).

Φύκια

Εκτός από τα μακρόφυτα, ορισμένα πλαγκτονικά άλγη μπορούν επίσης να προκαλέσουν αλληλοπαθητικές ενώσεις αναστολής της ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων. Οι Wu et al. (1998) απέδειξαν ότι απόσταση από το dinophyte *Peridinium bipes* προκαλεί αλλαγές στη διαπερατότητα της μεμβράνης του κυανοβακτηρίου *Microcystis aeruginosa*.

Μύκητες

Παρασιτισμός του κυανοβακτηρίου από το μύκητα chytridiaceous *Rhizophidium planktonicum* έχει φανεί (Canter και Lund, 1951), ωστόσο, οι μύκητες chytridiaceous αργότερα θεωρήθηκαν ότι είναι περιορισμένης χρήσης λόγω των δυσκολιών στην καλλιέργεια τους σε μεγάλη κλίμακα (Daft et al., 1985). Οι Redhead και Wright (1978) κατέδειξαν συγκεκριμένες ανταγωνιστικές επιδράσεις των 62 μη - chytrid μύκητων σε *Anabaena flos-aquae*, αλλά και σε άλλα κυανοβακτήρια νηματοειδή ή μονοκύτταρα.

Πρωτόζωα

Μέσα στο υδάτινο οικοσύστημα, τα πρωτόζωα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μείωση των πληθυσμών του φυτοπλαγκτόν κατά τη βόσκηση και φαγοκυττάρωση (Canter et al., 1990). Η αρπακτικότητα στα κυανοβακτήρια περιγράφεται στην περίπτωση ciliates *Furgasonia* (Pajdak - Stos, 2001), *Nassula* (Brabrand et al 1983; Canter et al 1990) και *Pseudomicrothorax* (Fialkowska και Pajdak - Stos, 2002), *amoeba amoeba* (Ho and Alexander, 1974) και flagellate *guttula Monas* (Sugiura et al. 1990). Ωστόσο, οι περισσότεροι σχηματιζόμενοι πληθυσμοί κυανοβακτηρίων σχηματίζουν αποικίες, οι οποίες τα εμποδίζουν από το να βοσκούν τα πρωτόζωα.

2.5 Αλγοκτόνα

Η επεξεργασία με αλγοκτόνα υπήρξε μία από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους που έχουν συζητηθεί για τον έλεγχο των αλγών και των πληθυσμών κυανοβακτηρίων. Στην περίπτωση των ενώσεων που εφαρμόζονται για την επιλεκτική αναστολή της ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων, ο πιο ακριβής όρος που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί είναι κυανοκτόνα. Υπάρχουν πολλές ενώσεις τοξικές για τα κυανοβακτήρια, που είναι σε θέση να τα θανατώσει, ή να αναστέλλει την ανάπτυξή τους. Ωστόσο, η χρήση των περισσότερων από αυτά είναι περιορισμένη λόγω των μη επιλεκτικών επιδράσεών τους και η τοξικότητα σε άλλους μη στοχευόμενους υδρόβιους οργανισμούς. Ακόμη και στην περίπτωση όπου συγκεκριμένη ένωση επηρεάζει επιλεκτικά μόνο τα κυανοβακτήρια, εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένες προβληματικές πτυχές που περιορίζουν τη χρήση του. Θανάτωση των ήδη αναπτυγμένων πληθυσμών κυανοβακτηρίων μπορεί να οδηγήσει σε απελευθέρωση

των περιεχομένων των κυττάρων (συμπεριλαμβανομένων και τοξινών) σε νερό. Εκτός από τους πιθανούς κινδύνους για την υγεία (Lam et al., 1995, Kenefick κ.ά. . 1993), αυτό μπορεί επίσης να οδηγήσει σε τυχαία ανοξία λόγω της βακτηριακής αποδόμησης της μεγάλης ποσότητας βιομάζας και έτσι να προκαλέσει θάνατο των ψαριών. Ένα άλλο πρόβλημα, είναι ότι τα κυανοβακτήρια μπορούν επίσης να αποκτήσουν ανθεκτικότητα σε ορισμένα αλγοκτόνα και, κατά συνέπεια, η αύξηση της εφαρμοζόμενης δόσης να είναι απαραίτητη. Επιπλέον, οι επιπτώσεις της επεξεργασίας με αλγοκτόνα είναι προσωρινή.

Το ευρύ φάσμα των κυανοκτόνων ή κυανοστατικών ουσιών περιλαμβάνει οργανικές ή ανόργανες ουσίες ή υλικά, χημικά ή ενώσεις με φυσική προέλευση. Τα αποτελέσματά, καθώς και τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί της χρήσης τους περιγράφονται παρακάτω σε δύο υποδιαιρεμένα κεφάλαια - χημικές ουσίες (Α.5.1) και φυσικές ενώσεις (2.5.2).

Παρά τα πολλά μειονεκτήματα και τους κινδύνους της επεξεργασίας με αλγοκτόνα, η χρήση τους είναι, δυστυχώς, σε πολλές περιπτώσεις, η μόνη επιλογή για να έχουμε αποτελέσματα σε μικρό χρονικό διάστημα, ή να έχουμε κάποια αποτελέσματα σε περιπτώσεις περιορισμένου οικονομικού προϋπολογισμού, ιδίως σε υπερευτροφικές λίμνες και ταμιευτήρες με υψηλό εξωτερικό φορτίο P. Ως εκ τούτου, εξακολουθεί να υπάρχει ανάγκη για την επιλογή ή την ανάπτυξη νέων κυανοκτόνων με μικρότερες αρνητικές επιπτώσεις στο υδρόβιο περιβάλλον.

2.5.1 Ανόργανα και οργανικά χημικά προϊόντα

Χαλκός

Πιθανώς, το πιο κοινό αλγοκτόνο σε όλα είναι ο θεικός χαλκός ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Τοξικές επιδράσεις του χαλκού στην άλγη και στα κυανοβακτήρια περιλαμβάνουν την αναστολή της φωτοσύνθεσης, της απορρόφησης του φωσφόρου και της δέσμευσης του αζώτου (Havens, 1994). Μολονότι τα κυανοβακτήρια μπορούν να κατασταλούν σε συγκεντρώσεις τόσο χαμηλές όσο $5\text{-}10 \mu\text{g Cu L}^{-1}$, στο υδάτινο περιβάλλον η αποτελεσματική δόση είναι συνήθως πολύ υψηλότερη (περίπου 1 mg L^{-1}). Στην περίπτωση τεράστιας κυανοβακτηριακής βιομάζας, η οποία συνήθως συνοδεύεται με υψηλό pH, δόση ακόμη και $30\text{-}300 \text{ mg Cu L}^{-1}$ μπορεί να είναι αναποτελεσματική (Štěpánek and Červenka, 1974). Το αποτέλεσμα μπορεί να μειωθεί λόγω της καθίζησης που οφείλεται στη σκληρότητα και στο υψηλό pH, στην προσρόφηση σε αργιλικά υλικά, στην υψηλή αλκαλικότητα (πάνω από 150 mg L^{-1} του CaCO_3), στη βιολογική πρόσληψη (Haughhey et al. 2000) και πιθανώς να οφείλεται επίσης στην μειωμένη τοξικότητα του χαλκού από την συμπλοκοποίηση με κυανοβακτηριακά εκκρίματα (Štěpánek and Červenka, 1974). Από την άλλη πλευρά, η συμπλοκοποίηση από μοριακό φορέα ή ενώσεις όπως τα χουμικά και φουλβικά οξέα, ή η χηλικοποίηση σε μη μεταλλικά ιόντα, διατηρούν το χαλκό διαλυματοποιημένο αυξάνοντας την δράση του (Cooke et al., 2005, Tubbing et al.,

1994).

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του έχουν καλύτερα αποτελέσματα στα κυανοβακτήρια από ότι στην πράσινη άλγη (Βλέπε πίνακα Α.2), καθώς και γρήγορα αποτελέσματα και σχετικά χαμηλό κόστος. Ωστόσο, η χρήση τους συνδέεται με όλες τις αρνητικές πτυχές της αλγοκτόνης χρήσης όπως περιγράφεται παραπάνω. Έχει αποδειχθεί ότι τα κυανοβακτήρια μπορούν να αναπτύξουν αντίσταση στον χαλκό (Shavyrina et al., 2001; Garcia-Villada et al., 2004). Ο χαλκός είναι τοξικός για πολλούς άλλους υδρόβιους οργανισμούς συμπεριλαμβανομένων των ψαριών (Cyrino, 2004). Η πίεση από το χαλκό μειώνει επίσης λειτουργίες στο δίκτυο των τροφίμων (Havens, 1994). Ο χαλκός συσσωρεύεται στα ιζήματα, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει τα βενθικά ασπόνδυλα και να προκαλέσει προβλήματα αργότερα σε εργασίες αφαίρεσης ιζήματος (Hanson and Stefan, 1984, Prepas and Murphy, 1988). Λόγω της ανάγκης για υψηλότερες δόσεις, ή για ακριβότερα χημικά σκευάσματα χαλκού, ή της ανάγκης για επαναλαμβανόμενες δόσεις λόγω της προσωρινής επιδράσης, η χρήση του χαλκού δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα. Αν και ακόμα κάποιες εφαρμογές χαλκού είναι επιτυχημένες όπως αναφέρθηκαν πρόσφατα (Van Hullebusch, 2002) η γενική χρήση του σε λίμνες, δεν είναι αποδεκτή και πρέπει να περιοριστεί.

Άλλες ανόργανες χημικές ουσίες

Υπάρχουν πολλά άλλα ανόργανα βιοκτόνα ιδιαίτερα τοξικά για τα κυανοβακτήρια, όπως για παράδειγμα, νιτρικό άργυρο (Ag NO_3 , δόση $0,04 \text{ mg L}^{-1}$) (Štěpánek και Červenka, 1974), υπερμαγγανικό κάλιο (KMnO_4 , δόση $1-3 \text{ mg L}^{-1}$) (Lam et al. 1995), και υποχλωριώδες νάτριο (NaOCl , δόση $0,5$ έως $1,5 \text{ mg L}^{-1}$) (Lam et al 1995). Ωστόσο, (όπως στην περίπτωση του θεικού χαλκού), η εφαρμογή τους στο φυσικό υδάτινο περιβάλλον δεν είναι κατανοητή λόγω της μη εκλεκτικής τοξικότητας σε πολλούς υδρόβιους οργανισμούς.

Πιο πρόσφατα δημοσιεύτηκαν κάποιες μελέτες που εξετάζουν επιδράσεις άλλων ανόργανων ενώσεων. Ακόμα έχει διερευνηθεί η επιλεκτική δράση του υπεροξειδίου του υδρογόνου H_2O_2 σε κυανοβακτηριακά είδη και στη φωτοσύνθεση, και έχει προταθεί ως μια υποσχόμενη ένωση για τη αποκατάσταση της υπερβολικής αύξησης κυανοβακτηρίων σε λίμνες και ταμιευτήρες.

Η αποτελεσματική δόση του H_2O_2 ποικίλει από 0.3 έως 5 mg L^{-1} , ανάλογα με τα ιδιαίτερα είδη κυανοβακτηρίων, τα στελέχη (μονοκύτταροι x αποικίες), συνθήκες (εργαστηριακά x φυσικά περιβάλλοντα) και την ένταση του φωτός. Ομοίως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το υπεροξείδιο του υδρογόνου σε στερεά μορφή (Ανθρακικό νάτριο υπεροξυένυδρο, $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$) (Schrader et al. 1998b). Ως πλεονέκτημα, το H_2O_2 επηρεάζει επιλεκτικά τα κυανοβακτήρια, σε αντίθεση με τα ψάρια, τα υδρόβια

μακρόφυτα ή ακόμα και την πράσινη άλγη. Τέτοια επιλεκτική δράση μπορεί να επιτευχθεί με άλλους τύπους υπεροξειδίων, για παράδειγμα οργανικά υπεροξειδία, ως αποτέλεσμα των δοκιμών με υπεροξικό οξύ (πίνακας Α.2), ωστόσο, δεν υπάρχει συγκριτική μελέτη για διάφορα υπεροξειδία. Η χρήση του στην λίμνη ή στον ταμιευτήρα δεν οδηγεί στη συσσώρευση τοξικών καταλοίπων στο περιβάλλον και η ένωση είναι σχετικά φθηνή. Υπάρχει μια περιορισμένη πιθανότητα να αποκατασταθεί ανθεκτικότητα στο H_2O_2 . Ο κύριος περιορισμός της εφαρμογής του H_2O_2 είναι ο μικρός χρόνος επίδρασης.

Οι ενδείξεις για κυανοβακτηρική ευαισθησία σε κάλιο (K^+) έχουν πρόσφατα έχουν δημοσιευθεί (Parker et al., 1997, Shukla and Rai, 2006), όμως, η αποτελεσματική δόση για είδη *Microcystis* είναι 235 mg L^{-1} που είναι κοντά στην συγκέντρωση του θαλασσινού νερού σε σύγκριση με το γλυκό νερό, όπου η συγκέντρωση του καλίου είναι περίπου 10 mg L^{-1} . Ως εκ τούτου, η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε πολύ ειδικές περιπτώσεις.

Κροκκιδωτικά

Εκτός από την χρήση ενώσεων που είναι με ορισμένο τρόπο τοξικές για κυανοβακτήρια, υπάρχει επίσης η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν κροκκιδωτικά. Αυτές οι ενώσεις χρησιμοποιούνται συνήθως σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και απ' ευθείας στις λίμνες για να γίνει η πήξη του φωσφόρου από το νερό. Τα κύτταρα κυανοβακτηρίων παγιδεύονται σε κροκκίδες, αφαιρούνται από το υδατικό σώμα και καθιζάνουν στον πυθμένα. Ως πλεονέκτημα, σε αντίθεση με εφαρμογή των κλασικών αλγοκτόνων, τα κύτταρα κυανοβακτηρίων δεν θανατώνονται / λύνονται; Ως εκ τούτου, οι τοξίνες δεν απελευθερώνονται στο νερό (Lam et al., 1995; Chow et al., 1998). Εκτός από τις χημικές παραμέτρους (pH του νερού, σκληρότητα, ρυθμιστική ικανότητα, κλπ), η αποτελεσματικότητα της κυανοβακτηριακής κροκκίδωσης εξαρτάται από την πυκνότητα των αλγών και των κυανοβακτηρίων στο νερό, ή το μέγεθος των κυανοβακτηρικών αποικιών. Ιδιαίτερα, μεγάλες αποικίες *Microcystis* δεν καθιζάνουν επαρκώς. Μια αποτελεσματική εφαρμογή μπορεί να παρέχει για αρκετές εβδομάδες καθαρό νερό, έως ότου τα κυανοβακτήρια αυξηθούν και πάλι στους αρχικούς πληθυσμούς.

Η κροκκίδωση δεν είναι επιλεκτική και επομένως παγιδεύονται άλλα κύτταρα φυτοπλαγκτόν ή βακτηριοπλαγκτόν ή ακόμη και μικρά είδη ζωοπλαγκτού. Ωστόσο, τα είδη αυτά συχνά έχουν ήδη κατασταλλεί από την κυανοβακτηριακή βιομάζα και τις τοξίνες, και ως εκ τούτου, η απομάκρυνση της κυανοβακτηρικής βιομάζας είναι μάλλον ευεργετική για αυτά. Επιπλέον, η πράσινη άλγη έχει κάπως ταχύτερους ρυθμούς αύξησης.

Από το φάσμα των κροκκιδωτικών, το πιο ικανό να συσσωματώνει κυανοβακτήρια είναι τα άλατα αργιλίου, ασβεστίτη και ασβέστη, ωστόσο, ορισμένες μελέτες

περιγράφουν επίσης τη χρήση αλάτων σιδήρου και αργιλικών υλικών. Αναλυτικότερες πληροφορίες σχετικά με τους πιθανούς κινδύνους από την χρήση και την πρακτική εφαρμογή αυτών των ενώσεων σε λίμνες και ταμιευτήρες περιγράφονται στο κεφάλαιο Α.2.5.

Φωτοευαισθητοποιητές

Μία από τις πιο πρόσφατες τάσεις στην ανάπτυξη των βιοκτόνων είναι η χρήση της φωτοκατάλυσης. Η φωτοκαταλυτική δράση βασίζεται στην εφαρμογή των φωτοευαισθητοποιητών (Φωτοευαισθητών ενώσεων), η οποία κάτω από την ακτινοβολία με το φως του ήλιου παράγει μια σειρά από δραστικά είδη οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS). Κατά συνέπεια, τα δραστικά είδη οξυγόνου έχουν ένα ισχυρό βιοκτονικό αποτέλεσμα. Τα πιο συχνά παραγόμενα ROS είναι το μονήρες οξυγόνο ($^1\text{O}_2$), η ρίζα του υπεροξειδίου ($\text{O}_2 \bullet^-$), το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2), περιδροξική ρίζα ($\text{HO}\bullet$), και ρίζα υδροξυλίου ($\text{OH} \bullet$). Υπάρχουν πολλές ενώσεις, οργανικές και ανόργανες, που δρουν ως Φωτοευαισθητες ενώσεις: ελεύθερη χλωροφύλλη, χουμικές ουσίες, πορφυρίνες, φθαλοκυανίνες, διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2) κλπ. Μερικά από αυτά χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, όπως είναι η απολύμανση, η επεξεργασία νερού, η αποσύνθεση οργανικών ρύπων, αυτοκαθαριζόμενες επιφάνειες ή η θεραπεία του καρκίνου (Merchat et al, 1996; Linkous et al, 2000; Jori and Brown, 2004; Lonen et al, 2005; Kühn et al, 2003; Bhatkhande et al, 2001). Η συνεισφορά τους στην καταστολή του κυανοβακτηριακού ελέγχου έχει επίσης διερευνηθεί πρόσφατα. Εκτός από το υπεροξείδιο, τα άλλα ROS έχουν πολύ σύντομο χρόνο ζωής και παρέχουν μικρό μόνο εύρος δράσης (μερικά μικρόμετρα). Αν και τα περισσότερα από τα ROS παρουσιάζουν εκλεκτικά βιοκτονικά αποτελέσματα, η εκλεκτικότητα τους προς συγκεκριμένα είδη μπορεί να επιτευχθεί με εκλεκτική πρόσδεση της φωτοευαισθητης ουσίας σε κύτταρα.

Το διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2) έχει αναφερθεί ότι δρα κυρίως με την παραγωγή υδροξυλικών ριζών ($\text{OH}\bullet$) μετά από διέγερση με UV. Αν και υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα (σταθερό, αδρανές και φθινό, μη τοξικό στο σκοτάδι), η χρήση του για την καταπολέμηση των κυανοβακτηρίων είναι περιορισμένη λόγω της αδιαλυτότητας του στο νερό. Το TiO_2 σε σκόνη, εάν ριχτεί μέσα στο νερό, εγκαθίσταται γρήγορα χωρίς να προκαλεί ανεπιθύμητα αποτελέσματα λόγω του σύντομου χρόνου επαφής. Τα νανοσωματίδια TiO_2 μένουν στο υδατικό σώμα, ωστόσο προκαλούν επιβλαβή αποτελέσματα στους υδάτινους οργανισμούς, ακόμη και χωρίς ενεργοποίηση των ROS από το φως (Lovern and Klaper, 2006). Σε κατάσταση ακινητοποίησης σε στερεή επιφάνεια, οι ρίζες υδροξυλίου με το σύντομο χρόνο ζωής παρέχουν πολύ μικρό εύρος δράσης (μερικά μικρόμετρα). Παρά το γεγονός αυτό, αποδείχθηκε ότι γυάλινα σφαιρίδια (διαμέτρου 2 cm) επικαλυμμένα με TiO_2 που επιπλέουν στην στάθμη του νερού, προκάλεσαν την αναστολή της ανάπτυξης των αλγών σε κλειστά ποταμίσια νερά. Σε εργαστηριακή μελέτη,

παρατηρήθηκε πολύ χαμηλότερη απόδοση για το διάτομο *Melosira* σε σύγκριση με τα κυανοβακτήρια *Anabaena* και *Microcystis*, τα οποία έχασαν τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα τους σε 30 λεπτά δράσης. Ωστόσο, ο τρόπος δράσης στην περίπτωση τόσο μεγάλης απόστασης παραμένει ανερμήνευτη (Kim and Lee, 2005). Άλλα ROS παράγονται επίσης από την φωτοκατάλυση με TiO_2 , συμπεριλαμβανομένου του υπεροξειδίου, το οποίο μπορεί να παρατείνει την βιοκτόνο δράση σε μεγαλύτερη απόσταση και επίσης να παρέχει εκλεκτική δράση στα κυανοβακτήρια. Ωστόσο, αυτός ο τρόπος δράσης του TiO_2 δεν έχει επαρκώς διερευνηθεί.

Ως ένα άλλο παράδειγμα, τα παράγωγα φθαλοκυανίνης υπό διέγερση από το φως έχουν αναφερθεί για την παραγωγή μονήρους οξυγόνου. Η χρήση τους είναι γνωστή από τη φωτοδυναμική θεραπεία του καρκίνου (Ochsner, 1997) και την αποτελεσματικότητά της στην εξόντωση των βακτηρίων, ζυμομυκήτων και μυκήτων (Bertoloni et al, 1992; Minnock et al, 1996, Schaffer and Holtz, 1997). Η πιθανή χρήση φθαλοκυανινών για τον περιορισμό της αύξησης των αλγών και των κυανοβακτηρίων έχει πρόσφατα διερευνηθεί. Μελέτη ενός ευρέος φάσματος παράγωγων φθαλοκυανινών αποκάλυψε διάφορες ενώσεις που ενδεχομένως είναι επιλεκτικά τοξικές στο φυτοπλαγκτόν, ήδη σε συγκεντρώσεις από 0,06 mg L⁻¹. Ωστόσο, η εκλεκτικότητα σε είδη κυανοβακτηρίων δεν έχει επιβεβαιωθεί.

Ως φωτοευαισθητοποιητές μεταξύ των φυσικών ενώσεων είναι για παράδειγμα και οι χουμικές ουσίες. Οι ενώσεις αυτές συνήθως διατηρούν σε χαμηλό επίπεδο τα είδη των αντιδραστικών οξυγόνων στα γλυκά ύδατα (Steinberg, 2003). Έχει αναφερθεί η παραγωγή H_2O_2 μέσω φωτοκαταλυτικής επίδρασης των χουμικών ουσιών και άλλων διαλυμένων οργανικών υλών (Cooper and Zika, 1983; Hakkinen et al, 2004.). Ως εκ τούτου, μια χαμηλή, αλλά συνεχής παραγωγή H_2O_2 σε γλυκά ύδατα με υψηλή περιεκτικότητα σε χουμικές ουσίες θα μπορούσε να καταστείλει την ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων. Ωστόσο, οι χουμικές ουσίες ποικίλλουν στις ιδιότητες τους, ειδικά στην αναλογία αρωματικού άνθρακος, η οποία είναι ως επί το πλείστον υπεύθυνη για την φωτοκαταλυτική δράση. Η επαρκής παραγωγή H_2O_2 για την πρόληψη ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων είναι αμφισβητήσιμη. Η αξιολόγηση των διαφόρων ειδών των χουμικών ουσιών πρέπει να γίνει στο μέλλον, για την πιθανή χρήση των χουμικών ουσιών ως φωτοευαισθητοποιητές για κυανοβακτηρικό έλεγχο.

Η ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού φωτοευαισθητοποιητή για τα κυανοβακτήρια, κατάλληλο για χρήση σε λίμνες, αποτελεί πρόκληση για το μέλλον στο πεδίο αυτό.

Οργανικά χημικά προϊόντα

Το πλεονέκτημα της εφαρμογής οργανικών ενώσεων είναι η βιοδιασπασιμότητάς τους, αν και αυτό σίγουρα δεν ισχύει για όλες. Συνήθως, το όριο της χρήσης τους είναι η μη επιλεκτική τοξικότητάς στους υδρόβιους οργανισμούς, αλλά και η υψηλότερη τιμή τους σε σύγκριση με τα ανόργανα προϊόντα. Και πάλι, συνήθως

μπορεί να αναμένεται μόνο ένα μικρό χρονικό διάστημα δράσης, λόγω της συνεχούς αραιώσης με το νερό που εισρέει στη λίμνη, την αποικοδόμηση, και την απώλεια της ένωσης στο υδάτινο περιβάλλον. Επιδράσεις στα κυανοβακτήρια έχουν περιγραφεί για πολλά προϊόντα. Ωστόσο, τα περισσότερα από αυτά δεν έχουν εφαρμογή λόγω της τοξικότητας τους σε άλλους οργανικούς οργανισμούς. Πρόσφατα η παραγωγή και η χρήση μερικών από αυτών είναι απαγορευμένη. Ακόμα νέες ενώσεις μελετούνται για τα καυνοτοξικά τους αποτελέσματα. Ωστόσο, κανένα από τα οργανικά φυκοκτόνα δεν έχει αναφερθεί να είναι διαθέσιμο και κατάλληλο για εφαρμογή σε όλη την κλίμακα της λίμνης μέχρι τώρα. Ως εκ τούτου, μόνο μια σύντομη επισκόπηση των ενώσεων ακολουθεί.

Πολλά φυτοφάρμακα έχουν βρεθεί να είναι ιδιαίτερα τοξικά για τα κυανοβακτήρια, όπως είναι για παράδειγμα τα Reglone A (diquat-1,1-ethylene-2,2- dipyridium dibromide, dose 2-4 mg L⁻¹) (Lam et al. 1995), simazin (2-chloro-4,6-bis(ethylamino)-s- triazine, dose 0.5 mg L⁻¹) (Lam et al. 1995), Diuron (DCMU; 3,4-Dichlorophenyl 1-1 dimethyl urea; dose 0.1 mg L⁻¹) (Swain et al., 1994), paraquat (N,N'-Dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride, dose 0.026 mg L⁻¹) και άλλα (Schrader et al., 1998b), ωστόσο, η χρήση τους δεν είναι περιβαλλοντικά και τοξικολογικά ασφαλής.

Ιδιαίτερα τοξικό για τα κυανοβακτήρια και τις άλγες είναι οι ενώσεις τεταρτοταγούς αμμωνίου. Για παράδειγμα, το χλωριούχο didicyldimethylamonium ή N-αλκυλδιμεθυλ-βενζυλ-χλωριούχο αμμώνιο και πολλές άλλες παρόμοιες ενώσεις είναι κοινό συστατικά σε αλγοκτόνα, όμως, δεν είναι κατάλληλα για χρήση στο υδάτινο οικοσύστημα εξαιτίας της τοξικότητας σε άλλους υδρόβιους οργανισμούς. Επιλεκτικές υψηλότερες επιπτώσεις στην κυανοβακτήρια δεν έχουν βρεθεί στις δοκιμές μας (Πίνακας Α.2).

Η δραστική ουσία του Roundup είναι το glyphosate (citace). Αν και είναι βιοκτόνο, συνήθως θεωρείται ως ασφαλές για το περιβάλλον και έχει καταχωρηθεί ως ζιζανιοκτόνο για επίγεια χρήση. Η αποτελεσματική δόση για άλγες και κυανοβακτήρια (Πίνακας Α.2) είναι πολύ υψηλή για θεωρηθεί το Roundup αποδεκτό για χρήση ως κυανοκτόνο.

Η χρήση ορισμένων αντιβιοτικών μπορεί να παρέχει επιλεκτικά αποτελέσματα επί των κυανοβακτηρίων, αλλά η χρήσης τους σε όλη την κλίμακα της λίμνης δεν είναι οικονομικά αποδοτική (Štěpánek and Červenka, 1974; Robinson et al., 2005, Halling-Sorensen, 2000).

Διάφορες κινόνες έχει αποδειχθεί ότι είναι ιδιαίτερα τοξικές για τα κυανοβακτήρια παλαιότερα (Fitzgerald, 1952). Μια σύγκριση των διαφόρων ενώσεων κινόνης

δίνονται στον Πίνακα Α.1. Ομοίως, άλλα παράγωγα κινόνης έχουν πρόσφατα αναφερθεί να σκοτώνουν επιλεκτικά τα κυανοβακτήρια (Schrader, 2003). Ένα εμπορικό βιοκτόνο το SeaClean, προϊόν κινόνης (όξινο θειώδες νάτριο της μεναδιόνης), ανέστειλε επιλεκτικά την ανάπτυξη κυανοβακτηρίων σε πειράματα λιμναίων κοραλλιών, ενώ οι πράσινες άλγες και τα διάτομα παρέμειναν ανειπηρέαστα (Schrader et al., 2004). Παράγωγα της 9,10 - ανθρακινόνη (2 - [Μεθυλαμινο -N-(1 '-μεθυλαιθυλο)] - 9,10-ανθρακινόνης) ανέστειλαν εκλεκτικά την ανάπτυξη του κυανοβακτηρίου *Oscillatoria perornata* σε εργαστηριακά πειράματα, ακόμα και στον τομέα εφαρμογής λιμναίων κοραλλιών (Schrader et al., 2003). Η σκοπιμότητα της ενδεχόμενης εφαρμογής ορισμένων από τις ενώσεις αυτές και οι επιπτώσεις τους σε περισσότερα στοχευόμενα και μη στοχευόμενα υδρόβια είδη περιμένει για μελλοντική αξιολόγηση.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α.1. Η επισκόπηση των διαφόρων ενώσεων κινόνης και της τοξικότητάς τους στην κυανοβακτήριο *Microcystis* sp. (Σύμφωνα με Fitzgerald, 1952).

Compound	Concentration (mg L ⁻¹)	Inhibition (%)
Quinone	0.5	100
Hydroquinone	0.5	100
Chindhyron	0.5	100
Catechol	5.0	100
3,6-Dichlor-2,5-dimetyloxybenzochinon	16	75
Tetrachlor hydroquinone	21	100
1,4-naphthoquinone	1	100
2-Metylnaphthoquinone	1	100
2-Dimetylamino-3-chlornaphthilquinone	1	100
Quinonechlorimide	0.5	100
2,3-dichloronaphthoquinone	0.002	100
9,10-Phenantroquinone	0.08	100

ΠΙΝΑΚΑΣ Α.2. Τοξικές επιδράσεις διαφόρων φυκοκτόνων σε στελέχη της πράσινης άλγης *Pseudokirchneriella subcapitata* και *Scenedesmus quadricauda* και κυανοβακτηρίων *Microcystis aeruginosa* και *Nidulans Synchococcus* σε καθορισμένα μέσα ανάπτυξης, και άνθιση κυανοβακτηρίων σε λίμνη. Τα αποτελέσματα βασίζονται σε 3-ήμερο δοκιμών αναστολής της ανάπτυξης στο εργαστήριο (αδημοσίευτα αποτελέσματα).

name or abbreviation	descriptions and composition of tested agents	EC 50			
		green algae - laboratory strains		cyanobacteria - laboratory strains	
		<i>P. subcapitata</i>	<i>S. quadricauda</i>	<i>M. aeruginosa</i>	<i>S. nidulans</i>
<i>Commercially available biocides</i>					
Copper	CuSO ₄ ·5H ₂ O	1.27 mg Cu/L	1.15 mg Cu/L	1.26 mg Cu/L	1.26 mg Cu/L
Blue magic	algicide; acid water solution of Cu ions and hydrotropic anorganic stabilizing agent	1.01 mg Cu/L	0.64 mg Cu/L	0.48 mg Cu/L	0.57 mg Cu/L
Algiflash	algicide; mixture of n-alkyl-dimethyl-benzyl-ammonium chloride, surfactants	0.48 µl/L	0.55 µl/L	2.01 µl/L	2.37 µl/L
Algistop	algicide; mixture of enzymes, oligobiogenous componets, surfactants	2.4 µl/L	3.26 µl/L	0.8 µl/L	0.7 µl/L
Algiopre	algicide; mixture of dimethylaziridine, aluminium sulphate, natrium chloride, food colourants	73.92 µl/L	81.09 µl/L	80.78 µl/L	118.86 µl/L
Roundup	herbicide; N-(phosphonomethyl)glycine (glyphosate)	33.9 mg glyph./L	14.0 mg glyph./L	72.7 mg glyph./L	17.8 mg glyph./L
Mexel	antifouling agent; mixture of aliphatic hydrocarbons, with alcohol and amine functionality, in an aqueous emulsion	2.02 µl/L	10.6 µl/L	1.90 µl/L	2.35 µl/L
Dilurit	biocide; solution of didecylidimethylammonium chloride	1.56 µl/L	1.06 µl/L	0.52 µl/L	1.01 µl/L
Azurin	algicide; active cations of polymeric compounds	0.98 µl/L	2.42 µl/L	0.62 µl/L	1.87 µl/L
Algil	algicide; leachate from oak bark, sodium chloride	5.65 ml/L	5.66 ml/L	2.88 ml/L	2.10 ml/L
<i>Oxidative compounds</i>					
H ₂ O ₂	hydrogen peroxide	5.7 mg/L	5.8 mg/L	0.7 mg/L	0.7 mg/L
PAA	peracetic acid	14.0 mg/L	10.6 mg/L	1.8 mg/L	3.7 mg/L
MB	photosensitizer; methylene blue	0.26 mg/L	0.07 mg/L	0.90 mg/L	1.50 mg/L
<i>Natural compounds and materials</i>					
QR12	food tannins extracted from <i>Quercus robur</i> and <i>Quercus petraea</i>	24.5 mg/L	45.3 mg/L	85.7 mg/L	6.73 mg/L
barley straw					130 mg/L
oak leaves	dry natural materials, after 8 weeks of aerobic decay in water				75 mg/L
oak bark					175 mg/L
pine needles					200 mg/L
<i>Coagulants</i>		<i>Microcystis</i> sp. – natural cyanobacterial bloom			
Al ₂ (SO ₄) ₃				55 mg/L	
Fe ₂ (SO ₄) ₃	coagulants			100 mg/L	
Ca(OH) ₂				72 mg/L	

Υπάρχει μια ένδειξη για το επιλεκτικό αποτέλεσμα της L-λυσίνης στην κυανοβακτήρια. Το κυανοβακτήριο *Microcystis* σκοτώθηκε από δόσεις 0.6 έως 5 mg L⁻¹ (Hehmann et al., 2002). Ωστόσο, δόση 7 mg L⁻¹ της L-λυσίνης δεν εμποδίζει την ανάπτυξη των φυσικών *Microcystis* σε κλειστό πείραμα, εκτός εάν εφαρμόζεται σε συνδυασμό με 7 mg μηλονικού οξέος (Kaya et al., 2005). Καμία αναφορά για την επιτυχή χρήση της λυσίνης σε κλίμακα λίμνης δεν είναι διαθέσιμη.

Ορισμένα νέα αλγοκτόνα που είναι πρόσφατα διαθέσιμα στην αγορά περιέχουν μίγμα από ένζυμα και επιφανειοδραστικά, αλλά η ακριβής σύνθεση των ενζύμων δεν εμφανίζεται από τους διανομείς. Κάποιοι από αυτά μπορεί να εμφανίζουν εκλεκτικές επιδράσεις σε κυανοβακτήρια (βλ. Πίνακα Α.2), αλλά η χρήση τους στο φυσικό υδάτινο περιβάλλον είναι περιορισμένη λόγω των αρνητικών επιπτώσεων σε άλλα είδη, αλλά και λόγω της υψηλότερης τιμής.

2.5.2 Φυσικές ενώσεις και υλικά

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα φυσικών ενώσεων και υλικών που εμφανίζουν αλγοκτόνες δράσεις. Μερικά υδρόβια μακρόφυτα μπορούν να απελευθερώσουν αλληλοπαθείς ενώσεις που προκαλούν την καταστολή της ανάπτυξης φυτοπλαγκτόν, την

εκπλυσιμότητα από διάφορα είδη φύλλων και υπολλειμμάτων φυτών που έχουν κυανοστατικές δράσεις, και πολλών φυσικών ενώσεων που απομονώθηκαν από διάφορους οργανισμούς και φυτικά υλικά που παρουσιάζουν κυανοστατικό δυναμικό. Ωστόσο, οι περισσότερες από τις φυσικές ενώσεις, έχουν μελετηθεί μόνο σε εργαστηριακή έρευνα και δεν έχουν εφαρμοστεί ποτέ σε κλίμακα λίμνης.

Αλληλοπάθεια

Γενικώς, η αλληλοπάθεια αναφέρεται στις ευεργετικές ή επιβλαβείς επιδράσεις των ενώσεων που απελευθερώνονται από ένα είδος σε άλλο. Συχνότερα ο όρος αλληλοπάθειας εφαρμόζεται σε ενώσεις που απελευθερώνονται από τα φυτά για την καταστολή της ανάπτυξης άλλου φυτών ή άλλων φωτοσυνθετικών οργανισμών (Gross, 2003). Αυτή η αρχή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στον έλεγχο της ανάπτυξης κυανοβακτηρίων. Αλληλοπαθείς ενώσεις που απελευθερώνονται από υδρόβια μακρόφυτα *Miriorhyllum* επηρεάζουν αρνητικά την αύξηση των κυανοβακτηρίων. Δεδομένου ότι ο τρόπος δράσης των *Miriorhyllum spicatum* θεωρήθηκε η απελευθέρωση υδρολυτικών πολυφαινολικών ενώσεων (όπως ελλαγικό οξύ, κατεχίνη, γαλλικό οξύ, πυρογαλλικό οξύ) και tellimagrandin II (syn. eugeniin) (Gross et al., 1996; Nakai et al., 2000). Οι ενώσεις που αναστέλλουν την ανάπτυξη κυανοβακτηρίων επίσης εξάχθηκαν από *Miriorhyllum brasiliense*. Πρόσφατα, ανασταλτικές επιδράσεις των άλλων ενώσεων από *Miriorhyllum* όπως λιπαρά οξέα είχαν επίσης δείξει ότι εμφανίζουν κυανοστατικές επιδράσεις (Nakai et al., 2005). Επίσης, πολλά άλλα υδρόβια μακρόφυτα φαίνεται να απελευθερώνουν ανασταλτικές ενώσεις. Το δυναμικό αλληλοπάθειας των εκκριμάτων από διάφορα άλλα υδρόβια μακρόφυτα έχει αποδειχθεί σε εργαστηριακές μελέτες όπως *Chara* (Wium-Andersen et al., 1982; Mulderij et al., 2003, Berger and Schagerl, 2003), *Ceratophyllum* (Jasser, 1994; Mjelde and Faafeng, 1997, Körner and Nicklisch, 2002), *Stratiotes aloides* (Mulderij et al, 2005), *Typha laticifolia* (Aliota et al., 1990) και *Elodea canadensis* and *nuttallii* (Erhard and Gross, 2006) και με αποτέλεσμα μεταβολές στη βιομάζα του φυτοπλαγκτού, τη σύνθεση του φυτοπλαγκτού ή και τα δύο. Πρόσφατα όμως αμφισβητήθηκε από Glomski et al. (2002) ότι η έκκριση των πολυφαινολών από *M. spicatum* εμφανίζεται σε οποιαδήποτε σημαντική ποσότητα. Είναι αμφίβολο αν η ποσότητα των αλληλοπαθικών ενώσεων που απελευθερώνονται από υδρόβια μακρόφυτα μπορεί να είναι επαρκής για τη μείωση της ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων σε ολόκληρη την λίμνη. Ωστόσο, οι εν λόγω μελέτες πεδίου παραμένουν αναπάντητες. Περαιτέρω έρευνα σε επί τόπου συνθήκες είναι απαραίτητη για την συλλογή περισσότερων πληροφοριών σχετικά με την οικολογική σημασία και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας αναστολής ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων.

Κάποιες μελέτες αναφέρουν αλληλεπιδράσεις αλληλοπάθειας μεταξύ χερσαίων και υδάτινων φωτοαυτοτρόφων. Κατά την τελευταία δεκαετία, σε πολλές μελέτες έχουν αναφερθεί αλγοστατικές και κυανοστατικές επιδράσεις των αλληλοπαθικών

ενώσεων που απελευθερώνονται από άχυρα κριθαριού, υπολείμματα φύλλων και άλλα φυτικά υλικά. Ειδικότερα σε μικρές λίμνες και ποτάμια, τα υπολείμματα φύλλων μπορούν να επηρεάσουν έντονα τις κοινότητες αλγών (Gross, 2003). Ωστόσο, η χρήση αυτών των υλικών για την πρόληψη ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων αντιπροσωπεύει μια τεχνητή σύζευξη των χερσαίων και υδρόβιων οργανισμών και δεν θα πρέπει να χαρακτηριστεί ως αλληλοπαθητική επίδραση. Αυτή η χρήση, ως εκ τούτου αναφέρεται στις παρακάτω ενότητες.

Άχυρα κριθαριού

Η χρήση των άχυρων κριθαριού για την αναστολή της ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων είναι γνωστή κυρίως από τη Μεγάλη Βρετανία. Οι ιδιότητες αναστολής αλγών από την αποσύνθεση άχυρων κριθαριού αναφέρθηκαν για πρώτη φορά από Welch et al. (1990). Τα άχυρα κριθαριού μετά από 4-6 εβδομάδες αερόβιας αποσύνθεσης σε εκλύσεις υδάτινων ενώσεων με αλγοστατικές επιδράσεις. Στις ακόλουθες μελέτες, οι επιπτώσεις των άχυρων κριθαριού για την ανάπτυξη κυανοβακτηρίων έχει παρατηρηθεί σε εργαστηριακές δοκιμές, αλλά και σε ταμειυτήρα νερού (Newmann and Barrett, 1993; Everall and Lees, 1996). Άχυρα κριθαριού χρησιμοποιήθηκαν επίσης με επιτυχία σε ταμειυτήρα πόσιμου νερού με θετικά αποτελέσματα ακόμη και σε μακροχρόνια μελέτη (Barrett et al., 1996, 1999). Ανασταλτική επίδραση επίσης καταδείχθηκε χρησιμοποιώντας εκχύλισμα από άχυρα κριθαριού. Το εκχύλισμα που κατασκευάζεται από αποσυντιθέμενα άχυρα που περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λιγνίνη ανέστειλε αποτελεσματικά την ανάπτυξη των *Microcystis aeruginosa* έως 0,005% αραιώση (Ball et al. 2001).

Παρά τις πολλές μελέτες, ο μηχανισμός των άχυρων κριθαριού δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητός. Πολλές προτάσεις έχουν δημοσιευθεί. Η πρώτη ιδέα για τον τρόπο δράσης των άχυρων κριθαριού ήταν η επίδραση του άχυρων, ως αποτέλεσμα αντιβιοτικών παραγωγής μυκοχλωρίδας ή βακτηρίων κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης των άχυρων (Pillinger et al., 1992), περαιτέρω, η παραγωγή των αντιβιοτικών παραγόντων με βακτήρια, ή η απελευθέρωση των φαινολικών ενώσεων από το σάπιο άχυρο έχουν συζητηθεί. Πρόσφατα, η απελευθέρωση των οξειδωμένων πολυφαινολικών και φαινολικών ενώσεις που προέρχονται από αερόβιες συνθήκες αποσύνθεσης λιγνίνης έχει προταθεί ως ο κύριος παράγοντας αλγοκτονίας των άχυρων κριθαριού (Pillinger, 1994). Η παραγωγή των ROS πιστεύεται ότι είναι ένας άλλος πιθανός τρόπος δράσης (Pillinger et al. 1996, Barrett et al. 1996), ωστόσο, αυτό δεν έχει αποδειχθεί επαρκώς. Πιθανότατα, η ανασταλτική δράση δεν προκαλείται από μία απλή ένωση, αλλά με συνεργική δράση των διαφόρων ανασταλτικών συστατικών στο σύστημα.

Η κύρια προϋπόθεση για την επιτυχή χρήση των άχυρων κριθαριού είναι η διατήρηση αερόβιων συνθηκών. Ως εκ τούτου, τα άχυρα εφαρμόζονται συνήθως

στην επιφάνεια του νερού γεμίζοντας χαλαρά πλέγμα με σημαδούρες. Η επίδραση αναστολής αρχίζει να δρα μετά από 4 έως 8 εβδομάδες της αερόβιας αποσύνθεσης σε περίπου 10 ° C. Ως εκ τούτου, τα άχυρα πρέπει να τοποθετηθούν από τις αρχές της άνοιξης για ισχυρή δράση από την έναρξη της κυανοβακτηριας ανάπτυξης. Σε υψηλότερη θερμοκρασία η αποσύνθεση προχωράει πιο γρήγορα (1-2 εβδομάδες 20 ° C). Η δόση εφαρμογής κυμαίνεται μεταξύ 6 - 60 gr m⁻³. Μια μεγαλύτερη δόση μπορεί ήδη να προκαλέσει προβλήματα λόγω της ταχείας απώλειας οξυγόνου ή ακόμη και αναερόβιων συνθηκών που προκαλείται από την βακτηριακή υποβάθμιση. Μετά από 4 (έως και 6) μήνες χρειάζεται το σαπισμένο άχυρο να αφαιρεθεί και να αποκατασταθεί από νέα άχυρο, διαφορετικά, η περαιτέρω αποσύνθεση θα απελευθερώσει ανεπιθύμητα θρεπτικά συστατικά.

Σύμφωνα με την εμπειρία μας, η χρήση στον παραπόταμο μπορεί επίσης να είναι αποτελεσματική. Κλουβιά γεμάτα με άχυρο κριθαριού τοποθετούνται στον παραπόταμο σε μια μικρή ρηχή λίμνη (1,5 εκτάρια, 2 μ. βάθος) εκ νέου γεμάτο με νέα άχυρο σε τακτά χρονικά διαστήματα για 2 εποχές βλάστησης. Κατά τη διάρκεια των 2 ετών εφαρμογής, η ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων καταστάληκε επαρκώς ώστε να επιτευχθούν υγιεινά όρια, ακόμη και στην περίπτωση υπερτροφικών συνθηκών.

Η επίδραση από άχυρα κριθαριού είναι μάλλον αλγοστατική παρά αλγοκτόνος. Αυτό μπορεί να αποτρέψει την νέα αύξηση, αλλά δεν μπορεί να θανατώσει τα κυανοβακτήρια που είναι ήδη παρόντα στο νερό. Το άχυρο δεν φέρει άμεσα αποτελέσματα, ωστόσο, μπορεί να παρέχει μακροπρόθεσμες επιδράσεις. Ως πλεονέκτημα, εάν εφαρμοστεί σωστά, το άχυρο κριθαριού δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στο υδάτινο οικοσύστημα. Δεν έχουν αναφερθεί δυσμενείς επιπτώσεις στα υδρόβια μακρόφυτα, αντιθέτως, σε ρηχές ευτροφικές δεξαμενές η εφαρμογή άχυρου κριθαριού μπορεί να αποκαταστήσει τα μακρόφυτα δεσπόζουσας θέσης (Ridge et al., 1999). Το άχυρο κριθαριού αναστέλλει την ανάπτυξη ορισμένων υδρόβιων *saprolegniaceous* μυκήτων, το οποίο είναι επιθυμητό, ιδιαίτερα στην περίπτωση των μυκητιακών ασθενειών σε ιχθυοτροφεία (Cooper et al., 1997). Δεν υπήρξε καμία αρνητική επίδραση στην εφαρμογή του άχυρου κριθαριού 18 είδη ασπόνδυλων και πέστροφας αναπαραγωγής. Το άχυρο κριθαριού δεν έχει καμία επίδραση σε *Triturus vulgaris* ή *Rana temporaria* (Ridge et al., 1999).

Αγωγές με άχυρο κριθαριού ήταν σε ορισμένες περιπτώσεις επιτυχής και φθηνή λύση κυρίως σε μικρές δεξαμενές. Το σημαντικό μειονέκτημα είναι ο τρόπος εφαρμογής της. Ειδικά σε μεγαλύτερες δεξαμενές και λίμνες, που χρησιμοποιούνται για ψυχαγωγικούς σκοπούς, η εφαρμογή σε μόνιμη βάση άχυρου είναι άβολη. Δυστυχώς, άχυρο κριθαριού δεν είναι πάντα αποτελεσματικές. Σύμφωνα με ορισμένες αναφορές, η εφαρμογή άχυρου δεν επιφέρει καμία σημαντική επίδραση (Kelly and Smith, 1996). Όσον αφορά τις ανεπιτυχείς περιπτώσεις εφαρμογής άχυρου και η μη πλήρης κατανόηση λειτουργία της δράσης του, η αποτελεσματικότητα της χρήσης άχυρου δεν μπορεί να είναι εγγυημένη.

Άλλα φυτικά υλικά και υπολείμματα φύλλων

Για την διερεύνηση πιθανών επιπτώσεων παρόμοιων με το άχυρο κριθαριού, άλλα φυτικά υλικά μελετήθηκαν επίσης. Το άχυρο σίτου δεν έδειξε καμία σημαντική αναπάντεχα ανασταλτική δράση (Ball et al. 2001). Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν αρκετές μελέτες που αναφέρουν μια σημαντική μείωση των αλγών ή ανάπτυξης κυανοβακτηρίων από άλλα φυτικά υλικά. Ωστόσο, δεν υπάρχουν διαθέσιμες αναφορές σχετικά με την πρακτική εφαρμογή τους σε λίμνες.

Διάφορα είδη υπολειμμάτων φύλλων (13 είδη) μελετήθηκαν στο εργαστήριο. Τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα παρουσίασαν φύλλα που έχουν πέσει πρόσφατα *Aesculus hippocastanum*, *Acer campestre* και *Quercus Robur* πετοχαίνοντας αναστολή πάνω από 85% της ανάπτυξης των αλγών. Το αποτέλεσμα από *Quercus Robur* σε φυσικές συνθήκες μπορούν να επιδεικνύουν ανασταλτικά αποτελέσματα επί του φυτοπλαγκτού ακόμη και χωρίς αερόβια αποσύνθεση λόγω της περιεκτικότητας των ταννινών (Ridge et al., 1999). Σε μια άλλη μελέτη (Park et al., 2006a), 17 διάφορα εκχυλίσματα από στέλεχος ή τα φύλλα εννέα ειδών δρυός έχουν εξεταστεί. Πέντε εκχυλίσματα εμφάνισαν 50% αναστολή της ανάπτυξης *Microcystis* σε συγκέντρωση 20 mg L⁻¹ και περισσότερο από 90% στα 50 mg L⁻¹. Συγκέντρωση μικρότερη από 17 mg L⁻¹ του καθαρού ταννικού οξέος δεν αναστέλλει την ανάπτυξη κυανοβακτηρίων. Αυτό συμφωνεί με τα αποτελέσματά μας (βλ. Πίνακα Α.2.).

Τα ρητινώδη υπολείμματα παρουσιάζουν επίσης ισχυρό αλγοκτόνο αποτέλεσμα. Η επίδραση τους συνοδεύεται με οξίνιση, ωστόσο, η αλγοκτόνος δράση παραμένει ακόμη και σε ρυθμιστικά διαλύματα (Ridge et al., 1999).

Τα καφέ σάπια ξύλα επίσης καταστέλλουν την ανάπτυξη κυανοβακτηρίων και η εν λόγω μελέτη αποκάλυψε τη σημασία των προϊόντων αποικοδόμησης της λιγνίνης (Pillinger et al., 1995). Σάπιο άχυρο κριθαριού, άχυρο ρυζιού, η αρτεμισία και το χρυσάνθεμο παρουσίασαν ανασταλτικά αποτελέσματα στη μελέτη της Choe και Jung (2002), όπου οι απελευθερωμένες ενώσεις φαινολικών και εστέρων προτάθηκαν ως οι κύριοι ανασταλτικοί παράγοντες. Το αποτέλεσμα ήταν ισχυρότερο σε όλες τις περιπτώσεις για το κυανοβακτήριο *Microcystis* sp. από ότι για την πράσινη άλγη *Scenedesmus* sp. Η ανάπτυξη της *M. aeruginosa* ανεστάλη έντονα από εκχύλιμα άχυρου ρυζιού σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 0,01 έως 10 mg L⁻¹. Η δραστηριότητα αυτή προτάθηκε να είναι από τις συνεργιστικές επιδράσεις διαφόρων φαινολικών ενώσεων στο άχυρο ρυζιού (Park et al., 2006b). Απόσπασμα από νωπό φλοιό μανταρινιού ανέστειλε σημαντικά την ανάπτυξη των *Microcystis aeruginosa* σε μια εργαστηριακή μελέτη (Chen et al., 2004).

Μεμονωμένες ενώσεις

Εκατοντάδες νέες ενώσεις απομονωμένες από ανώτερα φυτά, άλγεις, κυανοβακτήρια ή βακτηρίδια έχουν ελεγχθεί για τις πιθανές επιλεκτικές κυανοκτόνες και κυανοστατικές δράσεις. Τα αποτελέσματα εκτεταμένης διαλογής των ενώσεων ή εκχυλισμάτων που απομονώνονται από ευρύ φάσμα οργανισμών παρουσιάζονται στη μελέτη των Nagle et al. (2003). Δεκάδες άλλες φυσικές ενώσεις ελέγχθηκαν σε διάφορες άλλες εκθέσεις (Schrader et al, 1998a.; Schrader, 2003; Schrader and Harries 2001; Schrader et al., 2002).. Αυτές οι ενώσεις συχνά ανήκουν στις ομάδες των αλκαλοειδών, φαινόλων και πολυφαινόλων, κινόνων, τερπενών, οργανικών οξέων και άλλων ομάδων. Μερικά παράγωγα κινόνης, τα οποία ήδη αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (Α.5.1), φαίνεται να είναι πιο ελπιδοφόρα. Οι ενώσεις που αναφέρονται στις παραπάνω μελέτες συχνά επιλεγόταν σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες για ενώσεις που προκαλούν αλγοστατικές δράσεις από άχυρο κριθαριού και άλλα φυτικά υπολείμματα, ή σύμφωνα με τις προηγουμένως περιγραφείσες αλληλοπαθείς επιδράσεις.

Αρκετές άλλες μελέτες περιγράφουν κυανοκτόνες δράσεις των διαφόρων μεταβολιτών που απομονώθηκαν από κυανοβακτήρια είδη, όπως για παράδειγμα *fischerellin*, *hapalindol A*, *cyanobacterin*, *nostocyclamid* και άλλοι (Smith and Doan, 1999; Gleason and Baxa, 1986; Bagchi et al. 1993). Πιο πρόσφατα, ο Blom et al. (2006) περιγράφει επιλεκτική κυανοκτόνο δράση της *nostocarboline*, η οποία είναι ένα ετεροκυκλικό αλκαλοειδές που απομονώνεται από το κυανοβακτήριο *Nostoc*.

Άλλες ενώσεις αναφέρθηκαν παραπάνω, όπως τα βακτηριακά εξιδρώματα οι οργανικές χημικές ουσίες, ή αλληλοπαθητικές ενώσεις. Το πλεονέκτημα αυτών των ενώσεων είναι η φυσική τους προέλευση και βιοαποικοδόμημηότητα. Μερικά φυσικά εκχυλίσματα ή ενώσεις έδειξαν τοξικότητα για τα κυανοβακτήρια σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις και επίσης έδειξαν χαμηλότερη τοξικότητα σε άλλα υδρόβια είδη. Ως εκ τούτου, έχουν θεωρηθεί ως πολλά υποσχόμενες ενώσεις για χρήση ως κυανοκτόνα. Ωστόσο, έχουν μελετηθεί κυρίως μόνο στο εργαστήριο, και καμία από αυτές τις ενώσεις δεν έχει χρησιμοποιηθεί για τη επεξεργασία των κυανοβακτηρίων στην πράξη. Είναι αναγκαίο να διεξαχθούν περισσότερες μελέτες για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους ως προς τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ασφάλειά για το υδάτινο οικοσύστημα, πριν κάποιες από αυτές να προταθούν, δυνητικά, για την εφαρμογή τους στην πράξη σε λίμνες.

3.Προτάσεις Εξυγίανσης και Αποκατάστασης της Λίμνης

Όπως φάνηκε από την ανωτέρω ανασκόπηση ο κίνδυνος ευτροφισμού και η ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων στις λίμνες εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως: η μορφομετρία της λεκάνης της λίμνης, το θερμικό καθεστώς ή η κυριαρχία των μακρόφυτων. Οι ρηχές λίμνες (οι οποίες αποτελούν το πιο συχνό είδος λιμνών στην Ευρώπη) επιδεικνύουν μεγάλη αντίσταση στην υποβάθμιση λόγω της πυκνής βλάστησης των μακροφυτών, η οποία συχνά καλύπτει το πυθμένα και με αυτό το τρόπο αποκτούν ρυθμιστικό ρόλο διατηρώντας τα ύδατα καθαρά. Από την άλλη πλευρά, η έλλειψη θερμοκρασιακής στρωματοποίησης, η οποία οδηγεί σε άμεση ανανέωση των θρεπτικών συστατικών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, αποτελεί μειονέκτημα των οικοσυστημάτων των ρηχών λιμνών. Όμως, η αποκατάσταση μιας ρηχής λίμνης είναι συχνά ευκολότερη από την αποκατάσταση μιας βαθιάς λίμνης, λόγω του μικρότερου όγκου νερού, και λόγω του θετικού ρόλου των μακρόφυτων που μπορούν να υποστηρίξουν την επιστροφή των υδάτων σε καθαρή κατάσταση.

Ο έλεγχος της ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων είναι ένα πρόβλημα που έχει περιγραφεί συχνά σε επιστημονικές έρευνες, ιδιαίτερα τα τελευταία 25 χρόνια. Θα μπορούσε να συσχετιστεί με την αύξηση των προγραμμάτων αποκατάστασης στην Ευρώπη, για την καταπολέμηση του μπλε-πράσινου είδους άλγης ή από την άλλη πλευρά, με την πρόοδο στην οικολογία των ρηχών λιμνών, η οποία έχει διευρύνει σε μεγάλο βαθμό τις γνώσεις μας σχετικά με τη λειτουργία των οικοσυστημάτων αυτών.

Οι προτάσεις μας για τις δράσεις και τα έργα αποκατάστασης, προκύπτουν έπειτα από συγκριτική αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας ανάθεσης συναξιολογώντας τόσο τις προτάσεις που κατά καιρούς έχουν κατατεθεί μέσω διάφορων φορέων για την περιοχή μελέτης όσο και τις διάφορες επιτυχημένες δράσεις αποκατάστασης Λιμναίων Οικοσυστημάτων όπως αποτυπώνονται στη Διεθνή Βιβλιογραφία.

Τα δυνητικά μέτρα για την εξάλειψη της ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων μπορούν να επιτύχουν μόνο στην περίπτωση όπου το εξωτερικό φορτίο φωσφόρου και αζώτου που εισάγεται εντός της λίμνης μειωθεί. Η Μείωση του εξωτερικού φορτίου των θρεπτικών στα επιφανειακά ύδατα μπορεί να επιτευχθεί μέσω πολλών μέτρων που έχουν πεδίο εφαρμογής σε όλη την έκταση της λεκάνης απορροής.

Η μείωση του εξωτερικού φορτίου φωσφόρου ως μέτρο για τον έλεγχο του ευτροφισμού και των των κυανοβακτηρίων είναι απαραίτητη, αλλά συχνά ανεπαρκής. Εάν υπάρχει εσωτερική πηγή φωσφόρου θα αναπτυχθούν τα μπλε-πράσινα άλγη από τα ιζήματα της λίμνης. Αυτό το εσωτερικό φορτίο δύνατε να είναι τόσο μεγάλο όσο αυτό που προέρχεται από τη λεκάνη απορροής της λίμνης. Το

φαινόμενο κατά το οποίο ο φώσφορος προέρχεται κυρίως από εσωτερικές πηγές σε ιδιαίτερα επιβαρυνμένες λίμνες είναι περισσότερο κανόνας παρά εξαίρεση. Ως εκ τούτου, η διαδικασία αποκατάστασης της λίμνης μετά τη μείωση του εξωτερικού φορτίου θρεπτικών, θα μπορούσε να καθυστερήσει έως 10-15 χρόνια, λόγω των εσωτερικών πηγών από τα ιζήματα.

Η απομάκρυνση ή η αδρανοποίηση των ιζημάτων είναι μία από τις μεθόδους εσωτερικής μείωσης του φορτίου. Ο στόχος αυτού του μέτρου είναι να απαλλαγούμε από το φώσφορο που έχει εναποτεθεί στα ιζήματα, και βρίσκεται στα κύτταρα των κυανοβακτηρίων, ο οποίος μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω ανάπτυξη.

Η ανωτέρω εκτενής ανάλυση της βιβλιογραφίας σχετικά με τις τρέχουσες μεθόδους για τον έλεγχο της ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων σε ρηχές λίμνες μας οδηγεί σε ορισμένα συμπεράσματα. Αυτά θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ένα είδος οδηγού για τη διαμόρφωση των προτάσεων εξυγίανσης και αποκατάστασης του διαταραγμένου οικοσυστήματος της λίμνης Παμβώτιδας.

1. Δεν υπάρχει διαθέσιμη φθηνή, εύκολη και ασφαλή μέθοδος για τον έλεγχο του ευτροφισμού και της ανάπτυξης των κυανοβακτηρίων σε ρηχές λίμνες.
2. Οι γνωστές μέθοδοι, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, είναι αποτελεσματικές μόνο βραχυχρόνια (<10 χρόνια).
3. Η συνδυαστική χρήση διαφόρων μεθόδων (με συγκεκριμένη αλληλουχία) φαίνεται να είναι η πιο αποτελεσματική προσέγγιση (π.χ. απομόνωση εξωτερικών πηγών φωσφόρου - εσωτερική αδρανοποίηση του φωσφόρου - βιοχειραγώγηση).
4. Είναι αδύνατη η οριστική απομάκρυνση των πληθυσμών των κυανοβακτηρίων σε κάθε ρηχή λίμνη χωρίς αντίστοιχη μείωση των εξωτερικών και εσωτερικών πηγών φωσφόρου.
6. Αν και η εφαρμογή των αλγοκτόνων είναι αποτελεσματική, έχει μικρή διάρκεια.
7. Η γνώση σχετικά με τα αποτελέσματα των περισσότερων νέων καινοτόμων μεθόδων για τη βιοκοινότητα των υδάτων εξακολουθεί να είναι περιορισμένη, ως εκ τούτου, οποιαδήποτε μέθοδος επιλεξεί θα πρέπει να δοκιμαστεί το εργαστήριο ή σε ελεγχόμενο χώρο προτού εφαρμοστεί σε ολόκληρη την λίμνη.

Για την επιλογή των ιεραρχημένων μέτρων αποκατάστασης Θα πρέπει να προηγηθούν συναντήσεις με τους συναρμόδιους φορείς και Υπηρεσίες προκειμένου το Σχέδιο Δράσης να αποκτήσει τη μέγιστη δυνατή Κοινωνική συναίνεση.

3.1 Έργα Ορεινής Υδρονομίας

Τα έργα **Ορεινής Υδρονομίας** που προτείνονται στη συνέχεια, διακρίνονται σε δύο κύριες υποκατηγορίες, τα **Έργα Δασοκάλυψης** και τα **Έργα Συγκράτησης Φερτών Υλικών**. Η μεν πρώτη κατηγορία αφορά στην πρόληψη πρόκλησης φαινομένων διάβρωσης εδάφους και παραγωγής φερτών υλικών, ενώ η δεύτερη στη συγκράτηση του εδαφικού υλικού. Σύμφωνα με τη μελέτη της ΗΠΕΙΡΟΣ Α.Ε (1989), η Λίμνη της Παμβώτιδας λειτουργεί ως φυσικός αποδέκτης ενός ορεινού υδρογραφικού δικτύου από διάφορα ρεύματα με σημαντική χειμαρρικήτητα, τα οποία τροφοδοτούν με νερά και φερτά υλικά. Λόγω της έντονης υποβάθμισης του, που επικρατεί στον ορεινό χώρο της λεκάνης απορροής της λίμνης, οι ποσότητες των υλικών που παράγονται, είναι σημαντικές. Έχει υπολογισθεί ότι οι ετήσιοι όγκοι των φερτών υλικών της λεκάνης απορροής της λίμνης ανέρχονται σε 176.033m³/έτος οι οποίοι κατανέμονται τόσο στο περιλίμνιο όσο και στο λιμναίο χώρο.

Πίνακας

Κατανομή του αιωροφορτίου κατά περιοχές απόθεσης στη λεκάνη της λίμνης Παμβώτιδας

Περιοχή Απόθεσης Φερτών Υλικών	Όγκοι ετήσιου Αιωροφορτίου (m ³ /έτος)	
	Πριν το 1969	Μετά το 1969
Κατάντη των κώνων πρόσχωσης μέχρι το Δέλτα	140.822	17.603
Περιοχή του Δέλτα και Υπολίμνιο	35.205	158.424
Σύνολο *	176.033	176.033

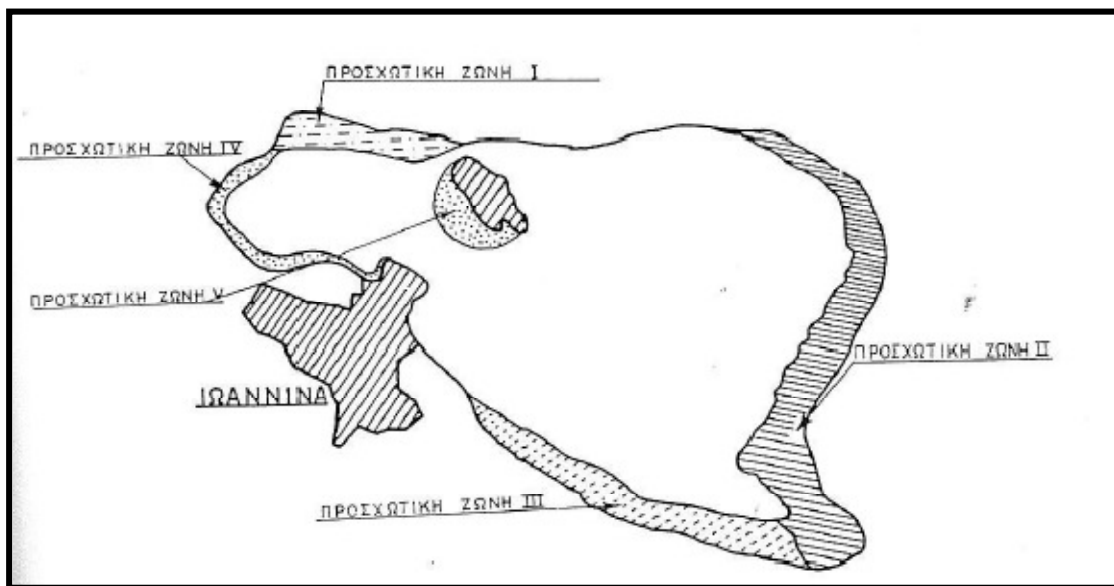
* Το συνολικό προσχωτικό αποτέλεσμα προσαυξάνεται 5-10% λόγω διακίνησης φερτών υλικών από ανθρωπογενείς επεμβάσεις.

Από τις προσχώσεις που δημιουργούνται στο λιμναίο χώρο, αλλά και στον περιλήμνιο χώρο, μειώνεται με ταχύ ρυθμό η χωρητικότητα της λίμνης και προκαλούνται πλημμύρες, στεγανοποιήσεις και υγράσεις στις γύρω περιοχές.

Βασικό αίτιο για το προσχωτικό πρόβλημα που εμφανίζει η λίμνη, αποτελεί η έντονη διακίνηση φερτών υλών από τα χειμαρρικά ρεύματα του υδρογραφικού δικτύου της. Αυτό δημιουργεί επιπλέον και ένα μόνιμο κίνδυνο πλημμυρών και αυξημένων υγρασιών εδάφους στις παραλίμνιες περιοχές, ο οποίος δεν θεραπεύεται δυστυχώς, με την εκτέλεση μόνο πεδινών αντιπλημμυρικών έργων.

Σε ότι αφορά το μέλλον του λιμναίου, η διακίνηση των φερτών υλών εγκυμονεί τους εξής κινδύνους:

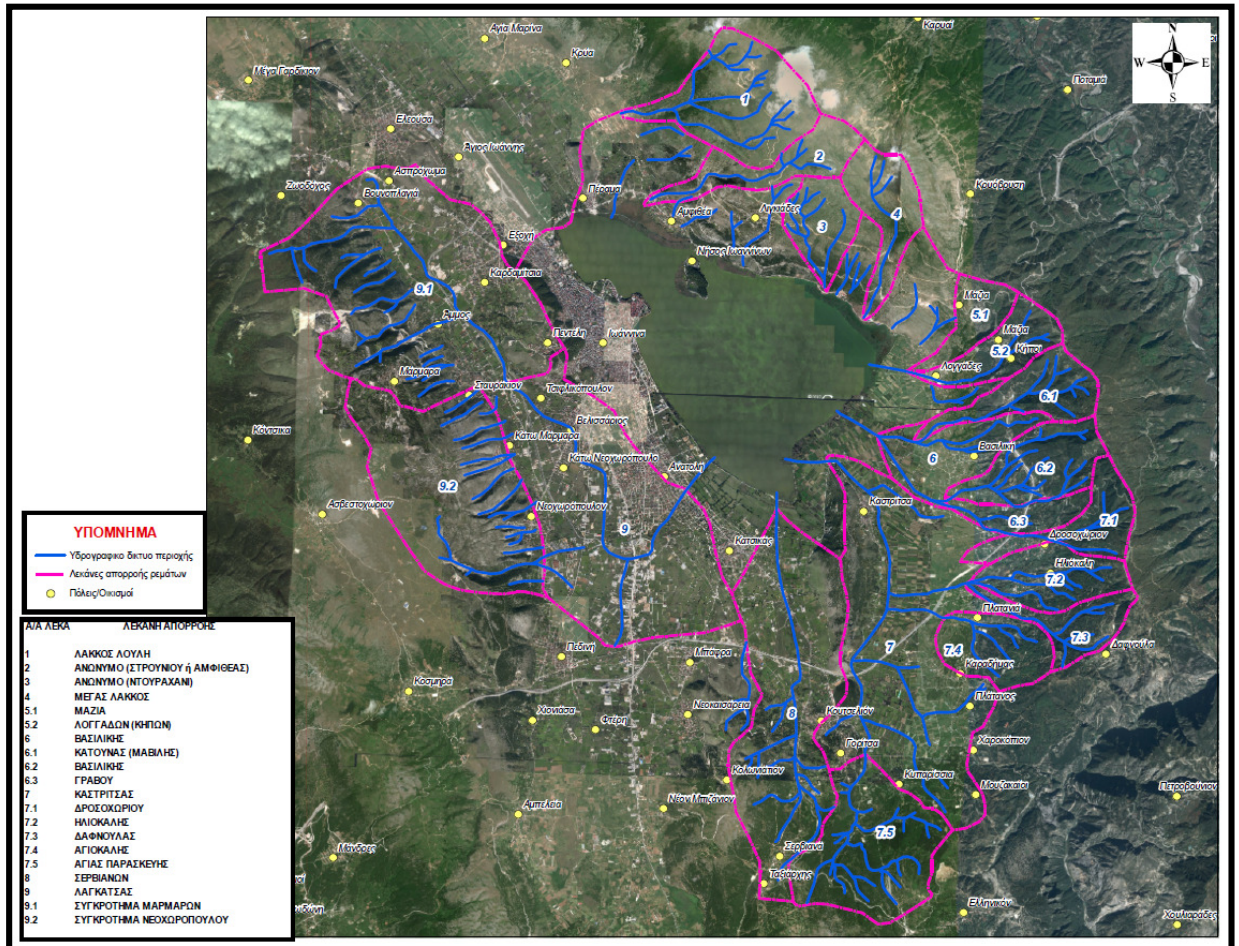
- Μείωση του λιμναίου όγκου, η οποία θα οδηγήσει σε επίταση της ρύπανσης και τέλος σε οικολογικό θάνατο της λίμνης.
- Πρόσχωση και στεγανοποίηση των ακτών της πόλης των Ιωαννίνων και των προαστίων τους, ιδίως προς το Πέραμα, καθώς και του κατάντη νησιού.
- Έντονες πλημμυρικές καταστροφές στον περιλίμνιο χώρο και αδυναμία των στραγγιστικών δικτύων να λειτουργήσουν. Να σημειώσουμε ότι η Λεκάνη απορροής της Λίμνης συμπεριλαμβάνεται στην Εκθεση της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων του 2012 ως ζώνη δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας στα πλαίσια της προκαταρκτικής αξιολόγησης κινδύνων πλημμύρας στα πλαίσια εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2007/60/ΕΚ



Σχήμα: Αλεικόνιση των Προσχωτικών Ζωνών της Λίμνης Παμβώτιδας

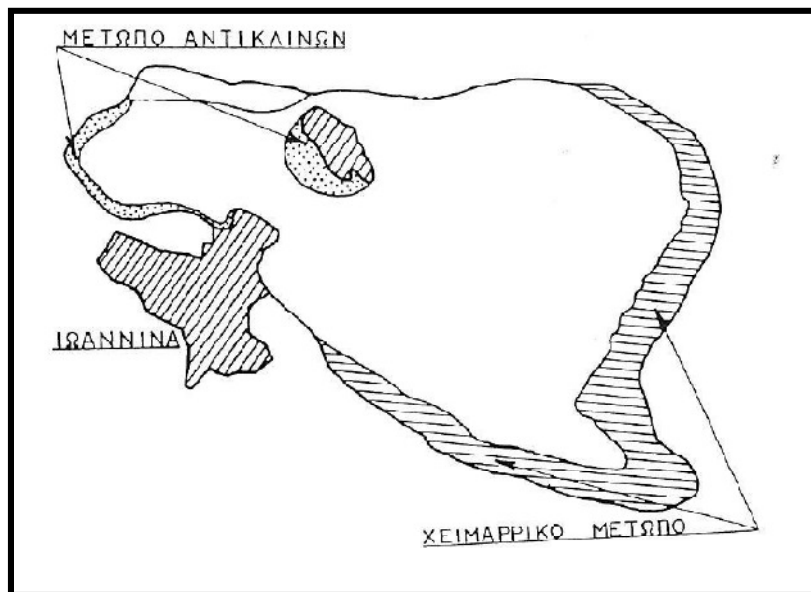
Όπως έδειξε η παραπάνω μελέτη, κύρια πηγή τροφοδοσίας της λίμνης με υλικά πρόσχωσης είναι οι χείμαρροι της περιοχής Λογγάδων - Καστρίτσας (χείμαρροι 5,6,7,8 και 9) καθώς και ο χείμαρρος Λαγκάτσας. Οι χείμαρροι της περιοχής Λογγάδων - Καστρίτσας εκχύνονται στη βάση του λιμναίου τριγώνου, όπου και σχηματίζουν την κύρια ζώνη πρόσχωσης (ζώνη II), η οποία προωθείται με μέση ταχύτητα 8,13 m / έτος. Οι παραπάνω χείμαρροι μαζί με τους χείμαρρους 3,4,10 και 11 τροφοδοτούν επίσης και τα δύο προσχωτικά αντίκλινα (Πέραμα, Νησί) που σχηματίζονται στην κορυφή του τριγώνου της λίμνης και προωθούνται αναποδοστικά με βραδύτερο ρυθμό προς το εσωτερικό της, δηλ. αντίθετα προς τη ροή

του νερού και με κατεύθυνση που επικεντρώνεται προς την πόλη και τα προάστια των Ιωαννίνων (Κάστρο- Μώλος- Λιμνοπούλα). Οι λοιπές ζώνες που σχηματίζονται, εξελίσσονται με βραδύτερους ρυθμούς, εκτός της ζώνης ΙΙΙ που προωθείται σχετικά ταχύτερα ως προς τις υπόλοιπες λόγω και της προσχωτικής συνεισφοράς της ζώνης ΙΙ (χειμαρρος Καστρίτσας).



Εικόνα: Η Συνολική Λεκάνη της Παμβώτιδας με τις Λεκανές Απορροής των Ρεμάτων που την τροφοδοτούν & τις Υπολεκάνες τους

Οι ισχυροί Β και Δ άνεμοι που επικρατούν στην περιοχή προκαλούν ανακατανομή των πλέον ευκίνητων υλικών των προσχώσεων και οδηγούν σημαντικούς όγκους από αυτά προς το αντίκλινο του Νησιού και προς την προσχωτική ζώνη ΙΙΙ.



Σχήμα: Απεικόνιση των Προσχωτικών Μετώπων της Λίμνης Παμβώτιδας

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, στην Παμβώτιδα σχηματίζονται δύο κύρια μέτωπα προσχωτικής δράσης, το καθένα από τα οποία εξελίσσεται σε διαφορετικό τμήμα της λίμνης ως εξής:

1. Το χειμαρρικό μέτωπο: Αυτό χαρακτηρίζεται από τους χειμάρρους που δρουν στη βάση του λιμναίου τριγώνου και αναπτύσσεται στο κάτω (μεγάλο) τμήμα της λίμνης. Κινείται με ταχύτητα 8,13 m/ έτος (στο μέλλον η ταχύτητα θα αυξηθεί), κατευθύνεται προς το κέντρο του χώρου και τείνει να προσχώσει το μεγάλο βύθισμα της λίμνης. Η δράση του συμπληρώνεται από τους κώνους της προσχωτικής ζώνης III (Κατσικάς - Ανατολής).
2. Το μέτωπο των αντίκλιων: Αυτό τροφοδοτείται από τα αιωροϋλικά των ιδίων χειμάρρων και συμπληρώνεται από ανακατανομή των ευκίνητων υλικών με τη δράση των ανέμων. Αναπτύσσεται με πεταλοειδή διάταξη γύρω από την πόλη και τα προάστια των Ιωαννίνων (Κάστρο-Μώλος - Λιμνοπούλα). Κατευθύνεται με ταχύτητα 3,45 m / έτος που μάλλον θα αυξηθεί, προς το κέντρο του άνω (μικρού) τμήματος της λίμνης, και τείνει να γεμίσει το εκεί βύθισμα. Παρά την μικρότερη ταχύτητα ανάπτυξης του, αναμένεται ότι στο μέλλον θα παρουσιάσει θεαματικότερη προσχωτική εξέλιξη από το πρώτο μέτωπο, λόγω της ρηχότερης διαμόρφωσης και των μικρότερων διαστάσεων του λιμναίου χώρου, στον οποίο κινείται. Το μέτωπο αυτό, απειλεί άμεσα την πόλη και τα προάστια των Ιωαννίνων, καθώς και το Νησί με προσχώσεις.

Εφόσον συνεχιστεί η χειμαρρική δράση των ρευμάτων που τροφοδοτούν τη λίμνη και συνεπώς η προώθηση των προσχωτικών ζωνών προς το εσωτερικό της λίμνης, το τελικό αποτέλεσμα θα είναι να προσχώσει ο λιμναίος χώρος και έτσι να εξαφανισθεί

η λίμνη Παμβώτιδα. Κατά την πορεία της λίμνης προ στο τελικό στάδιο αναμένεται, ότι θα δημιουργηθούν τα ακόλουθα, κατά σειρά, ενδιάμεσα στάδια εξέλιξης:

- Πρόσχωση και στεναγοποίηση των ΒΑ παραλιών της πόλης και των προαστίων των Ιωαννίνων (Μώλος, Λιμνοπούλα) μέχρι και το Πέραμα
- Πρόσχωση και στεναγοποίηση του κάτω ήμιου του μεγάλου (κάτω) τμήματος της λίμνης, περίπου μέχρι το ύψος της Ανατολής
- Σχηματισμός διαύλου εκροής μεταξύ Νησιού και Κάστρου
- Ολοκληρωτική πρόσχωση του λιμναίου χώρου

Συνεπώς, η εξέλιξη της μορφογένεσης στο λιμναίο χώρο της Παμβώτιδας, όπως περιγράφηκε παραπάνω, αποτελεί φυσική νομοτέλεια, οι γενικές γραμμές της οποίας δεν μεταβάλλονται. Η χρονική διάρκεια όμως μεταξύ των διάφορων σταδίων της εξέλιξης εξαρτάται από την ένταση της χειμαρρικότητας, δηλ. από την υποβάθμιση που θα επικρατεί στο χώρο της λεκάνης απορροής της λίμνης. Οι μορφές της λίμνης και οι εξελίξεις στο χώρο της, όπως σκιαγραφήθηκαν κατά τις τέσσερις φάσεις, ανά 60 χρόνια, με αφετηρία το έτος 1982, αναφέρονται στο σημερινό βαθμό χειμαρρικότητας της λεκάνης απορροής, που αντιστοιχεί σε υποβάθμιση 1165 m³ / km² / έτος. Εάν το μέγεθος της υποβάθμισης μεταβληθεί, θα συμβούν τα εξής:

- Εάν αυξηθεί η υποβάθμιση στη λεκάνη απορροής της λίμνης, π.χ. λόγω ανθρωπογενών επιδράσεων, τα παραπάνω στάδια εξέλιξης θα επιταχυνθούν και συνεπώς οι μορφές της λίμνης που περιγράφηκαν κατά τις διάφορες φάσεις, θα επιτευχθούν σε μικρότερα χρονικά διαστήματα, δηλ. σε λιγότερα από 60 χρόνια για κάθε φάση
- Εάν, αντίθετα, μειωθεί η υποβάθμιση στον ορεινό χώρο της λεκάνης της λίμνης και αν συγκρατηθούν τα μεταφερόμενα υλικά με την εκτέλεση κατάλληλων ορεινών υδρονομικών έργων, θα επιβραδυνθούν σημαντικά τα παραπάνω στάδια εξέλιξης, δηλ. θα μεγιστοποιηθεί ο χρόνος τους, ώστε να μπορεί να θεωρηθεί, ότι ο λιμναίος χώρος θα παραμείνει πρακτικά αμετάβλητος.

3.1.1 Δασώσεις-Αναδασώσεις

Η συγκεκριμένη κατηγορία έργων, αποσκοπεί στην πρόληψη ενδεχόμενων προβλημάτων και όχι στην καταστολή και την αντιμετώπιση των μετέπειτα επιπτώσεων που προκύπτουν από τα φαινόμενα διάβρωσης εδαφικού υλικού και προσχώσεων στη λίμνη. Η κάλυψη υποβαθμισμένων εδαφών με φυτικά είδη με βαθύ ριζικό σύστημα και μεγάλη δυνατότητα συγκράτησης εδάφους, ενδείκνυται ως ιδιαίτερα αποτελεσματικό μέτρο πρόληψης.

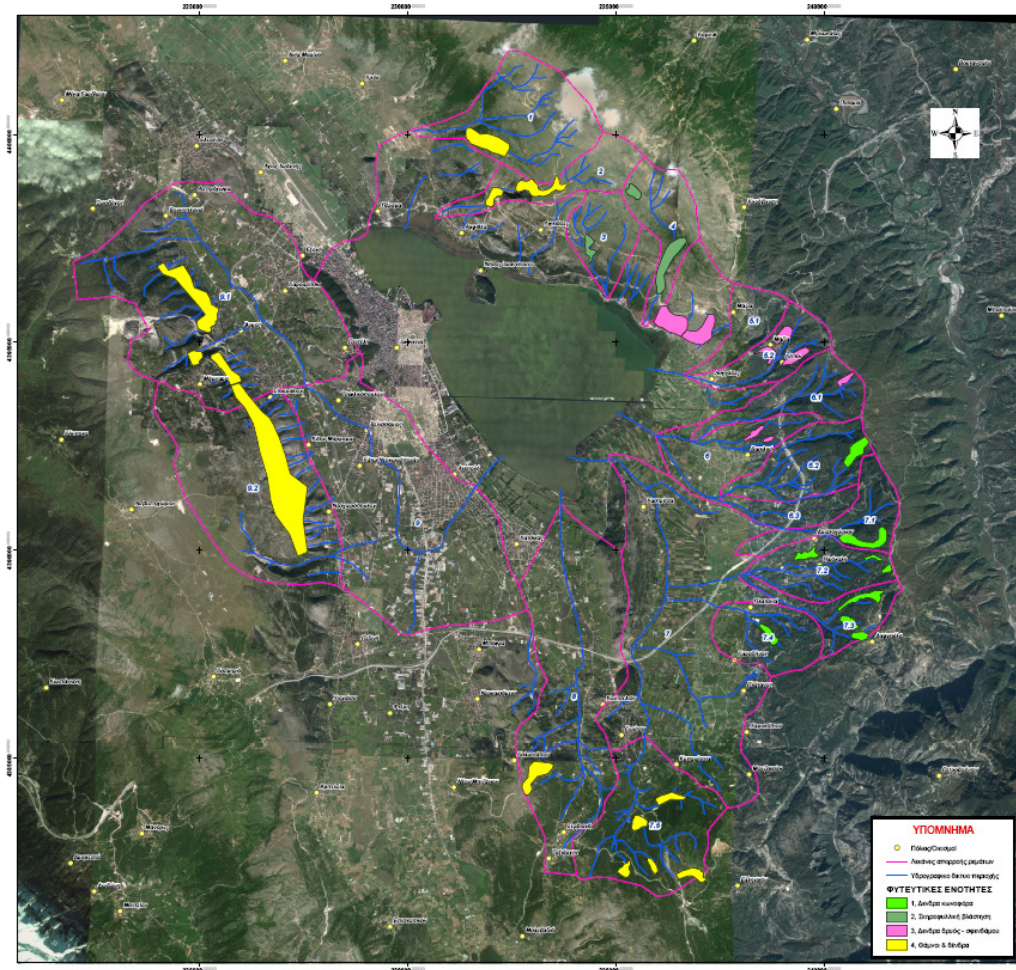
Λόγω του λεπτόκοκκου των παραγόμενων υλικών, ο καλύτερος τρόπος ελέγχου τους είναι η συγκράτηση τους στον τόπο τής παραγωγής. Για το σκοπό αυτό πρέπει να προετοιμασθεί καταρχήν ο χώρος ως εξής:

- να σταθεροποιηθούν (στερεωθούν) τα εδάφη της διαβρωμένες επιφάνειες, ιδίως στις θέσεις με ισχυρές κλίσεις με την κατασκευή παράλληλων τοίχων από ξηρολιθιά ή από κλαδοπλέγματα (κυρίως ζώντων) και
- να προετοιμασθούν τα εδάφη με την κατασκευή βαθμιδών κατά τις ισοϋψείς.

Στη συνέχεια θα αναδασωθούν (κατά προτίμηση) ή και θα αναθαμνωθούν οι εκτάσεις με κατάλληλα δασοπονικά είδη που προσφέρουν ιδιαίτερη υδρογεωνομική προστασία. Το έργο είναι πολύ βραδείας απόδοσης (οι φυτείες για να αρχίσουν να αποδίδουν απαιτούν την παρέλευση τουλάχιστο 15-20 ετών). Θα ασκήσει όμως καθοριστική επίδραση όχι μόνο στην αποτροπή της πρόσχωσης της Παμβώτιδας, αλλά και στον εξωραϊσμό της περιοχής και στην αναψυχή των κατοίκων του ευρύτερου χώρου, καθώς και στη σταθεροποίηση των ερπύσεων που παρουσιάζονται γενικά στο φλύσχη. Παράλληλα δε, θα προσφέρουν σημαντικά υδρολογικά οφέλη (μείωση πλημμυρικών αιχμών, ρύθμιση της διαίτας των υδάτων, αύξηση τού βαθμού τροφοδοσίας της λίμνης με καθαρό νερό, ρύθμιση του χρόνου απόδοσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων στον περιλίμνιο και υπολίμνιο χώρο κ λ.π.)

Τα έργα αναδάσωσης, δεν επιφέρουν αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (αφού στην ουσία δεν πρόκειται για τεχνικό έργο), αλλά δράση, η οποία ενισχύει σημαντικά την προστασία του εδάφους στη συγκράτηση εδαφικού υλικού και ταυτόχρονα παρέχει τα οφέλη στην περιοχή από την ύπαρξη μιας δασικής περιοχής.

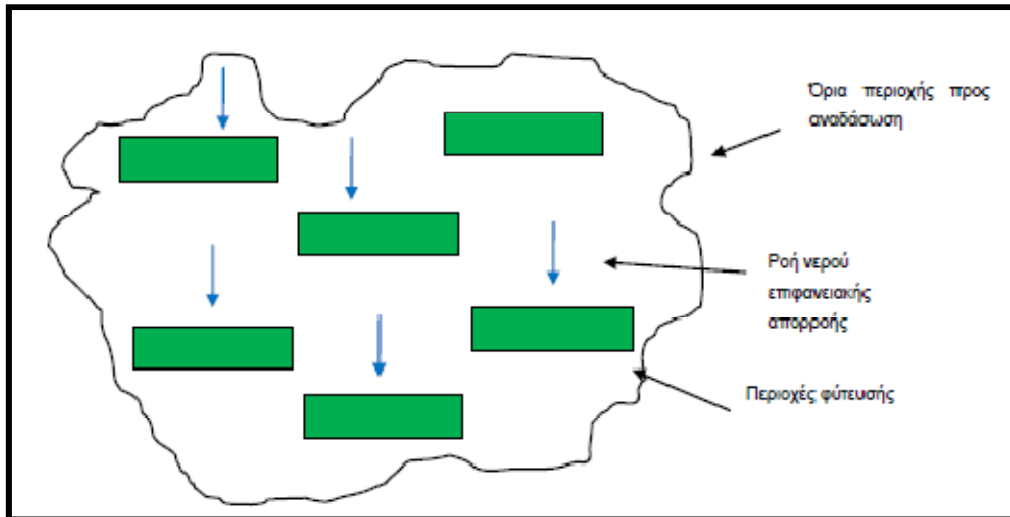
Με την αναδάσωση, στόχος είναι η δημιουργία σταθερών οικοσυστημάτων, με τη φύτευση όσο είναι δυνατόν κατάλληλων ιθαγενών ειδών, που θα οδηγήσουν σταδιακά σε φυτοκοινωνίες κλίμακας ανάλογες με αυτές που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή. Σε εδάφη ωστόσο με μεγάλη κλίση και διάβρωση και μόνο, ενδείκνυται η χρήση ταχυαυξών και ολιγαρκών (σε νερό και θρεπτικά συστατικά) φυτικών ειδών.



Εικόνα: Οι προτεινόμενες Περιοχές για έργα Δασώσεων-Αναδασώσεων

Οι βασικές κατευθύνσεις τις οποίες πρέπει να ακολουθήσει κάθε προσπάθεια αναδάσωσης, στις προτεινόμενες υποπεριοχές, είναι οι εξής:

- Τμηματική φύτευση περιοχών και όχι φύτευση μίας ενιαίας έκτασης. Αυτή η τακτική πλεονεκτεί στη δυνατότητα βόσκησης (πρόσβαση) των κοπαδιών στα ενδιάμεσα μη φυτεμένα τμήματα.
- Φυτεύσεις με εναλλαγές φυτικών ειδών ανά ζώνες. Η τακτική αυτή προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας αντιπυρικών ζωνών, αν παρεμβάλλονται βραδύκαυστα φυτικά είδη.



Σχήμα: Ενδεικτικός τρόπος φύτευσης-αναδάσωσης (Γ.Νασίκας, 2010)

Στις καλλιεργούμενες επιφάνειες η καταπολέμηση των διαβρώσεων και των αποσαθρώσεων δεν είναι συνεχώς δυνατή. Μπορούν όμως να περιοριστούν τα φαινόμενα αυτά με την εφαρμογή των αρόσεων κατά τις ισούψεις καμπόλες.

Επίσης σημαντικοί παράγοντες παραγωγής φερτών υλικών και γενικά αποσταθεροποίησης στις περιοχές αυτές είναι ή οικοπεδοποίηση, η ανοικοδόμηση και ιδίως η οδοποιία, τα οποία βέβαια δεν είναι δυνατόν να αποτραπούν ή να περιορισθούν.

Η αναδάσωση και η αναθάμνωση των γυμνών επιφανειών απαιτεί εκτός από την σταθεροποίηση και την προπαρασκευή του εδάφους και την προμήθεια σημαντικού αριθμού κατάλληλων φυτικών ειδών, η οποία απαιτεί την ύπαρξη σχετικού φυτωρίου. Επίσης απαιτείται να προηγηθεί εδαφολογική και φυτοκοινωνιολογική μελέτη του χώρου, πρόβλεψη οδικού δικτύου προσπέλασης κ.λ.π. Όλα αυτά προϋποθέτουν τη σύνταξη ειδικών μελετών.

Επίσης ένα σημαντικό πρόβλημα που πρέπει να διερευνηθεί κατά την τελική επιλογή των υποπεριοχών αυτών είναι το ιδιοκτησιακό καθεστώς, οι πάσης φύσεως δουλείες, καθώς και άλλες κοινωνικές προεκτάσεις και επιπτώσεις του έργου.

3.1.2 Έργα Συγκράτησης Φερτών Υλικών

Η κατασκευή των υδρονομικών έργων στη λεκάνη απορροής των χειμάρρων (τεχνικών, φυτοτεχνικών) είναι χρονοβόρα και προϋποθέτει σημαντικές πιστώσεις, οι οποίες δεν είναι εύκολο να εξευρεθούν. Στη πράξη έχει αποδειχθεί ότι, συχνά η εκτέλεση των φυτοτεχνικών εργασιών δεν είναι, δυνατόν να πραγματοποιηθεί στη επιθυμητή έκταση λόγω κοινωνικών προβλημάτων (βοσκή, γεωργικές καλλιέργειες, οικισμοί κ.λ.π.). Για τους παραπάνω λόγους δεν είναι κατά κανόνα δυνατόν η απόλυτη αποτροπή της παραγωγής και διακίνησης υλικών στις λεκάνες απορροής των χειμάρρων.

Όλα αυτά σε συνδυασμό με την ανάγκη να αρχίσει η προστασία του λιμναίου χώρου από τις προσχώσεις, επιβάλλουν την άμεση συγκράτηση των φερτών υλικών στα κατάντη των λεκανών απορροής των ρευμάτων και πριν την είσοδο τους στο λιμναίο χώρο. Τα έργα που απαιτούνται να κατασκευασθούν για το σκοπό αυτό αποτελούνται:

- από τα κύρια έργα διευθέτησης και
- από τα βοηθητικά έργα στερέωσης των κυρίων πεδινών κοιτών.

Τα υλικά που παράγονταν στη λεκάνη της λίμνης και ιδίως αυτά από τους χειμάρρους της ομάδας II (ρ.Μάζια, ρ.Λογγάδων, ρ.Μαβίλης), τα οποία αποτελούν και την κύρια μάζα τροφοδοσία, συνεπώς και πρόσχωσης της λίμνης, πρέπει, να μην φθάνουν στον λιμναίο χώρο, αλλά να συγκρατούνται, στην περιοχή μεταξύ πέρατος των ορεινών λεκανών και δέλτα των ρευμάτων σε κατάλληλους χώρους χωρίς όμως να προκαλούνται διαβρώσεις στις πεδινές διαδρομές (κοίτες) από τα "καθαρά" νερά.

Τα έργα ορεινής υδρονομίας που προσφέρονται για το σκοπό αυτό είναι το εξής:

- φράγματα συγκράτησης φερτών υλών στις κοίτες εκκένωσης των ρεμάτων
- αντιπλημμυρικά φράγματα σε κατάλληλες θέσεις των ορεινών κοιτών μέχρι την έξοδο τους στην πεδινή περιοχή
- ενδιάμεσα έργα στερέωσης
- Στερέωση των κοιτών για αποτροπή χαραδρωτικών & πρανικών διαβρώσεων

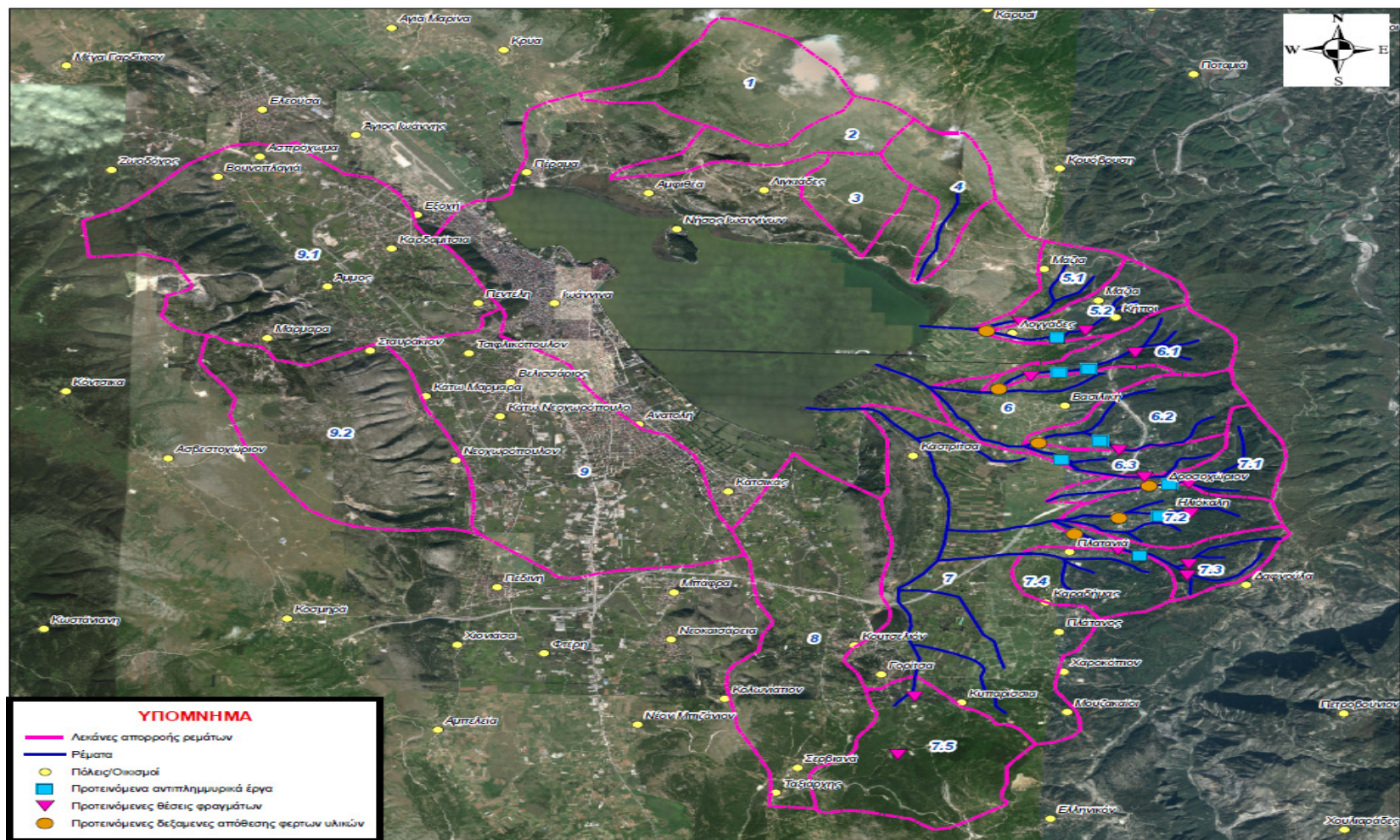
Με βάση τη χειμαρρικότητα των ρευμάτων της ομάδας II κρίνεται ότι σ' όλα τα ρεύματα πρέπει σε πρώτη φάση να κατασκευαστούν δεξαμενές απόθεσης υλικών ή (όπου αυτό είναι δυσχερές) φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών και σε δεύτερη φάση δεξαμενές καθίζησης στα δέλτα τους. Τα ενδιάμεσα όμως έργα στερέωσης θα πρέπει να κατασκευαστούν ταυτόχρονα με τις δεξαμενές απόθεσης.

Οι δεξαμενές απόθεσης ή τα φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών αποτελούν τα πρώτα έργα ελέγχου των διακινούμενων υλικών, που πρέπει να δημιουργηθούν στο χώρο της λεκάνης απορροής. Αποσκοπούν στο να συγκροτήσουν στην έξοδο των λεκανών απορροής το στερεοφορτίο και σημαντικό μέρος του αιωροφορτίου (τα αδρομερέστερο) που παράγεται σ'αυτές και μεταφέρεται από τα χειμαρρικά νερά, και να μειώσουν σε σημαντικό βαθμό την ένταση της κατατριβής κι έτσι να αποτρέψουν στην πρόσχωση του λιμναίου χώρου κατά ένα μεγάλο ποσοστό. Παράλληλα δε αποσκοπούν στο να προσφέρουν σημαντική αντιπλημμυρική προστασία στην μεταξύ των λεκανών απορροής και της λίμνης πεδινή περιοχή.

Η χωρητικότητα των δεξαμενών όσο και των φραγμάτων συγκράτησης δεν είναι απεριορίστη. Καθορίζεται από τον διατιθέμενο χώρο το είδος των έργων που την διαμορφώνουν και τον όγκο αλλά και την κοκκομετρική συγκρότηση των υλικών που μεταφέρονται. Επομένως αποτελούν έργα που πρέπει να διαμορφώνεται εκκενώσιμα, και συνεπώς επισκέψιμα σε μηχανικά μέσα. Εδώ πρέπει να σημειωθεί όχι το αποτιθέμενο υλικό (προσχώσεις) συχνά είναι αξιοποιήσιμο (αμμοληψία, οδοποιία, βελτίωση αγρών κλπ.). Ο ρόλος τους περιορίζεται ή ελαχιστοποιείται, όταν καταστεί δυνατό να ολοκληρωθούν και να αποδώσουν τα λοιπά ορεινά υδρονομικά έργα (τεχνικά όσο και φυτοτεχνικά) στις λεκάνες απορροής των χειμάρρων και παύσει έτσι η παραγωγή υλικών.

Οι θέσεις των δεξαμενών απόθεσης που πρέπει να κατασκευαστούν στις λεκάνες απορροής των χειμάρρων της ομάδας II δίνονται στο παρακάτω σχέδιο. Πάντως σημειώνεται ότι οι θέσεις αυτές είναι ενδεικτικές.

Η ακριβής τοποθέτηση κάθε δεξαμενής στο χώρο περί την ενδεικτική θέση της θα γίνει μετά από σύνταξη ειδικών σχετικών μελετών, με βάση τις ειδικές συνθήκες του τοπικού αναγλύφου, το ιδιοκτησιακό καθεστώς την κοκκομετρία του υλικού απόθεσης καθώς και του προσφορότερου τρόπου απόθεσης προσπέλασης και αξιοποίησης υλικών. Εάν οι ειδικές μελέτες δείξουν ότι δεν προσφέρεται ή δεν είναι δυνατή η κατασκευή δεν δεξαμενών (για διάφορους λόγους, κοινωνικούς λειτουργικούς κλπ), θα ιδρυθούν σε κατάλληλες θέσεις σε αντικατάσταση τους φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών.



Εικόνα: Προτεινόμενες Θέσεις έργων Ορεινής υδρονομίας

Δεξαμενές απόθεσης υλικών προτείνεται να κατασκευαστούν στις λεκάνες και υπολεκάνες των ακολούθων χειμάρρων της ομάδας II:

Κωδικός	Χειμάρρος
5	Λογγάδες
6.1	Κατούνας
6.2	Βασιλικής
6.3	Γράβου
7.1	Δροσοχωρίου
7.2	Ηλιοκάλης
7.3	Δαφνούλας
7.5	Αγίας Παρασκευής

Σε όσες από τις παραπάνω λεκάνες και υπολεκάνες (π.χ. Χειμάρρος Δροσοχωρίου κλπ) διαπιστωθούν προβλήματα (αδυναμία κατασκευής για κοινωνικούς, κατασκευαστικούς, τοπογραφικούς κλπ.) στην κατασκευή δεξαμενών απόθεσης, προτείνεται όπως, αντικατασταθούν με αναλόγου απόδοσης έργα και κυρίως με φράγματα συγκράτησης υλικών. Πάντως αυτό θα κριθεί οριστικά από ειδική μελέτη που πρέπει να γίνει.

Στο ρεύμα 9(χ.Λαγκάτσας), λόγω της ιδιομορφίας του δεν θα κατασκευαστεί, δεξαμενή απόθεσης (μόνο δεξαμενή καθίζησης). Στο δε ρεύμα 8(ρ.Σερβιανών) προτείνεται να κατασκευαστεί μόνο δεξαμενή καθίζησης, η οποία όμως θα λειτουργεί ως δεξαμενή συγκράτησης και καθίζησης.

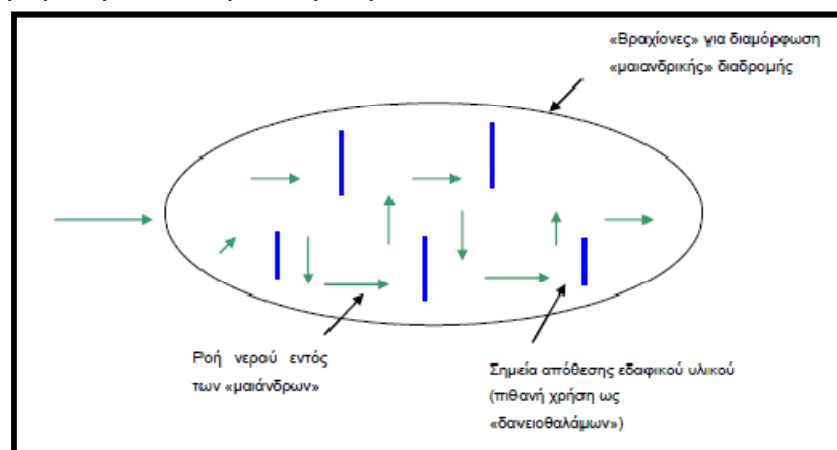
Οι δεξαμενές απόθεσης διαμορφώνονται με την κατασκευή ειδικών αναχώματος, το οποίο περιβάλλει την έκταση που προβλέπεται από την μελέτη στην περιοχή κατασκευής τους. Στη θέση εξόδου της κοίτης του ρεύματος από τη δεξαμενή κατασκευάζεται φράγμα (από σκυρόδεμα ή λιθοδομή), το οποίο επιτρέπει την εκροή από τη δεξαμενή των χειμαρρικών νερών χωρίς να προκληθούν ζημιές στο χειμαρρικό κορμό. Κατά κανόνα (ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες) κατασκευάζεται και φράγμα ή ουδός στη θέση εισροής του ρεύματος στη δεξαμενή. Στο εσωτερικό της δεξαμενής μπορούν να κατασκευάζονται εμπόδια που να διευκολύνουν την απόθεση των υλικών ανάλογα με την κοκκομετρία του προς απόθεση υλικού και της κλίσης και της μορφής της δεξαμενής. Επίσης το φράγμα μπορεί να κατασκευάζεται ως φράγμα - διαλογής (διαλογική συγκράτηση) ανάλογα με τη σχέση μεταξύ αδρομερούς και λεπτόκοκκης φάσης. Στη δεξαμενή προβλέπονται ειδικές προσβάσεις

για μηχανικά μέσα καθαρισμού και φορητά βαρέως τύπου, ώστε να εξασφαλίζεται η προσπελασιμότητα και εκκενωσιμότητα της.

Τα φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών κατασκευάζονται κατά προτίμηση σε στενές βραχώδεις θέσεις με υπέργειο ύψος μεγαλύτερο των 6m ώστε να εξασφαλίζεται σε συνάρτηση με το ανάπτυγμά της περιοχής, επαρκής χώρος ταμίευσης. Με βάση τα ίδια κριτήρια αποφασίζεται αν τα φράγματα θα κατασκευαστούν διαλογής ή όχι. Πάντως στα μη διαλογικά φράγματα (τόσο των δεξαμενών απόθεσης όσο και της συγκράτησης φερτών υλικών) πρέπει να προβλέπεται επαρκής αριθμός υδατοχετών που να στραγγίζουν ταχέως τις αποθέσεις.

Οι δεξαμενές έχουν επικουρικό ρόλο έναντι των φραγμάτων συγκράτησης (που συγκρατούν τα υλικά μεγάλης κοκκομετρίας), αφού συγκρατούν το πιο λεπτόκοκκο κλάσμα του παρασυρόμενου εδαφικού υλικού. Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στη συγκράτηση εδαφικού υλικού στις δεξαμενές, προτείνεται η κατασκευή «βραχιόνων» κατάλληλα τοποθετημένων, ώστε το εισερχόμενο νερό να διαγράφει «μαιανδρική» διαδρομή, με αποτέλεσμα:

- Λόγω **πρόσκρουσης** των κόκκων εδαφικού υλικού στους «βραχιόνες», να καθιζάνει και να συγκεντρώνεται πιο εύκολα
- Λόγω **αύξησης του μήκους της διαδρομής** αλλά και λόγω **ελάττωσης της ορμής** του νερού ακολουθώντας τους «μαιανδρισμούς» της λίμνης, αυξάνει και η ποσότητα των καθιζανόντων υλικών, εξαιτίας του μεγαλύτερου χρόνου παραμονής εντός της δεξαμενής.



Σχήμα: Τοπική κίνηση νερού σε μία οδεξαμενή συγκράτησης λεπτόκοκκου υλικού

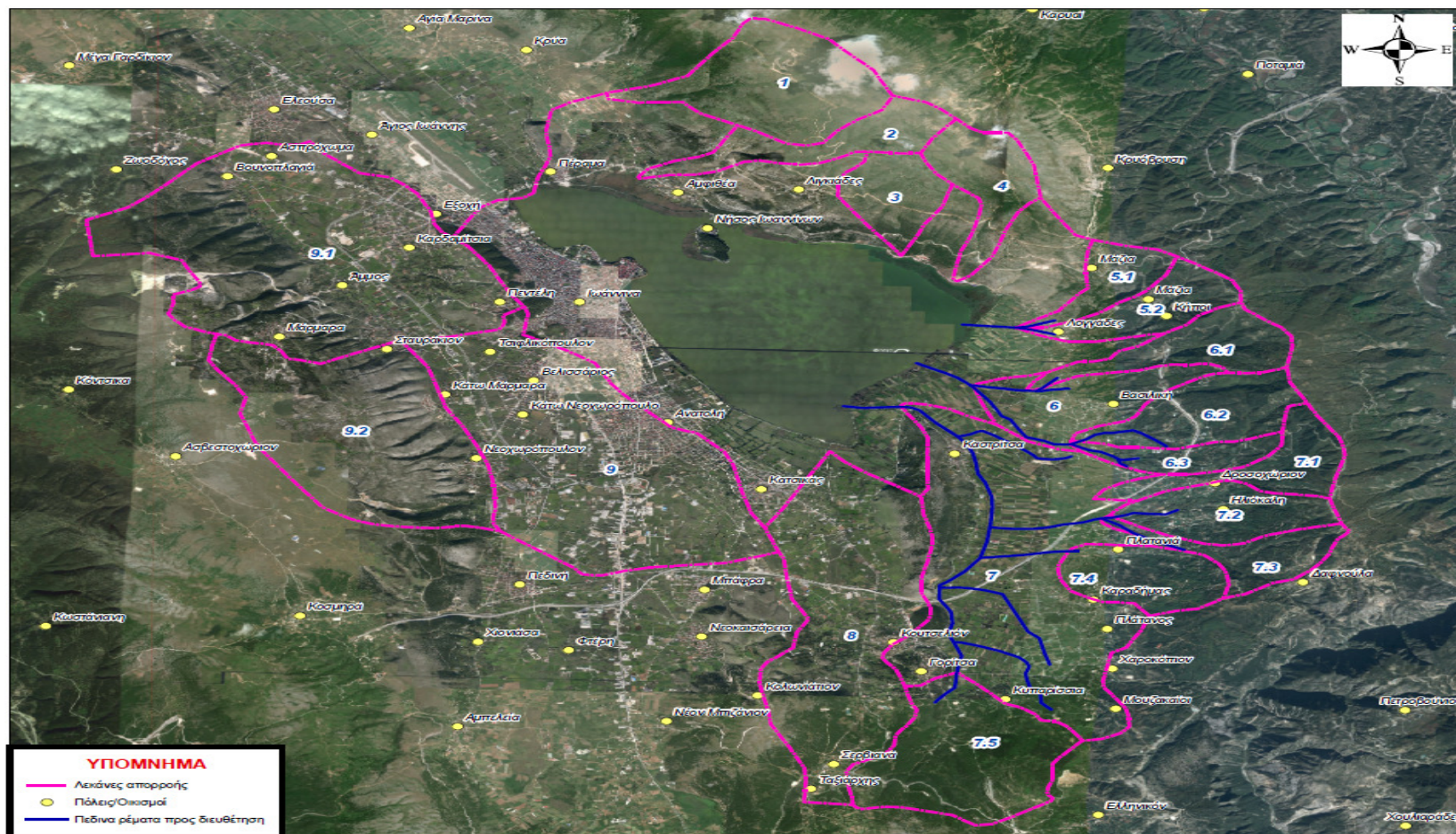
3.2 Έργα Πεδινής Υδρονομίας

Εκτός των προηγούμενων προτάσεων για κατασκευή έργων ορεινής υδρονομίας, η προστασία της λίμνης δύναται να επέλθει και με μια σειρά ακόμη έργων και παρεμβάσεων, η χωροθέτηση των οποίων, προτείνεται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης απορροής. Τα έργα και οι τεχνικές παρεμβάσεις πεδινής έκτασης, προορίζονται ως επί το πλείστον για την ποιοτική αναβάθμιση του περιβάλλοντος της λίμνης, αφού ως επί το πλείστον τα έργα συγκράτησης φερτών υλικών προηγήθηκαν στα έργα ορεινής υδρονομίας. Αυτή εξάλλου είναι και μια δεύτερη διαφορά (πλην των περιοχών χωροθέτησης), μεταξύ των κατηγοριών των έργων ορεινής και πεδινής υδρονομίας, αφού η μεν πρώτη εστιάζει στη συγκράτηση εδαφικού υλικού (είτε αδρομερούς, είτε χονδρόκοκκου), ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει κυρίως παρεμβάσεις για τη ρυπαντική αποφόρτιση και προστασία της λίμνης

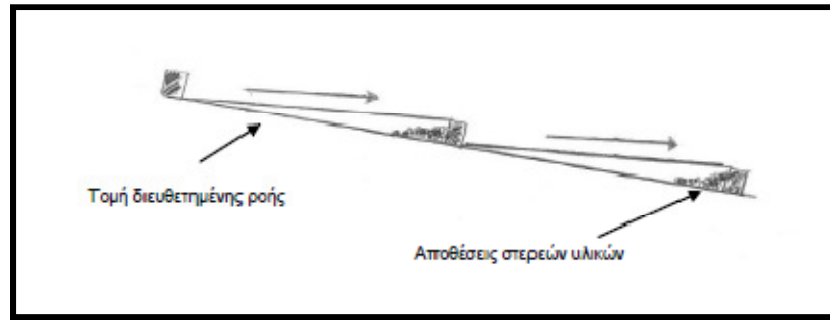
3.2.1 Εσωποτάμιοι Αναβαθμοί

Ένα τεχνικό μέτρο που οδηγεί στη μείωση των εισερχόμενων φερτών υλικών που αποθέτουν τα ρέματα τα οποία καταλήγουν στη λίμνη, μέσω της εξομάλυνσης της ροής τους, είναι η διευθέτηση της κοίτης τους. Μία από τις τεχνικές για να επιτευχθεί ο έλεγχος της ροής των ρεμάτων, είναι η κατασκευή αναβαθμών (είτε με χρήση σκυροδέματος, είτε με χρήση συρματοκιβωτίων), τα οποία τοποθετούνται εντός της κοίτης των ρεμάτων και κάθετα στη ροή τους. Το τελικό ζητούμενο στις περιπτώσεις αυτές, είναι η πλήρωση του ανάντη τμήματος των αναβαθμών με φερτά υλικά, τα οποία με την πάροδο του χρόνου, εξομαλύνουν την κλίση ρεμάτων, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ταχύτητα και κατά συνέπεια η διαβρωτική δράση τους.

Η παρέμβαση αυτή, σε συνδυασμό με την κατασκευή δεξαμενών σε επιλεγμένα σημεία ανάντη των ρεμάτων, οδηγεί σε συγκράτηση σημαντικών ποσοτήτων εδαφικού υλικού (αδρόκοκκου και λεπτόκοκκου) και περιορίζει σε μεγάλο βαθμό την αρνητική προσχωσιγενή δράση των ρεμάτων. Η τεχνική αυτή παρέμβαση, προτείνεται να εφαρμοστεί στα ρέματα που προαναφέρθηκαν (της Ομάδας II), αφενός γιατί η μορφολογία της περιοχής επιτρέπει την ευχερή κατασκευή τους και αφετέρου γιατί η αυξημένη ροή του οδηγεί σε απομάκρυνση ιδιαίτερων ποσοτήτων εδαφικού υλικού.



Εικόνα: Πεδινές διαδρομές ρεμάτων που θα κατασκευασθούν έργα διευθέτησης Πεδινής υδρονομίας



Σχήμα: Σχηματική Αλεικόνιση Διευθέτησης ρέματος

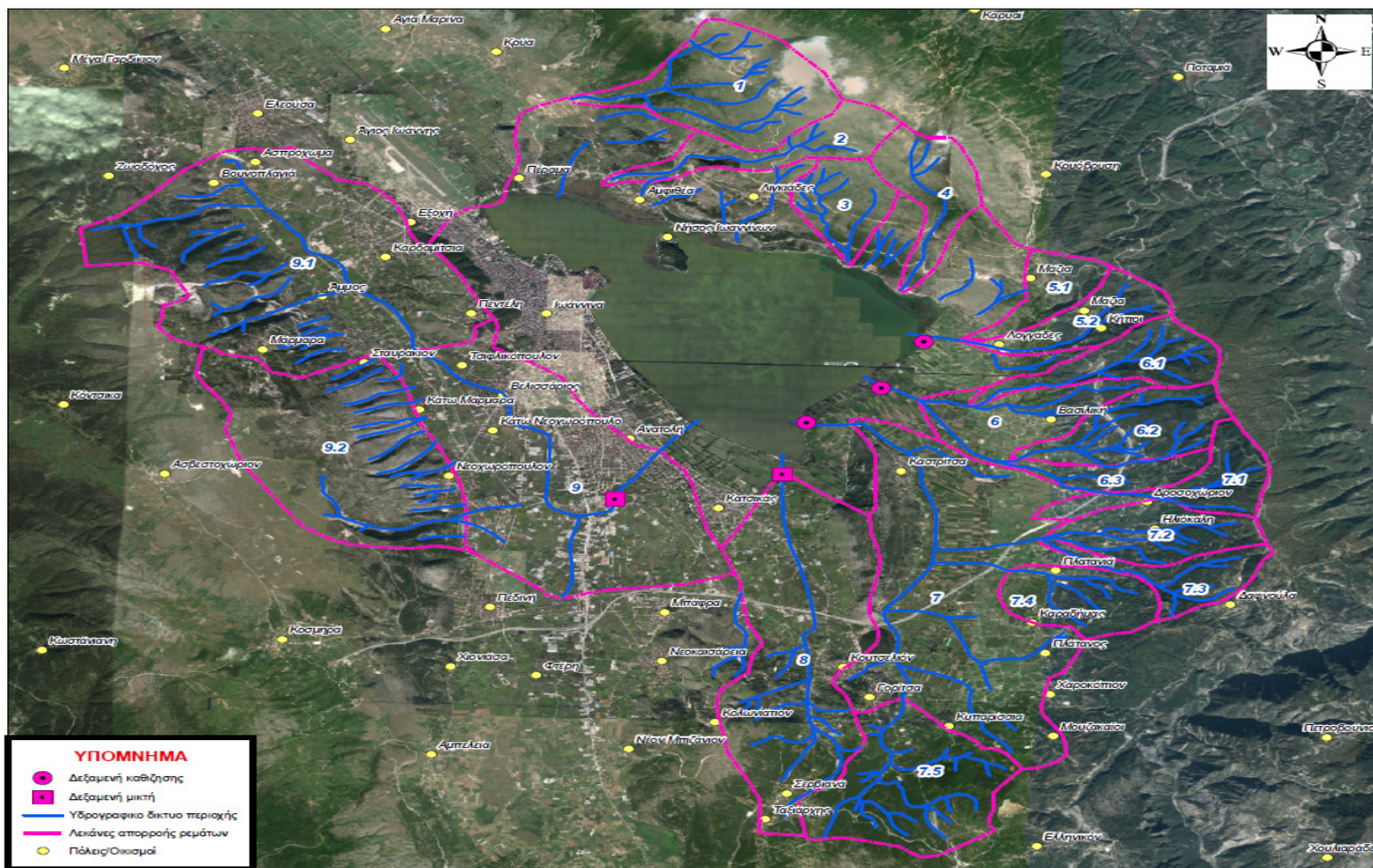
3.2.2 Δεξαμενές Καθίζησης

Αποβλέπουν στη συγκράτηση των λεπτών αιωρούλικών, που θα υπερπηδούν τις δεξαμενές απόθεσης (ή τα φράγματα συγκράτησης) που θα κατασκευασθούν. Ως χώρος κατασκευής τους ορίζεται η περιοχή του δέλτα των ρεμάτων, θα αποτελούν δε έργο δεύτερης σειράς, δηλαδή θα είναι συμπληρωματικά αφού προτείνεται να κατασκευαστούν μετά την κατασκευή, λειτουργία και διερεύνηση της απόδοσης των δεξαμενών και των φραγμάτων συγκράτησης, οπότε και θα έχει διαπιστωθεί, ο πραγματικός βαθμός απόδοσης των έργων αυτών.

Οι δεξαμενές καθίζησης θα δημιουργηθούν στο εσωτερικό της περιοχής των δέλτα και σε υψομετρική θέση του χώρου τέτοια, ώστε ο πυθμένα της και η θέση του χώρου τους να είναι τέτοια, ώστε το χαμηλότερο σημείο της δεξαμενής να βρίσκεται πάντοτε υπεράνω της υψηλότερης στάθμης της λίμνης. Ο χώρος των περιοχών καθίζησης ο οποίος είναι μικρότερος του αντίστοιχου χώρου των δεξαμενών απόθεσης δεν πρέπει να επιτρέπει τη διαφυγή των εισρεόντων υδάτων παρά μόνο με την διαφυγή των εισρεόντων υδάτων με υπερχειλίση τους δια μέσου της φρογματικής κατασκευής, η οποία δεν πρέπει να φέρει υδατοχετούς στον κορμό της, αλλά να είναι συμπαγής.

Με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται υδάτινος όγκος στο χώρο της δεξαμενής, ο οποίος βρίσκεται εν ηρεμία επιτρέποντας έτσι την καθίζηση (συσσώρευση) και έτσι την παρακράτηση των μεταφερόμενων αιωρούλικών στον πυθμένα της.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί ότι το παρακρατούμενο αιωρούλικό αποτελεί άριστο βελτιωτικό στην γεωργία. Οι δεξαμενές αυτές κατασκευάζονται προσπελάσιμες σε μηχανικά μέσα, ώστε να είναι εκκενώσιμες τόσο από τα φερτά υλικά, όσο και από τα νερά που συρρέουν στο χώρο τους. Στις θέσεις εισροής και εκροής των χειμαρρικών υδάτων κατασκευάζονται ουδοί (ή φράγματα). Ειδική προσαρμογή θα γίνει μόνο στη δεξαμενή του ρεύματος 8(ρ.Σερβιανών), η οποία θα λειτουργεί και για τη συγκράτηση των αδρομερέστερων υλικών που εισέρχονται στη λίμνη.

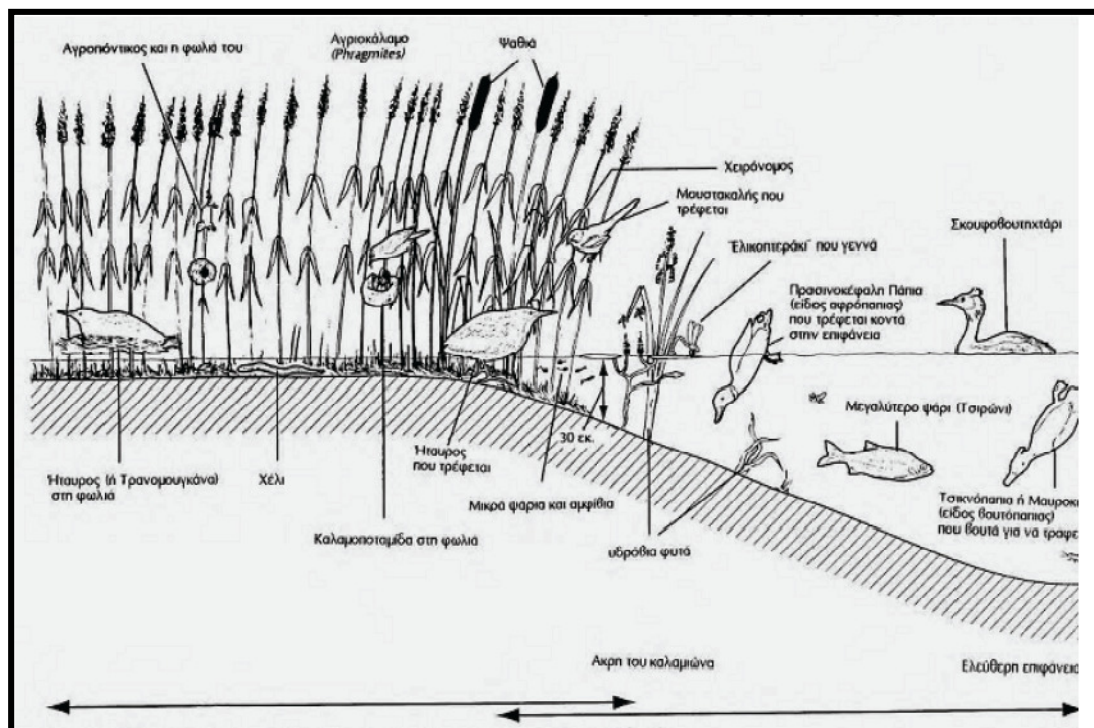


Εικόνα: Οι Θέσεις των Προτεινόμενων Δεξαμενών Καθίζησης & Μικτών Δεξαμενών

3.3 Παρόχθια Ζώνη

3.3.1 Διαχείριση Καλαμιώνων

Η κατανόηση των οικολογικών λειτουργιών των καλαμιώνων και η λήψη μέτρων για την προστασία τους έχει απασχολήσει σημαντικό αριθμό επιστημόνων και φορέων στο πλαίσιο πολυάριθμων ερευνητικών και διαχειριστικών προγραμμάτων σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Δράσεις και προγράμματα διαχείρισης καλαμιώνων έχουν εφαρμοστεί τα τελευταία χρόνια και στην Ελλάδα. Η διαχείριση των καλαμιώνων στοχεύει στη ρύθμιση αφενός των υδατικών παραμέτρων και αφετέρου της δομής και σύνθεσης της βλάστησης. Όσον αφορά στη διαχείριση της βλάστησης, οι δοκιμασμένες μέθοδοι μπορεί να στοχεύουν στη δημιουργία ή βελτίωση των καλαμιώνων, στη διατήρησή τους σε κάποια επιθυμητή κατάσταση ή στη διαχείριση τμημάτων τους, με σκοπό την ανασύσταση ή δημιουργία συγκεκριμένων βιοτόπων όπως ανοικτές εκτάσεις νερού ή δημιουργία μωσαϊκού βλάστησης. Οι δοκιμασμένες πρακτικές στην τελευταία κατηγορία περιλαμβάνουν συνήθως περιοδική διαχείριση βασισμένη σε παραδοσιακές μεθόδους όπως κοπή, βόσκηση ή καύση της βλάστησης. Στις περιπτώσεις που οι διαχειριστικές πρακτικές απαιτούν τη χρήση μηχανημάτων, η πλέον συχνή μέθοδος είναι η εκσκαφή των επιφανειακών στρωμάτων του εδάφους και η απόθεση τους μέσα ή κοντά στην περιοχή παρέμβασης.



Σχήμα: Η αξία των Καλαμιώνων για την Αργία Ζωή

	Χλωρίδα – φυτοποικιλότητα	Ασπόνδυλα	Ορνιθοπανίδα	Ιχθυοπανίδα	Αμφίβια, ερπετά, θηλαστικά	Υδατικοί πόροι – τοπική οικονομία
Καλαμιώνες	5 - Σχετικά φτωχοί σε είδη φυτών, παρέχουν όμως προστασία σε άλλων ενδιαιτημάτων, π.χ. λίμνες με νούφαρα, υ.λ.	10 Παρέχουν καταφύγιο σε πολλά είδη ασπόνδυλων οργανισμών καθόλη τη διάρκεια του έτους. Για ορισμένα ασπόνδυλα, οι βλαστοί των καλαμιών αποτελούν το μοναδικό χώρο διαχείμασης και ανάπτυξης των προνυμφών τους.	10 -Κατάλληλο περιβάλλον για φώλιασμα ιστάμενους βλαστούς ή σε συμπαγείς επιπλέουσες νησίδες – ριζώματα -Πηγές τροφοδοσίας δομικών υλικών για είδη πουλιών που χρησιμοποιούν ξερά καλάμια και άλλα φυτά των καλαμιώνων για να χτίσουν τις φωλιές τους σε άλλα ενδιαιτήματα.	7(;) Καταφύγιο για πολλά είδη ψαριών	9 Παρέχουν καταφύγιο σε πουλιά, θηλαστικά, αμφίβια, ερπετά και	9 -Βελτίωση ποιότητας υδάτων μέσω κατακράτησης θρεπτικών -ιζημάτων και διάσπασης πολύπλοκων ενώσεων, π.χ. υπολείμματα φυτοφαρμάκων («φίλτρα» για συστήματα τεχνητών υδροτόπων για την επεξεργασία υγρών αστικών λυμάτων) -Παροχή οξυγόνου στα νερά και στα εδάφη των υδροτόπων

Πίνακας: Η αξία των Καλαμιώνων για για την Αργία Ζωή

Αντίθετα, η υπερβολική πυκνωση των καλαμιώνων μειώνει κατά πολύ τους χώρους αναζήτησης τροφής για τα πουλιά, καθώς στις περιοχές αυτές έχουν εκλείψει κάθε είδους θύλακες με ανοικτά νερά, περιοχές με πιο αραιή βλάστηση ή με βλάστηση που βρίσκεται σε διάφορες φάσεις ανάπτυξης. Η υπερβολική πυκνωση επηρεάζει και τη φωλεοποίηση, καθώς η εξαιρετικά πυκνή υφή των καλαμιών δεν επιτρέπει την δημιουργία φωλιών ανάμεσα τους. Επίσης η μείωση των εκτάσεων με νεροκάλαμα και η αντικατάστασή τους από συμπαγείς εκτάσεις με ψαθιά, αποθαρρύνει το φώλιασμα εξειδικευμένων ειδών στους καλαμιώνες.

Ιδιαίτερο πρόβλημα παρουσιάζεται με την υπερανάπτυξη των καλαμιών σε συγκεκριμένες ζώνες της λίμνης, τα οποία αφού στη συνέχεια νεκρωθούν και αποσυντεθούν, οδηγούν σε φαινόμενα ευτροφισμού. Για την αποτροπή της κατάστασης αυτής, προτείνεται η διαχείριση των καλαμιώνων, μέσω του ελέγχου εξάπλωσής τους. Η διατήρηση των καλαμιώνων σε «υγιή» κατάσταση, επιφέρει πολλαπλά οφέλη, που συνοψίζονται ως εξής:

- Τη μείωση του προβλήματος ευτροφισμού της λίμνης, μέσω της απόληψης μέρους της νεκρής οργανικής ύλης που αποτίθεται στο υπόστρωμα των καλαμιώνων
- Τον έλεγχο της εξάπλωσής της μονοκαλλιέργειας του καλαμιού σε συγκεκριμένα σημεία της λίμνης

- Την αύξηση της βιολογικής ποικιλότητας στους παρόχθιους οικοτόπους της λίμνης
- Την αναβάθμιση της ζωτικότητας επιλεγμένων συστάδων καλάμων οι οποίες σήμερα είναι υποβαθμισμένες
- Την αύξηση της έκτασης και της βιοποικιλότητας των παρόχθιων οικοτόπων των υγρών λιβαδιών
- Τη διατήρηση ή αύξηση της ποικιλότητας του τοπίου στη λίμνη
- Τη διατήρηση ή βελτίωση των συνθηκών ωτοκίας και διαβίωσης των ιχθυοπληθυσμών της λίμνης
- Τη βελτίωση των ενδιατημάτων τροφοληψίας, αναπαραγωγής και ανάπαυσης της ορνιθοπανίδας της λίμνης
- Τη βελτιστοποίηση των συνθηκών επισκεψιμότητας της λίμνης και των δυνατοτήτων ήπιας αναψυχής και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε ισορροπία με το φυσικό περιβάλλον της περιοχής
- Την εξασφάλιση της βιωσιμότητας του προγράμματος διαχείρισης, μέσω της μερικής αυτοχρηματοδότησης του με την αξιοποίηση μέρους της υπολειπόμενης βιομάζας των καλάμων

Ένα φαινόμενο που εμφανίζεται επιπλέον στους καλάμιώνες που δεν υφίστανται ελεγχόμενη κοπή και ορθολογική διαχείριση, είναι το εξής:

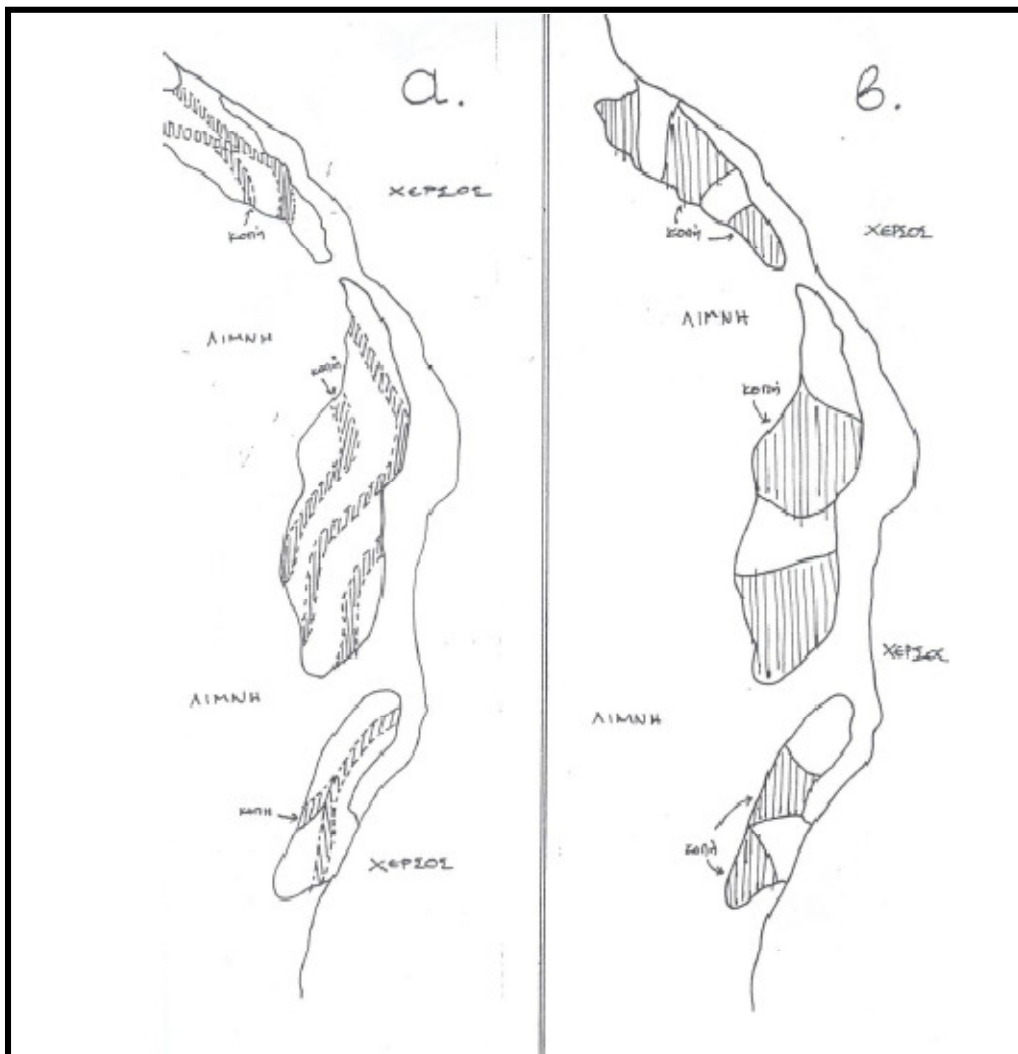
Με την πάροδο του χρόνου παρατηρείται απόθεση σκόνης και άλλων στερεών υλικών (όπως φύλλα, φυτοπλαγκτόν, νεκρή οργανική ύλη, αστικά στερεά απορρίμματα κ.λπ.), τα οποία επικάθονται στην επιφάνεια της λίμνης ανάμεσα στα καλάμια και την άλλη φυτική βλάστηση, σχηματίζοντας ένα σχετικά παχύ στρώμα στερεής ύλης. Ο σχηματισμός αυτός εμποδίζει σε μεγάλο βαθμό την οξυγόνωση των υδάτων στη ζώνη αυτή και την ελεύθερη κίνηση της ιχθυοπανίδας, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται συνθήκες ανοξικές (πέραν του φαινομένου του ευτροφισμού) και να περιορίζεται η ομαλή ανάπτυξη της υδρόβιας ζωής. Για αυτούς τους λόγους, προτείνεται η περιοδική διαχείριση/κοπή των καλάμων και κατ' επέκταση η απομάκρυνση βιομάζας, μέτρο το οποίο αποτελεί βασική διαχειριστική τακτική για την οργανική αποφόρτιση της λίμνης.

Πρέπει όμως να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα εξής:

- Η κοπή των καλάμιών θα πρέπει να γίνεται μετά το πέρας του Αυγούστου και αυτό για να:
 - παρέλθει η αναπαραγωγική περίοδος των πουλιών που φωλιάζουν στους καλάμιώνες και που τους χρησιμοποιούν ως κατάλυμα οι νεοσσοί τους για αρκετό χρόνο μετά την πτέρωση τους
 - παρέλθει το χρονικό διάστημα πλήρους ανάπτυξης του καλάμιού.

- Δεν θα πρέπει να κόβονται ολόκληρα συμπαγή τμήματα καλάμων αλλά να αφήνονται σε κάθε τμήμα άθικτες ζώνες, ώστε να εξακολουθούν να υπάρχουν σε κάθε θέση καταλύματα και κρυψώνες για την άγρια ζωή της λίμνης.

Ένα σκαρίφημα της τακτικής αυτής, δίνεται στο παρακάτω σκαρίφημα. Ορισμένα τμήματα καλάμιών που βρίσκονται πολύ κοντά στην πόλη, στα οποία παρατηρούνται συγκεντρώσεις επιπλεόντων απορριμμάτων, μπορούν να κόβονται πλήρως.



Σχήμα: Ενδειγμένος (α) και μη ενδειγμένος (β) τρόπος κοπής καλάμιών

Η προκύπτουσα φυτική μάζα από την κοπή των καλάμιών, μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά, ως εδαφοβελτιωτικό ή ως υλικό κάλυψης στεγών (παραδοσιακές καλάμοσκεπές). Η ενέργεια της διαχείρισης των καλάμιών, όταν γίνεται κατόπιν ειδικής μελέτης, προλαμβάνει την εμφάνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων



Εικόνες: Μηχανικά Μέσα διαχείρισης καλαμιώνων

3.3.2 Κατασκευή Τεχνητών Υδροβιοτόπων (Τ.Υ) για την επεξεργασία της Επιφανειακής Απορροής.

Οι επιφανειακοί και οι υπόγειοι υδάτινοι αποδέκτες είναι ευάλωτοι στη ρύπανση. Συγκεκριμένα, οι επιφανειακοί αποδέκτες (ποταμοί, λίμνες, υγρότοποι, μεταβατικά ύδατα κ.λπ.) είναι ιδιαίτερα τρωτοί στη ρύπανση,

επειδή εκτίθενται άμεσα στους ρύπους που απελευθερώνονται στον αέρα και με τις βροχές και τις απορροές καταλήγουν σε αυτούς από σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης (Young et al., 1996). Στους υπόγειους αποδέκτες (υπόγειοι υδροφορείς, karst κ.λπ.) η ρύπανση είναι βαθμιαία, επειδή το έδαφος χρησιμεύει ως φυσικό φίλτρο και οι ρύποι διηθούνται διαμέσου του εδάφους με αργούς ρυθμούς. Όμως, οι ρύποι αυτοί μπορούν να φθάσουν στα υπόγεια νερά σχετικά γρήγορα με στράγγιση και διείσδυση από θρυμματισμένους σχηματισμούς βράχων ή καταβόθρες σε περιοχές καρστ, οπότε στην περίπτωση αυτή οι υπόγειοι υδροφορείς είναι πολύ πιο ευάλωτοι στη ρύπανση από τους επιφανειακούς (Stephenson et al., 1999).

Οι αστικές απορροές μπορούν να υποβαθμίσουν σημαντικά τους βιολογικούς πόρους των στικών υδατικών οικοσυστημάτων (Scheuler, 2003). Από σχετικές έρευνες προέκυψε ότι οι αστικές απορροές μπορούν να έχουν καταστροφικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα (Snelder and Trueman, 1995), στα άλγη (Winter & Gindley, 1980), στα ασπόνδυλα (Bascombe, 1988) και στα ψάρια (Pitt and Bozemann, 1982).

Μερικοί από τους παράγοντες που καθορίζουν την έκταση και τη σημασία των επιπτώσεων των αστικών απορροών στους υδάτινους αποδέκτες είναι το μέγεθος και το είδος του υδάτινου αποδέκτη (λίμνη, ποτάμι, υγρότοπος κ.λπ.), η δυνατότητα διασποράς των ρύπων και η βιολογική ποικιλομορφία των οικοσυστημάτων. Για παράδειγμα, οι διαδικασίες ελέγχου της μεταφοράς και της τύχης των ρύπων στις λίμνες και στους ταμιευτήρες είναι διαφορετικές από αυτές των ποταμών, των ρεμάτων και των υδροφόρων στρωμάτων. Το συνηθέστερο περιβαλλοντικό ζήτημα για τις λίμνες είναι η υπερδραστηριοποίηση της υδρόβιας ζωής, οπότε οι ρύποι μέγιστης σημασίας για τις λίμνες είναι οι θρεπτικές ουσίες. Τα υδατορρέματα αντιδρούν διαφορετικά στα μεμονωμένα γεγονότα ρύπανσης, αφού η απορροή δημιουργεί ένα ρυπαντικό φορτίο, το οποίο κινείται προς τα κατάντη και μπορεί να εναποτεθεί σε διάφορες αποστάσεις από τη θέση στην οποία δημιουργήθηκε και στη συνέχεια, να αρχίσει να επηρεάζει το τοπικό περιβάλλον στο οποίο εναποτέθηκε (Yannopoulos et al., 2006). Το συνηθέστερο πρόβλημα για τα υδατορρέματα είναι η καταστολή της υδρόβιας ζωής από τις τοξικές επιπτώσεις των βαρέων μετάλλων (Driscoll et al., 1990).

Οι διάφοροι ρύποι που μεταφέρονται με τις αστικές απορροές έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού του αποδέκτη. Για παράδειγμα, ο μόλυβδος βιοσυσσωρεύεται στον πυθμένα και μπορεί να καθυστερήσει την ανάπτυξη των ψαριών και να μειώσει τη φωτοσύνθεση.

Ορισμένες συγκεντρώσεις ψευδαργύρου και χαλκού είναι τοξικές για τα ψάρια και τα υδρόβια μικρο-ασπόνδυλα. Το κάδμιο και το χρώμιο θα μπορούσε να είναι μεταλλαξιγόνα και καρκινογόνα. Η περίσσεια θρεπτικών ουσιών, κυρίως αζώτου και φωσφόρου, μπορεί να προκαλέσει αύξηση των αλγών, που μπλοκάρουν το φως του ήλιου και καταναλώνουν οξυγόνο κατά την αποσύνθεση τους. Τα πετρέλαια και τα λάδια των αυτοκινήτων είναι τοξικά για τους υδρόβιους οργανισμούς και επηρεάζουν την αναπαραγωγή των ψαριών. Τα ολικά αιωρούμενα στερεά αυξάνουν τη θολότητα του νερού επηρεάζοντας την επιβίωση των ψαριών (Pitt and Bozeman, 1982· Schueler, 1987).

Οι επιπτώσεις από τις απορροές αυτές εξαρτώνται και από την ποιότητα του νερού του αποδέκτη, καθώς και το ρυθμό εισόδου των ρύπων. Συγκεκριμένα, η εισαγωγή ρύπων σε μεγάλες ποσότητες και σε μικρό χρονικό διάστημα σε ένα υδάτινο αποδέκτη μπορούν να επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στην ποιότητα του νερού αυτού και μεγάλες αρνητικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Σε περίπτωση, λοιπόν, που το φαινόμενο αυτό επαναλαμβάνεται συχνά, οι επιπτώσεις θα καταστούν μόνιμες και ενδεχομένως, μη αντιστρέψιμες. Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι επιπτώσεις στους υδάτινους αποδέκτες από τις αστικές απορροές (Missa et al., 2005).

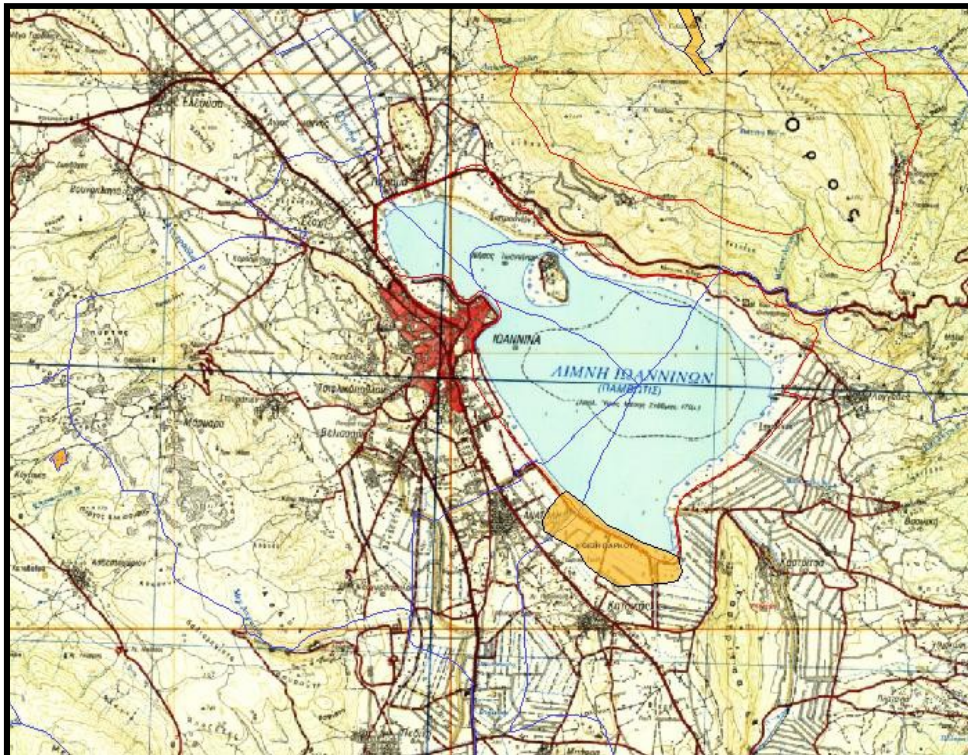
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις / Αποδέκτης	Αποξυ-γόνωση	Τοξικότητα	Μικροβιακή ρύπανση	Ευτροφισμός	Θολερότητα	Ανα-υγξή
Παράκτια νερά		X	X	X	X	X
Λίμνες		X		X	X	X
Ποτάμια	X	X			X	X
Έδαφος/ υπόγεια νερά		X	X			

Πίνακας: Συσχετισμός των αποδεκτών και των περιβαλλοντικών κινδύνων από τις αστικές απορροές

Οι δυσμενείς επιπτώσεις στους υδάτινους αποδέκτες από τις αστικές απορροές μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με ειδικές τεχνικές, που είναι ευρέως γνωστοί ως τεχνητοί υδροβιότοποι.

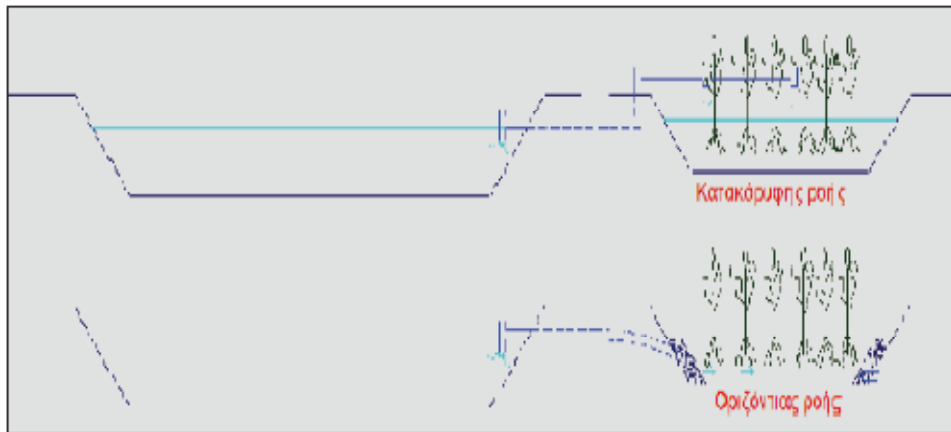
Τα συστήματα καθαρισμού με τεχνητούς υγροτόπους αναπαράγουν τις διαδικασίες καθαρισμού των οικοσυστημάτων. Η μεγάλη ανομοιογένεια και η ποικιλία των φυτών, των εδαφών και των τύπων ροής των υδάτων οδηγούν σε μία μεγάλη ποικιλία πιθανών μεθόδων, όπως συστήματα ροής κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (φίλτρα φυτεμένα σε οριζόντια ή κάθετη ροή) και συστήματα ροής με νερό ελεύθερης επιφανείας (φυσικές λίμνες σταθεροποίησης).

Στην περίπτωση της Παμβώτιδας, έχει προταθεί και υθετείται από την Ομάδα μελέτης, το σενάριο δημιουργίας ενός μοντέλου Τ.Υ το οποίο προτείνεται να δημιουργηθεί σε παραλίμνια έκταση περίπου 2.000 στρεμμάτων, που ανήκουν στη Γεωργική Σχολή του ΕΘΙΑΓΕ (Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας) του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και στον Δήμο Παμβώτιδας. Η περιοχή εφάπτεται της λίμνης και βρίσκεται νότια της πόλης των Ιωαννίνων



Εικόνα: Προτεινόμενη Θέση Τεχνητού Υδροβιοτόπου

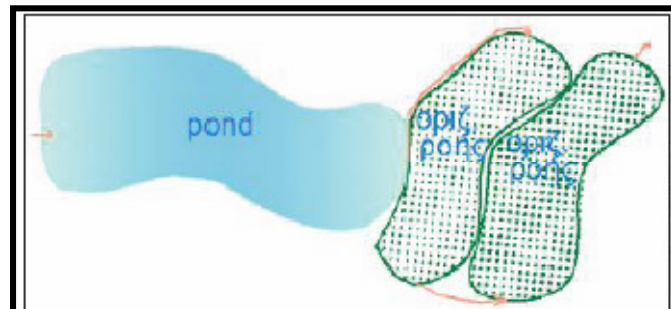
Ο Τ.Υ θα αποτελείται από μία λίμνη σταθεροποίησης (διαδικασία καθαρισμού με «ελεύθερες καλλιέργειες») και δύο λίμνες - δεξαμενές με φίλτρα φυτεμένα σε οριζόντια ροή. Η φυσική επεξεργασία των λυμάτων με χρήση λιμνών σταθεροποίησης και τεχνητών υγροτόπων είναι αντίστοιχη ή και καλύτερη του δευτέρου σταδίου μίας συμβατικής (χημικής) εγκατάστασης επεξεργασίας. Θα αποφύγουμε να χρησιμοποιήσουμε δεξαμενή με φίλτρα κατακόρυφης ροής διότι σε αυτήν την περίπτωση θα έπρεπε να διοχετεύσουμε μεγάλη ποσότητα υδάτων από ψηλά σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (1' -5'), γεγονός που θα μας εξανάγκαζε στην κατασκευή κατάλληλης διάταξης αντλιοστασίου. Εφαρμόζοντας λοιπόν, δεξαμενές οριζόντιας ροής, δεν υπάρχει ανάγκη αντλιοστασίου, εφόσον τα ύδατα θα μεταφέρονται κατευθείαν μέσω αγωγού απ' τη λίμνη σταθεροποίησης σε αυτές, σε ένα σχεδόν οριζόντιο ανάγλυφο.



Σχήμα: Σκαρίφημα Σύνδεσης Λίμνης Σταθεροποίησης με δεξαμενή κατακόρυφης & Οριζόντιας Ροής

Το μοντέλο τεχνητών υγρότοπων που προτείνεται να εφαρμοσθεί, θα αποτελείται από μια φυσική λίμνη σταθεροποίησης (pond) και δύο δεξαμενές με φυτεμένα φίλτρα σε οριζόντια ροή. Κάθε λίμνη θα είναι επενδεδυμένη με γεωμεμβράνη για την προστασία του υπόγειου υδροφόρου οριζόντια.

Η τοπογραφία της περιοχής ευνοεί την κατασκευή των λιμνών, διότι θα δημιουργείται ροή με βαρύτητα μέχρι τον αποδέκτη, καθώς επίσης η μηδενική σχεδόν κλίση δεν απαιτεί μεγάλο βαθμό χωματουργικών εργασιών.



Σχήμα: Προτεινόμενο Μοντέλο τεχνητών υγρότοπων

Τα νερά από την τάφρο θα εισέρχονται πρώτα στη λίμνη σταθεροποίησης, από αυτή θα οδηγούνται στον πρώτο τεχνητό υγρότοπο και από αυτόν στον δεύτερο με τελικό αποδέκτη τα υγρά λιβάδια και στη συνέχεια τη λίμνη Παμβώτιδα) και η διαμόρφωση των λιμνών όπως προκύπτει από την μορφολογία της περιοχής. Βασική παράμετρος στον σχεδιασμό ενός έργου επεξεργασίας λυμάτων με λίμνες σταθεροποίησης είναι ο υδραυλικός μέσος χρόνος παραμονής των λυμάτων στο σύστημα. Συνεπώς η διαστασιολόγηση των λιμνών έγινε με κριτήριο το χρονικό διάστημα που θα παραμένουν τα ύδατα μέσα στη λίμνη και σύμφωνα με την παροχή που έχουμε από τις τάφρους που περικλείουν τις εκτάσεις (ανατολικά και δυτικά) και από τις οποίες θα εισέρχεται το νερό στους τεχνητούς υγρότοπους. Στόχος είναι ο χρόνος παραμονής να είναι τουλάχιστον $t=5$ μέρες.



Εικόνα: Τάφρος Ανατολικής πλευράς

Σε περίπτωση επιτυχίας του πρώτου αυτού πιλοτικού συστήματος Τ.Υ προτείνεται να διερευνηθεί η δυνατότητα εγκατάστασης τέτοιων μοντέλων στις λοιπές προτεινόμενες θέσεις δεξαμενών καθίζησης των έργων πεδινής υδρονομίας.

3.4 Λιμναίο Περιβάλλον

Μέτρα Αδρανοποίησης Πυθμενικού Ιζήματος

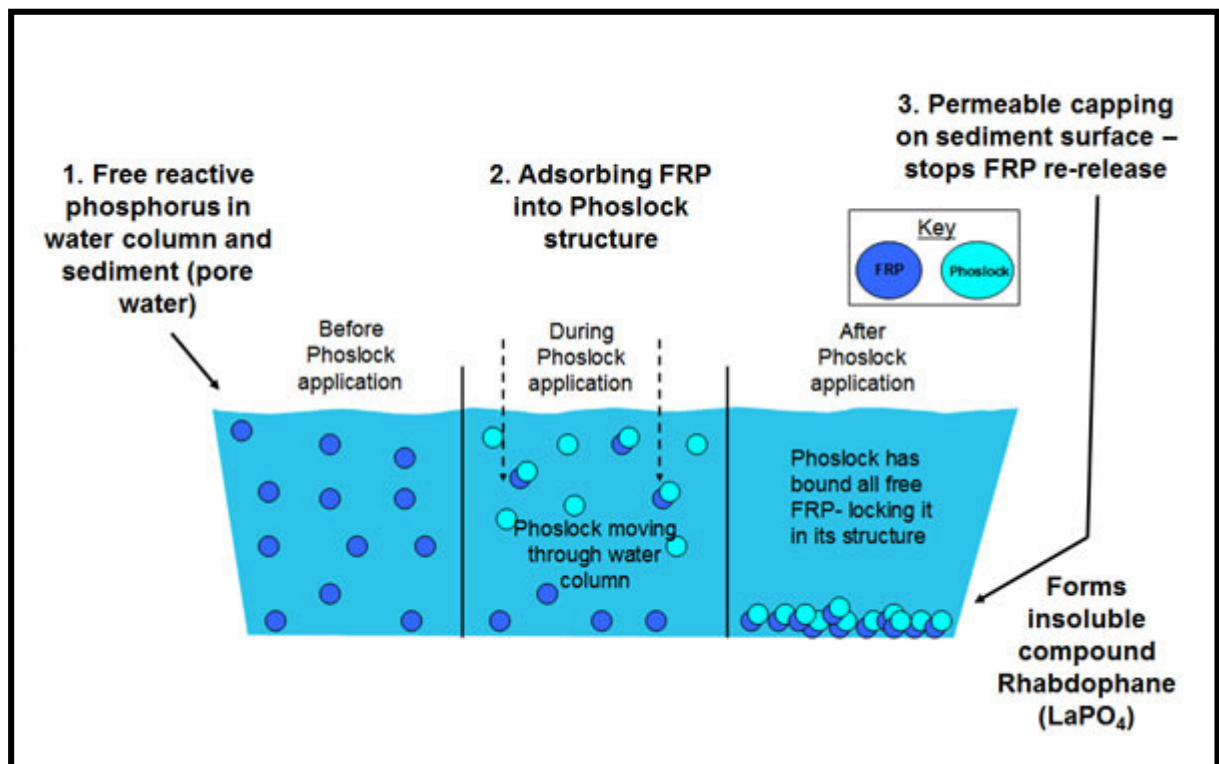
Με τις υφιστάμενες σήμερα συνθήκες στις λεκάνες και υπολεκάνες των χειμάρων που τροφοδοτούν την Παμβώτιδα παράγεται και διακινείται σημαντική ποσότητα φερτών υλικών και γι το λόγο αυτό προτάθηκαν τα ανωτέρω μέτρα, με στόχο την εξάλιψη του φαινομένου.

Ταυτόχρονα η Παμβώτιδα παρουσιάζει αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών και ειδικότερα φωσφόρου -αλλά και των νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων- που την καθιστούν ιδιαίτερα ευαίσθητη ως προς τον ευτροφισμό.

Οι αυξημένες συγκεντρώσεις του φωσφόρου κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, μπορεί να σχετίζονται με τις ανοξικές συνθήκες που επικρατούν στον ποθμένα της λίμνης, καθώς ο φώσφορος που είναι δεσμευμένος με το σίδηρο III, ανάγεται σε σίδηρο II, με αποτέλεσμα ο σίδηρος και ο προσροφόμενος φωσφόρος να επιστρέφουν στην υδάτινη στήλη (ενδογενής- εσωτερική ανακύκλωση).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η καθίζηση και αδρανοποίηση του φωσφόρου ως τεχνική επικεντρώνεται στη μείωση της περιεκτικότητας της λίμνης σε φώσφορο με αφαίρεση του φωσφόρου από το νερό και επιβραδύνοντας την απελευθέρωση του ελεύθερου φωσφόρου από τα ιζήματα της λίμνης. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των λεγόμενων κροκιδωτικών. Αυτές οι ενώσεις, όταν προστίθεται στο νερό καθιζάνουν με τη μορφή κροκίδων. Κατά το σχηματισμό των κροκίδων, συγκρατείται αποτελεσματικά ο φώσφορος και μετατρέπεται σε μορφή ακατάλληλη για φυτοπλαγκτόν. Μερικά κροκιδωτικά μπορούν επίσης να δεσμεύσουν μικρά σωματίδια, συμπεριλαμβανομένων των φυκών και των κυανοβακτηρίων σε κροκίδες. Οι κροκίδες τότε καθιζάνουν στα ιζήματα, απομακρύνοντας έτσι τον φώσφορο και τα κυανοβακτηρίδια από το νερό. Στο πυθμένα της λίμνης, τα κροκιδωτικά αυξάνουν περαιτέρω την ικανότητα δέσμευσης του φωσφόρου από τα ιζήματα.

Υπάρχουν διαθέσιμες διάφορες ενώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κροκιδωτικά. Επίσης ένα ευρύ φάσμα αργλικών υλικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δεσμευτεί ο φώσφορος από το νερό, όπως είναι οι ζεόλιθοι, ο τροποποιημένος άργιλος και ο καολίνης. Προτείνεται να χρησιμοποιηθεί ο ειδικά τροποποιημένος άργιλος Phoslock™ που έχει αναφερθεί ότι δεσμεύει επιτυχώς το φώσφορο. Η δυνατότητα του άργιλου να δεσμεύει τον φώσφορο χρησιμοποιείται επίσης και σε τεχνητούς υγρότοπους για την επεξεργασία των λυμάτων (Sakadevan και Bavor, 1998; Drizo et al 1999).



Σχήμα: Διάγραμμα Λειτουργίας του phoslock



Εικόνα: Εφαρμογή του κροκιδωτικού σε λίμνη

Το Phoslock είναι μπεντονίτης τροποποιημένος με λανθάνιο, ο οποίος είναι ικανός να απομακρύνει αποτελεσματικά το σωματιδιακό φώσφορο καθώς κατέρχεται διαμέσου του υδατικού σώματος. Όταν καθιζάνει, σχηματίζει ένα κάλυμμα στα ιζήματα του πυθμένα εμποδίζοντας περαιτέρω την απελευθέρωση φωσφόρου στο υδατικό σώμα.

Οι γρήγοροι ρυθμοί δέσμευσης του φωσφόρου από το Phoslock έχουν αποδειχθεί σε πολλές μελέτες πεδίου.

Το Phoslock είχε αρχικά κατασκευαστεί και εφαρμοστεί σε μορφή πολτού, που περιείχε 20% (w/w) του δραστικού συστατικού. Ωστόσο, με την παρασκευή σε κοκκώδη μορφή, που περιέχει περισσότερο από 90% (w/w) του δραστικού συστατικού, η μεταφορά και η εφαρμογή έχουν γίνει σημαντικά πιο οικονομικά και βολικά σε σύγκριση με την ρευστοστερεά μορφή.

Μερικές από τις ιδιότητες Phoslock σε κοκκώδη μορφή παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Physical/Chemical Property	Description
Phoslock™ Content	>90%
Dispersing agent	HISIL 257 (precipitated silica) 2.5–5%
Water content	5%
Appearance	Brown free flowing granules
Packaging stability	No deterioration of the packaging or physical appearance of the product
Dust content	<1% weight 50 µm
pH (1% Solution)	7–8.5

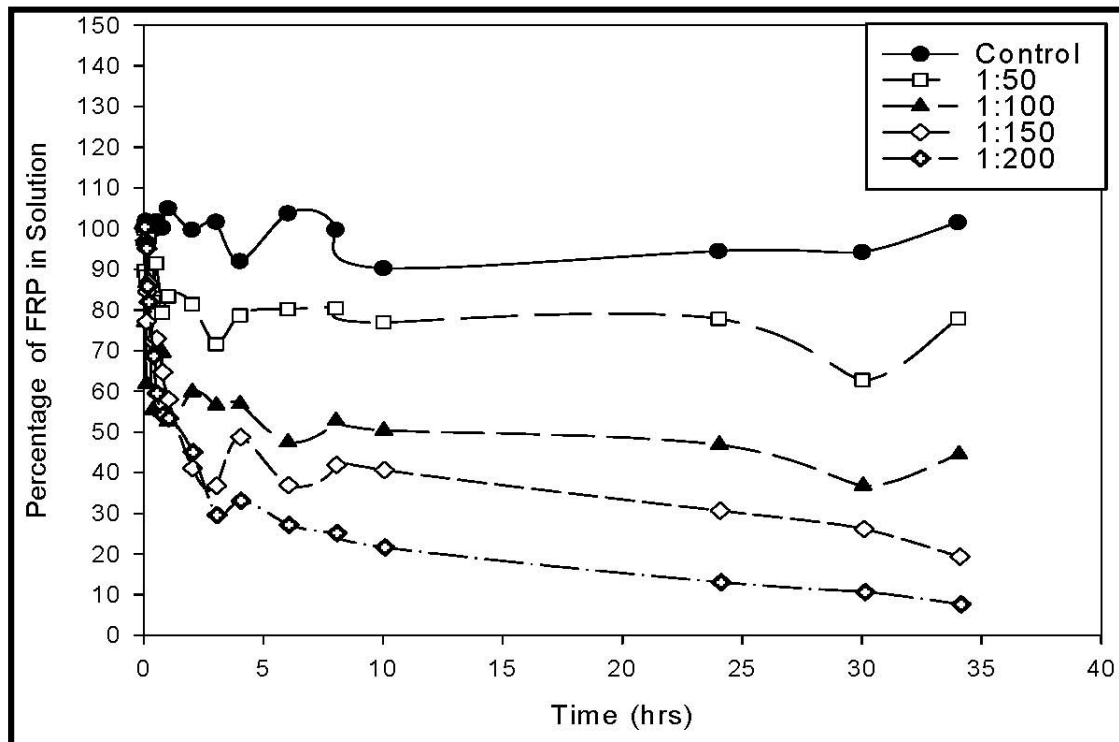
Πριν από την ανάπτυξη του Phoslock σε κοκκώδη μορφή, χρησιμοποιούνταν για όλες τις εφαρμογές Phoslock σε ρευστοστερεά μορφή. Ως αποτέλεσμα, το σύνολο

ο σχεδόν των διαθέσιμων τοξικολογικών στοιχείων, καθώς και των μελετών σχετικά με την επιδράση στις φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού και στους ζωντανούς οργανισμούς, βασίζονται στη ρευστοστερεά μορφή.

Μία από τις αρχικές μελέτες πραγματοποιήθηκε κατά την εφαρμογή του Phoslock στον ποταμό Canning στη Δυτική Αυστραλία. Αυτό διεξήχθη από την Επιτροπή Νερού και Ποταμών και από το Τμήμα του CSIRO για τη γη και το νερό (Stauber, Adams et al. 2001). Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η χρήση του Phoslock ενέχει ελάχιστο κίνδυνο οξείας και χρόνιας τοξικότητας για τους οργανισμούς του γλυκού νερού. Παρακολουθήθηκαν οι αλλαγές στην συγκέντρωση διάφορων ανόργανων στοιχείων. Το επίπεδο λανθάνιου στην επιφάνεια ήταν το μόνο στοιχείο που παρέμεινε ελαφρώς υψηλότερο σε σχέση με το τυφλό δείγμα. Το επίπεδο του διαλυμένου λανθάνιου αναμένεται να μειωθεί περαιτέρω σε όλες τις μελλοντικές εφαρμογές που αφορούν τη χρήση της κοκκώδους μορφής.

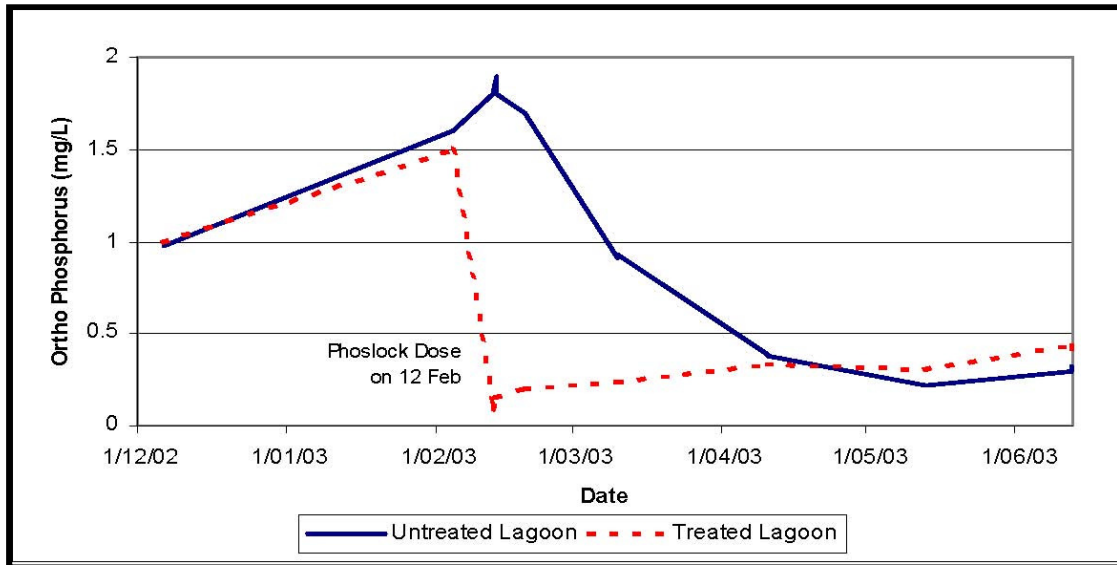
Η αποτελεσματικότητα του Phoslock στη μείωση του φωσφόρου από το νερό έχει αποδειχθεί σε αρκετές μελέτες (στο εργαστήριο και στο πεδίο) κατά τα τελευταία έξι χρόνια (Douglas, Adeney et al 1998- Couglas και Adeney 2000-Ντάγκλας, Adeney et al. 2000).

Για τη βέλτιστη απόδοση του Phoslock στην απομάκρυνση φωσφόρου, είναι απαραίτητο να καθοριστεί η σωστή δοσολογία. Αυτό μελετήθηκε σε εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στο Central Queensland University (Challen 2002). Σε αυτή τη μελέτη, επιλέχθηκαν διαφορετικές αναλογίες φωσφόρου: Phoslock (ο λόγος του βάρους του περιεχομένου φωσφόρου στο νερό προς στερεό κλάσμα Phoslock). Σε κάθε πείραμα προστέθηκε, η καθορισμένη ποσότητα Phoslock σε δείγμα νερού που συλλέχθηκε από το τοπικό φράγμα. Μετά την αρχική διασπορά του Phoslock, δείγματα των αρχικών διαλυμάτων απομακρύνονται ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα για τον προσδιορισμό του φωσφόρου. Η κατανομή του φωσφόρου στο διάλυμα με τον χρόνο καταδεικνύει ότι με δοσολογία 1:200, παραμένει λιγότερο από 7% του φωσφόρου στο διάλυμα μετά από 34 ώρες. Στην εργασία αυτή, αυτό αντιστοιχεί σε τελική συγκέντρωση μικρότερη από 0,05 mg ανά λίτρο.



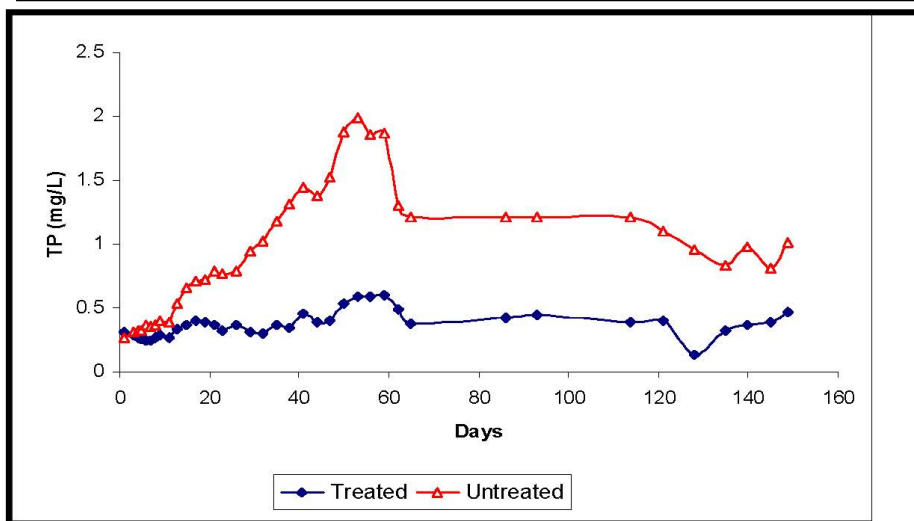
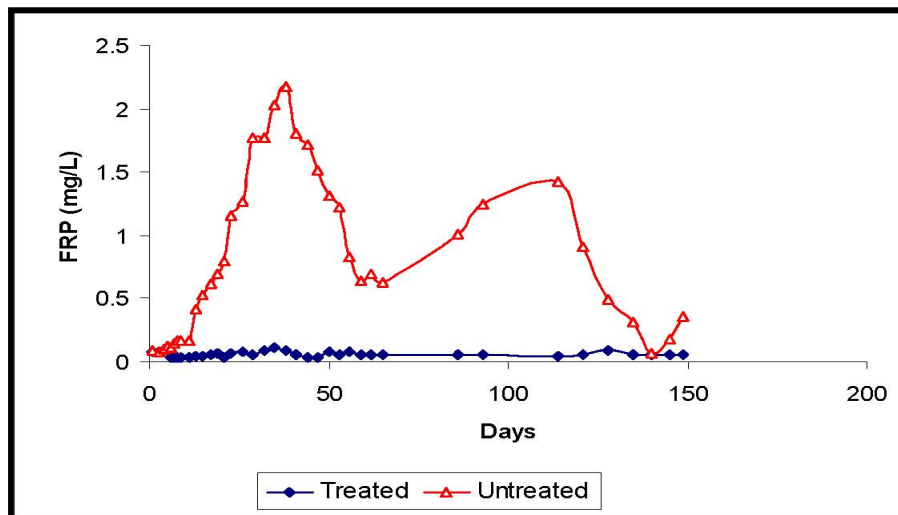
Σχήμα. Μεταβολή του κλάσματος φωσφόρου στο διάλυμα με τον χρόνο

Πιο πρόσφατα, Phoslock που χρησιμοποιήθηκε για τη επεξεργασία μιας λιμνοδεξαμενής επεξεργασίας λυμάτων στο Fyshwick, στην Καμπέρα και σε μια λίμνη στο Κουνμίνγκ, στη νότια Κίνα. Στο Fyshwick έλαβε χώρα εισροή 2.000m³ νερό από την μονάδα επεξεργασίας λυμάτων ανά ημέρα, η οποία αντιστοιχεί σε εισροή 1.18 έως 2.04 kg φωσφόρου. Σε όλες τις εφαρμογές, συγκρίθηκαν τα επίπεδα φωσφόρου στο ανεπεξεργαστο και στο επεξεργασμένο δείγμα. Ειδικότερα τα επίπεδα φωσφόρου παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα. Αυτό το σχήμα δείχνει ότι το επίπεδο φωσφόρου μειώθηκε σημαντικά εντός ωρών από την προσθήκη, σε αντίθεση με την απότομη αύξηση που μπορεί να παρατηρηθεί εντός της λιμνοδεξαμενής. Επιπλέον, μπορεί να φανεί ότι το επίπεδο φωσφόρου στο κατεργασμένο δείγμα παρέμεινε σημαντικά χαμηλότερο από εκείνο του μη επεξεργασμένου, παρά τη μεγάλη καθημερινή εισροή φωσφόρου.



Σχήμα . Διακόμανση του φωσφόρου στην περίπτωση του Fyshwick

Τα επόμενα σχήματα δείχνουν τη μεταβολή του σωμαδιακού και του συνολικού φωσφόρου (TP) στις λίμνες στο Kunming.



Σχήμα . Διακόμανση του φωσφόρου στην περίπτωση Kunming

3.5 Διοικητικά & Λοιπά Μέτρα

Από το 2006 έχει εκπονηθεί μελέτη Διαχειριστικού Σχεδίου από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων με γενικό στόχο του Αγροπεριβαλλοντικού Προγράμματος να είναι ο επαναπροσδιορισμός του παραγωγικού συστήματος εις τρόπον ώστε να ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις για παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών ανταγωνιστικών ως προς το κόστος, την ποιότητα και τους όρους υγιεινής, που προσδιορίζουν αύξηση των εισοδημάτων με ταυτόχρονη προστασία των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος.

Κατά τη σύνταξη του Σχεδίου Διαχείρισης για την αειφορική ανάπτυξη και προστασία του περιβάλλοντος των γεωργικών και κτηνοτροφικών ζωνών της ευρύτερης περιοχής της λίμνης Παμβώτιδας λήφθηκαν υπόψη:

- Η Κοινοτική και εθνική πολιτική για την Γεωργία, την Αλιεία και το περιβάλλον
- Οι ανελημμένες υποχρεώσεις και δεσμεύσεις της χώρας μας σε διεθνείς και Ευρωπαϊκές συμβάσεις
- Οι κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες της περιοχής
- Πορίσματα από σχετική δημόσια διαβούλευση και
- Το Σχέδιο Διαχείρισης της λίμνης Παμβώτιδας που έχει εκπονήσει ο Φορέας Διαχείρισης της Παμβώτιδας.

Με το προτεινόμενο Σχέδιο Διαχείρισης επιχειρήθηκε η σύζευξη των φαινομενικά αντιτιθέμενων τάσεων της προστασίας και διατήρησης των περιβαλλοντικά πολύτιμων φυσικών στοιχείων και της απαίτησης για κοινωνική, οικονομική και πολιτιστική πρόοδο στην περιοχή μελέτης.

Για την επίτευξη του προαναφερθέντος γενικού στόχου είχαν προταθεί πέντε (5) ειδικοί στόχοι και δώδεκα (12) διαχειριστικά μέτρα ως ακολούθως:

Ειδικός στόχος 1. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ - Προστασία των γεωργικών εδαφών	
Μέτρο 1.1:	Οριοθέτηση γεωργικής γης
Μέτρο 1.2:	Διαδημοτική διαχείριση των πτηνοτροφικών αποβλήτων
Μέτρο 1.3:	Σύνταξη Εδαφολογικών Μελετών
Μέτρο 1.4:	Δημιουργία ενιαίου φορέα αδειοδότησης για εγκατάσταση πτηνό κτηνοτροφικών μονάδων και προσδιορισμός ανώτατου επιτρεπόμενου πτηνο-κτηνοτροφικού δυναμικού ανά δημοτικό διαμέρισμα.
Ειδικός στόχος 2: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ - Προστασία και ορθολογική διαχείριση βοσκοτόπων	
Μέτρο 2.1:	Οριοθέτηση των βοσκοτόπων

Μέτρο 2.2:	Πρόγραμμα συντήρησης, παρακολούθησης και διαχείρισης των βοσκοτόπων.
Ειδικός στόχος 3: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ - Διαχείριση υδατικών πόρων – διαχείριση αλιευτικών πόρων	
Μέτρο 3.1:	Διαχείριση αρδευτικού νερού
Μέτρο 3.2:	Διαχείριση του είδους <i>Carassius</i> sp.
Μέτρο 3.3:	Κοινωνικά και οικονομικά μέτρα για αλιείες
Ειδικός στόχος 4: ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΚΑΙ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ -ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ – ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Ευαισθητοποίηση, Ενημέρωση και Εκπαίδευση του Τοπικού πληθυσμού	
Μέτρο 4.1:	Εκδοση φυλλαδίων, Ενημερώσεις, Διοργάνωση Συναντήσεων καθώς και σεμινάρια επιμόρφωσης-Εκπαίδευσης.
Μέτρο 4.2:	Δίκτυο Παροχής Συμβουλευτικών Υπηρεσιών σε Αγροτικές Εκμεταλλεύσεις
Ειδικός στόχος 5: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ, ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΩΝ – Περιορισμός πιθανότητας εμφάνισης στην λίμνη δυσμενών φαινομένων λόγω ευτροφισμού – Επαρκής προστασία απειλούμενων ειδών	
Μέτρο 5.1:	Μείωση των μέσων εποχιακών συγκεντρώσεων [TP] στην λίμνη από 15- 50% με περιορισμό των φορτίων εξωγενούς φωσφόρου
Μέτρο 5.2:	Δυναμική διαχείριση των καλαμώνων με αρχικό περιορισμό της έκτασής τους από 5-20% και ακολούθως παρακολούθηση

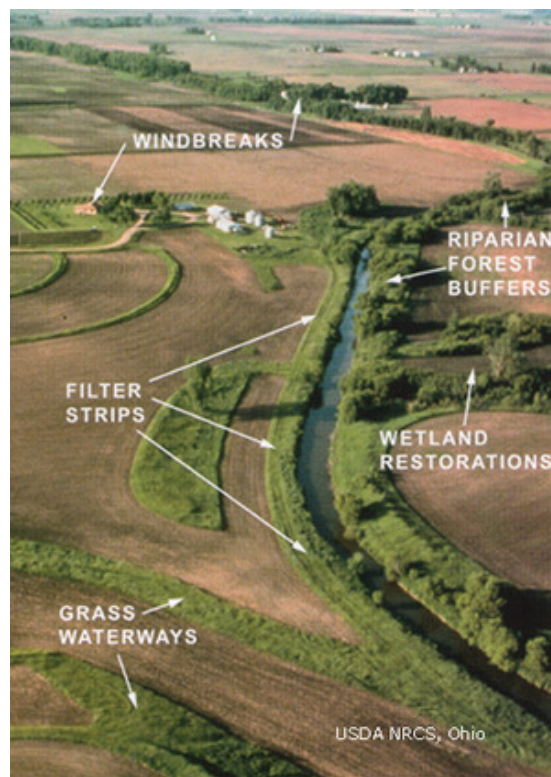
Είναι ιδιαίτερη ανάγκη να επικαιροποιηθεί και να επανυποβληθεί ολοκληρωμένο το Πρόγραμμα Διαχείρισης για την αειφορική ανάπτυξη & προστασία του περιβάλλοντος των γεωργικών και κτηνοτροφικών ζωνών της ευρύτερης περιοχής με στόχο την έγκριση, στα πλαίσια χρηματοδότησης της προγραμματικής περιόδου 2014-2020, ειδικού αγροπεριβαλλοντικού μέτρου για την ευρύτερη περιοχή μελέτης.

Ιδιαίτερη αξία θα έχει η συμπερίληψη στα πλαίσια του Ειδικού Στόχου 3: Διαχείριση Φυσικών Πόρων η κατάρτιση μέτρου για τη διατήρηση και περαιτέρω ανάπτυξη παρόχθιας βλάστησης σε αγροτικές εκτάσεις πέριξ της λίμνης και των υδάτινων αποδεκτών που καταλήγουν σε αυτή. Σε αυτό το μέτρο θα μπορεί να χρηματοδοτηθεί και η Διατήρηση-αποκατάσταση υδροβιοτόπων ή και η κατασκευή τεχνητών.

Τόσο στους υδροβιοτόπους, όσο και στην παρόχθια βλάστηση οι απορροές αγροτικής γης θα υπόκεινται σε φυσική βιολογική επεξεργασία και θα μειώνονται τα φορτία τους, πριν καταλήξουν στη λίμνη. Η επιτυγχανόμενη απομάκρυνση TP, TN και σερεών με την ταυτόχρονη επεξεργασία των απορροών σε υδροβιοτόπους και στην παρόχθια βλάστηση ξεπερνά το 65%.

Ένα τέτοιο μέτρο οριοθέτησης & απομόνωσης των υδάτινων αποδεκτών, με χρήση παρόχθιων ζωνών βλάστησης (Riparian Grass Buffers), από τις καλλιέργειες & τα

βοσκοτόπια θα αποφέρει 40% μείωση των TP, 32% μείωση των TN και πάνω από 50% μείωση των στερεών (φερτά υλικά)



Εικόνα Δημιουργία παρόχθιας ζώνης Βλάστησης για επεξεργασία απορροών Λεκάνης απορροής

Επίσης πολύ σημαντική είναι η χρηματοδότηση του προτεινόμενου από τη Διαχειριστική μελέτη του Μέτρου 3.2: Διαχείριση του είδους *Carassius sp.* Αναφορικά με την πεταλούδα οι διαχειριστικές επιλογές που προτείνονται για το χρονικό διάστημα των δύο ετών είναι:

- Να πραγματοποιούνται εξαλιεύσεις για ένα μήνα κατά την αναπαραγωγική περίοδο (Μάρτιο - Ιούνιο), προκειμένου να αφαιρεθεί ένα μέρος από τον πληθυσμό των γεννητόρων. Οι εξαλιεύσεις που θα λαμβάνουν μέρος θα πιστοποιούνται από την Εποπτεία Αλιείας.
- Τα άτομα του είδους που θα εξαλιεύονται να στέλνονται στις γειτονικές Βαλκανικές χώρες ή να αποστέλλονται σε χωματερές ή να χρησιμοποιούνται για ζωτροφή μετά από επεξεργασία.
- Οι αλιείς (20 άτομα) να επιδοτούνται με 50€/ ημέρα για το μήνα που θα πραγματοποιούνται οι εξαλιεύσεις.
- Να συνεχιστούν οι πειραματικές δειγματοληψίες στην περιοχή της Λίμνης, που αποτελούν απαραίτητο στάδιο για την ουσιαστική εκπόνηση διαχειριστικών μελετών.

Των παραπάνω διαχειριστικών επιλογών πρέπει να προηγηθούν δειγματοληψίες οι οποίες θα προσδιορίσουν τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά της ιχθυοπανίδας

στην λίμνη και θα προσδιορίσουν με ποσοτικά κριτήρια τα όρια και τα χαρακτηριστικά των εξαλιεύσεων.

Οι ενέργειες που αναφέρονται στα πλαίσια του Μέτρου αυτού κρίνονται απολύτως απαραίτητες για την ορθολογική διαχείριση του είδους *Carassius* sp., και συγχρόνως την παροχή κινήτρων συγκράτησης του αλιευτικού πληθυσμού στην περιοχή.

ΠΑΚΕΤΟ 2:

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΟΥ ΚΑΛΥΤΕΡΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΜΕΤΡΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<u>Σελ.</u>
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2-81
2. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	2-81
3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	2-83
4. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ WASP	2-84
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ.....	2-85
6. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΕΩΒΑΣΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ	2-86
7. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	2-87
8. ΜΙΚΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ(SEGMENTATION)	2-93
9. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP	2-93
10. ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΙΚΩΝ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP	2-98
11. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	2-102
12. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΜΕ ΧΩΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΣΕ 5 ΤΜΗΜΑΤΑ	2-106
13. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΡΥΠΩΝ	2-112
14. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ2-	2-113
15. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	2-122
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	2-123
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λίμνη Παμβώτιδα έχει μελετηθεί τα τελευταία τριάντα χρόνια τόσο ως προς την υδρολογική της λειτουργία όσο και σε σχέση με το οικοσύστημά της, το βαθμό διατάραξής του καθώς και ιδιαίτερα για τα χαρακτηριστικά που ρυθμίζουν την ποιότητά των υδάτων της. Συγκεκριμένα στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν δημοσιευθεί πολλές ερευνητικές εργασίες, οι οποίες στηρίζονται σε μετρήσεις που έχουν γίνει σε μικρά ή μεγάλα χρονικά διαστήματα από το 1980 έως σήμερα. Σε αυτές έχουν μελετηθεί διαχρονικά η υδρολογία, το τροφικό επίπεδο και η οικολογική κατάσταση της λίμνης (Kagalouetal. 2001, 2003, 2006a,b, 2008, Romeroetal. 2002, Paratheodorouetal., 2006, StefanidisandPapastergiadou 2007, Papastergiadouetal., 2008), οι περιβαλλοντικοί παράμετροι των ιζημάτων της λίμνης (Albanisatal., 1986, Kottietal., 2000, Papagiannisetal., 2002,2004, Helaetal 2005, Stalikasetal., 1999, 2004 Vrecaetal 2008, Daskalouetal., 2009) και οι ιχθυοπληθυσμοί της (Leonardosetal., 2007).

Η συνδυασμένη όμως εκτίμηση όλων των περιβαλλοντικών παραμέτρων δύσκολα μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς την χρήση υπολογιστικών μοντέλων που προσομοιώνουν τις διεργασίες που συμβαίνουν στα νερά λιμνών και το κυριότερο επιτυγχάνουν να προβλέπουν την εξέλιξη της ποιότητάς τους. Τελικός σκοπός στην περίπτωση της Παμβώτιδας είναι μέσα από την εφαρμογή τους και κάτω από διαφορετικά σενάρια που σχετίζονται με τους περιβαλλοντικούς συντελεστές και με τις διαφορετικές σταθερές της λίμνης να προταθούν τελικά μια σειρά μέτρων για την ολοκληρωμένη διαχείριση της ρύπανσης της λίμνης.

2. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Η προσπάθεια δημιουργίας και εφαρμογής μαθηματικών μοντέλων μελέτης της ποιότητας νερού σε λίμνες και ποτάμια, αν και ξεκινά πριν από εκατό περίπου χρόνια, σημαντική ανάπτυξη εμφανίζει στα μέσα της δεκαετίας 1960. Τα πρώτα μοντέλα μελετούσαν μονοδιάστατη ροή (μόνιμης - μη μόνιμης, ομοιόμορφης-ανομοιόμορφης) ενώ στη συνέχεια αναπτύχθηκαν δισδιάστατα και τρισδιάστατα μοντέλα που μελετούν δηλαδή τα φαινόμενα σε όλα τα σημεία ενός επιπέδου (π.χ. επιφανειακό τμήμα μιας λίμνης) ή σε όλα τα σημεία ενός υδάτινου όγκου. Η μοντελοποίηση επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός συνόλου εξισώσεων με τις οποίες μελετώνται, στην ουσία αναπαριστώνται, οι διεργασίες που συμβαίνουν σε μια λίμνη ή ποτάμι ή γενικά υδάτινο αποδέκτη. Οι εξισώσεις αυτές, που ενσωματώνονται σε ένα πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή, περιγράφουν την κίνηση του νερού

ή/και την κίνηση και την συμπεριφορά των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού. Τα σύγχρονα λοιπόν μοντέλα χρησιμοποιούν εξισώσεις περιγραφής των θεμελιωδών αρχών διατήρησης της μάζας, της ενέργειας και της ποσότητας της κίνησης αλλά και εξισώσεις που μελετούν κίνηση (διάχυση και διασπορά) των ρύπων και γενικά συμπεριφορά των παραμέτρων της ποιότητας του νερού. Λόγω των δυνατοτήτων των Η/Υ έχει γίνει εύκολη η επίλυση των εξισώσεων αυτών με χρήση δύσκολων μαθηματικών τεχνικών, όπως πεπερασμένες διαφορές ή πεπερασμένα στοιχεία.

Η διαδικασία της προσομοίωσης της συμπεριφοράς των υδάτινων αποδεκτών, μέσω της χρησιμοποίησης κάποιου μαθηματικού μοντέλου περιλαμβάνει, σύμφωνα με τον Καθηγητή του ΕΜΠ κ. Στάμου τα εξής στάδια:

- Καθορισμός στόχου και των περιορισμών
- Κατανόηση των διεργασιών του προβλήματος
- Επιλογή διαστάσεων και ποιοτικών παραμέτρων
- Επιλογή ενός υπάρχοντος μοντέλου ή δόμηση ενός νέου μαθηματικού μοντέλου (εξισώσεις + προγραμματισμός)
- Αρχικός έλεγχος του μοντέλου
- Συλλογή στοιχείων - δεδομένων
- Βαθμονόμηση (βάσει υπάρχουσας σειράς μετρήσεων) και προσδιορισμός των συντελεστών του μοντέλου
- Επιβεβαίωση με νέα σειρά μετρήσεων
- Εφαρμογή - Λύση του προβλήματος - Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Στο τελικό στάδιο περιλαμβάνονται το τρέξιμο του βαθμονομημένου μοντέλου κάτω από διαφορετικά σενάρια (π.χ. φόρτιση του υδάτινου αποδέκτη με ρύπους μόνο από χειμάρρους).

Η επιλογή ενός μοντέλου για τη χρησιμοποίησή του σε ένα συγκεκριμένο πρόβλημα πρέπει να γίνει συνεκτιμώντας τον αρχικό σκοπό δημιουργίας του μοντέλου, τις συνθήκες κάτω από τις οποίες αυτό λειτουργεί σωστά και ικανοποιητικά, την επιδιωκόμενη ακρίβεια στα αποτελέσματα (κάτω από συγκεκριμένες και κατά προτίμηση βέλτιστες συνθήκες) και τέλος τους περιορισμούς του μοντέλου.

Η ρύθμιση-βαθμονόμηση του μοντέλου, πρέπει να γίνεται για κάθε περιοχή μελέτης-εφαρμογής του και αποτελεί το βασικό στάδιο ελέγχου και προσαρμογής ενός μοντέλου σε μια ομάδα δεδομένων. Μέσω αυτής επιδιώκεται η καλύτερη προσαρμογή των αποτελεσμάτων στα δεδομένα που είναι διαθέσιμα μεταβάλλοντας τις τιμές των παραμέτρων του μοντέλου. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση θα πρέπει να αναφέρονται σε συνθήκες που είναι ανάλογες του προβλήματος που μελετάται.

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται αρκετά μαθηματικά μοντέλα όπως: WASP, CAEDYM (<http://www.cwr.uwa.edu.au/software1/models1.php?mdid=3>), MINLAKE (RileyandHeinz, 1998), CE-QUAL-R1 (USACE, 1995), LMT3D (RajarandCentina, 1997), EFDC (www.efdc-explorer.com), ELCOM (<http://www.cwr.uwa.edu.au/software1/models1.php?mdid=5>). Τα προγράμματα ELCOM, CAEDYM καθώς και το DYRESM έχουν αναπτυχθεί στο CenterforWaterResearch - CWR, που είναι ερευνητικό κέντρο του Πανεπιστημίου της Δυτικής Αυστραλίας (Perth).

Εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων σε ελληνικές λίμνες και ποτάμια έχει γίνει για τη Βεγορίτιδα (Γιαννιού, 2009), τη Βιστωνίδα (Γκίκας, 2002 και Κάκκος 2006), την Τριχωνίδα (Ζαχαρίας, 1992), το ταμιευτήρα του Μόρνου (Καραλής, 2007) αλλά και για την Παμβώτιδα (Καλογιάννης, 2007).

Συγκεκριμένα:

- Η διδακτορική διατριβή του Γκίκα Γ. (2002) μελετά τον ευτροφισμό και την ποιότητα του υδατικού συστήματος της λιμνοθάλασσας Βιστωνίδας. Παρουσιάζονται δεδομένα διακύμανσης φυσικοχημικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αγωγιμότητα, αλατότητα, pH, διαλ. οξυγόνο, διαφάνεια, νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά και φωσφορικά άλατα, και συγκεντρώσεις χλωροφύλλης-α) καθώς και η παροχή των 3 χειμάρρων (Κόσυνθος, Κομψάτος, Τραύος) που χύνονται στην λιμνοθάλασσα. Στη συνέχεια έγινε η χρήση των μαθηματικών μοντέλων WASP5 και SWAT για την εκτίμηση της τροφικής κατάστασης της λιμνοθάλασσας Βιστωνίδας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ιζήματα του πυθμένα φορτίζουν τη λιμνοθάλασσα με φορτίο φωσφόρου 1,9 φορές περισσότερο από τους χειμάρρους. Ως αποτέλεσμα προέκυψε ότι παρά της εξάλειψη των σημειακών πυγών ρύπανσης η Βιστωνίδα εξακολουθεί να είναι μια υπερτροφική λιμνοθάλασσα.
- Παρόμοια δεδομένα παρουσιάζονται και στη μεταπτυχιακή εργασία του Δημητρίου Δ. (2004), όπου γίνεται ο προσδιορισμός της σημασίας των ιζημάτων για την τροφική κατάσταση μιας λιμνοθάλασσας. Συγκεκριμένα γίνεται η παρακολούθηση των εποχιακών μεταβολών των θρεπτικών στην υδάτινη στήλη και το ιζημα σε συνδυασμό με τις φυσικοχημικές παραμέτρους τριών λιμνοθαλασσών, της Βιστωνίδας, της Βάσσοβας και του Ερατεινού.
- Στην εργασία του Κάκκου Στέλιου (2006) γίνεται η προσομοίωση της υδρολογίας και της αλατότητας στην λιμνοθάλασσα Βιστωνίδα με τη χρήση

του τρισδιάστατου υδροδυναμικού μαθηματικού μοντέλου EFDC. Το μοντέλο περιλαμβάνει την λιμνοθάλασσα και ένα τμήμα της θάλασσας με το 15πλάσιο εμβαδόν. Στην προσομοίωση λήφθηκαν υπ' όψιν οι μηνιαίες παροχές των ποταμών Κόσυνθου και Κομφάτου ενώ θεωρήθηκε αλατότητα 35 psu στην θάλασσα και αλατότητα στην Λ/Θ ίση με 1 psu. Οι παροχές του Τραύου και του Ασπροπόταμου δεν λήφθηκαν υπ' όψιν.

- Η μεταπτυχιακή διατριβή του Μποζιονέλου Ι. (2007) παρουσιάζει την προσομοίωση της αλατότητας της λιμνοθάλασσας Βιστωνίδας χρησιμοποιώντας το υδροδυναμικό μοντέλο ELCOM. Η λιμνοθάλασσα εμφανίζει αλμυρή σφήνα, κατά τις ξηρές εποχές, ως το βόρειο τμήμα της, με τιμές αλατότητας που φτάνουν τα 7 psu. Κατά τους φθινοπωρινούς μήνες που μηδενίζονται οι παροχές των εμφανίζονται πολύ υψηλές τιμές αλατότητας που φτάνουν τα 11 psu. Η ανύψωση της ελεύθερης στάθμης της Βιστωνίδας φτάνει μέχρι και τα 50 cm κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές παροχών των ποταμών.

4. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ WASP

Το μοντέλο WASP (<http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/wasp.html>) έχει αναπτυχθεί στις Η.Π.Α., διανέμεται δωρεάν, και έχει εφαρμοστεί σε πολλές περιπτώσεις από το 1975 έως σήμερα. Η Αμερικανική ΕΡΑ (Environmental Protection Agency) προβαίνει συνεχώς σε βελτιώσεις και κυκλοφορία νέων εκδόσεων. Εδώ χρησιμοποιήθηκε η πλέον πρόσφατη (15/11/2013) έκδοση 7.52.

Το WASP αναλύει μια πληθώρα ζητημάτων ποιότητας νερού σε διάφορες κατηγορίες υδατινών σωμάτων, όπως λίμνες, ποτάμια, ταμειυτήρες κ.λπ. Οι διαφορικές εξισώσεις που επιλύονται για το σκοπό αυτό βασίζονται στην αρχή διατήρησης της μάζας. Το μοντέλο παρακολουθεί την πορεία της κάθε ποιοτικής παραμέτρου του νερού, στο εξεταζόμενο υδάτινο σώμα από την εισαγωγή του μέχρι την έξοδό του. Για τη μελέτη της κίνησης αυτής, καθώς και για τους αντίστοιχους υπολογισμούς, το μοντέλο πρέπει να εφοδιάζεται με σχετικές πληροφορίες όπως:

1. Είδος της προσομοίωσης και διάρκεια αυτής
2. Μερισμό του υδάτινου σώματος
3. Διάχυση και διασπορά των ρύπων
4. Αρχικές συγκεντρώσεις των ρύπων
5. Οριακές συγκεντρώσεις των ρύπων
6. Σημειακές και μη-σημειακές πηγές ρύπανσης
7. Κινητικές παραμέτρους, σταθερές ποσότητες και χρονικό βήμα

Τα δεδομένα αυτά, σε συνδυασμό με την αρχή διατήρησης της μάζας που χρησιμοποιεί το μοντέλο WASP7, διαμορφώνουν μια καινούργια ξεχωριστή ομάδα διαφορικών εξισώσεων, που είναι ικανές να περιγράψουν την ποιότητα του νερού του υδάτινου σώματος. Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, το μοντέλο ολοκληρώνει αριθμητικά τις εξισώσεις αυτές, χρησιμοποιώντας μεθόδους πεπερασμένων διαφορών. Στην περίπτωση που ο χρήστης ορίσει συγκεκριμένες χρονικές στιγμές, στις όποιες το πρόγραμμα να καταγράφει τα αποτελέσματα σε κάποιο αρχείο εξόδου, οι εξαγόμενες τιμές αποθηκεύονται ώστε να χρησιμοποιηθούν αργότερα στη γραφική απεικόνιση της ποιότητας του νερού του υδάτινου σώματος. Συγκεκριμένα δίνονται οι δυνατότητες να απεικονισθούν γραφικά ή να δημιουργηθούν πινάκες, για όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους μιας ευτροφικής κατάστασης, όπως είναι π.χ. η αμμώνια, τα νιτρικά, το διαλυμένο οξυγόνο.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ

Η λίμνη τροφοδοτείται (εκτός από το καρστικό υδροφόρο ορίζοντα του Μιτσικελίου με τις πηγές υπερχειλίσσης Μπλίτσι, Σεντενίκου, Κρύας Τούμπας και την εσταβέλλα της Ντραμπάντοβας) από επιφανειακές απορροές μέσω τριών τεχνητών καναλιών. Το ένα είναι ανατολικά του λόφου της Καστρίτσας και δύο στην περιοχή Κατσικάς). Και τα τρία ρέματα βρίσκονται στο νοτιοανατολικό τμήμα της λίμνης. Τα επιφανειακά ρέματα είναι επιβαρυσμένα λόγω των διαφόρων χρήσεων και δραστηριοτήτων των περιοχών που απορρέουν. Η αποχέτευση των όμβριων υδάτων της πόλης των Ιωαννίνων εισέρχεται επίσης στη λίμνη. Έξοδος νερών από τη λίμνη γίνεται τους θερινούς μήνες με την άρδευση καθώς και μέσω της τάφρου της Λαψίστας στο βόρεια άκρο της λίμνης όπου μέσω θυροφράγματος ελέγχεται η στάθμη της λίμνης.

Τα προβλήματα ρύπανσης της λίμνης Παμβώτιδας έχουν εμφανισθεί εδώ και περισσότερο από 35 χρόνια. Φαινόμενα όπως αλάτωση, διαύγεια των νερών της, χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή, θάνατος ψαριών και γενικά μείωση αλιευμάτων, υπέρμετρη αύξηση της υδρόβιας βλάστησης, είναι μερικές από τις καταστάσεις που σχετίζονται με τον ευτροφισμό της λίμνης.

Η ρύπανση της λίμνης οφείλεται αφ' ενός μεν στις αγροτοκτηνοτροφικές και βιομηχανικές δραστηριότητες των γύρω περιοχών και στην αύξηση του πληθυσμού της πόλης των Ιωαννίνων με ελλιπή δυστυχώς κάλυψή της από τον βιολογικό καθαρισμό της πόλης και αφ' ετέρου από μια σειρά λανθασμένων διαχειριστικών επεμβάσεων (αποξήρανση λίμνης Λαμψίστας, κατασκευή αναχώματος, κλπ.). Βέβαια η συμμετοχή κάθε μιας αιτίας στο πρόβλημα είναι ένα βασικό ερώτημα που

επιστημονικά πρέπει να προσεγγισθεί ώστε να υιοθετηθεί ένα σωστό σχέδιο αντιμετώπισης των προβλημάτων της.

Το μοντέλο WASP εφαρμόστηκε για την προσομοίωση του φαινομένου του ευτροφισμού με την χρησιμοποίηση της ειδικής υπορουτίνας που έχει (μοντέλο EUTRO). Δεδομένα για την βαθμονόμηση-ρύθμιση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν από υπάρχουσες δειγματοληψίες και μετρήσεις.

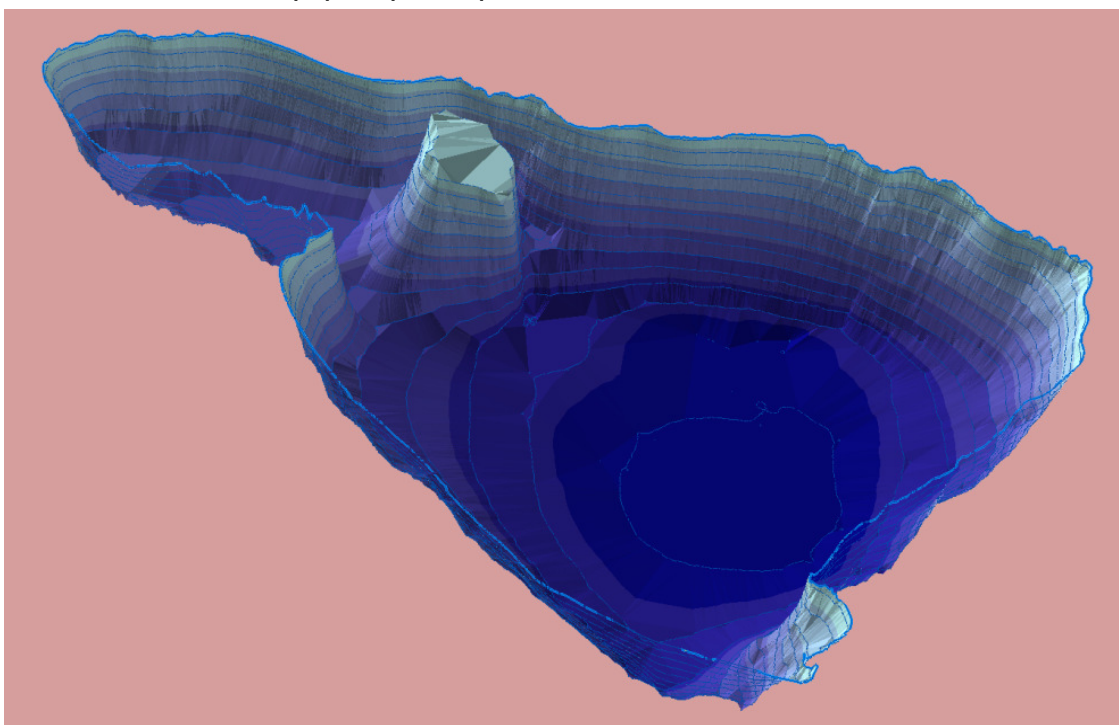
Το μοντέλο EUTRO προσομοιώνει οκτώ παραμέτρους: NH_4 , NO_3 , OPO_4 , CHLa , CBOD , DO , Οργανικό άζωτο και οργανικό φωσφόρο. Η θεωρητική θεώρηση του μοντέλου βασίζεται στο γεγονός ότι η ποιότητα του νερού αντιμετωπίζεται ως τέσσερα αλληλεπιδρώντα συστήματα: φυτοπλακτόν-κινητική προσέγγιση, κύκλος του φωσφόρου, κύκλος του αζώτου και ισοζύγιο διαλυμένου οξυγόνου (dissolved oxygen). Ιδιαίτερα το μοντέλο EUTRO σχεδιάστηκε για την εκτίμηση της επίδρασης ευτροφισμού και DO .

Το WASP αναλύει την βασική εξίσωση διατήρησης της μάζας, με ειδικές υπορουτίνες που περιλαμβάνει το μοντέλο EUTRO. Οι υπορουτίνες αυτές προμηθεύουν το πρόγραμμα με πληροφορίες για τα φαινόμενα μετασχηματισμού του κάθε ρύπου, ώστε η εξίσωση διατήρησης της μάζας να προσαρμοστεί στα υπάρχοντα δεδομένα του προβλήματος.

6. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΕΩΒΑΣΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ

Για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του προβλήματος του ευτροφισμού της λίμνης, που απαιτεί συνδυαστική θεώρηση αρκετών, χωρικά μεταβαλλόμενων, παραμέτρων αναπτύχθηκε γεωγραφική βάση δεδομένων με τη χρησιμοποίηση του λογισμικού ArcGIS. Δημιουργήθηκαν και καταχωρήθηκαν τα ιδιαίτερα εκείνα δεδομένα (σημειακής, γραμμικής και πολυγωνικής τοπολογίας) που αφορούν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της λίμνης και τα τοπογραφικά της ευρύτερης περιοχής, δεδομένα επιφανειακών υδάτων και λεκανών απορροής καθώς των χρήσεων γης και πηγών ρύπανσης. Περιγραφικές πληροφορίες που συνδέονται με τα χωρικά αυτά δεδομένα καταχωρήθηκαν σε ιδιαίτερους πίνακες, έγινε χωρικές και μη χωρικές επεξεργασίες τους, ώστε τα αποτελέσματα αυτών να χρησιμοποιηθούν για την αμφίδρομη σχέση των δύο βασικών λογισμικών, GIS και WASP, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα φάση. Συγκεκριμένα δεδομένα της γεωβάσης τροφοδότησαν το μοντέλο WASP ενώ τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων εισήχθησαν στη γεωβάση και χρησιμοποιήθηκαν για τις αναγκαίες επιπλέον επεξεργασίες. Μόνο η συνδυαστική χρήση, γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και μαθηματικών μοντέλων προσομοίωσης της ποιότητας νερού, μπορεί να αντιμετωπίσει ένα τρισδιάστατο χωρικό πρόβλημα, αυτό του ευτροφισμού της λίμνης Παμβώτιδας.

Χαρακτηριστικά στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται ένα τρισδιάστατο μοντέλο της βαθυμετρίας της λίμνης που προέκυψε από εφαρμογή μεθόδου χωρικής παρεμβολής (μέθοδος μη κανονικού τριγωνικού δικτύου) στις ισοβαθείς καμπύλες. Το βάθος της λίμνης ποικίλει και φθάνει έως τα 8.5 μέτρα. Από το τρισδιάστατο αυτό *tin* μοντέλο προκύπτουν οι αναγκαίες πληροφορίες για τη λίμνη (έκταση, όγκος) που απαιτούνται κατά τη προσομοίωση.



Εικόνα 1. Τρισδιάστατη απεικόνιση της υδάτινου όγκου της λίμνης Παμβώτιδας (μέγιστο βάθος 8.5 μ)

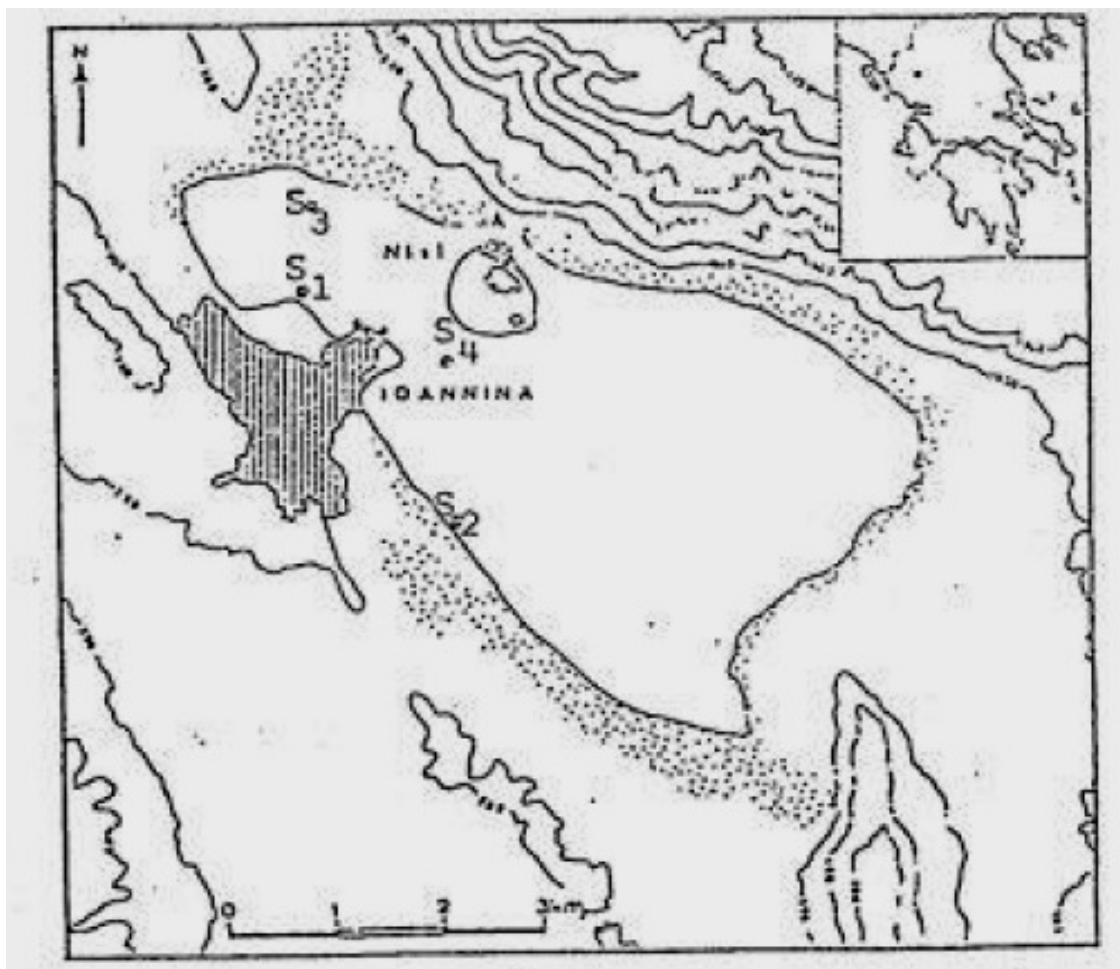
7. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Πολλοί επιστήμονες στα πλαίσια αρκετών ερευνητικών εργασιών ασχολήθηκαν με την πραγματοποίηση μετρήσεων της ποιότητας του νερού της λίμνης. Παράλληλα υπάρχουν αρκετές μετρήσεις φυσικοχημικών και βιοχημικών παραμέτρων από κρατικές υπηρεσίες καθώς και από τον Φορέα Διαχείρισης της Λίμνης Παμβώτιδας. Συγκεκριμένα υπάρχουν μετρήσεις κατά τις περιόδους: Νοέμβριος 1975 έως Μάιος 1977, Νοέμβριος 1985 έως Οκτώβριος 1988 (Καγκάλου, 1989), Αύγουστος 1988 έως Ιούλιος 1989, Μάρτιος 1994 έως Φεβρουάριος 1995 (Δ.Ε.Λ.Ι., 1995), Απρίλιος 1998 έως Μάρτιος 1999 (RomereolandImberger, 1999), Ιούνιος 2004 έως Απρίλιος 2005 (Καγαλου, 2008), Οκτώβριος 2006 - Σεπτέμβριος 2007 (Γκένας, 2012), Ιούνιος 2010 έως Μάιος 2011 (<http://www.lakepamvotis.gr>), Φεβρουάριος 2011 έως Δεκέμβριος 2011 (Παπιγγιώτη, 2013).

Η προτελευταία σειρά μετρήσεων έγιναν από τον Φορέα της Λίμνης Παμβώτιδας. Περιελάμβαναν μία δειγματοληψία ανά μήνα σε τέσσερα σημεία-σταθμούς (συνολικά 48 δείγματα). Αν και αποτελούν την πλέον πρόσφατη ολοκληρωμένη σειρά μετρήσεων και η οποία θα οδηγούσε σε σωστές, σε σχέση με τα σύγχρονα προβλήματα, προσομοιώσεις και εκτιμήσεις, δεν μας εδόθησαν από τον Φορέα Διαχείρισης.

Μερικές από τις υπόλοιπες ανωτέρω σειρές μετρήσεων παρουσιάζουν δυστυχώς προβλήματα σχετικά με την χρονική συνέχειά τους. Ενώ δηλαδή αφορούν μια συνεχόμενη περίοδο ενός έως τριών ετών είτε έχουν δειγματοληψίες σε αρκετά αραιά χρονικά διαστήματα ή κάποια χρονικά διαστήματα εμφανίζονται χωρίς καθόλου μετρήσεις. Το αποτέλεσμα είναι ότι μόνο δύο - τρεις εξ αυτών να εμφανίζουν τις προϋποθέσεις (κάλυψη ενός τουλάχιστον έτους με αρκετές δειγματοληψίες και κατά το δυνατό σταθερό χρονικό βήμα δειγματοληψίας) για αξιόπιστη προσομοίωση των ζητουμένων μεγεθών. Τέλος οι πλέον ολοκληρωμένες περιγράφονται κατωτέρω:

Α) Νοέμβριος 1985 έως Οκτώβριος 1988 (Καγκάλου, 1989). Την περίοδο αυτή πραγματοποιήθηκαν 72 δειγματοληψίες επιφανειακού ύδατος με συχνότητα 2-3 φορές ανά μήνα, γεγονός που δηλώνει ότι τα δείγματα είναι αντιπροσωπευτικά όλων των εποχών του έτους. Οι δειγματοληψίες μάλιστα προερχόντουσαν από τέσσερα σημεία S1, S2, S3, S4 (βλ Εικόνα 2) με την εξής αντίστοιχη κατανομή του αριθμού των δειγμάτων: 19, 21, 16, 16. Η χωρική κατανομή των θέσεων δειγματοληψίας στηρίχθηκε σε εκτίμηση των πηγών ρύπανσης βάσει βιβλιογραφικών πηγών και υπάρχουσών δραστηριοτήτων. Από την Εικόνα 1, φαίνεται ότι και οι τέσσερις θέσεις δειγματοληψίας συγκεντρώνονται στο μισό τμήμα της λίμνης.



Εικόνα 2. Θέσεις δειγματοληψίας κατά την περίοδο Νοέμβριος 1985 έως Οκτώβριος 1989 (από Καγκάλου, 1989).

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ανά μήνα για κάθε μήνα δειγματοληψίας και για το σύνολο των 72 δειγμάτων καθώς και υπό μορφή τριετούς μέσου μηνιαίου όρου. Συγκρίσεις μεταξύ των τεσσάρων σταθμών γίνονται μόνο μέσω των μέτρων κεντρικής θέσης και διασποράς που έχουν υπολογισθεί όμως επί του συνόλου των δειγμάτων ανεξαρτήτως ημερομηνίας δειγματοληψίας.

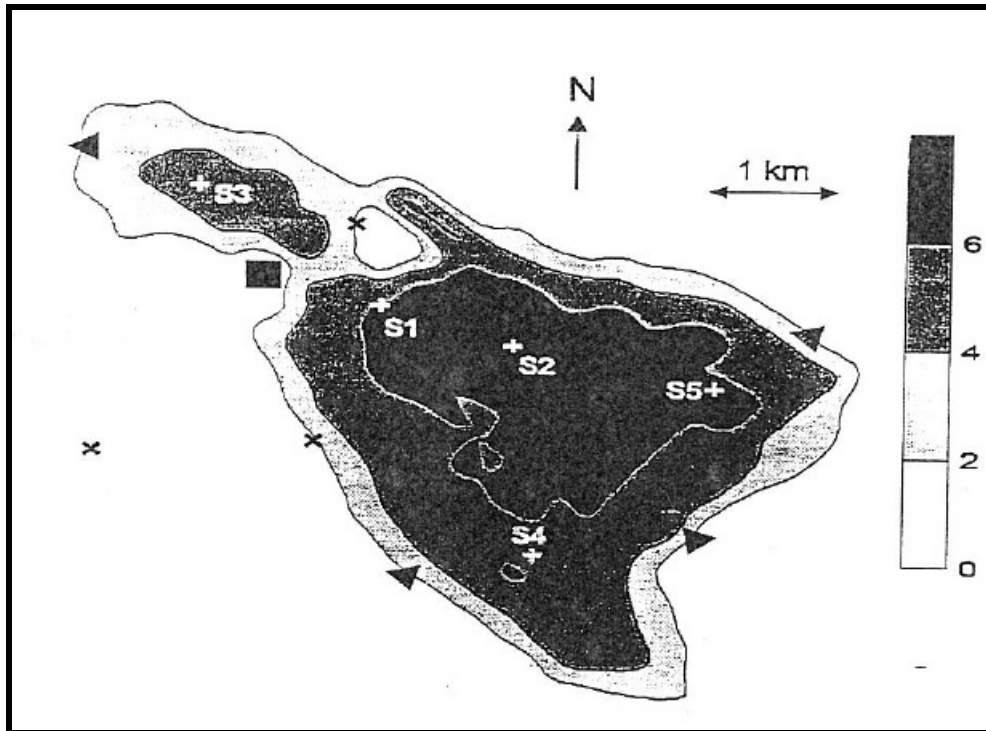
Έτος	Ταίρα °C	Υνερού °C	pH	Αγωγιμότητα μS	D.O mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁼ mg/l	Chla mg/l	C.O.D. mg/l	B.O.D ₅ mg/l	O.M.X-20°C mg/l μικρ./ml	Cl ₂ mg/l
1985													
Νοέμβριος	16	13	7,1	221	7,5	7,48	0,023	2,1	0,0017	9,70	3,10	43,0	0,05
Δεκέμβριος	14	10,8	7,06	257,3	7,7	6,43	0,032	2,6	0,0021	19,99	3,60	39,5	0,06
1986													
Ιανουάριος	8,75	7,0	6,7	259,2	8,75	8,07	0,030	2,26	0,0024	44,88	3,80	70,2	0,08
Φεβρουάριος	7,6	6,6	7,4	266,3	8,53	7,06	0,031	2,26	0,0031	45,89	4,00	66,3	0,06
Μάρτιος	13	10,6	7,06	282,6	8,7	8,62	0,042	2,5	0,0040	29,47	3,80	56,0	0,06
Απρίλιος	22,5	20,0	7,15	264,0	7,55	6,66	0,030	2,3	0,0035	44,11	4,55	73,0	0,05
Μάιος	26,0	24,0	6,95	354,5	7,10	5,52	0,030	2,40	0,0048	53,01	4,85	73,0	0,09
Ιούνιος	26,0	24,0	7,50	355,6	6,86	7,16	0,035	1,62	0,0050	55,27	3,46	61,6	0,07
Ιούλιος													
Αύγουστος	24,0	23,0	7,20	234,5	5,25	7,03	0,045	2,40	0,0042	28,67	3,95	80,0	0,04
Σεπτέμβριος	23,6	22,0	7,50	283,0	5,82	8,44	0,054	2,09	0,0014	58,38	4,86	108,0	0,08
Οκτώβριος	23,0	20,0	8,30	234,5	6,20	7,27	0,031	2,00	0,0270	24,57	3,35	88,0	0,05
Νοέμβριος	15,3	13,3	7,70	259,3	7,70	7,12	0,058	1,51	0,0021	31,81	3,76	63,6	0,08
Δεκέμβριος	5,5	6,5	8,10	206,0	9,20	9,02	0,479	2,35	0,0030	16,17	5,20	80,0	0,04
1987													
Ιανουάριος	9,0	6,0	8,20	222,0	8,35	8,59	0,046	1,82	0,0063	20,09	4,35	51,5	0,04
Φεβρουάριος	11,5	8,3	8,18	238,0	10,17	7,03	0,033	1,25	0,0033	17,23	3,60	28,0	0,05
Μάρτιος	10,5	9,5	7,54	288,0	8,50	5,46	0,052	0,93	0,0036	9,36	4,35	44,0	0,01
Απρίλιος	19,5	18,0	6,95	280,0	7,48	7,01	0,037	1,60	0,0340	30,41	3,95	60,0	0,04
Μάιος	24,5	22,5	7,15	280,0	6,87	5,08	0,027	2,10	0,0049	33,77	4,50	66,5	0,07
Ιούνιος	27,5	24,7	7,55	342,5	6,62	7,27	0,015	1,28	0,0057	29,42	4,10	32,0	0,08
Ιούλιος	26,0	24,0	7,60	403,0	7,50	6,60	0,033	2,90	0,0068	9,52	2,70	19,0	0,05
Αύγουστος	28,0	27,0	7,40	321,0	5,61	7,18	0,037	2,40	0,0375	32,41	4,85	91,0	0,15
Σεπτέμβριος	26,6	25,3	7,60	337,0	7,05	7,81	0,043	2,20	0,0042	34,19	4,56	75,3	0,11
Οκτώβριος	21,0	18,5	7,10	241,5	8,07	5,38	0,022	1,70	0,0180	22,11	3,30	61,0	0,04
Νοέμβριος	14,3	11,8	7,20	264,0	8,23	5,95	0,058	1,84	0,0131	32,21	3,90	63,0	0,04
Δεκέμβριος	7,7	6,0	7,40	249,5	9,17	7,64	0,067	1,80	0,0011	24,64	3,15	35,0	0,04
1988													
Ιανουάριος	8,7	6,7	7,70	286,5	8,35	7,25	0,019	2,20	0,0017	34,40	4,65	29,5	0,04
Φεβρουάριος	7,0	4,7	7,10	274,5	9,63	5,43	0,044	1,02	0,0027	21,45	4,01	24,2	0,04
Μάρτιος	11,0	9,0	7,40	249,0	7,98	8,27	0,056	2,10	0,0031	40,25	4,50	49,0	0,03
Απρίλιος	17,3	15,8	7,60	283,0	7,81	6,56	0,030	2,10	0,0036	34,55	4,13	60,3	0,04
Μάιος	19,3	20,3	7,20	253,6	7,32	4,62	0,035	2,06	0,0064	15,39	3,46	47,6	0,03
Ιούνιος	26,5	24,0	7,51	360,0	6,74	7,21	0,021	1,49	0,0059	42,50	3,85	51,0	0,07
Ιούλιος	35,0	32,0	7,75	395,0	5,60	8,10	0,052	3,70	0,0079	17,30	4,80	102,0	0,06
Αύγουστος	28,0	26,0	7,10	258,0	5,30	7,20	0,041	2,60	0,0400	29,40	4,50	82,0	0,04
Σεπτέμβριος	25,5	24,0	7,65	315,0	5,50	8,71	0,052	2,27	0,0290	38,71	4,90	91,0	0,08
Οκτώβριος	22,0	20,0	7,50	235,0	7,03	6,22	0,028	1,95	0,0210	22,58	3,33	59,0	0,05

Πίνακας I. Τιμές των παραμέτρων τ^οαέρα, τ^ούδατος, pH, Αγωγιμότητα, D.O., NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄⁼, Chla, C.O.D., B.O.D₅, O.M.X, Cl₂ της λίμνης των Ιωαννίνων κατά την χρονική περίοδο Νοεμβρίου 1985-Οκτωβρίου 1988.

ήνας	Ταίρα 0°C	Υνερού 0°C	pH	Αγωγιμότητα μS	D.O. mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	Chla mg/l	C.O.D. mg/l	B.O.D ₅ mg/l	O.M.X. 20°C ^{x10²} mg/l	Cl ₂ mg/l
ανουάριος	8,83	6,58	7,53	255,9	8,48	7,97	0,031	2,09	0,0150	33,12	4,26	50,4	0,045
εβρουάριος	8,70	6,55	7,56	259,6	9,44	6,50	0,036	1,51	0,0030	22,71	3,93	39,5	0,050
άρτιος	11,50	9,70	7,46	273,2	8,39	7,45	0,050	1,84	0,0035	26,36	4,21	49,6	0,050
πρίλιος	19,70	17,90	7,23	275,6	7,61	6,74	0,032	2,06	0,0035	36,35	4,21	64,4	0,045
άιος	23,20	22,20	7,10	296,0	7,09	5,07	0,030	2,18	0,0060	34,05	4,27	62,3	0,060
ούνιος	26,60	24,00	7,92	359,3	6,74	7,21	0,023	1,46	0,0055	42,39	3,80	48,2	0,070
ούλιος	30,50	28,00	7,77	399,0	7,12	7,35	0,042	3,30	0,0073	13,41	3,75	60,5	0,055
ύγουστος	26,60	25,30	7,23	271,0	5,45	7,13	0,041	2,46	0,0278	30,16	4,46	77,6	0,070
επτέμβριος	25,20	23,70	7,65	311,6	6,12	8,32	0,049	2,18	0,0196	43,76	4,90	91,4	0,090
κτώβριος	22,00	19,50	7,63	237,0	7,10	6,32	0,027	1,88	0,0157	23,08	3,32	69,3	0,040
οέμβριος	15,20	12,70	7,33	248,0	7,81	6,85	0,039	1,85	0,0119	24,57	3,58	56,5	0,050
εκέμβριος	9,08	7,76	7,52	237,6	8,69	7,69	0,033	2,25	0,0143	20,26	3,98	51,5	0,050

Υνακας II. Εποχιακή μηνιαία διακύμανση των τιμών των παραμέτρων (t^οαέρα, t^ούδατος, pH, Αγωγιμότητα, D.O., NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄³⁻, Chla, C.O.D., B.O.D₅, O.M.X. 20°C, Cl₂) υπο μορφή τριετούς μέσου όρου 1985-1988.

Β) Μεταξύ 13 Απριλίου 1998 έως και 28 Μαρτίου 1999 έγιναν 27 δειγματοληψίες (RomeroandImberger 1999, ενώ δεδομένα από την ίδια μελέτη έχουν χρησιμοποιηθεί και στις εργασίεςKagalouetal., 2003, 2006), με κυμαινόμενο χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών δειγματοληψιών μεταξύ δύο εβδομάδων έως ένα μήνα. Σε κάθε μια εκ των 27 δειγματοληψιών πάρθηκαν δείγματα από 5 διαφορετικές θέσεις S1, S2, S3, S4, S5 και από τρία βάθη σε κάθε θέση, 30 εκ. κάτω από την επιφάνεια, 50 εκατοστά απόσταση από τον πυθμένα και στο μισό της απόστασης από την επιφάνεια μέχρι το βάθος κάθε θέσης, το οποίο ήταν 5.3, 6.4, 4.4, 5.5 και 6 μ. αντίστοιχα, σύμφωνα με RomereolandImberger (1999) ή 4.3, 6.5, 5.0, 5.5 και 6.6 μ. αντίστοιχα, σύμφωνα με Kagalouκαι συν. (2006). Σε κάθε δείγμα νερού προσδιορίστηκαν μεταξύ άλλων, η θερμοκρασία, το pH, ενώσεις αζώτου (NO₃-N, NH₄-N), ενώσεις φωσφόρου - PO₄ καιChla. Οι θέσεις δειγματοληψίας φαίνονται στην Εικόνα 2 ενώ οι μέσοι όροι των μετρήσεων από όλες τις θέσεις ανά μήνα φαίνονται στον Πίνακα III (Kagalouetal., 2003). Επίσης τα αποτελέσματα των μετρήσεων, σε κάθε ένα από τα τρία βάθη, κάθε θέσης δειγματοληψίας παρουσιάζονται μόνο σε διαγράμματα (RomeroandImberger, 1999, Fig. 7.2 - 7.10) από τα οποία μπορεί να γίνει η άντληση των τιμών, οι οποίες όμως δεν θα ανταποκρίνονται στην ακρίβεια των αρχικών μετρήσεων.



Εικόνα 3. Θέσεις δειγματοληψίας κατά την περίοδο Απρίλιο 1998 έως Μάρτιο 1999 (από Romero&Imberger, 1999, Figure 7.1).

Πίνακας III.Μονομεταβλητά στατιστικά μεγέθη των φυσικοχημικών παραμέτρων των δειγματοληψιών Απριλίου 1998 - Μαρτίου 1999 (Καγαλουεταλ., , 2003, Table 1).

Month	Temp. °C	pH	DO mg ^l ⁻¹	BOD ₅ mg ^l ⁻¹	COD mg ^l ⁻¹	OPO ₄ mg ^l ⁻¹ PO ₄	TKN mg ^l ⁻¹ N	NO ₃ mg ^l ⁻¹ N	NH ₄ mg ^l ⁻¹ N
A	13.6	7.74	9.3	6.8	16	0.09	0.22	0.9	0.21
M	17.9	7.88	7.6	4.4	19	0.26	0.30	1.1	0.10
J	22.5	7.45	5.9	7.3	26	0.26	0.75	0.8	0.14
J	26.3	7.41	6.6	1.6	25	0.76	0.65	0.4	0.19
A	26.0	8.61	5.9	4.1	41	0.34	2.24	0.5	0.23
S	23.3	8.33	4.5	3.4	58	0.43	1.93	0.4	0.29
O	18.5	8.30	6.1	4.7	35	0.55	8.09	0.5	0.19
N	11.1	8.24	7.4	3.2	24	0.29	7.76	0.2	0.17
D	7.8	7.99	8.6	2.0	17	0.33	2.78	0.4	0.29
J	5.9	8.42	11.8	3.2	19	0.38	7.35	0.6	0.35
F	5.9	8.53	11.1	3.2	21	0.20	5.64	0.2	0.36
M	10.7	8.11	9.1	3.4	19	0.22	4.73	0.9	0.25

Επί πλέον οι τιμές της χλωροφύλλης Chla για το ίδιο διάστημα (Απρίλιος 1998 - Μάρτιος 1999) είναι οι ακόλουθες (σε mg/m³): 13, 11, 15, 25,42, 20, 46, 18, 12, 21, 12, 23 (Καγαλουεταλ., 2003, Figure 3).

Οι μετρήσεις αυτές εκτιμήθηκαν ως οι πιο πλήρεις για την εφαρμογή του μοντέλου WASP, αν και αντιπροσωπεύουν συνθήκες που επικρατούσαν πριν από 14 χρόνια. Επί πλέον στοιχείο που συνηγορεί υπέρ της χρήσης τους είναι ότι προέρχονται από την πιο πλήρη και ολοκληρωμένη μελέτη που έχει γίνει μέχρι σήμερα για την λίμνη Παμβώτιδα. Οι τιμές αυτές αποτελούν μια χρονοσειρά ενός έτους με μηνιαίο χρονικό βήμα. Συγκεκριμένα υπάρχει μία μέτρηση στις 15 του κάθε μήνα.

8. ΜΙΚΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ(SEGMENTATION)

Σύμφωνα με τους ερευνητές που ασχολήθηκαν με την λίμνη των Ιωαννίνων, αυτή χαρακτηρίζεται ως πολυμικτική λόγω της συνεχούς μίξης των υδάτων (λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη το μικρό βάθος της, αλλά και τους επικρατούντες ανέμους). Συγκεκριμένα οι Romeroetal. (2002) αναφέρουν ότι η λίμνη δεν διατηρεί εποχιακή θερμική στρωμάτωση, αλλά περισσότερο εμφανίζει συχνές περιόδους πλήρους κάθετης ανάμιξης. Μια ασθενής και μάλλον ασταθής στρωμάτωση συμβαίνει κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Kagalouetal., , 2003). Τα ανωτέρω συνηγορούν ότι χωρισμός της λίμνης σε τμήματα ως προς το βάθος δεν δικαιολογείται, ενώ η έλλειψη των ακριβών αρχικών μετρήσεων σε κάθε θέση (εκτός από τη διαθέσιμη διαγραμματική απεικόνισή τους) μας οδήγησε, κατά την αρχική εφαρμογή της προσομοίωσης με το μοντέλο WASP, στην θεώρηση όλης της λίμνης ως ένα ενιαίο σώμα (onesegment). Στη συνέχεια έγινε προσπάθεια και παρουσιάζονται σε επόμενη ενότητα πρώτα αποτελέσματα χωρισμού της λίμνης σε πέντε τμήματα.

9. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP

- Κατά την εφαρμογή του WASP δημιουργείται ένα αρχείο (project) το οποίο περιλαμβάνει όλες τις παραμέτρους του προβλήματος, οι οποίες βέβαια επιλέγονται και οριστικοποιούνται από τον χρήστη και ειδικά για κάθε εφαρμογή. Αρχικά δηλώνονται (επιλογή από menuPre-processor → Dataset), ή επιλέγονται από συγκεκριμένες διαθέσιμες επιλογές, βασικές παράμετροι, όπως (βλ. Εικόνα 4) το είδος της ρύπανσης που θα προσομοιωθεί, η ημερομηνία και η ώρα αρχής και τέλους της προσομοίωσης, το μοντέλο κίνησης του νερού, το χρονικό βήμα προσομοίωσης, η δυνατότητα δημιουργίας αρχείου επανεκκίνησης (που αποτελεί στιγμιότυπο των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης στο τέλος αυτής). Στην Εικόνα 4 φαίνονται οι πληροφορίες που καταχωρήθηκαν κατά την εφαρμογή του προγράμματος (ModelType: Eutrophication, StartDate: 15/4/1998, EndDate: 15/3/1999, Hydrodynamics: NetFlows, SolutionTechnique: Euler, RestartOption: NoRestartFile).

Εικόνα 4. Πρώτη οθόνη καταχώρησης των βασικών πληροφοριών της προσομοίωσης (π.χ. είδος – eutrophication, υδροδυναμική – netflows).

- Στη συνέχεια καταχωρούνται (Εικόνα 5) οι πληροφορίες που αφορούν το διαμερισμό του υδάτινου στρώματος (επιλογή από menu Pre-processor → Segments). Είναι πολύ σημαντική φόρμα εισαγωγής δεδομένων, γιατί εδώ δηλώνονται τα τμήματα της λίμνης (ένα ή περισσότερα) που θα ληφθούν υπόψη κατά τη προσομοίωση. Τα τμήματα αυτά αποτελούν χωρικές συνιστώσες, στις οποίες το πρόγραμμα επιλύει τις καταστατικές εξισώσεις κίνησης και διασποράς. Για κάθε τμήμα δηλώνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του (όγκος, μήκος, κλίση, κλπ., αλλά και η θέση του δηλαδή επιφανειακό, υποεπιφανειακό, επιφανειακός πυθμένας), οι αρχικές συγκεντρώσεις των προς προσομοίωση μεταβλητών (συγκεντρώσεις αμμωνίας, νιτρικών, DO, κλπ.), το κλάσμα διάλυσης των μεταβλητών (π.χ. 1 για τους βιολογικούς δείκτες), οι τιμές των περιβαλλοντικών παραμέτρων, οι οποίες είναι απαραίτητες κατά την προσομοίωση (όπως: benthicammoniaflux, benthicphosphateflux, sedimentoxygendemand).

Segment	Ammonia (mg/L)	Nitrate (mg/L)
1	1,5E-1	9E-1
2	2E-1	7E-1
3	1E-1	1
4	1E-1	8E-1
5	1,5E-1	8E-1

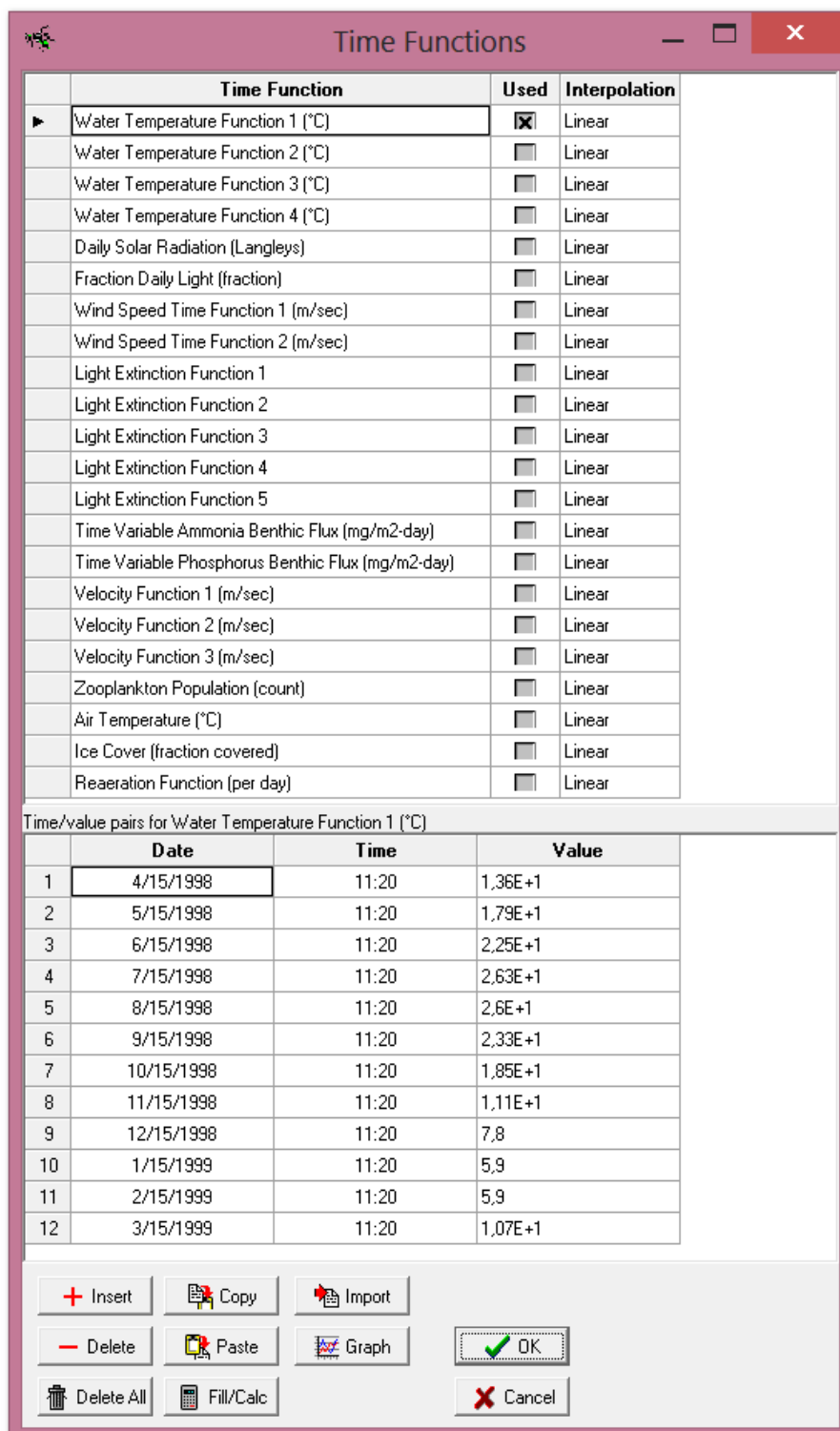
Εικόνα 5. Περιγραφή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και των τιμών των παραμέτρων (αρχικές συγκεντρώσεις, κλπ) κάθε τμήματος της λίμνης.

- Ο έλεγχος της επίδρασης των περιβαλλοντικών μεταβλητών μπορεί να γίνει με τη δυνατότητα που δίνει η οθόνη Parameterdata (επιλογή από menuPre-processor → Parameters). Συγκεκριμένα εκεί δηλώνονται (Εικόνα 6) ποιες από αυτές τις εξωγενείς περιβαλλοντικές μεταβλητές θα ληφθούν υπόψη (επιλογή used) και με τι βαθμό σημαντικότητας. Εάν θελήσουμε π.χ. να διπλασιάσουμε την επίδραση της σημαντικότητας της παραμέτρου sedimentoxygen demand δηλώνουμε στο scalefactor πεδίο τη τιμή 2. Μέσα από αυτές τις δυνατότητες εκτιμούμε την επίδραση μιας συγκεκριμένης μεταβλητής, μέσω της διαφοράς των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης (επιλέγοντας και απο-επιλέγοντας διαδοχικά στη στήλη used).

	Parameter	Used	Scale Factor
1	Segment Scale Factor for Wind	<input type="checkbox"/>	1,0000
2	Wind Speed Time Function to use for Segment (1 or 2)	<input type="checkbox"/>	1,0000
3	Water Velocity Function (1-4) for Segment (m/sec)	<input type="checkbox"/>	1,0000
4	Temperature of Segment (Degrees C or Multiplier)	<input type="checkbox"/>	1,0000
5	Temperature Time Function for Segment Temperature (1 - 4)	<input type="checkbox"/>	1,0000
6	Light Extinction for Segment (Per Day or Multiplier)	<input type="checkbox"/>	1,0000
7	Light Extinction Time Function to use for Segment	<input type="checkbox"/>	1,0000
8	BOD(1) Decay Rate Scale Factor	<input type="checkbox"/>	1,0000
9	BOD(2) Decay Rate Scale Factor	<input type="checkbox"/>	1,0000
10	BOD(3) Decay Rate Scale Factor	<input type="checkbox"/>	1,0000
11	Benthic Ammonia Flux (mg/m2/day)	<input type="checkbox"/>	1,0000
12	Benthic Phosphate Flux (mg/m2/day)	<input type="checkbox"/>	1,0000
13	Sediment Oxygen Demand (g/m2/day)	<input type="checkbox"/>	3,0000
14	Sediment Oxygen Demand Temperature Correction Factor	<input type="checkbox"/>	3,0000
15	Measured Segment Reaeration Rate (per day)	<input type="checkbox"/>	1,0000
16	Zooplankton Population	<input type="checkbox"/>	1,0000
17	Fraction Light Intercept by Canopy	<input type="checkbox"/>	1,0000
18	Tsvigolo Escape Coefficient	<input type="checkbox"/>	1,0000
19	Dam Elevation (meters)	<input type="checkbox"/>	1,0000
20	Dam Pool WQ Coefficient	<input type="checkbox"/>	1,0000
21	Dam Type Coefficient	<input type="checkbox"/>	1,0000

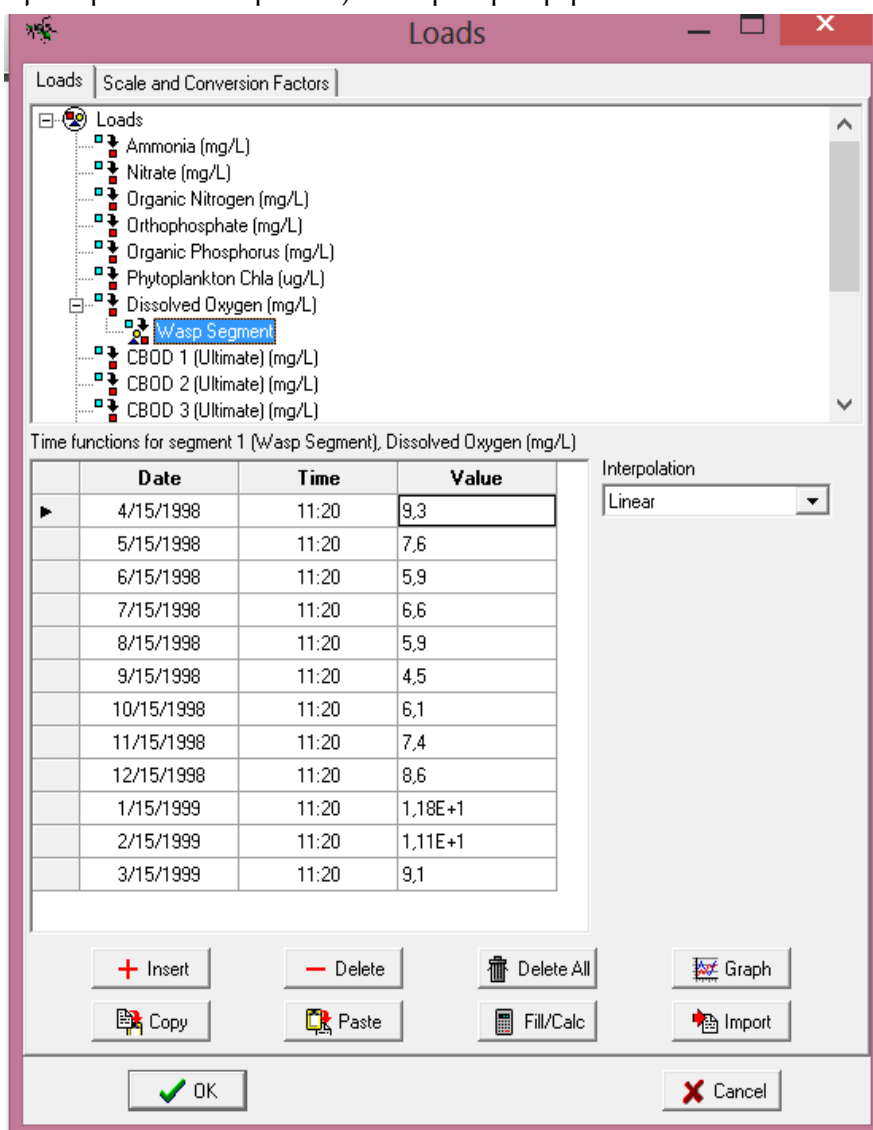
Εικόνα 6. Επιλογή σημαντικότητας των περιβαλλοντικών παραμέτρων.

- Η εισαγωγή των τιμών, σε συγκεκριμένες ημερομηνίες των περιβαλλοντικών μεταβλητών (όπως ταχύτητα ανέμου, θερμοκρασία νερού και αέρα, εξάλειψη φωτός, πληθυσμός ζωοπλαγκτού, κ.α.), γίνεται μέσα από την οθόνη TimeFunctions (επιλογή από menu Pre-processor → Timefunctions)



Εικόνα 7.Εισαγωγή των τιμών των περιβαλλοντικών μεταβλητών (εδώ φαίνεται η εισαγωγή των τιμών της θερμοκρασίας του νερού της λίμνης).

- Η εισαγωγή των τιμών των ρύπων σε διάφορες χρονικές στιγμές (και για κάθε τμήμα του υδάτινου σώματος) γίνεται με τη χρήση των επιλογών του παραθύρου Loads (επιλογή από Pre-processor → Loads). Επίσης εδώ καθορίζονται και οι παράγοντες που χρησιμεύουν στην προσομοίωση της αραίωσης ή της μετατροπής της μάζας. Ο παράγοντας αραίωσης (επιλογή στήλης Scale) αφορά την αραίωση της μάζας π.χ. εάν θέλουμε να ελέγξουμε τις επιπτώσεις από το διπλασιασμό του φορτίου ενός ρύπου, ο παράγοντας αραίωσης παίρνει την τιμή 2 (για την συγκεκριμένη βέβαια μεταβλητή-ρύπο). Ο παράγοντας μετατροπής (επιλογή στήλης ConversionFactor) χρησιμεύει για την μετατροπή των μονάδων του φορτίου. Π.χ. από mg/l σε kg/day (η οποία και χρησιμοποιείται από το WASP για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων των ρύπων) θέτουμε την τιμή 1×10^{-7} .



Εικόνα 7. Οθόνη εισόδου (επιλογή από menu Pre-processor → Loads) των χρονοσειρών των συγκεντρώσεων των ρύπων (εδώ παρουσιάζονται οι τιμές του DO κατά την θεώρηση της λίμνης ως ένα ενιαίο τμήμα).

10. ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΙΚΩΝ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP

Για τη ρύθμιση και τη βαθμονόμηση του μοντέλου WASP για τη λίμνη της Παμβώτιδας χρησιμοποιήθηκαν, όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα, οι τιμές των ρύπων που παρουσιάζονται στον Πίνακα III. Για τις κλιματικές μεταβλητές έγινε χρήση των δεδομένων της μελέτης των RomeroandImberger(1999, Chapter 4: Meteorology May 1998 - March 1999) γιατί αναφέρονται στην ίδια περίοδο με αυτή των δειγματοληψιών. Ενδεικτικά παραθέτουμε στον Πίνακα IV τους μέσους μηνιαίους όρους ορισμένων μεταβλητών.

Πίνακας IV. Μέσοι μηνιαίοι όροι κλιματικών δεδομένων Μαΐου 1998 - Μαρτίου 1999) (από RomeroandImberger(1999).

Month	WS _{Island}	WS _{Univ}	WS _{Evap}	T _{Island}	T _{Univ}	RH _{Island}	RH _{Univ}	Rain _{Island}	Rain _{Univ}	Evap _{Rank}	Evap _{Rich}	Evap _{Wind}
5	0.94		0.56	17.7		68.9		134.7		136.2	85.8	41.3
6	0.82		0.42	23.0		66.1		86.1		184.8	91.5	52.9
7			0.54	26.6		53.0		1.1		235.7	162.9	92.7
8		1.24	0.47	26.5	24.1	57.5	59.9	64.2	78.3	203.5	142.7	80.0
9	0.61	1.10	0.27	19.7	17.3	74.0	76.1	110.6	153.4	85.8	61.2	33.4
10	0.47	0.81	0.21	15.8	13.1	80.3	83.2	94.9	76.3	42.4	36.4	16.4
11	0.47	0.90	0.22	10.0	7.5	83.6	86.4	269.0	239.0	23.7	22.8	10.6
12	0.37	1.26	0.42	5.0	2.7	81.3	80.8	118.7	147.2	28.7	13.0	26.8
1	0.60	1.01	0.38	5.7	3.0	78.7	81.3	82.4	108.6	14.8	10.5	22.4
2	0.73	1.37	0.43	4.4	2.1	82.9	82.5	125.4	149.3	30.3	16.6	7.2
3	0.81	1.50	0.52	9.7	7.2	73.5	76.9	99.3	118.9	53.3	43.8	
Average	0.70	1.15	0.40	14.9	9.6	72.7	78.4	107.9	133.9	94.5	62.5	38.4
Max	0.94	1.50	0.56	26.6	24.1	83.6	86.39	269.0	239.0	235.72	162.90	92.70
Min	0.47	0.81	0.21	4.4	2.1	53.0	59.86	1.1	76.3	14.84	10.50	7.20
Total								1186.4	1071.0	1039.2	687.2	383.7

Για τη ρύθμιση του WASP έγιναν πάρα πολλές δοκιμές, κατά τις οποίες δίνονταν διαφορετικές τιμές στις σταθερές του μοντέλου, εντός όμως των ορίων των τιμών που αναφέρει η διεθνής βιβλιογραφία (Wooletal., 2001; Iriantoetal., 2012). Ελήφθησαν επίσης υπόψη και οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή ανάλογων μοντέλων προσομοίωσης στη λίμνη Παμβώτιδα (RomeroandImberger, 2009; Καλογιάννης, 2007). Σε κάθε δοκιμή υπολογίζονταν οι διαφορές μεταξύ των πραγματικών και εκτιμώμενων τιμών. Από αυτές υπολογίσθηκαν δύο δείκτες ο μέσος όρος των διαφορών (meanerror), που φανερώνει την ύπαρξη τάσης υπερεκτίμησης ή υποεκτίμησης τιμών, καθώς και ο μέσος όρος των τετραγώνων των διαφορών (meansquareerror), που εκφράζει την ακρίβεια της πρόβλεψης. Η επιλογή έγινε βάσει των τιμών των δύο αυτών δεικτών. Κριτήριο ήταν η πλησιέστερη στο

μηδέν τιμή για το πρώτο δείκτη και η μικρότερη για το δεύτερο. Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται οι τιμές των σταθερών που χρησιμοποιήθηκαν:

Constants Data			
Constant Group Ammonia			
	Constant	Used	Value
1	Nitrification Rate Constant @20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	2E-2
2	Nitrification Temperature Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1
3	Half Saturation Constant for Nitrification Oxygen Limit (mg O/L)	<input checked="" type="checkbox"/>	1

Constants Data			
Constant Group Nitrate			
	Constant	Used	Value
1	Denitrification Rate Constant @20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	9E-2
2	Denitrification Temperature Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1,04
3	Half Saturation Constant for Denitrification Oxygen Limit (mg O/L)	<input checked="" type="checkbox"/>	1

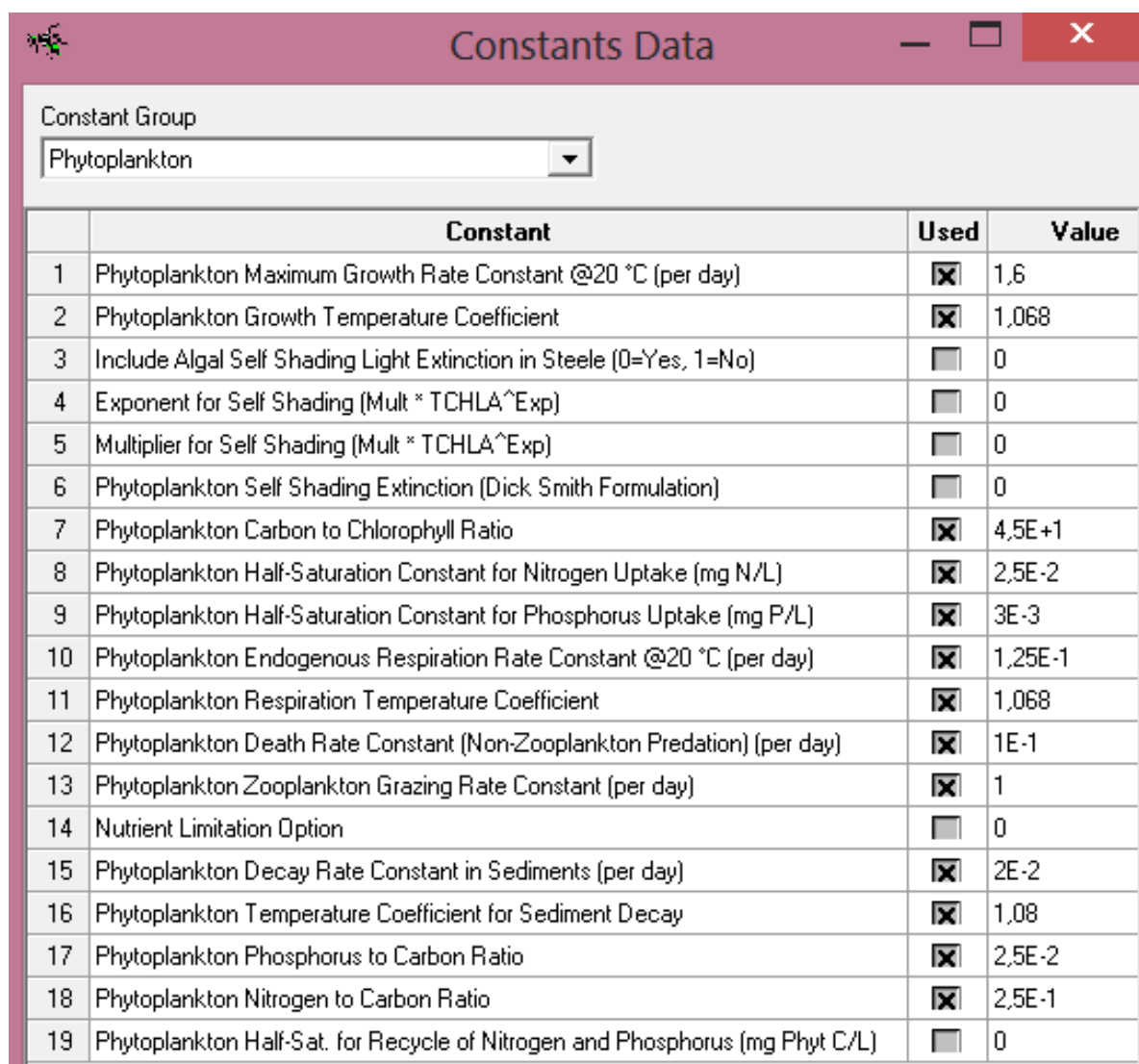
Constants Data			
Constant Group Organic Nitrogen			
	Constant	Used	Value
1	Dissolved Organic Nitrogen Mineralization Rate Constant @20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	3E-3
2	Dissolved Organic Nitrogen Mineralization Temperature Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1,08
3	Organic Nitrogen Decay Rate Constant in Sediments @20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	4E-4
4	Organic Nitrogen Decay in Sediment Temperature Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1,08
5	Fraction of Phytoplankton Death Recycled to Organic Nitrogen	<input checked="" type="checkbox"/>	5E-1

Εικόνα 8α. Χρησιμοποιηθείσες τιμές (στήλη Value) των σταθερών NH_4 και NO_3 , και οργανικού αζώτου του μοντέλου WASP (ρουτίνα EUTRO) που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση της λίμνης Παμβώτιδας.

Constants Data			
Constant Group Organic Phosphorus			
	Constant	Used	Value
1	Mineralization Rate Constant for Dissolved Organic P @20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	2E-2
2	Dissolved Organic Phosphorus Mineralization Temperature Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1,08
3	Organic Phosphorus Decay Rate Constant in Sediments @20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	4E-4
4	Organic Phosphorus Decay in Sediments Temperature Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1,08
5	Fraction of Phytoplankton Death Recycled to Organic Phosphorus	<input checked="" type="checkbox"/>	5E-1

Constants Data			
Constant Group CBOD 1 (Ultimate)			
	Constant	Used	Value
1	BOD (1) Decay Rate Constant @20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	5E-2
2	BOD (1) Decay Rate Temperature Correction Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1
3	BOD (1) Decay Rate Constant in Sediments @20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	2E-4
4	BOD (1) Decay Rate in Sediments Temperature Correction Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1,08
5	BOD (1) Half Saturation Oxygen Limit (mg O/L)	<input checked="" type="checkbox"/>	1E-1

Εικόνα 8β. Χρησιμοποιηθείσες τιμές (στήλη Value) των σταθερών OP, και BOD5 του μοντέλου WASP (ρουτίνα EUTRO) που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση της λίμνης Παμβώτιδας.



	Constant	Used	Value
1	Phytoplankton Maximum Growth Rate Constant @20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	1,6
2	Phytoplankton Growth Temperature Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1,068
3	Include Algal Self Shading Light Extinction in Steele (0=Yes, 1=No)	<input type="checkbox"/>	0
4	Exponent for Self Shading (Mult * TCHLA ^{Exp})	<input type="checkbox"/>	0
5	Multiplier for Self Shading (Mult * TCHLA ^{Exp})	<input type="checkbox"/>	0
6	Phytoplankton Self Shading Extinction (Dick Smith Formulation)	<input type="checkbox"/>	0
7	Phytoplankton Carbon to Chlorophyll Ratio	<input checked="" type="checkbox"/>	4,5E+1
8	Phytoplankton Half-Saturation Constant for Nitrogen Uptake (mg N/L)	<input checked="" type="checkbox"/>	2,5E-2
9	Phytoplankton Half-Saturation Constant for Phosphorus Uptake (mg P/L)	<input checked="" type="checkbox"/>	3E-3
10	Phytoplankton Endogenous Respiration Rate Constant @20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	1,25E-1
11	Phytoplankton Respiration Temperature Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1,068
12	Phytoplankton Death Rate Constant (Non-Zooplankton Predation) (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	1E-1
13	Phytoplankton Zooplankton Grazing Rate Constant (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	1
14	Nutrient Limitation Option	<input type="checkbox"/>	0
15	Phytoplankton Decay Rate Constant in Sediments (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	2E-2
16	Phytoplankton Temperature Coefficient for Sediment Decay	<input checked="" type="checkbox"/>	1,08
17	Phytoplankton Phosphorus to Carbon Ratio	<input checked="" type="checkbox"/>	2,5E-2
18	Phytoplankton Nitrogen to Carbon Ratio	<input checked="" type="checkbox"/>	2,5E-1
19	Phytoplankton Half-Sat. for Recycle of Nitrogen and Phosphorus (mg Phyt C/L)	<input type="checkbox"/>	0

Εικόνα 8γ. Χρησιμοποιηθείσες τιμές (στήλη Value) των σταθερών του φυτοπλαγκτού μοντέλου WASP (ρουτίνα EUTRO) που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση της λίμνης Παμβώτιδας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της επίδρασης των τιμών ορισμένων σταθερών στα αποτελέσματα της προσομοίωσης φαίνεται στον επόμενο πίνακα όπου εμφανίζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για δύο διαφορετικές τιμές της μεταβλητής «PhytoplanktonNitrogenoCarbonRatio». Στη βιβλιογραφία αναφέρονται αποδεκτές τιμές από 0 έως 0.24.

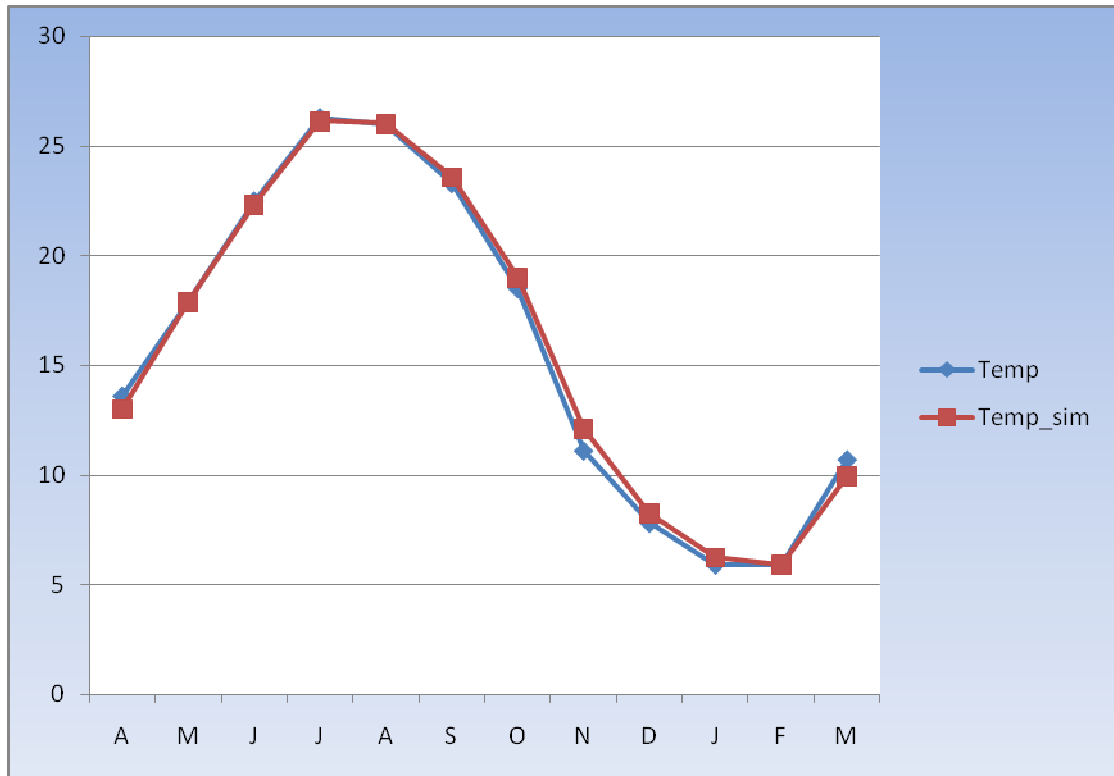
Πίνακας IV. Αποτελέσματα της προσομοίωσης των ορθοφωσφορικών για δύο διαφορετικές τιμές της σταθεράς Phytoplankton Nitrogen to Carbon Ratio.

ΜΗΝΑΣ	Μετρηθείσες τιμές ορθοφωσφορικών (mg/l)	Phytoplankton Nitrogen to Carbon Ratio	
		0,24	0,025
Υπολογισθείσες τιμές ορθοφωσφορικών (mg/l)			
A	0.09	0.11	0.09
M	0.26	0.27	0.26
J	0.26	0.27	0.26
J	0.76	0.77	0.75
A	0.34	0.41	0.38
S	0.43	0.44	0.41
O	0.55	0.60	0.57
N	0.29	0.48	0.34
D	0.33	0.43	0.34
J	0.38	0.54	0.39
F	0.20	0.12	0.22
M	0.22	0.47	0.24

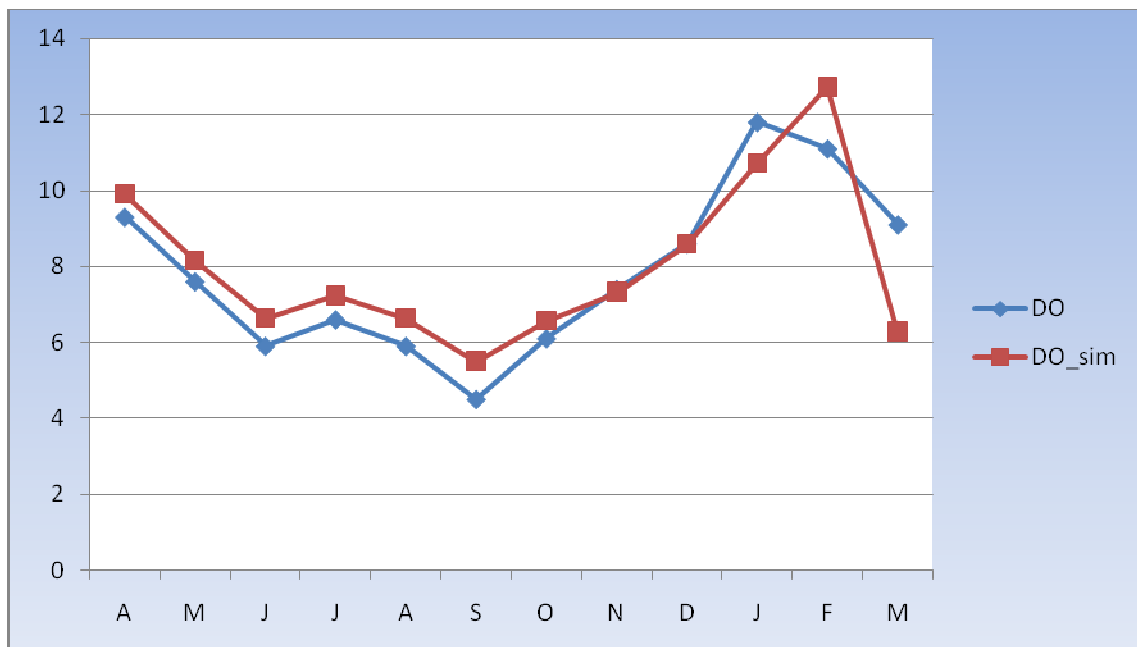
11. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Για την προσομοίωση

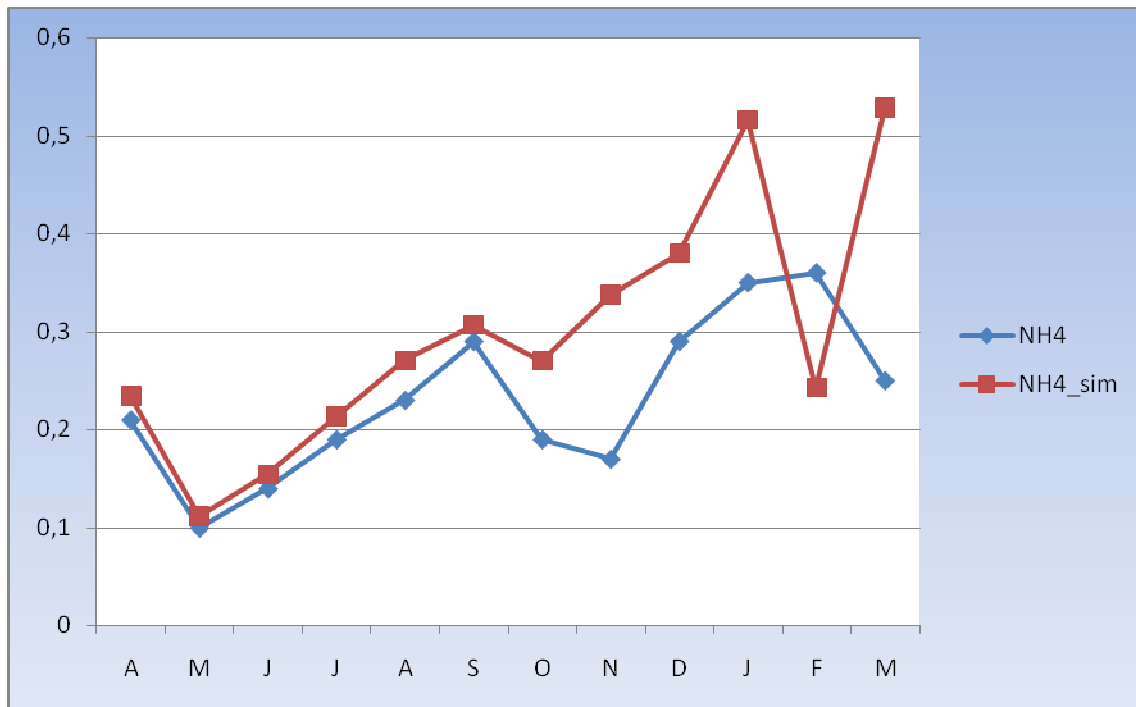
Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τη θερμοκρασία του νερού της λίμνης ($T^{\circ}C$), το διαλυμένο οξυγόνο (DO), της αμμωνίας (NH_4), των νιτρικών (NO_3), των ορθοφωσφορικών ($ORPO_4$), της χλωροφύλλης (Chla) και του BOD_5 .



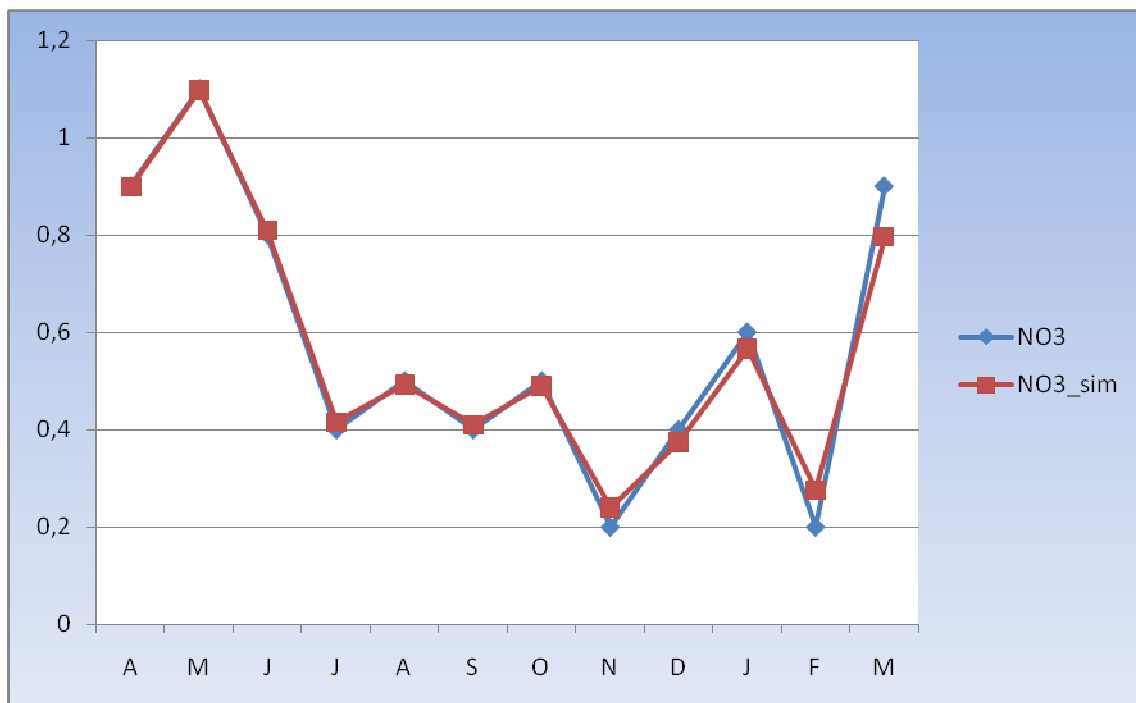
Διάγραμμα 1. Μεταβολή της θερμοκρασίας (°C) για το χρονικό διάστημα Απρίλιος 1998 - Μάρτιος 1999. Απεικονίζονται οι μετρημένες και οι υπολογιζόμενες τιμές από το μοντέλο WASP.



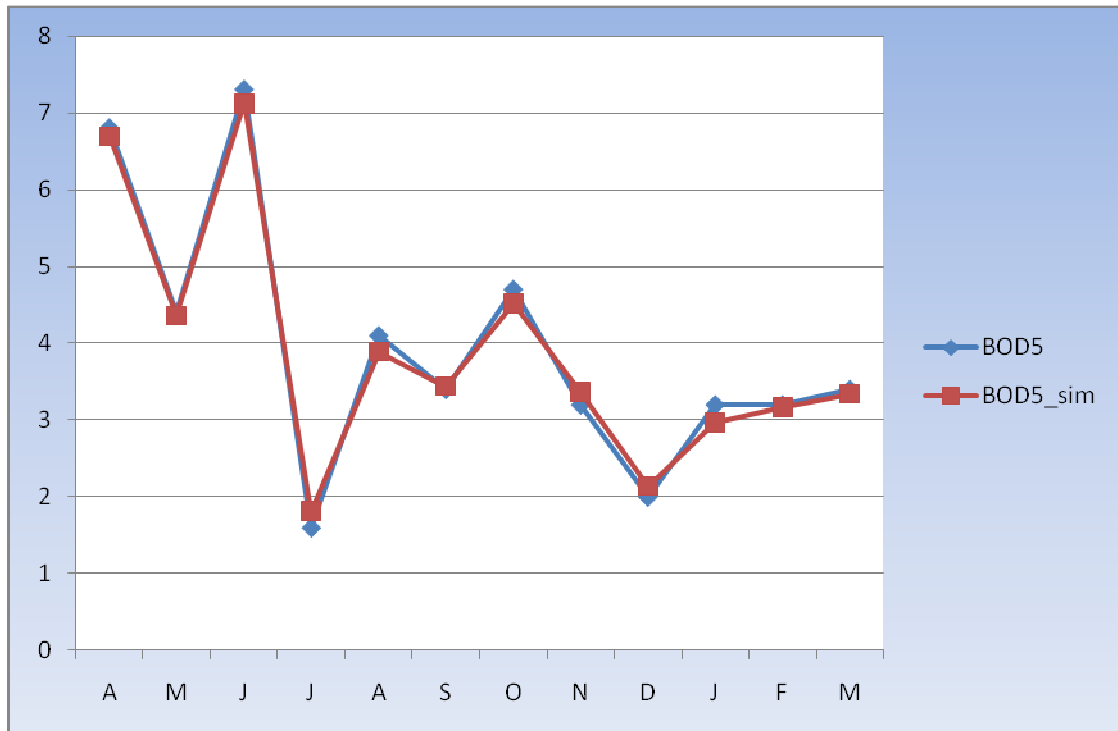
Διάγραμμα 2. Μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου (mg/l) για το χρονικό διάστημα Απρίλιος 1998 - Μάρτιος 1999. Απεικονίζονται οι μετρημένες και οι υπολογιζόμενες τιμές από το μοντέλο WASP.



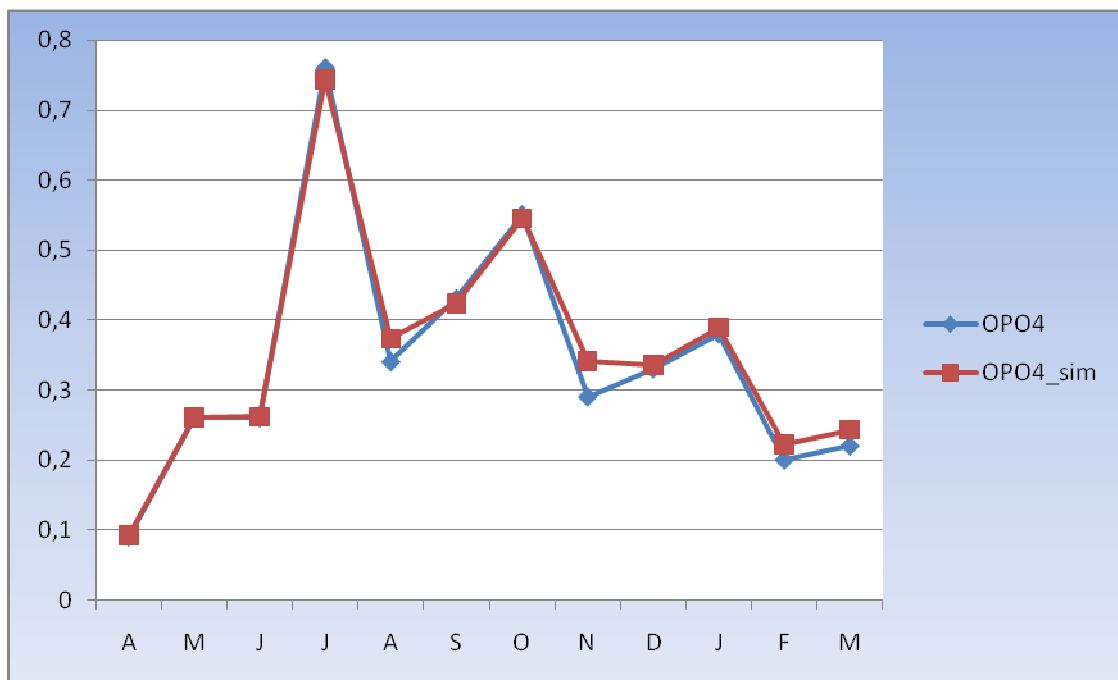
Διάγραμμα 3. Μεταβολή της αμμωνίας NH₄ (mg/l) για το χρονικό διάστημα Απρίλιος 1998 – Μάρτιος 1999. Απεικονίζονται οι μετρημένες και οι υπολογιζόμενες τιμές από το μοντέλο WASP.



Διάγραμμα 4. Μεταβολή των νιτρικών NO₃ (mg/l) για το χρονικό διάστημα Απρίλιος 1998 – Μάρτιος 1999. Απεικονίζονται οι μετρημένες και οι υπολογιζόμενες τιμές από το μοντέλο WASP.



Διάγραμμα 5. Μεταβολή του BOD₅ (mg/l) για το χρονικό διάστημα Απρίλιος 1998 – Μάρτιος 1999. Απεικονίζονται οι μετρημένες και οι υπολογιζόμενες τιμές από το μοντέλο WASP.



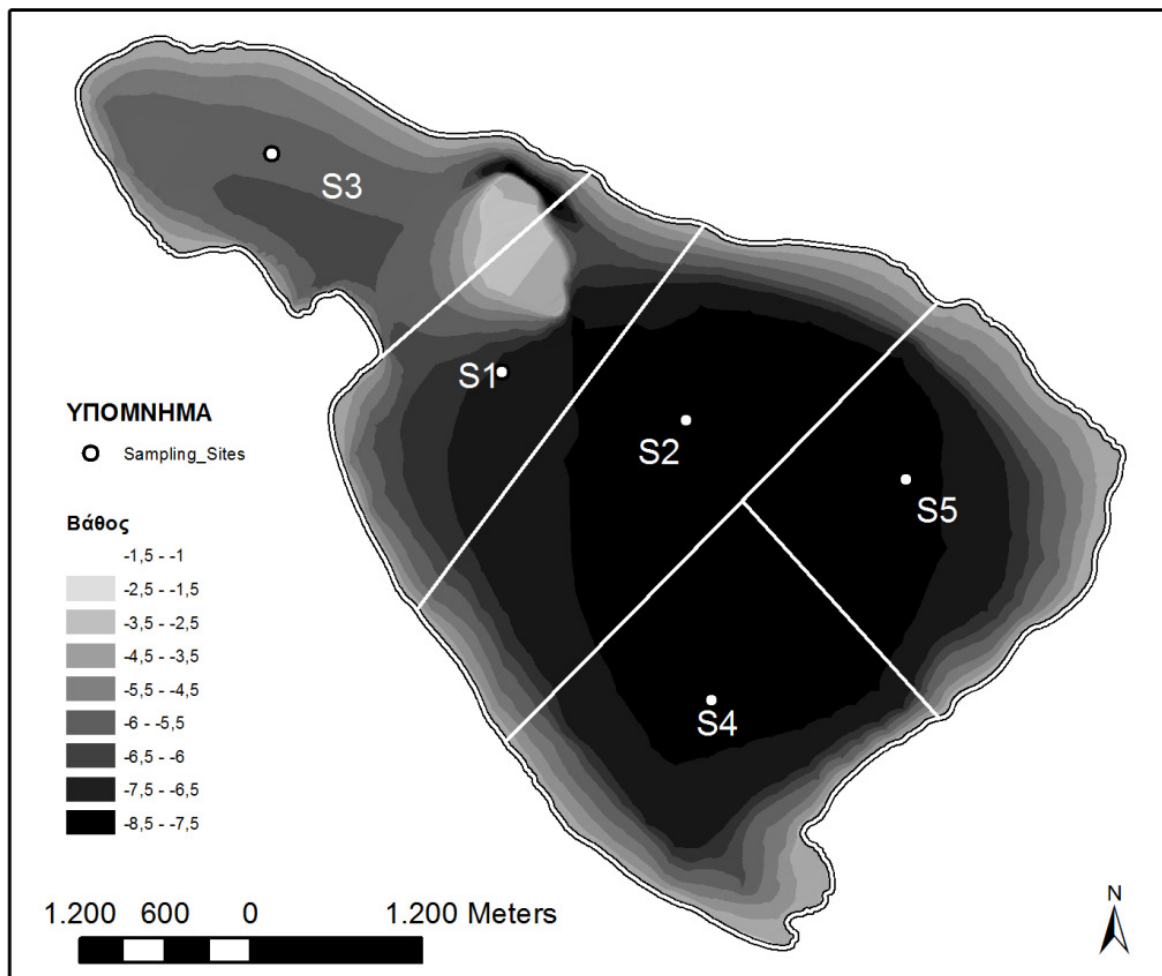
Διάγραμμα 6. Μεταβολή των ορθοφωσφορικών OPO₄ (mg/l) για το χρονικό διάστημα Απρίλιος 1998 – Μάρτιος 1999. Απεικονίζονται οι μετρημένες και οι υπολογιζόμενες τιμές από το μοντέλο WASP.

Από τα διαγράμματα φαίνεται ότι η προσομοίωση της θερμοκρασίας, των νιτρικών και του BOD5 είναι πολύ ικανοποιητική και μάλιστα για όλες τις εποχές του έτους, επίσης ικανοποιητική κρίνεται και αυτή των ορθοφωσφορικών. Μικρές αποκλίσεις εμφανίζει το διαλυμένο οξυγόνο, ενώ στα αμμωνιακά το μοντέλο παρουσιάζει κάποιες αποκλίσεις μόνο τους χειμερινούς μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Ιανουάριο, Φεβρουάριο.

12.ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΜΕ ΧΩΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΣΕ 5 ΤΜΗΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι τόσο στη μελέτη των Romero&Imberger, 1999, αλλά και τόσο στις σύγχρονες δειγματοληψίες του Φορέα (Πρόγραμμα Παρακολούθησης Υδάτων Λίμνης Παμβώτιδας, <http://www.lakepamvotis.gr>), πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες σε 4 ή 5 διαφορετικές θέσεις, έγινε προσπάθεια προσομοίωσης της ποιότητας της λίμνης χωρίζοντας την σε πέντε τμήματα. Ο χωρισμός στηρίχθηκε στις θέσεις των δειγματοληψιών που εμφανίζονται στην Εικόνα 3 και η οποία προέρχεται από την μελέτη των Romero&Imberger, 1999. Παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμες οι συντεταγμένες των σημείων έγινε βάσει της εικόνας δημιουργία (ψηφιοποίηση στο ArcGIS) σημειακού shapefile και βάσει αυτού αντίστοιχος χωρισμός (πολυγωνικό επίπεδο) της λίμνης σε πέντε τμήματα (segments). Στην Εικόνα 9 παρουσιάζεται η τμηματοποίηση της λίμνης για τις ανάγκες της προσομοίωσης.

Και στην προσομοίωση αυτή, όπως και όταν θεωρήθηκε η λίμνη ως ενιαίο σώμα, δεν διακρίνονται επιλίμνιο και υπολίμνιο (απουσία θερμικής στρωμάτωσης - μικρό βάθος) παρά μόνο δύο, ως προς το βάθος, στρώσεις, ο όγκος του νερού και ο πυθμένας-ίζημα. Ο υπολογισμός της επιφάνειας και του όγκου, κάθε ενός από τα πέντε τμήματα, καθώς της επιφάνειας επαφής-ανταλλαγής μεταξύ δύο διαδοχικών τμημάτων, έγινε χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες του λογισμικού gis. Επίσης οι υδροδυναμικές συνθήκες υπολογίστηκαν διαλέγοντας την επιλογή «netflowoption» στο WASP.



Εικόνα 9. Χωρισμός της λίμνης Παμβώτιδας σε 5 τμήματα και οι θέσεις παρατήρησης-δειγματοληψίας.

Δεδομένα για την προσομοίωση και την εφαρμογή του μοντέλου σε κάθε τμήμα αναζητήθηκαν και υπολογίσθηκαν (με αρκετή δυσκολία και κατά προσέγγιση) από τις εικόνες 7.2-7.12 της μελέτης των Romero&Imberger, 1999. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες και αφορούν τιμές των επιφανειακών δειγμάτων, σε 27 διαφορετικές μετρήσεις κατά το διάστημα 13 Απριλίου 1998 έως 28 Μαρτίου 1999.

Πίνακας V. Τιμές μετρήσεων, θερμοκρασίας και pH, επιφανειακών δειγμάτων στις πέντε θέσεις δειγματοληψίας.

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Θερμοκρασία T °C					pH				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
13/4/1998	13.2	13.1	14.5	13.6	13.5	8.15	7.28	8	7.24	8.1
6/5/1998	16.9	16.1	17.8	18.2	17.3	8.5	8.17	8.15	8.4	8.6
20/5/1998(am)	18	17.7	19.2	18.7	18.2	7.7	7.5	7.9	7.8	7.4
20/5/1998(pm)	18.2	18.1	19.1	18.8	18.4	7.7	7.5	7.9	7.8	8
3/6/1998	21.6	22.3	20.8	24.2	23.6	7.8	8	7.9	8.1	8.15
17/6/1998	21.5	21.8	24.2	25.1	26.8	7.6	1.65	7.8	7.8	7.8
4/7/1998	28.2	28.3	27.9	29.3	29.7	6.8	7.2	6.9	6.9	6.85
19/7/1998	26.1	24.9	26.5	26.2	27.1	8.2	8.1	8.3	8.15	8.3
11/8/1998	25.7	25.9	26.4	26.1	25.5	8.9	8.6	8.5	8.8	8.5
24/8/1998	27.5	27.3	27.8	28.7	28.2	8.35	8.1	8.6	8.2	8.25
26/8/1998	25	25	25.1	25.3	25.2	8.35	8.15	8.6	8.2	8.25
1/9/1998	25	25.1	25.1	25	25.1	7.7	7.9	7.5	7.8	8
11/9/1998	23.5	23.6	23.9	24.5	24.2	8.5	8.4	8.8	8.3	8.6
3/10/1998	19	20	19.5	20.5	19	8.5	8.2	8.5	8.2	8.2
24/10/1998	17	17.3	18	18.2	17	8.4	8.5	8.8	9	8
21/11/1998	11.6	11.8	10	10.3	12.1	8.3	8.2	8.3	8.3	8.1
5/12/1998	9.7	9.6	9.1	9.3	10.1	8	8	8	8	8
20/12/1998	6.3	6	6.2	5.4	6.5	7.9	8	8.1	8	8.1
9/1/1999	5.1	5.2	5	5.5	5.5	8.1	8	8.15	8.1	8.1
17/1/1999	5.8	5.9	6.3	6.5	6.8	8.4	8.3	8.3	8.4	8.4
30/1/1999	5.9	5.5	6.4	6	6.6	9	8.9	9	8.95	9
13/2/1999	5.5	5.6	5.6	5.5	5.7	8.8	8.9	8.65	8.9	8.6
14/2/1999	5.5	5.6	5.6	5.5	5.7	8.8	8.9	8.65	8.9	8.6
27/2/1999	6.4	6.8	6.3	6.6	6.1	8.1	8.2	8.1	8.1	8.1
13/3/1999	11.3	11.3	11.4	11.3	11.5	8.1	8.1	8.2	8.3	8.3
27/3/1999	10.3	10.9	10.5	10.2	10.1	8.15	8.2	8.15	8.2	8.1
28/3/1999	10.9	10.8	10.3	10.7	10.2	8.15	8.2	8.15	8.2	8.1

Πίνακας VI. Τιμές μετρήσεων, DO και BOD₅, επιφανειακών δειγμάτων στις πέντε θέσεις δειγματοληψίας.

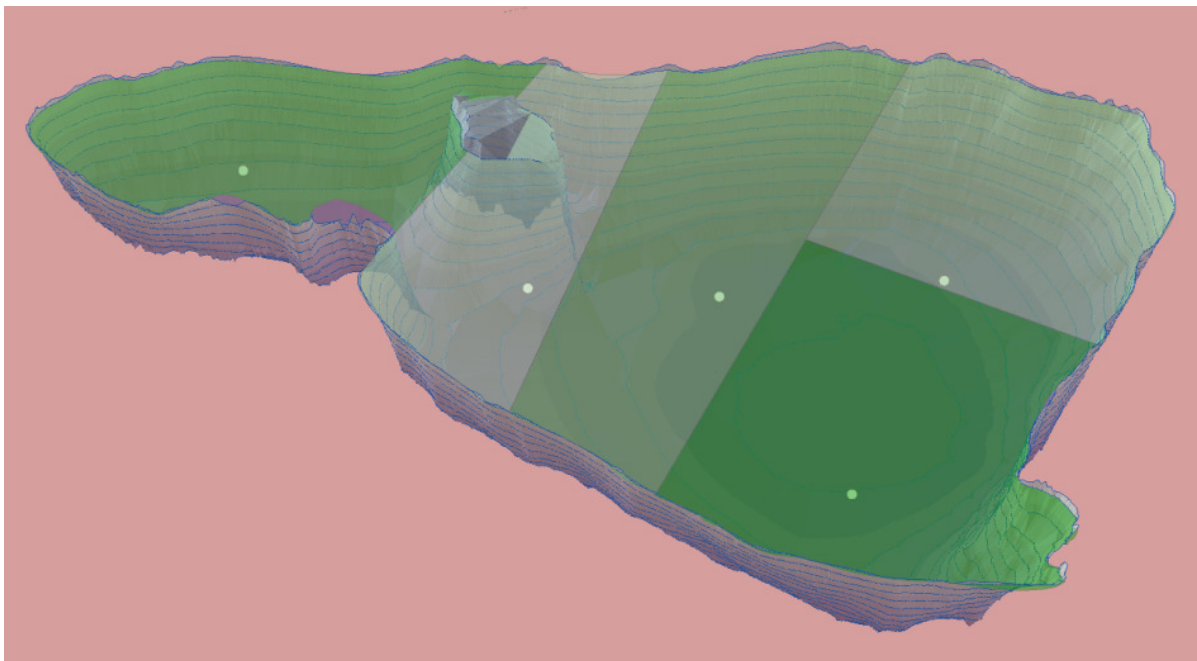
Ημερομηνία δειγματοληψίας	DO					BOD ₅				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
13/4/1998	9.4	9.7	9.9	10.2	9.5	8.1	5.8	6.9	9.5	6.4
6/5/1998	8.6	8.4	8.2	8.3	8.8	7.1	5.5	6.8	6.3	9.1
20/5/1998(am)	7.4	7.5	7.2	7.1	7.5	3.7	3.6	3.6	2.9	3.8
20/5/1998(pm)	8	8	8.2	8.4	8.6	3.7	3.6	3.6	2.9	3.8
3/6/1998	8.8	9.4	7.4	7.4	8.9	10.3	12.2	8.6	11.2	8
17/6/1998	7.2	7.3	6.3	6.2	6.2	4.2	5.9	6.3	6.2	4.3
4/7/1998	7.3	7.4	6.9	7	7.5	0.6	0.2	0.5	0.6	0.6
19/7/1998	10.2	7.4	10.1	8.5	10.2	3.7	2.3	3.5	2.8	3.7
11/8/1998	6.6	5.8	9.2	5.4	5.2	5	4.4	5.7	5.7	5.1
24/8/1998	9.2	11.9	10.4	8.2	11.2	2.4	2	2.5	3	2.3
26/8/1998	9.2	11.9	10.4	8.2	11.2	2.4	2	2.5	3	2.3
1/9/1998	5.4	6.9	5.8	7.3	8.1	3.2	4	3.8	4.9	3.6
11/9/1998	5.9	4.3	5.4	4.8	6.5	3	1.5	3.1	5.1	4
3/10/1998	6.2	6.8	6.1	6.3	6.2	4.8	3.3	3.9	6.1	3.8
24/10/1998	5.5	6.3	7.1	11	5	4.5	4.5	3.6	7.1	2.8
21/11/1998	7.3	7.3	7.8	7.7	7	2.6	2.2	2.6	5.3	2.4
5/12/1998	6.8	6.8	7.4	7.4	6.5	2.2	2.2	2.1	2.2	1.2
20/12/1998	10.2	10.2	11	11	10.1	1.8	2.5	1.8	2.5	1.9
9/1/1999	9.8	9.4	9.7	9.8	9.8	1.8	1.8	2.9	3	2.3
17/1/1999	15	10.4	12	12.1	15	3	2.2	3	3.8	3.1
30/1/1999	16.5	12.3	14.2	13.9	14	3.5	2.3	3.1	3.3	2.6
13/2/1999	11.9	12.4	12	12.1	11.8	2.5	3.2	2.6	2.5	2.5
14/2/1999	11.9	12.4	12	12.1	11.8	2.5	3.2	2.6	2.5	2.5
27/2/1999	8.8	9.3	8.8	9.2	8.7	2.6	2.6	2.7	3.3	2.7
13/3/1999	9.2	9.2	9.8	9.6	9.1	2.2	2.3	2.2	2.8	2.2
27/3/1999	9	9.5	10	9.2	8.3	3.6	3	4.2	3.3	4
28/3/1999	9	9.5	10	9.2	8.3	3.6	3	4.2	3.3	4

Πίνακας VII. Τιμές μετρήσεων, NH_4 και NO_3 , επιφανειακών δειγμάτων στις πέντε θέσεις δειγματοληψίας.

Ημερομηνία δειγματοληψίας	NH_4					NO_3				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
13/4/1998	0.15	0.2	0.1	0.1	0.15	0.9	0.7	1	0.8	0.8
6/5/1998	0.1	0.05	0	0.15	0.1	2.1	2.1	1.2	0.9	1.2
20/5/1998(am)	0.18	0.22	0.16	0.15	0.08	1	1.1	0.7	0.9	0.8
20/5/1998(pm)	0.18	0.22	0.16	0.15	0.08	1	1.1	1.2	0.9	1
3/6/1998	0.22	0.08	0.1	0.12	0	0.2	0.9	0.8	0.7	1
17/6/1998	0.1	0.24	0.14	0.08	0.02	0.6	0.9	0.6	0.7	0.6
4/7/1998	0.22	0.08	0.16	0.06	0.02	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
19/7/1998	0.2	0.18	0.2	0.24	0.28	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3
11/8/1998	0.16	0.14	0.28	0.16	0.28	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4
24/8/1998	0.4	0.52	0.46	0.36	0.4	0.3	0.3	0.2	0.9	0.2
26/8/1998	0.4	0.52	0.46	0.36	0.4	0.3	0.3	0.2	0.9	0.2
1/9/1998	0.16	0.18	0.46	0.46	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
11/9/1998	0.2	0.16	0.26	0.28	0.28	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
3/10/1998	0.24	0.07	0.32	0.28	0.32	0.7	0.5	0.7	0.6	0.7
24/10/1998	0.04	0.18	0.2	0.04	0.04	0.6	0.3	0.1	0.5	0.6
21/11/1998	0.18	0.2	0.14	0.26	0.18	0.3	0.2	0.1	0.3	0.3
5/12/1998	0.18	0.27	0.2	0.24	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
20/12/1998	0.36	0.32	0.34	0.38	0.36	0.3	0.5	0.6	0.3	0.6
9/1/1999	0.3	0.28	0.3	0.3	0.3	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8
17/1/1999	0.54	0.48	0.6	0.4	0.56	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
30/1/1999	0.2	0.18	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.5	0.9	0.4
13/2/1999	0.19	0.26	0.4	0.4	0.42	0.1	0.3	0.4	0.5	0.4
14/2/1999	0.19	0.36	0.4	0.4	0.42	0.1	0.3	0.4	0.5	0.4
27/2/1999	0.26	0.18	0.4	0.4	0.44	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3
13/3/1999	0.16	0.18	0.3	0.22	0.3	1.1	1.1	1.2	1.3	1.1
27/3/1999	0.3	0.22	0.2	0.28	0.3	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9
28/3/1999	0.32	0.24	0.22	0.28	0.32	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9

Πρέπει να τονισθεί ότι οι τιμές που παρουσιάζονται στους Πίνακες V, VI, και VIII πιθανόν να αποκλίνουν από τις πραγματικές (που δεν μας είναι διαθέσιμες παρά μόνο όπως τονίσθηκε μέσω διαγραμμάτων) αλλά χρησιμοποιήθηκαν ώστε να εξετασθεί η δυνατότητα της αντιμετώπισης της λίμνης και ως πέντε διακριτά τμήματα, δεδομένου ότι τόσο οι υπάρχουσες μετρήσεις αλλά και τα δεδομένα τροφοδότησης της λίμνης από επιφανειακές απορροές αλλά και εκφόρτισης της πιθανόν να συνηγορούν προς αυτό.

Οι προσομοιώσεις μέσω της ρουτίνας EUTROέδειξαν ικανοποιητικά αποτελέσματα και συνδέθηκαν με την αναπτυχθείσα γεωβάση ώστε εάν χρειασθεί να γίνουν περαιτέρω χωρικές αναλύσεις, εκτός από την τρισδιάστατη χαρτογραφική απόδοσή τους όπως παράδειγμα εμφανίζεται παρακάτω. Στην Εικόνα 10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του διαλυμένου οξυγόνου (DO) που αντιστοιχούν στην πρώτη χρονική στιγμή μέτρησης (13/4/1998). Είναι εμφανείς οι διαφορές μεταξύ των πέντε τμημάτων.

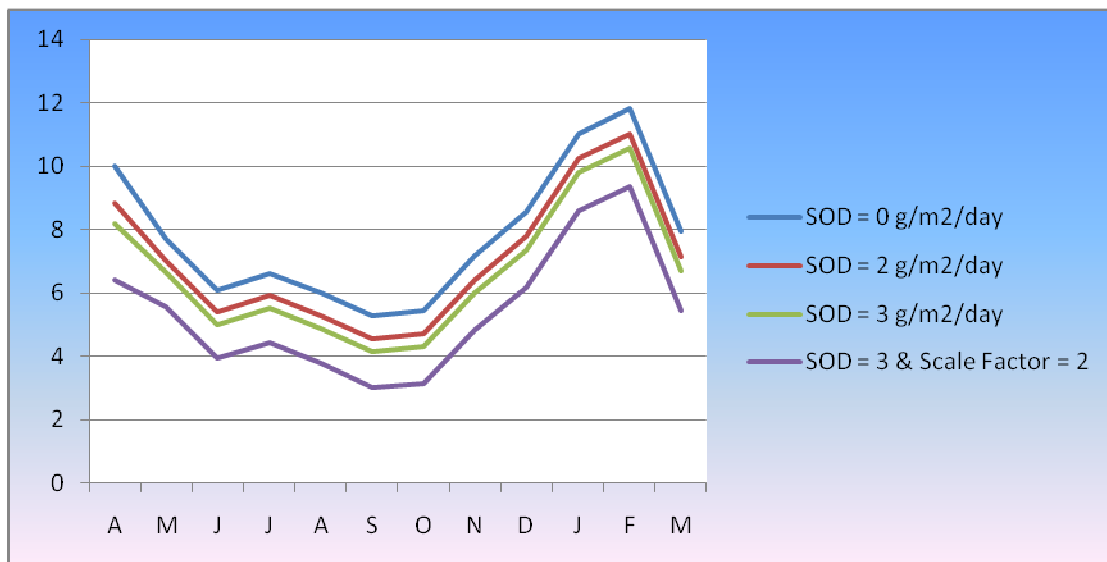


Εικόνα 10. Χωρική απεικόνιση των υπολογιζόμενων μέσω του WASP τιμών για το DO στις 13/4/1998. Εμφανίζονται και οι θέσεις δειγματοληψίας.

13.ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΡΥΠΩΝ

Το μοντέλο WASP που αναπτύχθηκε για την προσομοίωση του φαινομένου του ευτροφισμού χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή διαφορετικών σεναρίων αύξησης/μείωσης της ροής των φωσφορικών και της αμμωνίας μεταξύ νερού και ιζήματος-πυθμένας και της ζήτησης του οξυγόνου από το πυθμένα (sedimentoxygendemandSOD).

Το ιζημα του πυθμένα της λίμνης αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για τον ευτροφισμό της. Στην Εικόνα 11 φαίνεται ότι αυξομειώσεις των τιμών SOD μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα μείωση των τιμών του DO στο νερό κατά 5-10-15% (ανάλογα με το μέγεθος μεταβολής SOD).



Εικόνα 11. Επίδραση της μεταβλητής SOD (g/m²/day) στο διαλυμένο οξυγόνο DO.

Ανάλογες δοκιμές έδειξαν ότι όταν μειώνεται και η ροή του φωσφόρου από το ιζημα στο νερό (κατά 25 - 50 - 75 %) έχουμε μείωση των επιπέδων των τιμών των PO₄₃-στο νερό που ξεκινά από 15%.

14.ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WASP ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ

1. Τιμές των κινητικών παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή του μοντέλου στα διάφορα σενάρια χρήσης του.

ΑΜΜΩΝΙΑ		
Nitrification Rate Constant at 20 °C (day ⁻¹)	Ρυθμός νιτροποίησης στους 20 °C	0,0Efar01
Nitrification Temperature Coefficient	Συντελεστής θερμοκρασίας για την νιτροποίηση	1,08
Half Saturation Constant for Nitrification Oxygen Limit (mg O/L)	Σταθερά ημικορεσμού για την νιτροποίηση	2
ΝΙΤΡΙΚΑ		
Denitrification Rate Constant at 20 °C (day ⁻¹)	Ρυθμός απονιτροποίησης στους 20 °C (ανά ημέρα)	0,09
Denitrification Temperature Coefficient	Συντελεστής θερμοκρασίας για την απονιτροποίηση	1,04
Half Saturation Constant for Denitrification Oxygen Limit (mg O/L)	Σταθερά ημικορεσμού για την απονιτροποίηση	1
ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΑΖΩΤΟ		
Dissolved Organic Nitrogen Mineralization Rate Constant at 20 °C (day ⁻¹)	Σταθερά ανοργανοποίησης διαλυμένου οργανικού αζώτου στους 20 °C (ανά ημέρα)	0,003
Dissolved Organic Nitrogen Mineralization Temperature Coefficient	Συντελεστής θερμοκρασίας για την ανοργανοποίηση διαλυμένου οργανικού αζώτου	1,08
Organic Nitrogen Decay Rate Constant in Sediments at 20 °C	Ρυθμός αποσύνθεσης οργανικού αζώτου σε ίζημα	0,0004

(day ⁻¹)	στους 20 °C (ανά ημέρα)	
Organic Nitrogen Decay in Sediment Temperature Coefficient	Συντελεστής ρυθμού αποσύνθεσης οργανικού αζώτου σε ίζημα	1,08
Fraction of Phytoplankton Death Recycled to Organic Nitrogen	Τμήμα του νεκρού φυτοπλαγκτόν που μετατρέπεται σε οργανικό άζωτο	0,5
ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ		
Mineralization Rate Constant for Dissolved Organic P at 20 °C (day ⁻¹)	Σταθερά ρυθμού ανοργανοποίησης για διαλυμένο οργανικό φώσφορο στους 20 °C (day ⁻¹)	0,2
Dissolved Organic Phosphorus Mineralization Temperature Coefficient	Συντελεστής θερμοκρασίας ανοργανοποίησης διαλυμένου οργανικού P	1,08
Organic Phosphorus Decay Rate Constant in Sediments at 20 °C (day ⁻¹)	Ρυθμός αποσύνθεσης οργανικού P σε ίζημα στους 20 °C (ανά ημέρα)	0,0004
Organic Phosphorus Decay in Sediments Temperature Coefficient	Συντελεστής ρυθμού αποσύνθεσης οργανικού φωσφόρου σε ίζημα	1,08
Fraction of Phytoplankton Death Recycled to Organic Phosphorus	Τμήμα του νεκρού φυτοπλαγκτόν που μετατρέπεται σε οργανικό φώσφορο	0,5
ΔΙΑΛΕΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ		
Waterbody Type Used for Wind Driven Reaeration Rate	Τύπος υδάτινου σώματος για υπολογισμό επαναερισμού	1
Calc Reaeration Option (0=Covar, 1=O'Connor, 2=Owens, 3=Churchill, 4=Tsigvoglou)	Ορισμός εξίσωσης υπολογισμού επαναερισμού	2
Global Reaeration Rate Constant at	Σταθερά επαναερισμού	0,25

20 °C (day ⁻¹)	στους 20 °C ανά ημέρα	
Elevation above Sea Level (meters) used for DO Saturation	Υψομετρική διαφορά (μέτρα) από την επιφάνεια της θάλασσας	470
Reaeration Option (Sums Wind and Hydraulic Ka)	Επιλογή επαναερισμού	1
Minimum Reaeration Rate, per day	Ελάχιστος ρυθμός επαναερισμού ανά ημέρα	0,5
Theta -- Reaeration Temperature Correction	Παράγοντας (θ) διόρθωσης θερμοκρασίας επαναερισμού	1
Oxygen to Carbon Stoichiometric Ratio	Στοιχειομετρική αναλογία οξυγόνου προ άνθρακα	2
Use (1 - On, 0 - Off) Total Depth of Vertical Segments in Reaeration Calculation	Χρησιμοποίηση (1=ναι, 2=όχι) του ολικού βάθους στον υπολογισμό επαναερισμού	1
CBOD (Carbonaceous biochemical oxygen demand)		
BOD Decay Rate Constant at 20 °C (day ⁻¹)	Σταθερά ρυθμού αποσύνθεσης του BOD στους 20 °C	0,05
BOD Decay Rate Temperature Correction Coefficient	Παράγοντας διόρθωσης θερμοκρασίας για το ρυθμό αποσύνθεσης	1
BOD Decay Rate Constant in Sediments at 20 °C (day ⁻¹)	Ρυθμός αποσύνθεσης σε ίζημα του BOD στους 20 °C ανά ημέρα	0,0002
BOD Decay Rate in Sediments Temperature Correction Coefficient	Παράγοντας διόρθωσης θερμοκρασίας για το ρυθμό αποσύνθεσης σε ίζημα	1,08
BOD Half Saturation Oxygen Limit (mg O/L)	Τιμή οξυγόνου για ημικορεσμός BOD (mg O/l)	0,1

2. Υπολογισμοί (μέσω τοπολογικών διαδικασιών σε περιβάλλον GIS) των μορφολογικών χαρακτηριστικών της λίμνης Παμβώτιδας - θεωρούμενης ως ένα ενιαίο segment:

Έκταση επιφάνειας $22.052.118,5518 \text{ m}^2 = 22,05 \text{ km}^2$.

Μέγιστο μήκος 7.376,12 m.

Πλάτος κυμαινόμενο από 1.500 m έως 5.000 m.

Βάθος (μέσο) 4,24 m (μέγιστο βάθος 9 m). Από τη βιβλιογραφία η διαφορά στάθμης ανώτατη-κατώτατη είναι: $470,70 \text{ μ} - 468,40 = 2,3 \text{ m}$.

Όγκος $83.401.074,33 \text{ m}^3$.

Έκταση λεκάνης απορροής 479 km^2 .

3. Περιβαλλοντικές συνθήκες για την εφαρμογή των σεναρίων φόρτισης.

Οι τιμές των παραμέτρων που δεν είναι σταθερές αλλά μεταβάλλονται χρονικά όπως ταχύτητα ανέμου, θερμοκρασία νερού και αέρα, εισάγονται μέσα από την οθόνη Time Functions (επιλογή από menu Pre-processor → Time functions του προγράμματος. Στις επόμενες εικόνες εμφανίζονται οι χρονοσειρές (μηνιαία βάση) των τιμών των παραμέτρων για τις παραμέτρους που ελήφθησαν υπόψη.

Time Functions			
	Time Function	Used	Interpolation
	Water Temperature Function 1 (°C)	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear
Time/value pairs for Water Temperature Function 1 (°C)			
	Date	Time	Value
1	4/15/1998	11:20	1,36E+1
2	5/15/1998	11:20	1,79E+1
3	6/15/1998	11:20	2,25E+1
4	7/15/1998	11:20	2,63E+1
5	8/15/1998	11:20	2,6E+1
6	9/15/1998	11:20	2,33E+1
7	10/15/1998	11:20	1,85E+1
8	11/15/1998	11:20	1,11E+1
9	12/15/1998	11:20	7,8
10	1/15/1999	11:20	5,9
11	2/15/1999	11:20	5,9
12	3/15/1999	11:20	1,07E+1

Time Functions

	Time Function	Used	Interpolation
▶	Air Temperature (°C)	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear

Time/value pairs for Air Temperature (°C)

	Date	Time	Value
1	4/15/1998	11:20	1,36E+1
2	5/15/1998	11:20	1,7E+1
3	6/15/1998	11:20	2,3E+1
4	7/15/1998	11:20	2,9E+1
5	8/15/1998	11:20	2,8E+1
6	9/15/1998	11:20	2,5E+1
7	10/15/1998	11:20	2E+1
8	11/15/1998	11:20	1,5E+1
9	12/15/1998	12:00	1E+1
10	1/15/1999	11:20	5
11	2/15/1999	11:20	4
12	3/15/1999	11:20	8

Time Functions

	Time Function	Used	Interpolation
▶	Wind Speed Time Function 1 (m/sec)	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear

Time/value pairs for Wind Speed Time Function 1 (m/sec)

	Date	Time	Value
1	4/15/1998	11:20	1,7
2	5/15/1998	11:20	1,5
3	6/15/1998	11:20	1,5
4	7/15/1998	11:20	1,5
5	8/15/1998	11:20	1,5
6	9/15/1998	11:20	1,5
7	10/15/1998	11:20	1,6
8	11/15/1998	11:20	1,2
9	12/15/1998	11:20	1,7
10	1/15/1999	11:20	1,4
11	2/15/1999	11:20	1,9
12	3/15/1999	11:20	2

Time Functions

	Time Function	Used	Interpolation
▶	Daily Solar Radiation (Langleys)	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear

Time/value pairs for Daily Solar Radiation (Langleys)

	Date	Time	Value
1	4/15/1998	11:20	8,897E+1
2	5/15/1998	11:20	1,2134E+2
3	6/15/1998	11:20	1,2105E+2
4	7/15/1998	11:20	1,4702E+2
5	8/15/1998	11:20	1,1935E+2
6	9/15/1998	11:20	9,697E+1
7	10/15/1998	11:20	5,733E+1
8	11/15/1998	11:20	3,862E+1
9	12/15/1998	11:20	2,326E+1
10	1/15/1999	11:20	2,612E+1
11	2/15/1999	11:20	5,413E+1
12	3/15/1999	11:20	7,119E+1

Time Functions

	Time Function	Used	Interpolation
▶	Velocity Function 1 (m/sec)	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear

Time/value pairs for Velocity Function 1 (m/sec)

	Date	Time	Value
1	4/15/1998	11:20	3E-1
2	5/15/1998	11:20	2E-1
3	6/15/1998	11:20	1
4	7/15/1998	11:20	0
5	8/15/1998	11:20	0
6	9/15/1998	11:20	1E-1
7	10/15/1998	11:20	2E-1
8	11/15/1998	11:20	3E-1
9	12/15/1998	11:20	4E-1
10	1/15/1999	11:20	4E-1
11	2/15/1999	11:20	3E-1
12	3/15/1999	11:20	3E-1

Time Functions			
	Time Function	Used	Interpolation
▶	Time Variable Phosphorus Benthic Flux (mg/m ² -day)	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear
Time/value pairs for Time Variable Phosphorus Benthic Flux (mg/m ² -day)			
	Date	Time	Value
1	4/15/1998	11:20	2
2	5/15/1998	11:20	4
3	6/15/1998	11:20	5
4	7/15/1998	11:20	6
5	8/15/1998	11:20	5
6	9/15/1998	11:20	4
7	10/15/1998	11:20	3
8	11/15/1998	11:20	2
9	12/15/1998	11:20	1
10	1/15/1999	11:20	0
11	2/15/1999	11:20	1
12	3/15/1999	11:20	2

4. ΣΕΝΑΡΙΑ

Επιφανειακή απορροή

Υπολογισμοί της κατάστασης της λίμνης με φόρτισης σε φώσφορο μόνο από τη λεκάνη απορροής.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν τέσσερις προσπάθειες (Ξανθόπουλος 1984, Kousouris et al., 1991, Romero and Imberger 1999, Κυδωνάκη 2010) υπολογισμού των ποσοτήτων φωσφόρου που εισέρχονται στη λίμνη Παμβώτιδα. Σε αυτές τις εργασίες γίνεται χρήση των εξισώσεων του Vollenweider οι οποίες περιγράφουν απλά μοντέλα σταθερής κατάστασης υποθέτοντας ότι γίνεται πλήρης μίξη των υδάτων της λίμνης, ότι δεν υπάρχει εποχιακή διακύμανση στη φόρτιση της λίμνης και ότι η συγκέντρωση των στοιχείων στην έξοδο της λίμνης είναι ίδια με την συγκέντρωση εντός της λίμνης. Η μεθοδολογία αυτή περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- Διάκριση πηγών ρύπανσης σε σημειακές και μη σημειακές (οι παλαιότερες χρονικά μελέτες ελάμβαναν υπόψη αστικά και βιομηχανικά λύματα που τα τελευταία χρόνια καταλήγουν μετά από επεξεργασία στον ποταμό Καλαμά και δεν επιβαρύνουν τη λίμνη).
- Εκτίμηση των εκτάσεων των βασικών κατηγοριών χρήσεων γης.

- Χρήση των συντελεστών εξαγωγής οι οποίοι εκτιμούν την ποσότητα του φωσφόρου/αζώτου (σε γραμμάρια) που «συνεισφέρει» ένα τετραγωνικό μέτρο κάθε χρήσης π.χ. για τις αρδευόμενες εκτάσεις ο συντελεστής εξαγωγής έχει τιμές στη βιβλιογραφία από 0,03 έως 0,07 g/m²/έτος.
- Τελική εκτίμηση (πολλαπλασιάζοντας της έκταση κάθε χρήσης με τον αντίστοιχο συντελεστή εξαγωγής και προσθέτοντας επιπλέον και ποσότητα από ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα) της ποσότητας P/N σε τόνους που εισέρχεται στη λίμνη σε ετήσια βάση.

Σύμφωνα με την Κυδωνάκη (210, σε. 58) η συνολική ετήσια ποσότητα που εισέρχεται στη λίμνη είναι 27,18 τόνοι P, η οποία μετατρέπεται σε επιφανειακή φόρτιση (27,18 tn / 22.052.118,5518 m²) 1,23 g P m⁻² year⁻¹. Οι Romero and Imberger (1999, σελ. 13.6 - 13.8) αναφέρουν εύρος τιμών 0,2 - 1,7 g P m⁻² year⁻¹ ενώ οι Romero et al. (2002) υπολόγισαν από μηνιαίες τιμές ολικού φωσφόρου όγκων και υδάτων εισροής στη λίμνη τιμή 0,75 g P m⁻² year⁻¹. Κατά τον Vollenweider (1976) κριτική τιμή πάνω από την οποία μια αβαθής λίμνη (μέσο βάθος 5 μ.) όπως η Παμβώτιδα θα θεωρείται ευτροφική είναι 0,15 g P m⁻² year⁻¹. Βάσει αυτής της παρατήρησης θα πρέπει να υπάρξει μείωση έως και 50% της συνολικής ετήσιας φόρτισης από επιφανειακή απορροή.

Επειδή οι μετρήσεις, που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση (μέσω του WASP) των διαφόρων εναλλακτικών σεναρίων φόρτισης της λίμνης, προέρχονται από την μελέτη των Romero and Imberger (1999) θεωρήθηκε ότι αυτές οι μετρήσεις αντιστοιχούν σε συνολική ετήσια φόρτιση 0,75 g P m⁻² year⁻¹.

Τα σενάρια υπολογισμού των μεταβολών των συγκεντρώσεων των φωσφορικών περιλαμβάνουν την αρχική κατάσταση που θεωρήθηκε ως τιμή βάσης (μέγιστες τιμές συγκέντρωσης) και δύο επί πλέον με μείωση κατά 20% και 40% της φόρτισης από επιφανειακή απορροή.

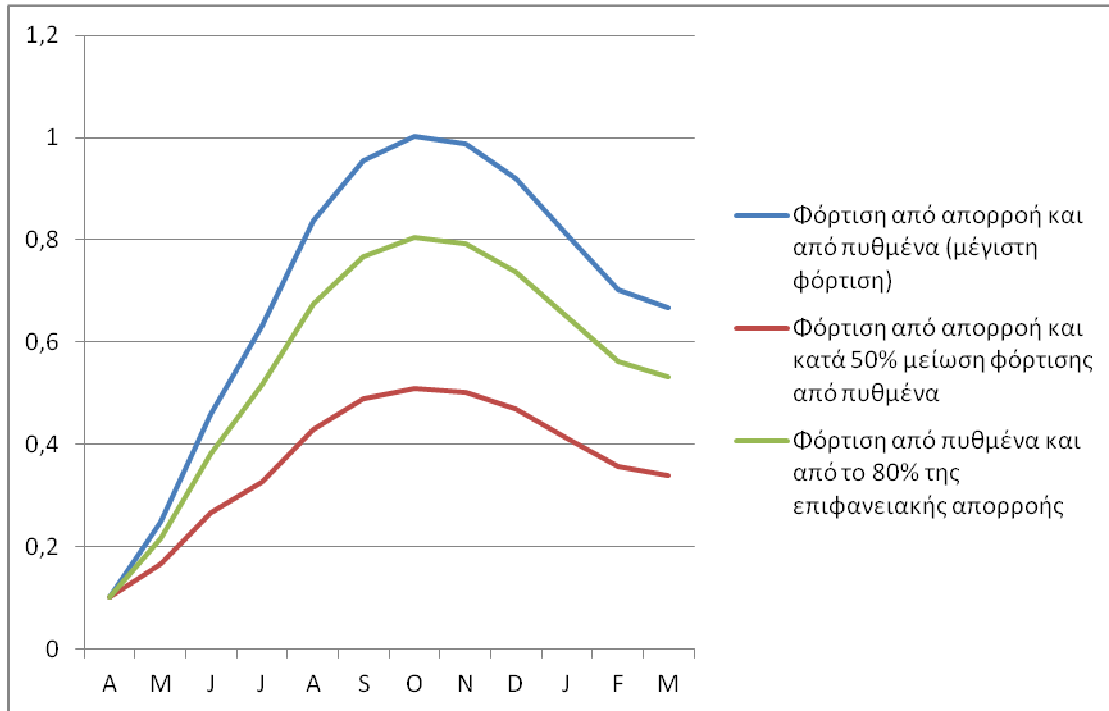
Φόρτιση από ιζήματα πυθμένα

Επί πλέον στοιχείο φόρτισης είναι τα ιζήματα του πυθμένα τα οποία ρυθμίζουν τόσο ροές φωσφόρου προς το νερό (Benthic Phosphate Flux σε mg m⁻² day⁻¹), ροές αμμωνίας προς το νερό (Benthic Ammonia Flux σε mg m⁻² day⁻¹) όσο και δέσμευσης-ζήτησης οξυγόνου (Sediment Oxygen Demand - SOD σε g m⁻² day⁻¹). Μετρήσεις για αυτές τις μεταβλητές δεν ανεβρέθηκαν για την λίμνη της Παμβώτιδας.

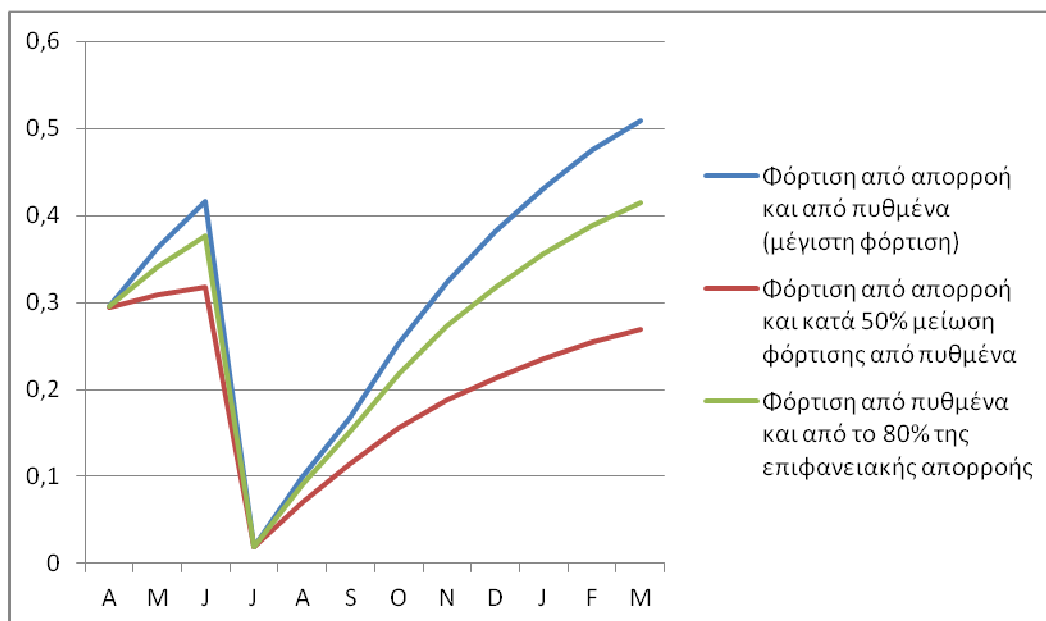
Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται διάφορες τιμές από σχεδόν μηδενικές έως 10-30 P mg m⁻² day⁻¹ (σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου).

Έγιναν δοκιμές με διάφορες τιμές φόρτισης από τον πυθμένα (και μεταβαλλόμενες μέσα στο χρόνο) και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για μείωση της φόρτισης κατά 50% της αρχικής κατάστασης (Benthic ammonia flux = 2 mg m⁻² day⁻¹, Phosphate flux = 2 mg m⁻² day⁻¹, Sediment oxygen demand = 1 SOD σε g m⁻² day⁻¹).

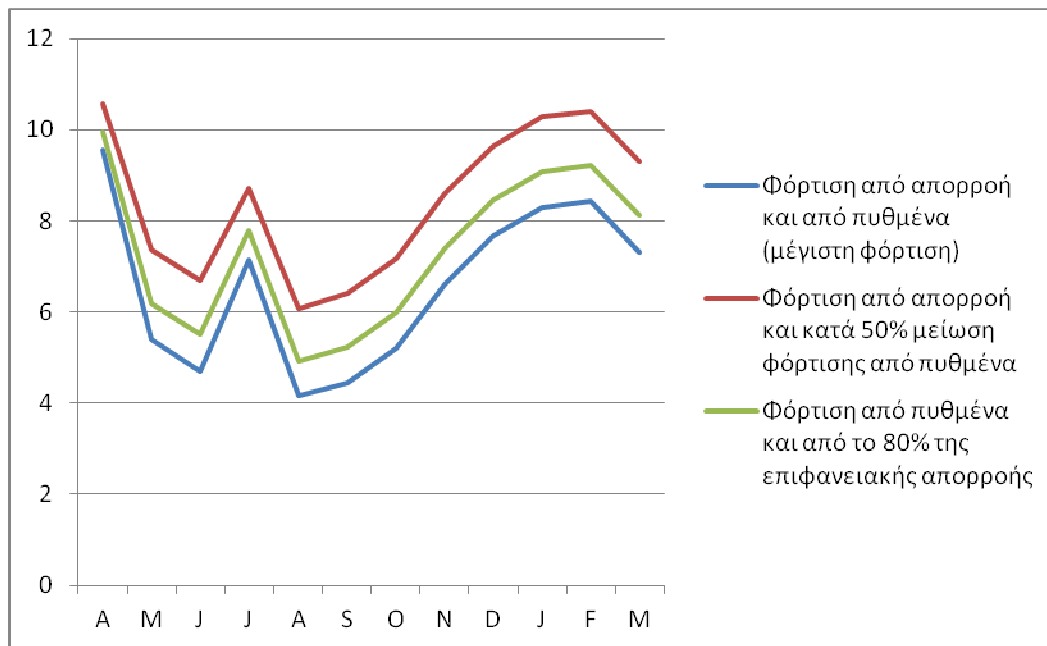
Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζονται οι προσομοιούμενες τιμές των φωσφορικών, του διαλελυμένου οξυγόνου και των αμμωνιακών για τα διάφορα σενάρια.



Προσομοίωση τιμών OPO₄ για διάφορα σενάρια



Προσομοίωση τιμών NH₄ για διάφορα σενάρια



Προσομοίωση τιμών DO για διάφορα σενάρια

15. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το μοντέλο προσομοίωσης μελέτης της ποιότητας των υδάτων της λίμνης Παμβώτιδας, που αναπτύχθηκε στα προηγούμενα, θα αποτελέσει το διαχειριστικό εργαλείο ελέγχου σεναρίων βελτίωσης των παραμέτρων που επιδρούν στην εμφάνιση των δυσμενών συνθηκών της λίμνης. Η ευτροφική κατάσταση της λίμνης Παμβώτιδας, η οποία δεν αμφισβητείται από τους ερευνητές, μπορεί να μελετηθεί πολύ ικανοποιητικά ελέγχοντας τα αποτελέσματα περιορισμού ή γενικά τροποποίησης των πηγών ρύπανσης (π.χ. τρόποι άσκησης γεωργίας).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γιαννιού, Σ. Κ., 2009. Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου προσομοίωσης της ποιότητας του νερού, του ισοζυγίου ενέργειας και της εξάτμισης των λιμνών. Εφαρμογή στη λίμνη Βεγορίτιδα. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική Σχολή.
- Γκένας, Χρ., 2012. Μελέτη της οικολογίας ειδών της οικογένειας Gobidae στα εσωτερικά ύδατα της Δυτικής Ελλάδας με έμφαση στο είδος *EcomomidichthysPygmaeus* (Holly, 1929) της Λίμνης Παμβώτιδας. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Γκίκας, Γ., 2002. Μελέτη υδατικού οικοσυστήματος Βιστωνίδας. Διδακτορική Διατριβή, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος.
- Δημοτική Επιχείρηση Λίμνης Ιωαννίνων (Δ.Ε.Λ.Ι.), 1995. Διαχειριστική Μελέτη Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων (τόμος Α', τόμος Β'). Ιωάννινα 1995.
- Ζαχαρίας, Ι. Ζ., 1992. Μελέτη της κυκλοφορίας των υδάτων σε λίμνες. Εφαρμογή στη λίμνη Τριχωνίδα. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών Τμήμα Γεωλογίας.
- Καγκάλου Ι., 1989. Μελέτη των σχέσεων μεταξύ των φυσικοχημικών παραγόντων υγειονομολογικού ελέγχου και της ολικής μικροβιακής χλωρίδας υδάτινων οικοσυστημάτων. Εφαρμογή στην λίμνη Παμβώτιδα. Διδακτορική Διατριβή. Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
- Kagalou, I., E. Papastergiadou, G. Tsimarakis & D. Petridis, 2003. Evaluation of the trophic state of Lake Pamvotis Greece, a shallow urban lake. *Hydrobiologia* 506-509: 745-752.
- Kagalou, I., E. Papastergiadou and I. Leonardos, 2008. Long term changes in the eutrophication process in a shallow Mediterranean lake ecosystem of W. Greece: Response after the reduction of external load. *Journal of Environmental Management* 87, pp. 497-506.
- Κάκκος, Σ., 2006. Προσομοίωση της υδρολογίας και της αλατότητας στη λιμνοθάλασσα Βιστωνίδα με το μοντέλο EFDC. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
- Καραλής, Σ., 2007. Τρισδιάστατη προσομοίωση ποιότητας νερού στον ταμιευτήρα του Μόρνου. Μεταπτυχιακή Διατριβή ΕΜΠ.

- Koussouris, T.S., Diapoulis, A.C. and Photis, G.D., 1991. Evaluating the trophic status of a shallow polluted lake, lake Ioannina, Greece. *Toxicological and Environmental Chemistry*, Vol. 31-32, pp. 303-313.
- Κυδωνάκη, Ι., 2010. Μελέτη ευτροφισμού στη λίμνη Παμβώτιδα: Υδατικό ισοζύγιο και ισοζύγιο φωσφόρου. Διπλωματική εργασία. ΕΜΠ - ΣΑΤΜ. Σελ. 54-58.
- Μπρομπονά Μ., 2010. Μελέτη περιβαλλοντικών παραμέτρων της λίμνης Παμβώτιδας - Ιωάννινα. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών
- Παπιγγιώτη Ε., 2013. Παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης της λίμνης Παμβώτιδας (Ιωάννινα) με χρήση χημικών και βιολογικών παραμέτρων εκτίμησης της υδατικής ρύπανσης. Διπλωματική Εργασία. Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών: Οικολογία - Διαχείριση Φυσικού Περιβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Romero, J.R. and J. Imberger, June 1999. Lake Pamvotis Project - Draft Final Report. Centre for Water Research, University of Western Australia. Report Number WP 1502 JR.
- Romero at al. 2002. Seasonal water quality of shallow and eutrophic Lake Pamvotis, Greece: implications for restoration. *Hydrobiologia* 474: 91-105.
- Ξανθόπουλος και συν., 1984. Ερευνητικό έργο: Διερεύνηση ποιότητας και αφομοιωτικής ικανότητας νερών ποταμού Καλαμά και λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων). Υπουργείο Χωροταξίας Οικισμού και Περιβάλλοντος, ΕΜΠ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. σελ. 9.56-9.59.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ WASP (τύπου.out) ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ ΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ (όπως πληροφορίες διαμερισμού του υδάτινου σώματος, περιβαλλοντικές και χημικές σταθερές)

~~~~~  
WaterQualityAnalysisSimulationProgram (WASP)  
~~~~~

=====
Developed:
USEPA
NationalExposureResearchLaboratory
Ecosystems Research Division
960 College Station Road
Athens, GA 30605
For Technical Support:
Email: wool.tim@epa.gov
Voice: 404/562-9260
=====
Version 7.41
Compiled on: Date: June 2010
=====

Maximum Parameters for this Model

Systems:	16	Segments:	7401	Break Points:	1
Parameters:	47	Constants:	300	Boundary Cond:	370
Waste Loads:	150	Print Interval:	0	Time Function:	23
Max Flow Pairs:	22203	Max Flow Functions:	50		

Simulation Start Time: 4/15/1998 11:20: 0

Number of Segments ---> 5 Number of Systems ---> 16

System	Status
=====	=====
1 - Ammonia (mg/L)_____	Simulated
2 - Nitrate (mg/L)_____	Simulated
3 - Orthophosphate (mg/L)_____	Simulated
4 - Phytoplankton Chla (ug/L)_____	Simulated
5 - CBOD 1 (Ultimate) (mg/L)_____	Simulated
6 - Dissolved Oxygen (mg/L)_____	Simulated
7 - Organic Nitrogen (mg/L)_____	Simulated
8 - Organic Phosphorus (mg/L)_____	Simulated
9 - Salinity (ppt)_____	Bypassed
10 - (not used)_____	Bypassed
11 - Detrital Carbon (mg/L)_____	Bypassed
12 - CBOD 2 (Ultimate) (mg/L)_____	Bypassed
13 - CBOD 3 (Ultimate) (mg/L)_____	Bypassed
14 - Detrital Nitrogen (mg/L)_____	Bypassed
15 - Detrital Phosphorus (mg/L)_____	Bypassed
16 - Solids (mg/L)_____	Bypassed

Max Allowed Timestep is: 1.0000
 Max CalcTimestep will be adjusted by: 0.90
 Simulation Length: 334.0000 Days

 Print Intervals

PRINT INTERVAL	ELAPSED TIME	PRINT INTERVAL	ELAPSED TIME	PRINT INTERVAL	ELAPSED TIME
30.000	0.00	30.000	0.00		

Exchange Coefficients

~~~~~

Number of Exchange Fields = 1

Surface Water\_ has 1 Time Functions

Scale Factor = 1.000 Conversion Factor = 0.1000E+01

Dispersion Function: Exchange Function\_

There are 2 Exchange(s) Pairs

| Cross Sectional | Length    | From | To |
|-----------------|-----------|------|----|
| 0.500E+04       | 0.200E+04 | 0    | 1  |
| 0.500E+04       | 0.200E+04 | 1    | 0  |

Dispersion Transport Bypass

~~~~~

System	Status
1 - Ammonia (mg/L)	Simulated
2 - Nitrate (mg/L)	Simulated
3 - Orthophosphate (mg/L)	Simulated
4 - Phytoplankton Chla (ug/L)	Simulated
5 - CBOD 1 (Ultimate) (mg/L)	Simulated
6 - Dissolved Oxygen (mg/L)	Simulated
7 - Organic Nitrogen (mg/L)	Simulated
8 - Organic Phosphorus (mg/L)	Simulated
9 - Salinity (ppt)	Bypassed
10 - (not used)	Bypassed
11 - Detrital Carbon (mg/L)	Bypassed
12 - CBOD 2 (Ultimate) (mg/L)	Bypassed
13 - CBOD 3 (Ultimate) (mg/L)	Bypassed
14 - Detrital Nitrogen (mg/L)	Bypassed
15 - Detrital Phosphorus (mg/L)	Bypassed
16 - Solids (mg/L)	Bypassed

VOLUMES
~~~~~

Bed Volume Option = 0 Bed Time Step = 0.000  
Scale Factor = 1.0000 Conversion Factor = 1.0000

| Seg #  | BOTSG     | TOPSG     | Type | Volume    | V mult | V exp  | D mult | D exp  | Seg Length | Seg Slope | Seg |
|--------|-----------|-----------|------|-----------|--------|--------|--------|--------|------------|-----------|-----|
| Width  | Seg Rough | Min Depth |      |           |        |        |        |        |            |           |     |
| 1      | 0         | 0         | 1    | 0.100E+05 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 4000.0000  | 0.0000    |     |
| 4.0000 | 0.0000    | 0.0000    |      |           |        |        |        |        |            |           |     |

|        |        |        |   |           |        |        |        |        |           |        |
|--------|--------|--------|---|-----------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| 2      | 0      | 0      | 1 | 0.100E+05 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 5500.0000 | 0.0000 |
| 4.0000 | 0.0000 | 0.0000 |   |           |        |        |        |        |           |        |
| 3      | 0      | 0      | 1 | 0.100E+05 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 1500.0000 | 0.0000 |
| 4.0000 | 0.0000 | 0.0000 |   |           |        |        |        |        |           |        |
| 4      | 0      | 0      | 1 | 0.100E+05 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 2000.0000 | 0.0000 |
| 4.0000 | 0.0000 | 0.0000 |   |           |        |        |        |        |           |        |
| 5      | 0      | 0      | 1 | 0.100E+05 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 2000.0000 | 0.0000 |
| 4.0000 | 0.0000 | 0.0000 |   |           |        |        |        |        |           |        |

\*\*\*\*\*

Advective Flows

~~~~~

Flow Option: Flow Routing Option
 Number of Flow Fields = 6

Surface Flow_ has 1 Inflows
 Scale Factor = 0.100E+01
 Conversion Factor = 0.100E+01

Inflow Number 1
 ~~~~~

Continuity Array:

| Flow  | From | To   |
|-------|------|------|
| ----  | ---- | ---- |
| 1.000 | 0    | 1    |
| 1.000 | 1    | 2    |
| 1.000 | 2    | 3    |

```

1.000      3      4
1.000      4      5
1.000      5      0
    
```

```

Porewater_  has  0 Inflows
                Scale Factor =  0.100E+01
                Conversion Factor =  0.100E+01

Solids 1_    has  0 Inflows
                Scale Factor =  0.100E+01
                Conversion Factor =  0.100E+01

Solids 2_    has  0 Inflows
                Scale Factor =  0.100E+01
                Conversion Factor =  0.100E+01

Solids 3_    has  0 Inflows
                Scale Factor =  0.100E+01
                Conversion Factor =  0.100E+01

Evap-Precip_ has  0 Inflows
                Scale Factor =  0.100E+01
                Conversion Factor =  0.100E+01
    
```

Advection Transport Bypass  
 ~~~~~

System	Status
1 Ammonia (mg/L)_____	Simulated
2 Nitrate (mg/L)_____	Simulated
3 Orthophosphate (mg/L)_____	Simulated
4 Phytoplankton Chla (ug/L)_____	Simulated

5 CBOD 1 (Ultimate) (mg/L)_____	Simulated
6 Dissolved Oxygen (mg/L)_____	Simulated
7 Organic Nitrogen (mg/L)_____	Simulated
8 Organic Phosphorus (mg/L)_____	Simulated
9 Salinity (ppt)_____	Bypassed
10 (not used)_____	Bypassed
11 Detrital Carbon (mg/L)_____	Bypassed
12 CBOD 2 (Ultimate) (mg/L)_____	Bypassed
13 CBOD 3 (Ultimate) (mg/L)_____	Bypassed
14 Detrital Nitrogen (mg/L)_____	Bypassed
15 Detrital Phosphorus (mg/L)_____	Bypassed
16 Solids (mg/L)_____	Bypassed

Boundary Conditions

~~~~~

Boundary Concentrations for System: 1 - Ammonia (mg/L)\_\_\_\_\_

Number of Boundary Conditions: 2

Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 1 No BC: 1 Segment: 1

System: 1 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 2 - Nitrate (mg/L)\_\_\_\_\_

Number of Boundary Conditions: 2

Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 2 No BC: 1 Segment: 1

System: 2 No BC: 2 Segment: 5



Boundary Concentrations for System: 3 - Orthophosphate (mg/L)\_\_\_\_\_

Number of Boundary Conditions: 2

Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 3 No BC: 1 Segment: 1

System: 3 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 4 - Phytoplankton Chla (ug/L)\_\_\_\_\_

Number of Boundary Conditions: 2

Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 4 No BC: 1 Segment: 1

System: 4 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 5 - CBOD 1 (Ultimate) (mg/L)\_\_\_\_\_

Number of Boundary Conditions: 2

Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 5 No BC: 1 Segment: 1

System: 5 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 6 - Dissolved Oxygen (mg/L)\_\_\_\_\_

Number of Boundary Conditions: 2

Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 6 No BC: 1 Segment: 1

System: 6 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 7 - Organic Nitrogen (mg/L)\_\_\_\_\_

Number of Boundary Conditions: 2

Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 7 No BC: 1 Segment: 1  
System: 7 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 8 - Organic Phosphorus (mg/L)\_\_\_\_\_  
Number of Boundary Conditions: 2  
Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 8 No BC: 1 Segment: 1  
System: 8 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 9 - Salinity (ppt)\_\_\_\_\_  
Number of Boundary Conditions: 2  
Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 9 No BC: 1 Segment: 1  
System: 9 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 10 - (not used)\_\_\_\_\_  
Number of Boundary Conditions: 2  
Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 10 No BC: 1 Segment: 1  
System: 10 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 11 - Detrital Carbon (mg/L)\_\_\_\_\_  
Number of Boundary Conditions: 2  
Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 11 No BC: 1 Segment: 1  
System: 11 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 12 - CBOD 2 (Ultimate) (mg/L)\_\_\_\_\_  
Number of Boundary Conditions: 2

Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 12 No BC: 1 Segment: 1  
System: 12 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 13 - CBOD 3 (Ultimate) (mg/L) \_\_\_\_\_  
Number of Boundary Conditions: 2  
Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 13 No BC: 1 Segment: 1  
System: 13 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 14 - Detrital Nitrogen (mg/L) \_\_\_\_\_  
Number of Boundary Conditions: 2  
Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 14 No BC: 1 Segment: 1  
System: 14 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 15 - Detrital Phosphorus (mg/L) \_\_\_\_\_  
Number of Boundary Conditions: 2  
Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 15 No BC: 1 Segment: 1  
System: 15 No BC: 2 Segment: 5

Boundary Concentrations for System: 16 - Solids (mg/L) \_\_\_\_\_  
Number of Boundary Conditions: 2  
Scale Factor = 0.1000E+01 Conversion Factor = 0.1000E+01

System: 16 No BC: 1 Segment: 1  
System: 16 No BC: 2 Segment: 5

Waste Loads  
~~~~~

Loadings For System: 1 - Ammonia (mg/L) _____
No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: Ammonia (mg/L) _____

Loadings For System: 2 - Nitrate (mg/L) _____
No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: Nitrate (mg/L) _____

Loadings For System: 3 - Orthophosphate (mg/L) _____
No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: Orthophosphate (mg/L) _____

Loadings For System: 4 - Phytoplankton Chla (ug/L) _____
No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: Phytoplankton Chla (ug/L) _____

Loadings For System: 5 - CBOD 1 (Ultimate) (mg/L) _____
 No.of WK'S Read 0
 No Forcing Function for System: CBOD 1 (Ultimate) (mg/L) _____

Loadings For System: 6 - Dissolved Oxygen (mg/L) _____
 No.of WK'S Read 5
 Scale Factor = 0.1000E+01
 Conversion Factor = 0.1000E-06

System	Load	SegReceiving Load
-----	----	-----
6	1	1
6	2	2
6	3	3
6	4	4
6	5	5

Time Series Data Served By Interface at Runtime

Loadings For System: 7 - Organic Nitrogen (mg/L) _____
 No.of WK'S Read 0
 No Forcing Function for System: Organic Nitrogen (mg/L) _____

Loadings For System: 8 - Organic Phosphorus (mg/L) _____
 No.of WK'S Read 0
 No Forcing Function for System: Organic Phosphorus (mg/L) _____

Loadings For System: 9 - Salinity (ppt) _____
No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: Salinity (ppt) _____

Loadings For System: 10 - (not used) _____
No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: (not used) _____

Loadings For System: 11 - Detrital Carbon (mg/L) _____
No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: Detrital Carbon (mg/L) _____

Loadings For System: 12 - CBOD 2 (Ultimate) (mg/L) _____
No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: CBOD 2 (Ultimate) (mg/L) _____

Loadings For System: 13 - CBOD 3 (Ultimate) (mg/L) _____

No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: CBOD 3 (Ultimate) (mg/L)_____

Loadings For System: 14 - Detrital Nitrogen (mg/L)_____
No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: Detrital Nitrogen (mg/L)_____

Loadings For System: 15 - Detrital Phosphorus (mg/L)_____
No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: Detrital Phosphorus (mg/L)_____

Loadings For System: 16 - Solids (mg/L)_____
No.of WK'S Read 0
No Forcing Function for System: Solids (mg/L)_____

Segment Parameters
~~~~~

7 Parameter(s) for this model run

| Seg | ISC | Parameter Name                                          | Scale      | Value      |
|-----|-----|---------------------------------------------------------|------------|------------|
| 1   |     |                                                         |            |            |
|     | 3   | Temperature of Segment (Degrees C or Multiplier)_____   | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 4   | Temperature Time Function for Segment Temperature (1 -  | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 41  | BOD(1) Decay Rate Scale Factor_____                     | 0.1000E+01 | 0.0000E+00 |
|     | 7   | Benthic Ammonia Flux (mg/m2/day)_____                   | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 8   | Benthic Phosphate Flux (mg/m2/day)_____                 | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 9   | Sediment Oxygen Demand (g/m2/day)_____                  | 0.3000E+01 | 0.0000E+00 |
|     | 12  | Sediment Oxygen Demand Temperature Correction Factor___ | 0.3000E+01 | 0.0000E+00 |
| 2   |     |                                                         |            |            |
|     | 3   | Temperature of Segment (Degrees C or Multiplier)_____   | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 4   | Temperature Time Function for Segment Temperature (1 -  | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 41  | BOD(1) Decay Rate Scale Factor_____                     | 0.1000E+01 | 0.0000E+00 |
|     | 7   | Benthic Ammonia Flux (mg/m2/day)_____                   | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 8   | Benthic Phosphate Flux (mg/m2/day)_____                 | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 9   | Sediment Oxygen Demand (g/m2/day)_____                  | 0.3000E+01 | 0.0000E+00 |
|     | 12  | Sediment Oxygen Demand Temperature Correction Factor___ | 0.3000E+01 | 0.0000E+00 |
| 3   |     |                                                         |            |            |
|     | 3   | Temperature of Segment (Degrees C or Multiplier)_____   | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 4   | Temperature Time Function for Segment Temperature (1 -  | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 41  | BOD(1) Decay Rate Scale Factor_____                     | 0.1000E+01 | 0.0000E+00 |
|     | 7   | Benthic Ammonia Flux (mg/m2/day)_____                   | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 8   | Benthic Phosphate Flux (mg/m2/day)_____                 | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 9   | Sediment Oxygen Demand (g/m2/day)_____                  | 0.3000E+01 | 0.0000E+00 |
|     | 12  | Sediment Oxygen Demand Temperature Correction Factor___ | 0.3000E+01 | 0.0000E+00 |
| 4   |     |                                                         |            |            |
|     | 3   | Temperature of Segment (Degrees C or Multiplier)_____   | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 4   | Temperature Time Function for Segment Temperature (1 -  | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 41  | BOD(1) Decay Rate Scale Factor_____                     | 0.1000E+01 | 0.0000E+00 |
|     | 7   | Benthic Ammonia Flux (mg/m2/day)_____                   | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 8   | Benthic Phosphate Flux (mg/m2/day)_____                 | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|     | 9   | Sediment Oxygen Demand (g/m2/day)_____                  | 0.3000E+01 | 0.0000E+00 |

|   |    |                                                          |            |            |
|---|----|----------------------------------------------------------|------------|------------|
| 5 | 12 | Sediment Oxygen Demand Temperature Correction Factor____ | 0.3000E+01 | 0.0000E+00 |
|   | 3  | Temperature of Segment (Degrees C or Multiplier)_____    | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|   | 4  | Temperature Time Function for Segment Temperature (1 -   | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|   | 41 | BOD(1) Decay Rate Scale Factor_____                      | 0.1000E+01 | 0.0000E+00 |
|   | 7  | Benthic Ammonia Flux (mg/m2/day)_____                    | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|   | 8  | Benthic Phosphate Flux (mg/m2/day)_____                  | 0.1000E+01 | 0.1000E+01 |
|   | 9  | Sediment Oxygen Demand (g/m2/day)_____                   | 0.3000E+01 | 0.0000E+00 |
|   | 12 | Sediment Oxygen Demand Temperature Correction Factor____ | 0.3000E+01 | 0.0000E+00 |

Environmental and Chemical Constants

~~~~~

43 Constant(s) for this model run

ISC	Constant Name	Value
11	Nitrification Rate Constant @20 °C (per day)_er)_____	0.1000E-02
12	Nitrification Temperature Coefficient_Temperature (1 - 4)_____	0.1080E+01
13	Half Saturation Constant for Nitrification Oxygen Limit (mg O/L)_____	0.2000E+01
21	Denitrification Rate Constant @20 °C (per day)_____	0.9000E-01
22	Denitrification Temperature Coefficient_____	0.1040E+01
23	Half Saturation Constant for Denitrification Oxygen Limit (mg O/L)_____	0.1000E+01
91	Dissolved Organic Nitrogen Mineralization Rate Constant @20 °C (per day	0.3000E-02
92	Dissolved Organic Nitrogen Mineralization Temperature Coefficient_____	0.1080E+01

93	Organic Nitrogen Decay Rate Constant in Sediments @20 °C (per day)_____	0.4000E-03
94	Organic Nitrogen Decay in Sediment Temperature Coefficient_____	0.1080E+01
95	Fraction of Phytoplankton Death Recycled to Organic Nitrogen_____	0.5000E+00
100	Mineralization Rate Constant for Dissolved Organic P @20 °C (per day)___	0.2000E-01
101	Dissolved Organic Phosphorus Mineralization Temperature Coefficient_____	0.1080E+01
102	Organic Phosphorus Decay Rate Constant in Sediments @20 °C (per day)___	0.4000E-03
103	Organic Phosphorus Decay in Sediments Temperature Coefficient_____	0.1080E+01
104	Fraction of Phytoplankton Death Recycled to Organic Phosphorus_____	0.5000E+00
41	Phytoplankton Maximum Growth Rate Constant @20 °C (per day)_____	0.1600E+01
42	Phytoplankton Growth Temperature Coefficient_____	0.1068E+01
46	Phytoplankton Carbon to Chlorophyll Ratio_____	0.4500E+02
48	Phytoplankton Half-Saturation Constant for Nitrogen Uptake (mg N/L)_____	0.2500E-01
49	Phytoplankton Half-Saturation Constant for Phosphorus Uptake (mg P/L)___	0.3000E-02
50	Phytoplankton Endogenous Respiration Rate Constant @20 °C (per day)_____	0.1250E+00
51	Phytoplankton Respiration Temperature Coefficient_____	0.1068E+01
52	Phytoplankton Death Rate Constant (Non-Zooplankton Predation) (per day)	0.1000E+00
53	Phytoplankton Zooplankton Grazing Rate Constant (per day)_____	0.1000E+01
55	Phytoplankton Decay Rate Constant in Sediments (per day)_____	0.2000E-01
56	Phytoplankton Temperature Coefficient for Sediment Decay_____	0.1080E+01
57	Phytoplankton Phosphorus to Carbon Ratio_____	0.2500E-01
58	Phytoplankton Nitrogen to Carbon Ratio_____	0.2500E+00
1	Waterbody Type Used for Wind Driven Reaeration Rate_____	0.1000E+01
85	CalcReaeration Option (0=Covar, 1=O'Connor, 2=Owens, 3=Churchill, 4=Ts	0.2000E+01
82	Global Reaeration Rate Constant @ 20 °C (per day)_____	0.2500E+00
84	Elevation above Sea Level (meters) used for DO Saturation_____	0.4700E+03
83	Reaeration Option (Sums Wind and Hydraulic Ka)_____	0.1000E+01
86	Minimum Reaeration Rate, per day_____	0.5000E+00
87	Theta -- Reaeration Temperature Correction_____	0.1000E+01
81	Oxygen to Carbon Stoichiometric Ratio_____	0.2000E+01
88	Use (1 - On, 0 - Off) Total Depth of Vertical Segments in Reaeration Ca	0.1000E+01
71	BOD (1) Decay Rate Constant @20 °C (per day)_____	0.5000E-01
72	BOD (1) Decay Rate Temperature Correction Coefficient_____	0.1000E+01
73	BOD (1) Decay Rate Constant in Sediments @20 °C (per day)_____	0.2000E-03

74 BOD (1) Decay Rate in Sediments Temperature Correction Coefficient_____ 0.1080E+01
 75 BOD (1) Half Saturation Oxygen Limit (mg O/L)_____ 0.1000E+00

Environmental Time Functions

~~~~~

=====  
 Initial Conditions for System 1 - Ammonia (mg/L)\_\_\_\_\_  
 =====

Particulate Form Transported by Solids Field 3  
 Density of System = 1.0000

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
| ~~~~~   | ~~~~~         | ~~~~~              |
| 1:      | 0.1500E+00    | 1.00               |
| 2:      | 0.2000E+00    | 1.00               |
| 3:      | 0.1000E+00    | 1.00               |
| 4:      | 0.1000E+00    | 1.00               |
| 5:      | 0.1500E+00    | 1.00               |

=====  
 Initial Conditions for System 2 - Nitrate (mg/L)\_\_\_\_\_  
 =====

Particulate Form Transported by Solids Field 3  
 Density of System = 1.0000

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
|---------|---------------|--------------------|

```

~~~~~
1: 0.9000E+00 1.00
2: 0.7000E+00 1.00
3: 0.1000E+01 1.00
4: 0.8000E+00 1.00
5: 0.8000E+00 1.00

```

```

=====
Initial Conditions for System 3 - Orthophosphate (mg/L)_____
=====

```

```

Particulate Form Transported by Solids Field 3
Density of System = 1.0000

```

```

Segment Concentration Fraction Dissolved
~~~~~
1:      0.9000E-01      1.00
2:      0.1000E-23      1.00
3:      0.1000E-23      1.00
4:      0.1000E-23      1.00
5:      0.1000E-23      1.00
    
```

```

=====
Initial Conditions for System  4 - Phytoplankton Chla (ug/L)_____
=====
    
```

```

Particulate Form Transported by Solids Field  3
Density of System =      1.0000
    
```

```

Segment      Concentration      Fraction Dissolved
~~~~~
1: 0.1300E+02 1.00
2: 0.1000E-23 1.00

```



```

3: 0.1000E-23 1.00
4: 0.1000E-23 1.00
5: 0.1000E-23 1.00

```

=====  
Initial Conditions for System 5 - CBOD 1 (Ultimate) (mg/L) \_\_\_\_\_  
=====

Particulate Form Transported by Solids Field 3  
Density of System = 1.0000

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
| ~~~~~   | ~~~~~         | ~~~~~              |
| 1:      | 0.8100E+01    | 1.00               |
| 2:      | 0.5800E+01    | 1.00               |
| 3:      | 0.6900E+01    | 1.00               |
| 4:      | 0.9500E+01    | 1.00               |
| 5:      | 0.6400E+01    | 1.00               |

=====  
Initial Conditions for System 6 - Dissolved Oxygen (mg/L) \_\_\_\_\_  
=====

Particulate Form Transported by Solids Field 3  
Density of System = 1.0000

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
| ~~~~~   | ~~~~~         | ~~~~~              |
| 1:      | 0.9400E+01    | 1.00               |
| 2:      | 0.9700E+01    | 1.00               |
| 3:      | 0.9900E+01    | 1.00               |
| 4:      | 0.1020E+02    | 1.00               |
| 5:      | 0.9500E+01    | 1.00               |

=====  
 Initial Conditions for System 7 - Organic Nitrogen (mg/L) \_\_\_\_\_  
 =====

Particulate Form Transported by Solids Field 3  
 Density of System = 1.0000

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
| ~~~~~   | ~~~~~         | ~~~~~              |
| 1:      | 0.2200E+00    | 1.00               |
| 2:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 3:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 4:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 5:      | 0.1000E-23    | 1.00               |

=====  
 Initial Conditions for System 8 - Organic Phosphorus (mg/L) \_\_\_\_\_  
 =====

Particulate Form Transported by Solids Field 3  
 Density of System = 1.0000

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
| ~~~~~   | ~~~~~         | ~~~~~              |
| 1:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 2:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 3:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 4:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 5:      | 0.1000E-23    | 1.00               |

=====

Initial Conditions for System 9 - Salinity (ppt)\_\_\_\_\_

=====

Particulate Form Transported by Solids Field 3

Density of System = 1.0000

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
| ~~~~~   | ~~~~~         | ~~~~~              |
| 1:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 2:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 3:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 4:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 5:      | 0.1000E-23    | 1.00               |

=====

Initial Conditions for System 10 - (not used)\_\_\_\_\_

=====

Particulate Form Transported by Solids Field 3

Density of System = 1.0000

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
| ~~~~~   | ~~~~~         | ~~~~~              |
| 1:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 2:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 3:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 4:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 5:      | 0.1000E-23    | 1.00               |

=====

Initial Conditions for System 11 - Detrital Carbon (mg/L)\_\_\_\_\_

=====

Particulate Form Transported by Solids Field 3

Density of System = 1.0000

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
| 1:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 2:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 3:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 4:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 5:      | 0.1000E-23    | 1.00               |

=====  
 Initial Conditions for System 12 - CBOD 2 (Ultimate) (mg/L) \_\_\_\_\_  
 =====

Particulate Form Transported by Solids Field 3  
 Density of System = 1.0000

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
| 1:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 2:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 3:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 4:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 5:      | 0.1000E-23    | 1.00               |

=====  
 Initial Conditions for System 13 - CBOD 3 (Ultimate) (mg/L) \_\_\_\_\_  
 =====

Particulate Form Transported by Solids Field 3  
 Density of System = 1.0000

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
|---------|---------------|--------------------|

```

~~~~~
1:      0.1000E-23      1.00
2:      0.1000E-23      1.00
3:      0.1000E-23      1.00
4:      0.1000E-23      1.00
5:      0.1000E-23      1.00
    
```

```

=====
Initial Conditions for System 14 - Detrital Nitrogen (mg/L)_____
=====
    
```

```

Particulate Form Transported by Solids Field      3
Density of System =      1.0000
    
```

```

Segment      Concentration      Fraction Dissolved
~~~~~
1: 0.1000E-23 1.00
2: 0.1000E-23 1.00
3: 0.1000E-23 1.00
4: 0.1000E-23 1.00
5: 0.1000E-23 1.00

```

```

=====
Initial Conditions for System 15 - Detrital Phosphorus (mg/L)_____
=====

```

```

Particulate Form Transported by Solids Field 3
Density of System = 1.0000

```

```

Segment Concentration Fraction Dissolved
~~~~~
1:      0.1000E-23      1.00
2:      0.1000E-23      1.00
    
```

```

3:          0.1000E-23          1.00
4:          0.1000E-23          1.00
5:          0.1000E-23          1.00
    
```

```

=====
Initial Conditions for System 16 - Solids (mg/L)_____
=====
    
```

```

Particulate Form Transported by Solids Field      3
Density of System =          1.0000
    
```

| Segment | Concentration | Fraction Dissolved |
|---------|---------------|--------------------|
| ~~~~~   | ~~~~~         | ~~~~~              |
| 1:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 2:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 3:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 4:      | 0.1000E-23    | 1.00               |
| 5:      | 0.1000E-23    | 1.00               |

```

=====
Stability Criteria for Numerical Integration
=====
    
```

| System Name                        | Maximum Concentration |
|------------------------------------|-----------------------|
| -----                              | -----                 |
| 1 - Ammonia (mg/L)_____            | 100.00                |
| 2 - Nitrate (mg/L)_____            | 100.00                |
| 3 - Orthophosphate (mg/L)_____     | 100.00                |
| 4 - Phytoplankton Chla (ug/L)_____ | 100.00                |
| 5 - CBOD 1 (Ultimate) (mg/L)_____  | 100.00                |
| 6 - Dissolved Oxygen (mg/L)_____   | 100.00                |
| 7 - Organic Nitrogen (mg/L)_____   | 100.00                |



|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| 8 - Organic Phosphorus (mg/L)_____   | 100.00 |
| 9 - Salinity (ppt)_____              | 100.00 |
| 10 - (not used)_____                 | 100.00 |
| 11 - Detrital Carbon (mg/L)_____     | 100.00 |
| 12 - CBOD 2 (Ultimate) (mg/L)_____   | 100.00 |
| 13 - CBOD 3 (Ultimate) (mg/L)_____   | 100.00 |
| 14 - Detrital Nitrogen (mg/L)_____   | 100.00 |
| 15 - Detrital Phosphorus (mg/L)_____ | 100.00 |
| 16 - Solids (mg/L)_____              | 100.00 |

=====

Kinetic Constants

=====

Total Number of Constants: 43

-----

| ISC # | Value  |
|-------|--------|
| ===== | =====  |
| 11    | 0.0010 |
| 12    | 1.0800 |
| 13    | 2.0000 |
| 21    | 0.0900 |
| 22    | 1.0400 |
| 23    | 1.0000 |
| 91    | 0.0030 |
| 92    | 1.0800 |
| 93    | 0.0004 |
| 94    | 1.0800 |
| 95    | 0.5000 |
| 100   | 0.0200 |
| 101   | 1.0800 |
| 102   | 0.0004 |
| 103   | 1.0800 |

|     |          |
|-----|----------|
| 104 | 0.5000   |
| 41  | 1.6000   |
| 42  | 1.0680   |
| 46  | 45.0000  |
| 48  | 0.0250   |
| 49  | 0.0030   |
| 50  | 0.1250   |
| 51  | 1.0680   |
| 52  | 0.1000   |
| 53  | 1.0000   |
| 55  | 0.0200   |
| 56  | 1.0800   |
| 57  | 0.0250   |
| 58  | 0.2500   |
| 1   | 1.0000   |
| 85  | 2.0000   |
| 82  | 0.2500   |
| 84  | 470.0000 |
| 83  | 1.0000   |
| 86  | 0.5000   |
| 87  | 1.0000   |
| 81  | 2.0000   |
| 88  | 1.0000   |
| 71  | 0.0500   |
| 72  | 1.0000   |
| 73  | 0.0002   |
| 74  | 1.0800   |
| 75  | 0.1000   |

1

```
Closing CSV files; number = 6
CSV files closed
Closing scratch output units
Scratch output units closed
```

```
=====  
=              Run Time Statistics              =  
=====  
          Run Time (Secs):           5  
Days:    0, Hours:  0, Minutes:  0, Seconds:  5  
  
          Average Timestep (Days): 0.03471  
          Seconds/Day Simulated: 0.01497  
          Seconds/Segment/Day Simulated: 0.00299  
=====
```

Closing OUT File and Exiting



Περιφέρεια Ηπείρου  
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδας -  
Ηπείρου 2007-2013



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

**ΦΟΡΕΑΣ: ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ**

ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ  
ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ

ΠΑΚΕΤΟ 3

Αθήνα, 2015



ENVIROPLAN S.A.  
Consultants & Engineers

## ΠΑΚΕΤΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελ.

|            |                                                                                        |             |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>1</b>   | <b>ΓΕΝΙΚΑ</b> .....                                                                    | <b>3-1</b>  |
| <b>2</b>   | <b>ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ</b> .....                                                   | <b>3-5</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>ΕΚΤΕΛΕΣΘΕΝΤΑ ΕΡΓΑ</b> .....                                                         | <b>3-5</b>  |
| <b>2.2</b> | <b>ΕΡΓΑ ΔΑΣΟΚΑΛΥΨΗΣ</b> .....                                                          | <b>3-10</b> |
| 2.2.1      | Σκοπός - Στόχοι Δασοκάλυψης .....                                                      | 3-10        |
| 2.2.2      | Τεχνική των αναδασώσεων .....                                                          | 3-14        |
| 2.2.3      | Προδιαγραφές του φυτευτικού υλικού .....                                               | 3-16        |
| 2.2.4      | Επιλογή δασοπονικών ειδών - Προτεινόμενα είδη βλάστησης .....                          | 3-18        |
| 2.2.4.1    | Προτεινόμενες ομάδες φυτών για την ανάπλαση του χώρου: .....                           | 3-18        |
| 2.2.4.2    | Προτεινόμενες φυτευτικές ενότητες .....                                                | 3-19        |
| 2.2.4.3    | Πρόταση βλάστησης .....                                                                | 3-21        |
| 2.2.5      | Περιποίηση αναδασώσεων .....                                                           | 3-21        |
| 2.2.6      | Φύλαξη και αντιπυρρικά μέτρα .....                                                     | 3-21        |
| 2.2.7      | Κόστος εργασιών αναδάσωσης .....                                                       | 3-22        |
| <b>2.3</b> | <b>ΕΡΓΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ</b> .....                                            | <b>3-25</b> |
| 2.3.1      | Τεχνική Περιγραφή .....                                                                | 3-25        |
| 2.3.2      | Κόστος εργασιών έργων συγκράτησης φερτών υλικών .....                                  | 3-34        |
| <b>2.4</b> | <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΔΑΣΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ</b> .....   | <b>3-35</b> |
| 2.4.1      | Έργα Κατηγορίας Ι .....                                                                | 3-36        |
| 2.4.2      | Έργα Κατηγορίας ΙΙ .....                                                               | 3-36        |
| 2.4.3      | Βοηθητικές Τοπογραφικές Εργασίες .....                                                 | 3-38        |
| 2.4.4      | Σύνταξη τευχών ΣΔΥ-ΦΔΥ .....                                                           | 3-42        |
| 2.4.5      | Περιβαλλοντική μελέτη .....                                                            | 3-42        |
| <b>3</b>   | <b>ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ</b> .....                                                   | <b>3-47</b> |
| <b>3.1</b> | <b>ΕΣΩΠΟΤΑΜΙΟΙ ΑΝΑΒΑΘΜΟΙ -ΕΡΓΑ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ</b> .....                          | <b>3-47</b> |
| 3.1.1      | Τεχνική Περιγραφή .....                                                                | 3-47        |
| 3.1.2      | Κόστος εργασιών εσωποτάμιων έργων .....                                                | 3-49        |
| <b>3.2</b> | <b>ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ (ΛΙΜΝΕΣ) ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ</b> .....                                              | <b>3-50</b> |
| 3.2.1      | Εισαγωγή - Αναμενόμενα Φορτία Σχεδιασμού .....                                         | 3-50        |
| 3.2.2      | Υδραυλικοί Υπολογισμοί παραγομένων υδατών για τον σχεδιασμό λιμνών & υγροβιότοπων 3-53 |             |
| 3.2.3      | Λίμνες Καθίζησης - Σταθεροποίησης (Lagoons) .....                                      | 3-57        |
| 3.2.4      | Διαστασιολόγηση Λιμνών Σταθεροποίησης .....                                            | 3-58        |

|            |                                                                                            |              |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 3.2.5      | Κόστος εργασιών κατασκευής λιμνών .....                                                    | 3-63         |
| <b>3.3</b> | <b>ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ ΑΠΟΜΕΙΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ.....</b>                            | <b>3-64</b>  |
| 3.3.1      | Τεχνική Περιγραφή Υγροβιοτόπων .....                                                       | 3-64         |
| 3.3.2      | Μηχανισμοί Επεξεργασίας Στους Τεχνητούς Υγροβιότοπους .....                                | 3-66         |
| 3.3.3      | Τεχνικά Χαρακτηριστικά Υγροβιότοπου.....                                                   | 3-68         |
| 3.3.4      | Κόστος εργασιών κατασκευής υγροβιότοπων .....                                              | 3-70         |
| <b>3.4</b> | <b>ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ.....</b>                          | <b>3-72</b>  |
| 3.4.1      | Γενικά.....                                                                                | 3-72         |
| 3.4.2      | Υφιστάμενη κατάσταση.....                                                                  | 3-73         |
| 3.4.3      | Κριτήρια σχεδιασμού του Οικολογικού Πάρκου .....                                           | 3-74         |
| 3.4.4      | Δομή του Πάρκου .....                                                                      | 3-74         |
| 3.4.4.1    | Τεχνητοί υγροβιότοποι .....                                                                | 3-75         |
| 3.4.4.2    | Διαχείριση φυτεύσεων.....                                                                  | 3-75         |
| 3.4.4.3    | Διαχείριση υδάτινων επιφανειών .....                                                       | 3-76         |
| 3.4.4.4    | Υγρά λιβάδια .....                                                                         | 3-76         |
| 3.4.4.5    | Μορφολογία εδάφους.....                                                                    | 3-77         |
| 3.4.4.6    | Έργα υποδομής.....                                                                         | 3-78         |
| 3.4.5      | Κόστος εργασιών κατασκευής του πάρκου .....                                                | 3-79         |
| <b>3.5</b> | <b>ΑΠΑΛΛΟΤΡΙΩΣΕΙΣ .....</b>                                                                | <b>3-81</b>  |
| 3.5.1      | Κόστος απαλλοτριώσεων .....                                                                | 3-82         |
| <b>3.6</b> | <b>ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ .....</b>                                                          | <b>3-82</b>  |
| <b>4</b>   | <b>ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ.....</b>                                                           | <b>3-99</b>  |
| <b>4.1</b> | <b>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΛΑΜΙΩΝΩΝ .....</b>                                                         | <b>3-99</b>  |
| 4.1.1      | Τεχνική Περιγραφή .....                                                                    | 3-99         |
| 4.1.2      | Προϋπολογισμός Μελέτης .....                                                               | 3-104        |
| <b>4.2</b> | <b>ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΟΧΘΗΣ.....</b>                                 | <b>3-105</b> |
| <b>5</b>   | <b>ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΕΣΜΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....</b> | <b>3-111</b> |
| <b>5.1</b> | <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>                                                                       | <b>3-111</b> |
| <b>5.2</b> | <b>ΜΕΤΡΑ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ.....</b>                                        | <b>3-111</b> |
| 5.2.1      | Τεχνική Περιγραφή .....                                                                    | 3-111        |
| 5.2.2      | Προϋπολογισμός.....                                                                        | 3-117        |
| <b>5.3</b> | <b>ΥΠΟΛΙΜΝΙΑ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ.....</b>                                     | <b>3-118</b> |
| 5.3.1      | Τεχνική Περιγραφή Συστήματος .....                                                         | 3-118        |
| 5.3.2      | Προϋπολογισμός.....                                                                        | 3-122        |
| <b>5.4</b> | <b>ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ .....</b>                   | <b>3-122</b> |
| 5.4.1      | Περιγραφή .....                                                                            | 3-122        |
| 5.4.2      | Προϋπολογισμός.....                                                                        | 3-123        |



|   |                                                                       |       |
|---|-----------------------------------------------------------------------|-------|
| 6 | ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .<br>..... | 3-127 |
| 7 | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΩΝ .....                                 | 3-133 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ



## 1 ΓΕΝΙΚΑ

Η Ενδιάμεση Διαχειριστική Αρχή της Περιφέρειας Ηπείρου, ανέθεσε στην εταιρεία μελετών «ENVIROPLAN Μελετητική Σύμβουλοι Αναπτυξιακών και Τεχνικών Έργων Α.Ε.» την εκπόνηση της μελέτης με τίτλο: «Μελέτη Αποκατάστασης Οικοσυστήματος Λίμνης Παμβώτιδας», με την υπ. αρ. 3905 σύμβαση που υπεγράφη την 21 Αυγούστου 2013.

Αντικείμενο της μελέτης είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων ολιστικής αποκατάστασης του διαταραγμένου οικοσυστήματος της Λίμνης Παμβώτιδας. Με τον όρο ολιστική αποκατάσταση εννοείται η λήψη μέτρων τόσο για την βελτίωση των χαρακτηριστικών της λίμνης αυτής καθαυτής, όσο και της λεκάνης απορροής της, ώστε τα μέτρα αυτά να είναι αποτελεσματικά σε βάθος χρόνου.

Το παρόν πακέτο 3 αφορά το σχεδιασμό των μέτρων και παρεμβάσεων αποκατάστασης που προέκυψαν από το πακέτο 2, τις τεχνικές και κατασκευαστικές απαιτήσεις, την εκτίμηση του κόστους κατασκευών και κόστους λειτουργίας σε επίπεδο Προμελέτης. Ειδικότερα, βάσει των συμβατικών υποχρεώσεων περιλαμβάνεται:

3.1. Αναλυτικό σχέδιο των προτεινόμενων παρεμβάσεων, των κατασκευαστικών απαιτήσεων καθώς επίσης και του κόστους κατασκευής σε επίπεδο Προμελέτης

3.2. Ημερολόγιο των εργασιών που εκτελέσθηκαν κατά τη χρονική διάρκεια του συγκεκριμένου πακέτου εργασιών, από το στέλεχος του Αναδόχου που συνεργάζεται σε μόνιμη βάση με την Περιφέρεια Ηπείρου.

Το πακέτο 3 περιλαμβάνει τις ακόλουθες 5 δέσμες - δράσεις παρεμβάσεων:

- Έργα Ορεινής Υδρονομίας
- Έργα Πεδινής Υδρονομίας
- Έργα Παρόχθιας Ζώνης
- Πιλοτική Εφαρμογή Δέσμης Μέτρων Βελτίωσης Ευτροφικών Συνθηκών εντός της Λίμνης
- Επικαιροποίηση & εφαρμογή αγροπεριβαλλοντικού προγράμματος



## ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ





## 2 ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ

### 2.1 ΕΚΤΕΛΕΣΘΕΝΤΑ ΕΡΓΑ

Διαπιστώθηκε ότι, η Δασική Υπηρεσία έχει προβεί στη σύνταξη διαφόρων μελετών και στην κατασκευή διαφόρων έργων υδρονομίας στο χώρο των λεκανών και υπολεκανών απορροής των χειμάρρων 7.3 (Δαφνούλας-Πλατανιάς), 7.1 (Δροσοχωρίου), 6.3 (Γράβου) και 6.1 (Κατούνας - Βασιλικής, Αγίου Τρύφωνα).

Επίσης η ΤΥΔΚ Ν. Ιωαννίνων προέβη στην κατασκευή μερικών φραγμάτων στο χειμάρρο 7.3 (Δαφνούλας).

Από τις μελέτες που έχουν συνταχτεί για τη διευθέτηση των παραπάνω υπολεκανών απορροής προκύπτει ότι, κύριος σκοπός των έργων που προτείνονται είναι:

- η τοπική αποτροπή πλημμυρικών κινδύνων (καταστροφών) και προσχώσεων που
- προκαλούν τα χειμαρρικά ρέματα στον πεδινό χώρο, και ιδίως η αποφυγή προβλημάτων λειτουργίας στα πεδινά αποστραγγιστικά, αρδευτικά και εγγειοβελτιωτικά έργα
- η σταθεροποίηση κατολισθήσεων, ιδίως σε κατοικημένες περιοχές ή σε έργα πολιτισμού (οδοί κλπ), όπως π.χ. στη Δαφνούλα και αλλού.

Συνεπώς οι παραπάνω μελέτες αποσκοπούν στην αντιμετώπιση τοπικών προβλημάτων που δημιουργούνται από τη χειμαρρική δράση, τα οποία αντιμετωπίζονται είτε ευθός με την έξοδο των χειμάρρων στα πεδινά, είτε στο εσωτερικό των λεκανών. Οι προκαλούμενες ζημιές, οφείλονται τόσο στην απόθεση της αδρομερούς φάσης του στερεοφορτίου και του λαβαφορτίου, με αποτέλεσμα τη μείωση των διατομών της παροχευευτικότητας και την πρόκληση πλημμυρών, όσο στις ολισθήσεις, οι οποίες κατά κανόνα οφείλονται σε υποσκαφές των πρανών σε συνδυασμό με έντονο διαποτισμό του εδάφους. Τα προβλήματα της λεπτόκοκκης φάσης της στερεομεταφοράς, και ιδίως τα αιωροφορτία που διαμορφώνουν τα δέλτα και προσχώνουν το υπολίμνιο δεν λαμβάνονται υπόψη στις υπάρχουσες μελέτες.

Παρόλα αυτά, διαπιστώνεται ότι, οι μελέτες που συνέταξε η Δασική Υπηρεσία για την διευθέτηση των ορεινών λεκανών αφορά τα χειμαρρικά ρέματα, με την εντονότερη χειμαρρικήτητα και τις σημαντικότερες εστίες παραγωγής φερτών υλικών, που παίζουν καθοριστικό ρόλο στο προσχωτικό πρόβλημα της λίμνης Παμβώτιδας. Συνεπώς η εφαρμογή των

μελετών αυτών μπορεί να συμβάλλει ιδιαίτερα στον περιορισμό του χειμαρρικού προβλήματος, και στην μείωση των παραγόμενων υλικών και της επιταχυνόμενης πρόσχωσης της λίμνης.

Τα περισσότερα από τα έργα ορεινής υδρονομίας που προτείνονται στις μελέτες έχουν ήδη εκτελεσθεί. Από την επιτόπια έρευνα προέκυψε ότι, μέχρι σήμερα έχουν κατασκευασθεί τα ακόλουθα έργα, στους εξής χειμαρρους:

#### I. ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΔΑΦΝΟΥΛΑΣ (ΚΩΔ.7.3)

Ο χειμαρρος αποτελείται από την κεντρική κοίτη (με μια δευτερεύουσα χαράδρα), η οποία διακλαδίζεται περί το μέσον τις λεκάνης σε δύο τμήματα:

- τον αριστερό κλάδο "Γκούρες" με τρεις δευτερεύουσες χαραδρώσεις στα δεξιά του και
- τον δεξιό κλάδο (κεντρική κοίτη) στα δεξιά της οποίας αναπτύσσεται ο μικρότερος κλάδος "Σιοντόδερο" με μια δεξιά και μία αριστερή δευτερεύουσα χαράδρωση.

Τα έργα που έχουν εκτελεσθεί είναι τα εξής:

##### α) κεντρική κοίτη

###### Αρχή έως 1η χαράδρα:

διαμόρφωση νέας τεχνητής κοίτης (κάτω τμήμα) που συνοδεύεται από τα παρακάτω έργα:

- σειρά 6 φραγμάτων - ουδών, επένδυση πρανών με σεραζανέτ
- σειρά 7 φραγμάτων - ουδών και ενός φράγματος μετά προφράγματος
- 4 παράλληλοι τοίχοι
- 2 πρόβολοι

###### 1η χαράδρα έως κλάδος "Γκούρες"

- σειρά 3 φραγμάτων

###### Κλάδος "Γκούρες" έως κλάδος- "Σιοντόδερο"

- σειρά 6 φραγμάτων

Κλάδος "Σιοντόδερο" έως 3η χαράδρα

- σειρά 9 φραγμάτων

Ανάτη 3ης χαράδρας

### β) κλάδος "Γκούρες"

- σειρά από οδούς και έργα στερέωσης του υψηλότερου τμήματος της κοίτης καθώς και των δευτερευουσών χαραδρώσεων σε αρκετές θέσεις
- σειρά 3 φραγμάτων

### γ) κλάδος "Σιοντόδεντρο"

- βαθμιδωση του άνω τμήματος με 3 οδούς

Από την εξέταση των κατασκευαστικών έργων προέκυψε ότι όλα τα έργα στερέωσης που βρίσκονται πάνω από το βασικό φράγμα με πρόφραγμα στην κεντρική κοίτη έχουν αποδώσει δηλαδή έχουν στερεώσει τη κοίτη στους χώρους ίδρυσης και έχουν σχεδόν επιτύχει, την επιδιωχθείσα κλίση αντιστάθμισης.

#### **Διαπιστώθηκε όμως ότι:**

- στα διαστήματα των κοιτών που δεν προστατεύονται, από φράγματα και στα οποία κατά κανόνα κυριαρχούν οι υποσκαπτικές διαβρώσεις και οι πρηνικές ολισθήσεις, εμφανίζονται σημαντικές εστίες παραγωγής υλικών που εξακολουθούν να τροφοδοτούν το ρέμα με άφθονο χονδρόκοκκο και λεπτόκοκκα υλικά.
- οι "κυρτές" επιφάνειες της λεκάνης όπου αναπτύσσονται κυρίως επιφανειακές, αυλακωτές και μικρές χαραδρωτικές διαβρώσεις, καθώς και επιπόλαιες ολισθήσεις και ερπύσεις και στις οποίες παράγονται κυρίως λεπτόκοκκα αιωρούμενα υλικά δεν κατέστη δυνατόν να ελεγχθούν.

Επίσης διαπιστώθηκε ότι η πρώτη σειρά των ουδών στην αρχή (κάτω μέρος) της λεκάνης απορροής έχουν στενώσει πολύ την κοίτη, ώστε αυτή να μην επαρκεί πλέον να παροχετεύσει, τις

συνήθεις πλημμυρικές υδατοπασογές, οι οποίες για το λόγο αυτό περιρρέουν τις κατασκευές και δημιουργούν νέες πλευρικές κοίτες με αποτέλεσμα να αυξάνει, ο πλημμυρικός κίνδυνος.

Γενικά τα έργα διευθέτησης στο χειμάρρο Δαφνούλας έχουν ανάγκη συμπλήρωσης και επέκτασης.

## II. ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΔΡΟΣΟΧΩΡΙΟΥ (ΚΩΔ. 7.1)

Έχουν κατασκευασθεί :

- κατασκευή τριών αναβαθμών και δύο παράλληλων συρματοπλεκτων τοίχων, ευθυγράμμιση κοίτης
- δύο φράγματα στην κεντρική κοίτη του ρέματος λίγο πριν τον διαχωρισμό της σε δύο κλάδους.
- σειρά 4 φραγμάτων για την στερέωση της κοίτης περί τα μέσα της λεκάνης απορροής

Τα έργα έχουν αποδώσει, τοπικά, είναι όμως παντελώς ανεπαρκή για την αποτροπή των φερτών υλικών του.

## III. ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΗΛΙΟΚΑΛΗΣ Η ΓΕΡΑΚΑΡΙΟΥ (ΚΩΔ.7.2)

Στην κεντρική κοίτη του ρέματος έχουν κατασκευασθεί τα εξής:

- ένα φράγμα στη χαμηλή περιοχή, πριν την συμβολή της δευτερεύουσας χαράδρας σ'αυτή.
- σειρά 8 φραγμάτων για την στερέωση της κοίτης περί το κέντρο της λεκάνης απορροής.
- σειρά 6 φραγμάτων για την στερέωση της κοίτης περί τα ανάντι της λεκάνης απορροής.

Τα έργα έχουν εκπληρώσει, την αποστολή τους, δεν επαρκούν όμως για τον έλεγχο των φερτών υλικών του ρέματος.

#### IV. ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΚΑΤΟΥΝΑΣ-ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ (ΚΩΔ. 6.1)

Στον αριστερό κλάδο της κεντρικής κοίτης του χειμάρρου αυτού έχουν κατασκευαστεί σειρά 24 φραγμάτων στερέωσης της κοίτης, τα οποία βαθμιδώνουν το κάτω ήμισυ της κοίτης. Τα έργα έχουν εκπληρώσει την αποστολή τους, δεν επαρκούν όμως για τον έλεγχο των φερτών υλικών του ρέματος.

Από όσα αναφέρθηκαν προκύπτει ότι, στους 4 χειμάρρους που εκτελέστηκαν έργα ορεινής υδρονομίας, κατασκευάστηκαν σειρές χαμηλών φραγμάτων στερέωσης των κοιτών και ουδών με σκοπό τη δημιουργία της κατανομής αντισταθμίσεως σ'αυτές. Τα έργα αυτά απέτρεψαν, μερικώς, τις χαραδρωτικές και πρानικές διαβρώσεις στις θέσεις που κατασκευάστηκαν. Δεν εμπόδισαν όμως, τα χειμμαρικά ρέματα να εξακολουθούν να μεταφέρουν τα παραγόμενα φορτία φερτών υλών (ιδίως τα λεπτόκοκκα), τα οποία περιλαμβάνονται, από τις εστίες φερτών υλικών που δεν έχουν διευθετηθεί.

Για την διευθέτηση των παραπάνω λεκανών έχουν συνταχθεί:

- Μελέτες αναδάσωσης στη θέση «Γκόγκα» της Κοινότητας Βασιλικής,
- Οριστική μελέτη τεχνικής και φυτοκομικής διευθετήσεως χειμάρρων Δροσοχωρίου Γερακαρίου, τεύχοι Α,Β, Γ,Δ,Ε.

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, και εκτιμώντας την παρούσα κατάσταση, προκύπτει ότι:

- Δεν έχουν κατασκευασθεί γενικά έργα αποτροπής των πολυπληθών ολισθήσεων, ιδίως εκείνων από υποσκαφές των πρानών και ισχυρό διαποτισμό, οι οποίες σε μερικούς χειμάρρους οδηγούν στο σχηματισμό μικρών χειμαρρολαβών. Μάλιστα οι σειρές των φραγμάτων που κατασκευάστηκαν, συχνά διακόπτονται στις θέσεις αυτές, πιθανώς για την αποφυγή τυχόν καταστροφής των κατασκευών.
- Δεν υπάρχουν έργα στράγγισης των ολισθήσεων.
- Λείπουν σχεδόν παντελώς τα έργα αποτροπής των εκτατικών χειμαρρικών φαινομένων που παράγουν λεπτόκοκκα αιωρούλικά.
- Λείπουν τα έργα (φράγματα) συγκράτησης (πλήρους ή διαλογικής) μεγάλων φορτίων φερτών υλικών που συγκεντρώνονται αιφνίδια στις κοίτες (λόγω κατάπτωσης πρानών κλπ).

Άρα, τα εκτελεσθέντα έργα αποδίδουν και εκπληρούν το σκοπό τους, που είναι η προστασία της πεδινής περιοχής (κυρίως των οικισμών) από πλημμύρες, ταυτόχρονα δε, συμβάλλουν και στην προστασία της λίμνης Παμβώτιδας από προσχώσεις. Δεν επαρκούν όμως, ούτε για την πλήρη αντιπλημμυρική προστασία, ούτε πολύ περισσότερο την προστασία της Παμβώτιδας από τις προσχώσεις. Για αυτό επιβάλλεται να συμπληρωθούν και να επεκταθούν τα υπάρχοντα έργα τόσο για την επίτευξη του κύριου σκοπού (προστασία της Παμβώτιδας), όσο και για την επίλυση των τοπικών προβλημάτων (πλημμύρες, προσχώσεις, στενώσεις κοιτών, καταρρεύσεις πρανών, ολισθήσεις).

Ιδιαίτερα υπάρχει ανάγκη να εκτελεστούν τα ακόλουθα έργα:

- αποτροπή της αιωρομεταφοράς
- συγκράτηση των φερτών υλικών σε τμήματα των κεντρικών κοιτών και ιδίως στην έξοδο των ρευμάτων στα πεδινά καθώς και στα δέλτα
- ανάσχεσης και θραύσης των πλημμυρικών αιχμών, ώστε να μειωθεί η παρασυρτική – μεταφορική δύναμη του νερού και μειωθεί ο βαθμός κατατριβής και να απαλυνθεί ή εξαφανισθεί ο πλημμυρικός κίνδυνος, ώστε να παύσει η προσχλωσίγνεση στον υπολίμνιο και περιλίμνιο χώρο της Παμβώτιδας.

## 2.2 ΕΡΓΑ ΔΑΣΟΚΑΛΥΨΗΣ

### 2.2.1 Σκοπός - Στόχοι Δασοκάλυψης

Η συγκεκριμένη κατηγορία έργων, αποσκοπεί στην πρόληψη ενδεχόμενων προβλημάτων και όχι στην καταστολή και την αντιμετώπιση των μετέπειτα επιπτώσεων που προκύπτουν από τα φαινόμενα διάβρωσης εδαφικού υλικού και προσχώσεων στη λίμνη. Η κάλυψη υποβαθμισμένων εδαφών με φυτικά είδη με βαθύ ριζικό σύστημα και μεγάλη δυνατότητα συγκράτησης εδάφους, ενδείκνυται ως ιδιαίτερα αποτελεσματικό μέτρο πρόληψης.

Λόγω του λεπτόκοκκου των παραγόμενων υλικών, ο καλύτερος τρόπος ελέγχου τους είναι η συγκράτηση τους στον τόπο της παραγωγής. Για το σκοπό αυτό πρέπει να προετοιμασθεί καταρχήν ο χώρος ως εξής:



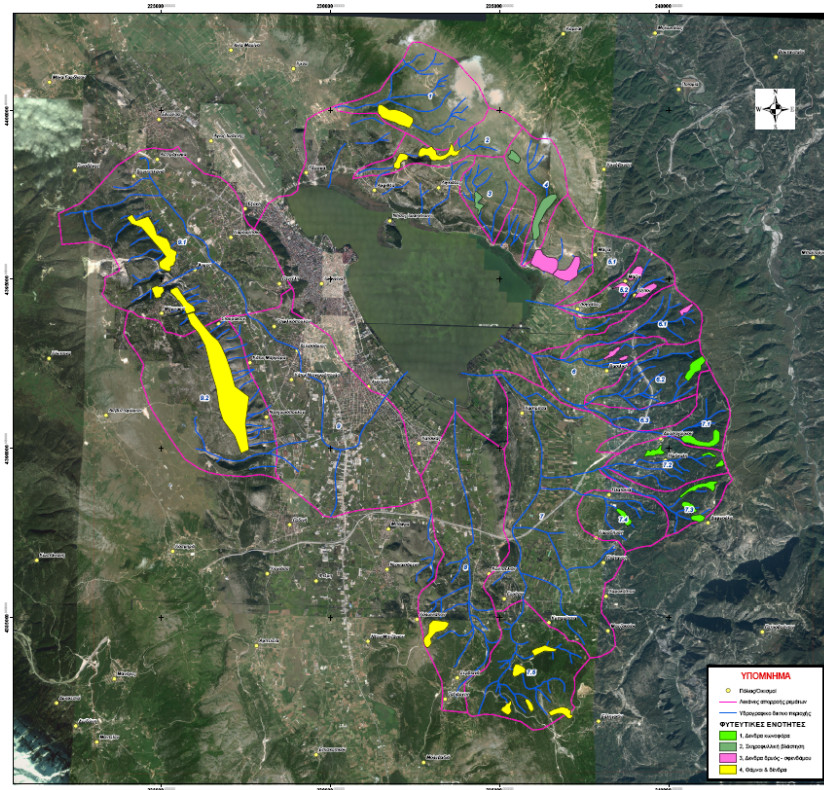
- να σταθεροποιηθούν (στερεωθούν) τα εδάφη στις διαβρωμένες επιφάνειες, ιδίως στις θέσεις με ισχυρές κλίσεις με την κατασκευή παράλληλων τοίχων από ξηρολιθιά ή από κλαδοπλέγματα (κυρίως ζώντων) και
- να προετοιμασθούν τα εδάφη με την κατασκευή βαθμιδών κατά τις ισοϋψείς.

Στη συνέχεια θα αναδασωθούν (κατά προτίμηση) ή και θα αναθαμνωθούν οι εκτάσεις με κατάλληλα δασοπονικά είδη που προσφέρουν ιδιαίτερη υδρογεωνομική προστασία. Το έργο είναι πολύ βραδείας απόδοσης (οι φυτείες για να αρχίσουν να αποδίδουν απαιτούν την παρέλευση τουλάχιστο 15-20 ετών). Θα ασκήσει όμως καθοριστική επίδραση όχι μόνο στην αποτροπή της πρόσχωσης της Παμβοτιδας, αλλά και στον εξωραϊσμό της περιοχής και στην αναψυχή των κατοίκων του ευρύτερου χώρου, καθώς και στη σταθεροποίηση των ερπύσεων που παρουσιάζονται γενικά στο φλύσχη. Παράλληλα δε, θα προσφέρουν σημαντικά υδρολογικά οφέλη (μείωση πλημμυρικών αιχμών, ρύθμιση της διαίτας των υδάτων, αύξηση του βαθμού τροφοδοσίας της λίμνης με καθαρό νερό, ρύθμιση του χρόνου απόδοσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων στον περιλίμνιο και υπολίμνιο χώρο κ.λ.π.)

Τα έργα αναδάσωσης, δεν επιφέρουν αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (αφού στην ουσία δεν πρόκειται για τεχνικό έργο), αλλά δράση, η οποία ενισχύει σημαντικά την προστασία του εδάφους στη συγκράτηση εδαφικού υλικού και ταυτόχρονα παρέχει τα οφέλη στην περιοχή από την ύπαρξη μιας δασικής περιοχής.

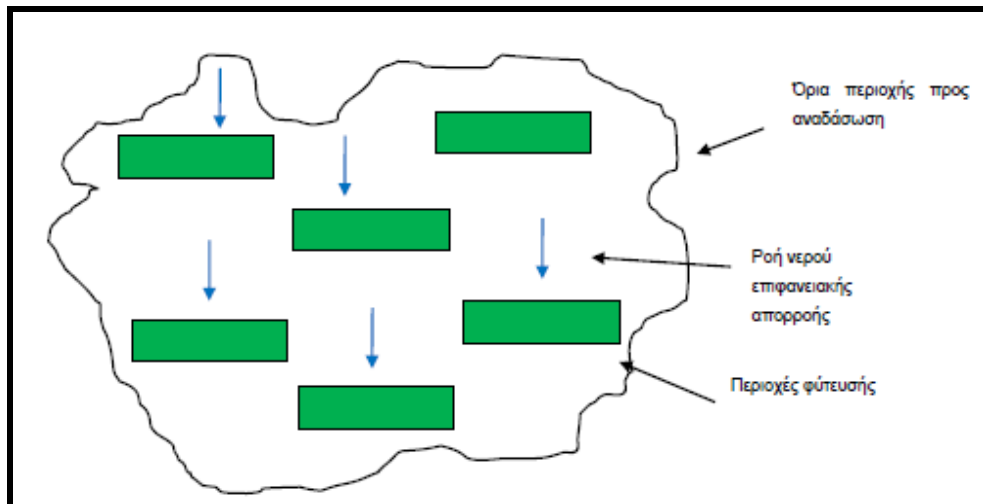
Με την αναδάσωση, στόχος είναι η δημιουργία σταθερών οικοσυστημάτων, με τη φύτευση όσο είναι δυνατόν κατάλληλων ιθαγενών ειδών, που θα οδηγήσουν σταδιακά σε φυτοκοινωνίες κλίμακας ανάλογες με αυτές που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή. Σε εδάφη ωστόσο με μεγάλη κλίση και διάβρωση και μόνο, ενδείκνυται η χρήση ταχυσωτών και ολιγαρκών (σε νερό και θρεπτικά συστατικά) φυτικών ειδών.

Εικόνα 1: Οι προτεινόμενες Περιοχές για έργα Δασώσεων-Αναδασώσεων



Οι βασικές κατευθύνσεις τις οποίες πρέπει να ακολουθήσει κάθε προσπάθεια αναδάσωσης, στις προτεινόμενες υποπεριοχές, είναι οι εξής:

- Τμηματική φύτευση περιοχών και όχι φύτευση μιάς ενιαίας έκτασης. Αυτή η τακτική πλεονεκτεί στη δυνατότητα βόσκησης (πρόσβαση) των κοπαδιών στα ενδιάμεσα μη φυτεμένα τμήματα.
- Φυτεύσεις με εναλλαγές φυτικών ειδών ανά ζώνες. Η τακτική αυτή προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας αντιπυρικών ζωνών, αν παρεμβάλλονται βραδύκαυστα φυτικά είδη.

**Εικόνα 2:** Ενδεικτικός τρόπος φύτευσης-αναδάσωσης (Γ.Νασίκας, 2010)

Στις καλλιεργούμενες επιφάνειες η καταπολέμηση των διαβρώσεων και των αποσαθρώσεων δεν είναι συνεχώς δυνατή. Μπορούν όμως να περιοριστούν τα φαινόμενα αυτά με την εφαρμογή των αρόσεων κατά τις ισοϋψείς καμπύλες.

Επίσης σημαντικοί παράγοντες παραγωγής φερτών υλικών και γενικά αποσταθεροποίησης στις περιοχές αυτές είναι ή οικοπεδοποίηση, η ανοικοδόμηση και ιδίως η οδοποιία, τα οποία βέβαια δεν είναι δυνατόν να αποτραπούν ή να περιορισθούν.

Η αναδάσωση και η αναθάμνωση των γυμνών επιφανειών απαιτεί εκτός από την σταθεροποίηση και την προπαρασκευή του εδάφους και την προμήθεια σημαντικού αριθμού κατάλληλων φυτικών ειδών, η οποία απαιτεί την ύπαρξη σχετικού φυτωρίου. Επίσης απαιτείται να προηγηθεί εδαφολογική και φυτοκοινωνιολογική μελέτη του χώρου, πρόβλεψη οδικού δικτύου προσπέλασης κ.λ.π. Όλα αυτά προϋποθέτουν τη σύνταξη ειδικών μελετών.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που πρέπει να διερευνηθεί κατά την τελική επιλογή των υποπεριοχών αυτών είναι το ιδιοκτησιακό καθεστώς, οι πάσης φύσεως δουλειές, καθώς και άλλες κοινωνικές προεκτάσεις και επιπτώσεις του έργου.

Ο φυτοτεχνικός σχεδιασμός για την εγκατάσταση της βλάστησης είναι το δεύτερο όμως εξίσου σημαντικό βήμα για την αποκατάσταση του χώρου. Για τον σχεδιασμό αυτό λαμβάνονται υπόψη όλες οι μέχρι τώρα εξετασθείσες παράμετροι ήτοι:

- οι κλιματολογικές συνθήκες
- η φυτοκοινωνιολογική κατάσταση
- η χλωρίδα της περιοχής μελέτης
- το έδαφος
- η ύπαρξη νερού

Βασικές αρχές που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε κάθε προσπάθεια εγκατάστασης βλάστησης είναι οι εξής:

- Να χρησιμοποιούνται φυτικά είδη που οι βιολογικές απαιτήσεις τους είναι ίδιες με τις συγκεκριμένες βιοκλιματικές συνθήκες.
- Το χρώμα, η υφή, η μορφή της βλάστησης που θα εγκατασταθεί να μην διαφέρει σημαντικά από αυτήν του γύρω φυσικού χώρου.
- Να επιλέγονται και είδη φυτών με γνώμονα την κάλυψη βασικών αναγκών της πανίδας όπως τροφή, κάλυψη κ.λ.π.
- Να υπάρχει μια λογική μίξη των εύφλεκτων ειδών με λιγότερα εύφλεκτα είδη καθώς και μίξη δένδρων με θάμνους.

### 2.2.2 Τεχνική των αναδασώσεων

#### Προετοιμασία εδάφους

Από τους παράγοντες που παίζουν βασικό ρόλο στην επιτυχία των φυτεύσεων και τους οποίους μπορούμε να ελέγξουμε ή να επηρεάσουμε είναι το έδαφος.

Η προετοιμασία του εδάφους συνίσταται στα εξής:

- Απομάκρυνση της υπάρχουσας ποώδους και θαμνώδους βλάστησης που δρα ανταγωνιστικά
- Κατεργασία και προπαρασκευή του εδάφους με σκοπό τη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του (αερισμός, υδατοϊκανότητα, πορώδες).

Όσον αφορά στην απομάκρυνση της βλάστησης, αυτή δεν μπορεί παρά να γίνει με μηχανικά μέσα, αφού η χρήση φυτοκτόνων ουσιών είναι περιβαλλοντικά ανεπίτρεπτη. Ο μόνος λοιπόν ενδεδειγμένος τρόπος είναι η μηχανική απομάκρυνση της βλάστησης. Για την απομάκρυνση της βλάστησης υπάρχει μεγάλη ποικιλία μηχανημάτων, τα οποία διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: α) τα εκχερσωτικά που εκριζώνουν τους θάμνους και τα δένδρα και β) τα κοπτικά που αφαιρούν μόνο το επίγειο τμήμα. Καλό είναι να χρησιμοποιηθούν κατά το δυνατόν ελαφρύτερα μηχανήματα όπως γεωργικοί ελκυστήρες που θα συμπέσουν λιγότερο το έδαφος από τους βαρείς προωθητές που χρησιμοποιούνται ευρέως στο εξωτερικό. Σε περίπτωση που στην επιφάνεια του εδάφους δεν υπάρχουν θάμνοι, αλλά υπάρχει νεκρή οργανική ύλη (π.χ. ξηρά κλαδιά) καλό είναι να γίνει ένα φρεζάρισμα ώστε να τεμαχιστούν και να επιταχυνθεί η αποσύνθεσή τους. Τα υπολείμματα της εκχέρσωσης πρέπει οπωσδήποτε να απομακρυνθούν από τις επιφάνειες για να μη γίνουν εστίες φωτιάς. Σε χώρες του εξωτερικού με πιο υγρό κλίμα (ΗΠΑ, Καναδάς) τα υπολείμματα αυτά πολλές φορές καίγονται με ελεγχόμενη φωτιά. Στην Ελλάδα όμως λόγω του ξηροθερμικού κλίματος είναι καλύτερο να συγκεντρωθούν σε έναν κατά το δυνατόν ανοιχτό χώρο και είτε να αφεθούν εκεί έως της πλήρους αποσύνθεσής τους, είτε να καούν κάποια μέρα με κατάλληλες καιρικές συνθήκες.

Όσον αφορά στην κατεργασία του εδάφους, δεν υπάρχει κανένας λόγος να γίνει βαθειά άροση εφόσον το έδαφος έχει ικανοποιητικές φυσικές και χημικές ιδιότητες για την ανάπτυξη των φυταρίων. Η βαθειά άροση χρησιμοποιείται σε βαριά ή πετρώδη εδάφη ή όταν ο επιφανειακός ορίζοντας έχει κακές ιδιότητες π.χ. άλατα και απαιτείται έντονη αναμόχλευση του εδάφους.

### **Φύτευση**

Το πρώτο θέμα που πρέπει να αντιμετωπιστεί σε μία αναδάσωση είναι αν αυτή θα γίνει με σπορά ή με φύτευση. Το πλεονέκτημα της σποράς είναι ότι μοιάζει περισσότερο στο φυσικό τρόπο αναγέννησης των δασών, τα φυτά και ιδίως οι ρίζες τους, αναπτύσσονται ομαλά αφού δεν υφίστανται μεταφυτευτικό σοκ. Επίσης, η σπορά εξασφαλίζει μεγαλύτερη πυκνότητα φυταρίων και συνεπώς παρέχει δυνατότητα μεγαλύτερης επιλογής. Τα μειονεκτήματά της είναι ότι είναι πολύ ευάλωτη σε αστάθμητους παράγοντες και συγκεκριμένα: α) Εκτεταμένη ξηρασία, β) καταστροφή από τρωκτικά, γ) ανταγωνισμός από ποώδη βλάστηση. Συνεπώς, η σπορά ταιριάζει μόνο σε εδάφη που αποδεδειγμένα δεν είναι χορτοβριθή και η επιτυχία της είναι σε μεγάλο βαθμό θέμα τύχης. Αντίθετα, η αναδάσωση με φύτευση μπορεί να μην είναι τόσο φυσική, από οικολογικής πλευράς, όμως, έχει μεγαλύτερες πιθανότητες επιτυχίας καθώς τα μονοετή ή συνηθέστερα διετή φυτά που χρησιμοποιούνται έχουν ξεπεράσει το πρώτο και

κρισιμότερο στάδιο της ανάπτυξής τους (Ερευνητική εργασία Φωτόπουλου, 2007). Εξάλλου, η διεθνής και ελληνική πρακτική αναδάσωσης μέχρι σήμερα εφαρμόζεται με φύτευση.

Η καλύτερη εποχή φύτευσης είναι το φθινόπωρο αφού έχουν πέσει οι πρώτες βροχές και το έδαφος είναι υγρό. Εαρινές φυτεύσεις δεν ενδείκνυνται, διότι τα φυτά θα πρέπει σύντομα να ανταπεξέλθουν στις συνθήκες έντονου στρες του καλοκαιριού. Τα φυτά που θα χρησιμοποιηθούν μπορεί να είναι βωλόφυτα ή γυμνόριζα. Η φύτευση των γυμνόριζων μπορεί να γίνει πολύ εύκολα και ταχύτατα αν υπάρχει το κατάλληλο μηχάνημα. Για πρακτικούς λόγους η φύτευση προτείνεται να γίνει με βωλόφυτα, τα οποία έχουν συνήθως και μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας. Ο πιο απλός τρόπος φύτευσης είναι η μηχανική διάνοιξη των αυλάκων με μονόουνο άροτρο συρόμενο από γεωργικό ελκυστήρα και η φύτευση των φυταρίων χειρωνακτικά. Το βάθος του κάθε αυλάκα πρέπει να είναι περίπου 30cm.

### Περιποίηση των φυτών

Μετά τη φύτευση τα φυτά είναι καλό να μην εγκαταλείπονται στην τύχη τους. Η περιποίηση της νεοφυτείας περιλαμβάνει ποτίσματα, καταπολέμηση της ανταγωνιστικής βλάστησης και προστασία. Εντούτοις, στις περισσότερες αναδασώσεις στην Ελλάδα δεν γίνονται ποτίσματα ούτε καταπολέμηση των ζιζανίων λόγω αυξημένου κόστους. Τέτοιου είδους περιποιήσεις περιορίζονται μόνο σε φυτεύσεις που γίνονται σε πάρκα ή άλση.

Αυτό που σίγουρα θα χρειαστεί να γίνει είναι περίφραξη ορισμένων περιοχών που γειτνιάζουν με βοσκοτόπους για προστασία από τη βόσκηση κατά τα 5 πρώτα έτη όπως συνηθίζεται.

### 2.2.3 Προδιαγραφές του φυτευτικού υλικού

Όλα τα φυτά που θα φυτευτούν πρέπει:

- Να είναι υγιή
- Να έχουν καλά αναπτυγμένο ριζικό σύστημα, καλή διαμόρφωση κόμης και καλή ανάπτυξη του κεντρικού στελέχους
- Να υπάρχει καλή σχέση υπογείου και υπέργειου τμήματος (να αποφεύγονται δενδρύλλια με υπερβολικά ανεπτυγμένο υπέργειο και μικρή μπάλα χώματος)



- Πλην ελαχίστων ειδών να είναι βωλόφυτα είτε σε χαρτογλαστρίδια ή σε φυτοσάκκους πολυαιθυλενίου και εδώ λαμβάνεται πάντα υπόψη το μέγεθος του υπέργειου τμήματος

### Κηπαιο χώμα

Για τη βελτίωση των εδαφικών **συνθηκών** με τους επιθυμητούς μικροοργανισμούς θα πληρούνται οι λάκκοι φύτευσης με επιφανειακό χώμα το οποίο θα προέρχεται από επιφανειακές εκκαφές μικρότερες των 50 εκ., θα είναι απαλλαγμένο από μπάζα και διάφορες άλλες προσμίξεις και θα είναι χαλαρής δομής, με σύσταση αμμοπηλώδη ή αμμοαργιλώδη. Θα έχει επίσης άριστες φυσικοχημικές ιδιότητες, **συσσωματώδη** υφή, καλή υδατοδιαπερατότητα και υδατοϊκανότητα και τέλος θα είναι απαλλαγμένο από αυξημένες ποσότητες αλάτων και ξένων υλών.

Ειδικότερα η περιεκτικότητα του κηπευτικού χώματος πρέπει να είναι 20-30% άργιλος, 50-70% άμμος, ενώ το pH περίπου 7 (ουδέτερο). Η μείωση του pH επιτυγχάνεται με τη χρήση θείου (θειάφι), ενώ η αύξηση σε περίπτωση όξινου υλικού με τη χρήση γύψου ή τριμμένου ασβεστόλιθου.

Το επιφανειακό χώμα (κηπευτικό) θα χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπους :

- Για την πλήρωση λάκκων φύτευσης (0,30 X 0,40 μ.) της δενδρώδους βλάστησης
- Για την πλήρωση λάκκων φύτευσης (0,30 X 0,30) της θαμνώδους βλάστησης.

### Δενδρώδης βλάστηση

Τα δέντρα που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι άριστης ποιότητας, υγιή, θα έχουν πλούσιο ριζικό σύστημα, απαλλαγμένο από φυτοπαθολογικές και εντομολογικές προσβολές, θα είναι βωλόφυτα (ανάπτυξη σε φυτόσακκο) και θα φυτευτούν σε λάκκους διαστάσεων 0,30 X 0,40.

### Θαμνώδης βλάστηση

Οι θάμνοι που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να διαθέτουν πλούσιο ριζικό σύστημα απαλλαγμένο από φυτοπαθολογικές και εντομολογικές προσβολές, θα είναι και αυτά βωλόφυτα (αναπτυγμένα σε φυτόσακκο) και θα φυτευτούν σε λάκκους διαστάσεων 0,3 X 0,30.

## 2.2.4 Επιλογή δασοπονικών ειδών - Προτεινόμενα είδη βλάστησης

Τα προς φύτευση είδη (ποώδη - αγροστώδη, θαμνώδη, δενδρώδη) να εντάσσονται στην ίδια φυτοκοινωνιολογική ζώνη της περιοχής (ίδια βλαστική ζώνη, ίδιος βιοκλιματικός όροφος, μεσογειακό βιοκλίμα).

Για την προτεινόμενη λύση επιλέχθηκαν ορισμένα είδη φυτών στις παρακάτω κατηγορίες:

- Κωνοφόρα δένδρα
- Πλατύφυλλα δένδρα
- Θάμνοι ανθεκτικοί -λιτοδιαίτοι

### 2.2.4.1 Προτεινόμενες ομάδες φυτών για την ανάπλαση του χώρου:

#### Δένδρα κωνοφόρα

- *Pinus halepensis* (χαλέπιος)
- *Pinus brutia* (τραχεία πεύκη)
- *Cupressus sempervirens* (κυπαρίσσι αειθαλές): κατα θέσεις μόνο και όπου υπάρχουν σχετικά καλές κλίσεις. Στα πρανή θα χρησιμοποιηθεί κυρίως πεύκη.
- *Dedrus libani* (κέδρος Λιβάνου): μόνο κατά θέσεις, πιθανόν σε δρόμους για αισθητική αναβάθμιση - μικρή συμμετοχή

#### Δένδρα Πλατύφυλλα

- *Corylus avellana* λειποκαρυά (φουντουκιά)
- *Acer sp.* (Σφένδαμος)

#### Θάμνοι (θαμνώδη) φυτά

- *Spartium junceum* (Σπάρτο)
- *Robinia pseudoacacia* (Ψευδακακία)

#### 2.2.4.2 Προτεινόμενες φυτευτικές ενότητες

Οι φυτευτικοί σύνδεσμοι που προτείνονται κυμαίνονται από 1,5Χ1,5 για θάμνους έως 3Χ3 για δέντρα με ενδιάμεσες διακυμάνσεις ανά φυτευτική ενότητα και ειδικότερα παρουσιάζονται ακολούθως.

##### A. Φυτευτική ενότητα 1 (ΦΕ1)

*Δένδρα κωνοφόρα* (χαλέπιος πεύκη και κυπαρίσσι) σε φυτευτικό σύνδεσμο 2Χ2 και σε αναλογία 1 κυπαρίσσι ανά 6 πεύκες. Επειδή μπορεί να υπάρχουν ήδη δέντρα στην περιοχή, υπολογίζονται 250 φυτά ανά στρέμμα.

Η φυτευτική ενότητα 1 προτείνεται στις περιοχές δασοκάλυψης που βρίσκονται εντός των λεκανών απορροής:

- 6.2 (Βασιλικής)
- 6.3 (Γράβου)
- 7.1 (Δροσοχωρίου)
- 7.2 (Ηλιόκαλης)
- 7.3 (Δαφνούλας)

##### B. Φυτευτική ενότητα 2 (ΦΕ2)

*Σκληροφυλλική βλάστηση με πουρνάρι και φουντουκιά* σε φυτευτικό σύνδεσμο 3Χ3 και σε αναλογία 1 φουντουκιά ανά 6 πουρνάρια. Υπολογίζονται 100 φυτά ανά στρέμμα.

Η φυτευτική ενότητα 2 προτείνεται στις περιοχές δασοκάλυψης που βρίσκονται εντός των λεκανών απορροής:

- 3 (Ντουραχάνι)
- 4 (Μέγας Λάκκος)

##### Γ. Φυτευτική ενότητα 3 (ΦΕ3)

Δένδρα δρυός και σφένδαμου σε φυτευτικό σύνδεσμο 3Χ3 και σε αναλογία 1 σφένδαμος ανά 6 δρύες. Υπολογίζονται 100 φυτά ανά στρέμμα.

Η φυτευτική ενότητα 3 προτείνεται στις περιοχές δασοκάλυψης που βρίσκονται εντός των λεκανών απορροής:

- 5.1 (Μάζια)
- 5.2 (Λογγάδων)
- 6 (Βασιλική)
- 6.1 (Κατούνας)

#### **Δ. Φυτευτική ενότητα 4 (ΦΕ4)**

Θάμνοι και δένδρα με σπάρτο και ακακία σε φυτευτικό σύνδεσμο 1,5Χ1,5 για το σπάρτο και κάθε 6 μέτρα ακακία. Υπολογίζονται 400 φυτά ανά στρέμμα.

Η φυτευτική ενότητα 4 προτείνεται στις περιοχές δασοκάλυψης που βρίσκονται εντός των λεκανών απορροής:

- 1 (Λάκκος Λούλη)
- 2 (Στρουνίου ή Αμφιθέας)
- 7.5 (Αγίας Παρασκευής)
- 8 (Σερβιανών)
- 9.1 (Συγκρότημα Μαρμάρων)
- 9.2 (Συγκρότημα Νεοχωρόπουλου)

Οι προτεινόμενες αναδασώσεις φαίνονται στον χάρτη 2 του Παραδοτέου 3.

#### 2.2.4.3 Πρόταση βλάστησης

Η φύτευση των φυλλοβόλων δένδρων θα γίνει κατά το διάστημα που σταματά η βλάστηση δηλ. από Νοέμβριο έως Μάρτιο σε λάκκους διαστάσεων 0,30 – 0,40 m προς όλες τις διευθύνσεις.

Τα αειθαλή και πιο συγκεκριμένα τα πλατύφυλλα αειθαλή και ιδίως τα ευαίσθητα θα φυτευθούν κατά την περίοδο της άνοιξης (Μάρτιο - Μάιο) ενώ τα κωνοφόρα θα φυτευθούν κατά την περίοδο της αναπαύσεως δηλ. από Νοέμβριο - Μάρτιο σε λάκκους 0,30 – 0,40m όπως και τα φυλλοβόλα.

Για τους θάμνους ισχύουν τα ίδια με τα δένδρα (εκτός από ελάχιστες περιπτώσεις) όσον αφορά την εποχή φύτευσης αλλά σε μικρότερους λάκκους 0,30 m προς όλες τις διευθύνσεις.

Στο λάκκο φύτευσης κάθε δένδρου θα τοποθετηθεί μια μικρή ποσότητα οργανοχημικού λιπάσματος (ή άλλου ανόργανου σύνθετου λιπάσματος πχ 11 -15-15) της τάξεως των 4,00 -8,00gr, ενώ για τους θάμνους η ποσότητα αυτή θα κομμαίνεται μεταξύ των 300 – 500gr.

Τα δένδρα θα υποστηριχθούν με πασσάλους. Η διαμόρφωση κυκλικού χώρου (στο λάκκο) χαμηλότερου από το γενικό επίπεδο κρίνεται πάντα απαραίτητη όπως και πότισμα μετά από κάθε φύτευση. Η ηλικία των φυτών για την μεταφύτευση τους από το φυτώριο είναι ιδανικότερη όταν είναι μικρή. Το πρόβλημα πάντως της χρησιμοποίησης ανεπτυγμένων φυτών λύνεται με τα φυτά που φέρουν μεγάλη μπάλα χώματος από το φυτώριο.

#### 2.2.5 Περιποίηση αναδασώσεων

Η περιποίηση των νέων φυτεύσεων είναι αναγκαία για την εξασφάλιση της επιβίωσης και της ανάπτυξής τους. Η πιο δυσμενής περίοδος είναι η θερινή λόγω των υψηλών θερμοκρασιών οι οποίες σε συνάρτηση με το αβαθές του εδάφους γίνονται κρίσιμες από άποψη υγρασίας. Επειδή το πότισμα των νέων φυτών είναι αδύνατον να εφαρμοστεί, θα εφαρμοστεί η μέθοδος του σκαλίσματος. Το σκάλισμα θα γίνεται τις δύο επόμενες ανοίξεις από τη φύτευση και μάλιστα μετά το τέλος των βροχών και πριν ξηραθεί το έδαφος. Με το σκάλισμα θα απομακρύνεται και η ανεπιθύμητη βλάστηση.

#### 2.2.6 Φύλαξη και αντιπυρικά μέτρα

Επειδή δεν αποκλείονται ζημιές των φυτορίων που θα προέλθουν από βοσκή και από πυρκαγιές, προτείνεται η έντονη προστασία των αναδασωτέων εκτάσεων ως εξής:

- Θα εκδοθεί απαγορευτική διάταξη βροχής και καυσοξυλεύσεως για τις αναδασωμένες εκτάσεις
- Καθήκοντα φύλαξης θα ασκήσει ο Δημόσιος Δασοφύλακας της περιοχής
- Η έκταση θα περιφραχθεί με σύρμα αγκαθωτό σύμφωνα με τις προδιαγραφές περιφραξης της Δασικής Υπηρεσίας
- Θα ενημερωθούν οι κάτοικοι και κυρίως οι βοσκοί για την πρόληψη των πυρκαγιών

### 2.2.7 Κόστος εργασιών αναδάσωσης

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι προμετρήσεις και το εκτιμώμενο κόστος των εργασιών αναδάσωσης.

Οι συνολικές εκτάσεις προς αναδάσωση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα, ενώ θεωρείται ότι ποσοστό 40% των περιοχών θα αναδασωθεί καθώς η υφιστάμενη βλάστηση εκεί θα διατηρηθεί.

#### Προμετρήσεις φυτευτικού υλικού

##### A. Φυτευτική Ενότητα 1

- Συνολική επιφάνεια φυτεύσεων: 985 στρέμματα
- Σύνολο φυτών:  $985 \times 40\% \times 250 = 98.500$  φυτά
- Χαλέπιος πεύκη:  $98.500 \times (6/7) = 84.500$  φυτά
- Κυπαρίσσι: 14.000 φυτά

##### B. Φυτευτική Ενότητα 2

- Συνολική επιφάνεια φυτεύσεων: 525 στρέμματα
- Σύνολο φυτών:  $525 \times 40\% \times 200 = 105.000$  φυτά
- Πουρνάρι:  $105.000 \times (6/7) = 90.000$  φυτά



- Φουντουκιά: 15.000 φυτά

### Γ. Φυτευτική Ενότητα 3

- Συνολική επιφάνεια φυτεύσεων: 1.090 στρέμματα
- Σύνολο φυτών:  $1.090 \times 40\% \times 100 = 43.600$  φυτά
- Δρυς:  $43.600 \times (6/7) = 37.400$  φυτά
- Σφένδαμος: 6.200 φυτά

### Δ. Φυτευτική Ενότητα 4

- Συνολική επιφάνεια φυτεύσεων: 4.600 στρέμματα
- Σύνολο φυτών:  $4.600 \times 40\% \times 400 = 740.000$  φυτά
- Σπάρτο:  $740.000 \times (6/7) = 630.000$  φυτά
- Ψευδακακία: 110.000 φυτά

**Πίνακας 1:** Προμετρήσεις δένδρων - θάμνων

| Είδος         | Μονάδα μέτρησης | Ποσότητα |
|---------------|-----------------|----------|
| Χαλέπος πεύκη | τεμ.            | 84.500   |
| Κυπαρίσσι     | τεμ.            | 14.000   |
| Πουρνάρι      | τεμ.            | 90.000   |
| Φουντουκιά    | τεμ.            | 15.000   |
| Δρυς          | τεμ.            | 37.400   |
| Σφένδαμος     | τεμ.            | 6.200    |
| Σπάρτο        | τεμ.            | 630.000  |
| Ψευδακακία    | τεμ.            | 110.000  |

| ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΑΝΑΔΑΣΩΣΗΣ |                                                                          |                   |                  |        |          |                     |                  |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|--------|----------|---------------------|------------------|
| α/α                             | Είδος εργασίας                                                           | Άρθρο Αναθεώρησης | Ενιαίο τιμολόγιο | Μονάδα | Ποσότητα | Τιμή Μονάδας (ευρώ) | ΔΑΠΑΝΗ (ευρώ)    |
| ΟΜΑΔΑ 2.1: ΕΡΓΑ ΔΑΣΟΚΑΛΥΨΗΣ     |                                                                          |                   |                  |        |          |                     |                  |
| 2.1.1                           | Διάνοιξη λάκκων φύτευσης 0,30 Χ 0,30                                     | ΠΡΣ 5130          | ΠΡΣ Ε2.1         | Τεμ    | 630,000  | 0.80                | 504,000          |
| 2.1.2                           | Διάνοιξη λάκκων φύτευσης 0,30 Χ 0,40                                     | ΠΡΣ 5130          | ΣΧΕΤ. ΠΡΣ Ε2.1   | Τεμ    | 357,100  | 0.90                | 321,390          |
| 2.1.3                           | Προμήθεια φυτών (δένδρα)                                                 | ΠΡΣ-5210          | ΠΡΣ Δ1.1         | Τεμ    | 357,100  | 3.30                | 1,178,430        |
| 2.1.4                           | Προμήθεια φυτών (θάμνοι)                                                 | ΠΡΣ-5210          | ΠΡΣ Δ2.1         | Τεμ    | 630,000  | 2.10                | 1,323,000        |
| 2.1.5                           | Φύτευση σε λάκκους                                                       | ΠΡΣ 5220          | ΠΡΣ Ε9.1         | Τεμ    | 987,100  | 0.40                | 394,840          |
| 2.1.6                           | Λίπανση φυτών                                                            | ΠΡΣ 5340          | ΠΡΣ ΣΤ 3.1       | Τεμ    | 987,100  | 0.10                | 98,710           |
| 2.1.7                           | Υποστύλωση δένδρων με την αξία του πασσάλου                              | ΠΡΣ 5240          | ΠΡΣ Ε11.1.1      | Τεμ    | 357,100  | 3.00                | 1,071,300        |
| 2.1.8                           | Σκαλισματα δενδρυλλίων                                                   | ΠΡΣ 5130          | ΣΧΕΤ ΠΡΣ Ε2.1    | Τεμ    | 987,100  | 0.10                | 98,710           |
| 2.1.9                           | Επαναφύτευση φυτών κατά το 2ο έτος σε περίπτωση αποτυχίας σε ποσοστό 10% | ΠΡΣ 5130          | ΣΧΕΤ ΠΡΣ Ε2.1    | Τεμ    | 98,710   | 4.00                | 394,840          |
| 2.1.10                          | Περιφραξη                                                                | ΟΙΚ 6402          | ΠΡΣ Β3           | Kg     | 267,000  | 2.00                | 534,000          |
| <b>Σύνολο</b>                   |                                                                          |                   |                  |        |          |                     | <b>5,919,220</b> |

Επειδή ο προϋπολογισμός των έργων αναδάσωσης είναι σημαντικά υψηλός, κρίνεται σκόπιμη η τμηματική κατασκευή των έργων δίνοντας όμως προτεραιότητα στα έργα αναδάσωσης της λεκάνης απορροής Σερβιανών και Αγίας Παρασκευής.

Προκειμένου να υλοποιηθούν τα έργα αναδάσωσης, θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες οριστικές μελέτες για τις οποίες, εκτιμάται χρόνος εκπόνησης 1 έτος. Οι μελέτες θα περιλαμβάνουν και τα έργα ορεινής υδρονομίας και ο υπολογισμός της προβλεπόμενης αμοιβής παρατίθεται στην παράγραφο 2.3 της παρούσας έκθεσης.

## 2.3 ΕΡΓΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

### 2.3.1 Τεχνική Περιγραφή

Η κατασκευή των υδρονομικών έργων στη λεκάνη απορροής των χειμάρρων (τεχνικών, φυτοτεχνικών) είναι χρονοβόρα και προϋποθέτει σημαντικές πιστώσεις, οι οποίες δεν είναι εύκολο να εξευρεθούν. Στη πράξη έχει αποδειχθεί ότι, συχνά η εκτέλεση των φυτοτεχνικών εργασιών δεν είναι, δυνατόν να πραγματοποιηθεί στη επιθυμητή έκταση λόγω κοινωνικών προβλημάτων (βοσκή, γεωργικές καλλιέργειες, οικισμοί κ.λπ.). Για τους παραπάνω λόγους δεν είναι κατά κανόνα δυνατόν η **απόλυτη** αποτροπή της παραγωγής και διακίνησης υλικών στις λεκάνες απορροής των χειμάρρων.

Όλα αυτά σε συνδυασμό με την ανάγκη να αρχίσει η προστασία του λιμναίου χώρου από τις προσχώσεις, επιβάλλουν την άμεση συγκράτηση των φερτών υλικών στα κατάντη των λεκανών απορροής των ρευμάτων και πριν την είσοδο τους στο λιμναίο χώρο.

Τα έργα που απαιτούνται να κατασκευασθούν για το σκοπό αυτό αποτελούνται:

- από τα κύρια έργα διευθέτησης και
- από τα βοηθητικά έργα στερέωσης των κυρίων πεδινών κοιτών.

Τα υλικά που παράγονταν στη λεκάνη της λίμνης και ιδίως αυτά από τους χειμάρρους της ομάδας II (ρ.Μάζια, ρ.Λογγάδων, ρ.Μαβίλης), τα οποία αποτελούν και την κύρια μάζα τροφοδοσίας, συνεπώς και πρόσχωσης της λίμνης, πρέπει, να μην φθάνουν στον λιμναίο χώρο, αλλά να συγκρατούνται, στην περιοχή μεταξύ πέρατος των ορεινών λεκανών και δέλτα των ρευμάτων σε κατάλληλους χώρους χωρίς όμως να προκαλούνται διαβρώσεις στις πεδινές διαδρομές (κοίτες) από τα "καθαρά" νερά.

Τα έργα ορεινής υδρονομίας που προσφέρονται για το σκοπό αυτό είναι τα εξής:

- φράγματα συγκράτησης φερτών υλών στις κοίτες εκκένωσης των ρεμάτων
- δεξαμενές απόθεσης φερτών υλών
- αντιπλημμυρικά φράγματα σε κατάλληλες θέσεις των ορεινών κοιτών μέχρι την έξοδο
- τους στην πεδινή περιοχή

- Στερέωση των κοιτών για αποτροπή χαραδρωτικών & πρανικών διαβρώσεων
- αποτροπή των ολισθήσεων

Με βάση τη χειμαρρικήτητα των ρεμάτων της ομάδας II κρίνεται ότι, σε όλα τα ρέματα, πρέπει, σε πρώτη φάση, να κατασκευαστούν δεξαμενές απόθεσης υλικών ή (όπου αυτό είναι δυσχερές) φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών, και σε δεύτερη φάση, να κατασκευαστούν δεξαμενές (λίμνες) καθίζησης - έργα πεδινής υδρονομίας. Τα ενδιάμεσα όμως έργα στερέωσης - έργα πεδινής υδρονομίας - θα πρέπει να κατασκευαστούν ταυτόχρονα με τις δεξαμενές απόθεσης.

Οι δεξαμενές απόθεσης ή τα φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών αποτελούν τα πρώτα έργα ελέγχου των διακινούμενων υλικών, τα οποία πρέπει να κατασκευαστούν στο χώρο της λεκάνης απορροής. Τα έργα αυτά, αποσκοπούν στο να συγκρατήσουν, στην έξοδο των λεκανών απορροής, το στερεοφορτίο αλλά και σημαντικό μέρος του αιωροφορτίου (τα αδρομερέστερο) που παράγεται σ'αυτές, το οποίο μεταφέρεται από τα χειμαρρικά νερά, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο, σε σημαντικό βαθμό, την ένταση της κατατριβής και αποτρέποντας την πρόσκωση του λιμναίου χώρου κατά ένα μεγάλο ποσοστό. Παράλληλα δε, αποσκοπούν στο να προσφέρουν σημαντική αντιπλημμυρική προστασία στην, μεταξύ των λεκανών απορροής και της λίμνης, πεδινή περιοχή.

Η χωρητικότητα, τόσο των δεξαμενών όσο και των φραγμάτων συγκράτησης, δεν είναι απεριορίστη. Καθορίζεται από τον διατιθέμενο χώρο, από το είδος των έργων που την διαμορφώνουν, και από τα υλικά που μεταφέρονται, ως προς τον όγκο και την κοκκομετρική τους συγκρότηση. Επομένως, πρόκειται για έργα που πρέπει να διαμορφώνονται εκκενώσιμα, και συνεπώς επισκέψιμα από μηχανικά μέσα. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι, το αποτιθέμενο υλικό (προσχώσεις) συχνά είναι αξιοποιήσιμο (αμμοληψία, οδοποιία, βελτίωση αγρών κλπ.). Ο ρόλος των έργων αυτών περιορίζεται ή ελαχιστοποιείται όταν, καταστεί δυνατό να ολοκληρωθούν και να αποδώσουν τα λοιπά ορεινά υδρονομικά έργα (τεχνικά όσο και φυτοτεχνικά) στις λεκάνες απορροής των χειμάρρων και παύσει έτσι η παραγωγή υλικών.

Οι θέσεις των δεξαμενών απόθεσης που πρέπει να κατασκευαστούν στις λεκάνες απορροής των χειμάρρων της ομάδας II δίνονται στο σχέδιο 3. Πάντως σημειώνεται ότι οι θέσεις αυτές είναι ενδεικτικές.

Η ακριβής τοποθέτηση κάθε δεξαμενής στο χώρο, περί την ενδεικτική θέση της, θα γίνει μετά από σύνταξη ειδικών σχετικών μελετών, με βάση τις ειδικές συνθήκες του τοπικού αναγλύφου,

το ιδιοκτησιακό καθεστώς την κοκκομετρία του υλικού απόθεσης, καθώς και του προσφορώτερου τρόπου απόθεσης, προσπέλασης και αξιοποίησης υλικών. Εάν οι ειδικές μελέτες δείξουν ότι δεν προσφέρεται ή δεν είναι δυνατή η κατασκευή δεξαμενών (για διαφόρους λόγους, κοινωνικούς λειτουργικούς κλπ), θα ιδρυθούν σε κατάλληλες θέσεις, σε αντικατάσταση τους φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών.

Δεξαμενές απόθεσης υλικών προτείνεται να κατασκευαστούν στις λεκάνες και υπολεκάνες των ακολούθων χειμάρρων της ομάδας II:

| Κωδικός | Χείμαρρος        |
|---------|------------------|
| 5       | Λογγάδες         |
| 6.1     | Κατούνας         |
| 6.2     | Βασιλικής        |
| 6.3     | Γράβου           |
| 7.1     | Δροσοχωρίου      |
| 7.2     | Ηλιοκάλης        |
| 7.3     | Δαφνούλας        |
| 7.5     | Αγίας Παρασκευής |

Σε όσες από τις παραπάνω λεκάνες και υπολεκάνες (π.χ. Χείμαρρος Δροσοχωρίου κλπ) διαπιστωθούν προβλήματα (αδυναμία κατασκευής για κοινωνικούς, κατασκευαστικούς, τοπογραφικούς κλπ.) στην κατασκευή δεξαμενών απόθεσης, προτείνεται όπως αντικατασταθούν με αναλόγου απόδοσης έργα και κυρίως με φράγματα συγκράτησης υλικών. Πάντως αυτό θα κριθεί οριστικά από ειδική μελέτη που πρέπει να γίνει.

Στο ρέμα 9 (χ.Λαγκάτσας), λόγω της ιδιομορφίας του δεν θα κατασκευαστεί, δεξαμενή απόθεσης -μόνο δεξαμενή (λίμνη) καθίζησης. Στο δε ρέμα 8(ρ.Σερβιανών) προτείνεται να κατασκευαστεί μόνο δεξαμενή (λίμνη) καθίζησης, η οποία όμως θα λειτουργεί ως δεξαμενή συγκράτησης και καθίζησης. Οι λεκάνες απορροής στα ρέματα 8 και 9, έχουν αρκετά μεγάλη επιφάνεια και περιορισμένη υψομετρική ανάπτυξη. Μάλιστα πριν το 1965 τα ρέματα 8 (χ.Σερβιανών) και 9 (χ.Λαγκάτσας) δεν εισέρχονταν στην λίμνη. Με τα έργα που εκτελέστηκαν το 1965 αλλά και το 1972, έγινε προσαγωγή στη λίμνη τόσο του ρέματος 8 (χ.Σερβιανών),με ανοικτή κοίτη, όσο και του ρέματος 9 (χ.Λαγκάτσας),με κλειστό αγωγό. Τα ρέματα 8 και 9 σχηματίζουν ασαφείς κώνους απόθεσης και κοίτες αναμετακίνησης, ευθύς μετά την έξοδο τους στα πεδινά. Μετά δε από μια

σημαντική διαδρομή στον πεδινό χώρο καταλήγουν στη λίμνη, ο μιν 8 με τεχνητή κοίτη, ο 9 με τεχνητή σήραγγα. Σύνεπως μόνο ένα μικρό μέρος των υλικών που διακινούν καταλήγει τελικά στην λίμνη Παμβώτιδα.

Οι δεξαμενές απόθεσης διαμορφώνονται με την κατασκευή ειδικού αναχώματος, το οποίο περιβάλλει την έκταση που προβλέπεται από την μελέτη στην περιοχή κατασκευής τους. Στη θέση εξόδου της κοίτης του ρέματος από τη δεξαμενή κατασκευάζετε φράγμα (από σκυρόδεμα ή λιθοδομή), το οποίο επιτρέπει την εκροή από τη δεξαμενή των χειμαρρικών νερών χωρίς να προκληθούν ζημιές στο χειμαρρικό κορμό. Κατά κανόνα (ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες) κατασκευάζεται και φράγμα ή ουδός στη θέση εισροής του ρέματος στη δεξαμενή. Στο εσωτερικό της δεξαμενής μπορούν να κατασκευάζονται εμπόδια που να διευκολύνουν την απόθεση των υλικών ανάλογα με την κοκκομετρία του προς απόθεση υλικού και της κλίσης και της μορφής της δεξαμενής. Επίσης το φράγμα μπορεί να κατασκευάζεται ως φράγμα - διαλογής (διαλογική συγκράτηση) ανάλογα με τη σχέση μεταξύ αδρομερούς και λεπτόκοκκης φάσης. Στη δεξαμενή προβλέπονται ειδικές προσβάσεις για μηχανικά μέσα καθαρισμού και φορτηγά βαρέως τύπου, ώστε να εξασφαλίζεται η προοπτασιμότητα και εκκενωσιμότητα της.

Τα φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών κατασκευάζονται κατά προτίμηση σε στενές βραχώδεις θέσεις με υπέργειο ύψος μεγαλύτερο των 6m ώστε να εξασφαλίζεται σε συνάρτηση με το ανάπτυγμά της περιοχής, επαρκής χώρος ταμείωσης. Με βάση τα ίδια κριτήρια αποφασίζεται αν τα φράγματα θα κατασκευαστούν διαλογής ή όχι. Πάντως στα μη διαλογικά φράγματα (τόσο των δεξαμενών απόθεσης όσο και της συγκράτησης φερτών υλικών) πρέπει να προβλέπεται επαρκής αριθμός υδατοχετών που να στραγγίζουν ταχέως τις αποθέσεις.

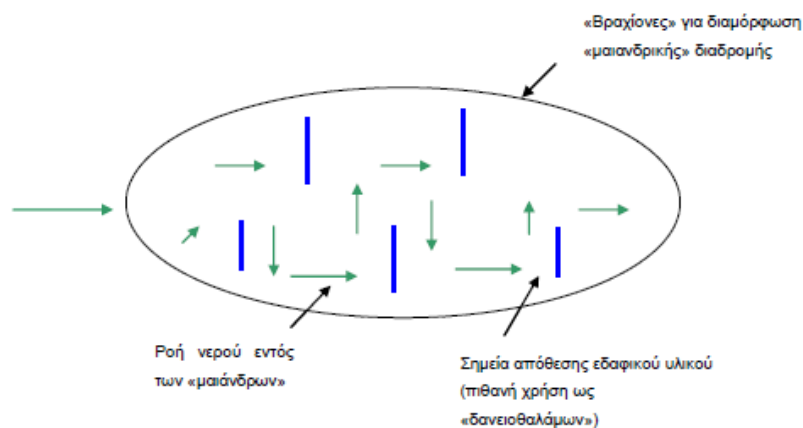
Τα φράγματα των δεξαμενών, όσο και εκείνα της συγκράτησης φερτών υλικών πρέπει οπωσδήποτε να συνοδεύονται από προφράγματα, περυγότοιχους και (ενδεχομένως) κοιτοστρώσεις, ώστε να διασφαλίζονται από υποσκαφές και καθιζήσεις.

Οι δεξαμενές έχουν επικουρικό ρόλο έναντι των φραγμάτων συγκράτησης (που συγκρατούν τα υλικά μεγάλης κοκκομετρίας), αφού συγκρατούν το πιο λεπτόκοκκο κλάσμα του παρασυρόμενου εδαφικού υλικού. Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στη συγκράτηση εδαφικού υλικού στις δεξαμενές, προτείνεται η κατασκευή «βραχιόνων» κατάλληλα τοποθετημένων, ώστε το εισερχόμενο νερό να διαγράφει «μυαιανδρική» διαδρομή, με αποτέλεσμα:



- Λόγω **πρόσκρουσης** των κόκκων εδαφικού υλικού στους «βραχίονες», να καθιζάνει και να συγκεντρώνεται πιο εύκολα
- Λόγω **αύξησης του μήκους της διαδρομής** αλλά και λόγω **ελάττωσης της ορμής** του νερού ακολουθώντας τους «μυιανδρισμούς» της λίμνης, αυξάνει και η ποσότητα των καθιζανόντων υλικών, εξαιτίας του μεγαλύτερου χρόνου παραμονής εντός της δεξαμενής.

**Εικόνα 3:** Τυπική κίνηση νερού σε μία δεξαμενή συγκράτησης λεπτόκοκκου υλικού



Στα έργα ορεινής υδρονομίας, συγκαταλέγεται η στερέωση των κοιτών στις λεκάνες απορροής για την αποτροπή των χαραδρωτικών και πρανικών διαβρώσεων, καθώς και τα έργα για την αποτροπή των ολισθήσεων.

Οι κοίτες, σε ολόκληρο το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής της λίμνης, υφίστανται χαραδρωτικές και πρανικές διαβρώσεις, οι οποίες οδηγούν στην παραγωγή άφθονων φερτών υλικών, ενώ παράλληλα σταθεροποιούν τα πρανή και έτσι αυξάνουν την ολισθησιγένεση και γενικά, την κινητικότητα της παρακοίτιας περιοχής. Επιβάλλεται λοιπόν, η σταθεροποίηση των κοιτών, δηλαδή, η αποτροπή των χαραδρωτικών και των πρανικών διαβρώσεων στο χώρο τους, με τον σχηματισμό σ'αυτές της κατατομής αντιστάθμισης και σταδιακά της κατατομής ισορροπίας. Η επίτευξη των παραπάνω κατανομών θα επιδιωχθεί με την βαθμίδωση των κοιτών και την στερέωση των πρανών τους.

Αυτό ισχύει κυρίως για τις κεντρικές κοίτες των ρεμάτων και των κλάδων τους, αλλά και για τις δευτερεύουσες χαράδρες.

Η βαθμίδωση των κοιτών θα γίνει με την κατασκευή εγκάρσιων τεχνικών έργων ως εξής:

Στις κεντρικές κοίτες των ρεμάτων και των κλάδων τους θα κατασκευαστούν σειρές φραγμάτων με υπέργειο ύψος  $H = 2$  ως  $4\text{m}$  ή ουδών ύψους  $H = 1,0$  ως  $2,0\text{m}$ , κατά την κλίση αντιστάθμισης. Κάθε σειρά, συνιστάται να στηρίζεται σε βασικό φράγμα, το οποίο να συνοδεύεται από πρόσφραγμα και ενδεχόμενα από περυγιότοιχους.

Με τον τρόπο αυτό, θα σταματήσουν οι χαραδρωτικές διαβρώσεις επειδή, κατά πρώτον θα αυξηθεί η αντίσταση των κοιτών, κατά δεύτερον θα διευρυνθούν οι κοίτες, δηλαδή θα μειωθεί η ειδική παροχή του νερού και θα ελαττωθεί η κλίση του πυθμένα μειώνοντας την σουρτική (μεταφορική) δύναμη του νερού, και τέλος, θα μειωθεί σημαντικά ο βαθμός κατατριβής των υλικών και, κατά συνέπεια, ο χρόνος που απαιτείται για την τελική είσοδο τους στη λίμνη.

Ταυτόχρονα, στα ανάντι των φραγμάτων, θα συγκροτηθούν και σημαντικές ποσότητες φερτών υλικών, που θα προέρχονται από τις υπερκείμενες, ως προς αυτά, εστίες παραγωγής υλικών.

Στις στροφές και στις θέσεις πρόσκρουσης των υδάτων στα πρηνή θα κατασκευαστούν (επί προσχώσεων) παράλληλοι τοίχοι (από συρματοπλεκτα κιβώτια), που θα συνοδεύονται και από προβόλους, ή και πρόβολοι (από συρματοπλεκτα κιβώτια ή και από ζώντα κλαδοπλέγματα), ώστε να αποτραπούν οι πρηνικές διαβρώσεις και οι καταπτώσεις των υπερκείμενων πρηνών. Οι βαθμιδώσεις αυτές στις κεντρικές κοίτες θα χρειαστούν ενδιάμεσες συμπληρώσεις, μετά την απόδοση των αναδασώσεων και γενικά των φυτοκομικών και των φυχοτεχνικών έργων, εφόσον καταστεί δυνατό να εκτελεστούν αυτές στις ευρείες εκτάσεις των λεκανών απορροής, οπότε θα μειωθεί η κλίση αντιστάθμισης και θα τείνει να σχηματισθεί σταδιακά η κλίση ισορροπίας. Τέλος, παράλληλα, τα πρηνή των κοιτών θα πρέπει να σταθεροποιηθούν με κατάλληλα φυτοτεχνικά έργα.

Το ίδιο σύστημα σε απλούστερη μορφή (δηλ. κατασκευή ουδών κλπ) και περισσότερο με την υποκατάσταση των τεχνικών από φυτοτεχνικά έργα θα εφαρμοσθεί στις δευτερεύουσες χαράδρες.

Το σύστημα αυτό έχει ήδη εφαρμοσθεί, εν μέρει, με αρκετή επιτυχία, από τη Δασική Υπηρεσία, στη λεκάνη και τις υπολεκάνες απορροής (κεντρικές κοίτες και δευτερεύουσες χαραδρώσεις) των ρευμάτων 6.1, 7.1, 7.2 και 7.3.

Οι περαιτέρω ενέργειες που θα πρέπει να γίνουν είναι οι εξής:

- να ολοκληρωθεί η βαθμιδωση των κεντρικών κοιτών των κλάδων τους και των χαραδρών στα ρέματα 6.1, 6.3, 7.1, 7.2 και 7.3,

- ταυτόχρονα να επεκταθεί αμέσως η βαθμίδωση στις κεντρικές κοίτες τους κλάδους και τις χαράδρες των λοιπών ρεμάτων, δηλ. στα ρέματα 5, 5.1, 5.2, 6.2, 7.4 και 7.5
- να επακολουθήσει σε δεύτερη φάση η βαθμίδωση των κεντρικών κοιτών και των κλάδων τους στα ρέματα 8 και 9 στις μεγαλύτερες των κοιτών μόνο στον ορεινό χώρο.

Λόγω του φλύσχη που επικρατεί στην περιοχή και της ευπάθειάς του στις ολισθήσεις και στις ερπύσεις, συνίσταται να κατασκευάζονται όλα τα τεχνικά έργα και ιδίως οι φραγματικές κατασκευές με πολλούς υδατοχετούς, ώστε να μην δημιουργούνται στάσιμα νερά που προκαλούν διαποτισμό.

Όλα τα φράγματα και οι ουδοί θα κατασκευαστούν συμπαγή δηλαδή από σκυρόδεμα. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στη θεμελίωση τους, δηλ. στην εξασφάλισή τους κατά της υποσκαφής, η οποία θα τα απειλήσει ιδίως μετά την έναρξη της απόδοσης των έργων διευθέτησης, οπότε θα μειωθεί ο όγκος των μεταφερόμενων υλικών.

Για την ίδρυση των φραγμάτων συνιστώνται οι σχετικά στενότερες από τις προσφερόμενες θέσεις, που ενδείκνυνται για την κατασκευή φραγματικών τύπων, ιδιαίτερα οικονομικών όπως τα φράγματα - δοκοί, τα μικτά φράγματα βάρους - δοκοί, τα καμπύλα και εκείνα με πέλμα.

Το ύψος των παράλληλων τοίχων συνιστάται να μην υπερβαίνει το υπέργειο ύψος των 2 - 3m. Η κατασκευή τους, δε, να πραγματοποιείται, κατά προτίμηση, από συρματοπλεκτα κιβώτια, που δημιουργούν ενδιάμεσες κατασκευές, οι οποίες μπορούν να προσαρμοσθούν στις συνεχείς εδαφικές παραμορφώσεις των φλυσχικών πρανών. Η θεμελίωση τόσο των τοίχων, όσο και των προβόλων να γίνεται σε σημαντικό βάθος, ώστε να αποφεύγεται η κατάρρευση τους λόγω υποσκαφής των πρανών.

Επίσης, για την στερέωση των εδαφών, απαιτείται η κατασκευή χαμηλών ουδών σε δευτερεύουσες χαραβδώσεις, οι οποίοι θα κατασκευάζονται από απλές, διπλές ή τριπλές σειρές κλαδοπλεγμάτων ή φακελλωμάτων από ζώντα υλικά, δηλαδή από παραβλασπάνοντα είδη.

Σημαντικό παράγοντα αποτελεί η στερέωση των εδαφών που ολισθαίνουν ή έρπουν στον χώρο των λεκανών και των υπολεκανών απορροής των χειμάρρων. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η αποτροπή της τροφοδοσίας των ρεμάτων με φερτά υλικά καθώς και η αποτροπή του σχηματισμού χειμαρρολαβών. Οι ολισθήσεις είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες στις λεκάνες απορροής των ρεμάτων 5,6,7. Για τον λόγο αυτό, αποτελούν ένα από τα κύρια αίτια παραγωγής φερτών υλικών, συνεπώς, και προσχώσεων της λίμνης.

Από την έρευνα που έγινε στους χειμάρρους της περιοχής διαπιστώθηκε ότι, οι σπουδαιότεροι παράγοντες ολισθησιγένεσης και ερπυσιγένεσης, στην ευρύτερη λεκάνη απορροής της λίμνης είναι οι εξής:

- η υποσκαφή των πρανών
- ο ισχυρός διαποτισμός των γεωμαζών
- η ευνοϊκή συγκρότηση του γεωυποθέματος (ο φλύσχης όταν διαποτιστεί συμπεριφέρεται ως υγρό με μεγάλο ιξώδες)
- η αποσταθεροποίηση του χώρου από στατική άποψη.
- οι εννοϊκές κλιματικές συνθήκες
- ανθρωπογενή αίτια (οδοποιία, οικισμοί, καλλιέργειες- εκχερσώσεις κλπ).

Κατά κανόνα, πρόκειται για συνδυασμό των παραπάνω αιτιών, στον οποίο βέβαια πρωταρχικό ρόλο μπορεί να ασκούν ένα ή και περισσότερα από τα παραπάνω αίτια. Για το λόγο αυτό, δεν είναι δυνατό να δοθεί ένα ενιαίο σύστημα διεύθησης τους. Αυτό αποτελεί αντικείμενο των μελετών, που πρέπει να συνδυασθούν για την κάθε περίπτωση ολίσθησης.

Πάντως, λαμβάνοντας υπόψιν τις σπουδαιότερες περιπτώσεις ολισθήσεων που διαπιστώθηκαν, συνιστάται να κατασκευασθούν τα παρακάτω είδη έργων:

- υψηλά φράγματα ευθύς κατόπι των ολισθαινόντων πρανών καθώς και στις θέσεις αποκατάστασης της στατικής ισορροπίας, για την διαδοχική ανύψωση της κοίτης και τη στερέωση του πόδα των πρανών, καθώς και τη μείωση της συρτικής δύναμης του νερού, τα οποία θα συνοδεύονται από προφράγματα με υπέργειο ύψος 1,0 - 1,5m
- δραίνες (επιφανειακές ή βαθειές) τάφροι και αύλακες στράγγισης για τη στράγγιση των ολισθαινόντων και ερπόντων εδαφών
- αύλακες ή τάφρους εκτροπής των επιφανειακών και υπογείων υδάτων (πηγαίων, υπόγειων κλπ) που συρρέουν από γειτονικές περιοχές στους χώρους ολίσθησης.

- βαθμίδωση των κοιτών στα υδρογραφικά δίκτυα των χώρων ολίσθησης και των γειτονικών περιοχών, για την αποτροπή των χαραδρωτικών διαβρώσεων, που διαβαθύνουν κατά συνέπεια αποσταθεροποιούν τον ολισθαίνοντα χώρο.

Σε περίπτωση πάντως, που προκύψει από την ειδική μελέτη ότι, ο έλεγχος της ολίσθησης θα είναι ανεπαρκής ή αδύνατος, τότε συνιστάται να κατασκευαστούν, στα κατάντη της ολίσθησης και σε κατάλληλη θέση, φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών.

Όλες οι φραγματικές κατασκευές πρέπει να ιδρύονται πλούσιες σε υδατοχετούς, ώστε να επιτρέπουν την ταχεία στράγγιση των προσχώσεων τους, αλλά και των προς στερέωση πρανών, κι έτσι να ευνοούν τη σταθεροποίησή τους.

Για το σκοπό αυτό, συνιστώνται οι κατασκευές βάρους, οι οποίες, λόγω του τρόπου στατικής λειτουργίας τους, επιτρέπουν τις παρεμβολές των υδατοχετών ή ακόμη και ολόκληρων εγκοπών, γεγονός που τις καθιστά "ευκίνητες" και ευσταθείς, ακόμη και σε πλαγιοδυνάμεις. Επίσης συνιστώνται και οι κατασκευές διαλογής.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη θεμελίωση των φραγμάτων αυτών. Ειδικά για υψηλά φράγματα απαιτείται η γωνία κλίσεως που σχηματίζουν τα επάλληλα φράγματα λόγω της διάταξής τους σε σειρά, να μην είναι μικρότερη της φυσικής γωνίας κλίσεως των υλικών απόθεσης.

### 2.3.2 Κόστος εργασιών έργων συγκράτησης φερτών υλικών

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι προμετρήσεις και το εκτιμώμενο κόστος των εργασιών συγκράτησης φερτών υλικών.

| ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΡΓΩΝ |                                          |                  |      |      |                  |      |      |      |                  |      |      |      |      |                  |                  |        |      |      |
|--------------------|------------------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|------------------|------------------|--------|------|------|
|                    |                                          | Κωδικός περιοχής |      |      | Κωδικός περιοχής |      |      |      | Κωδικός περιοχής |      |      |      |      | Κωδικός περιοχής | Κωδικός περιοχής |        |      |      |
| α/α                | Περιγραφή έργου                          | 5                |      |      | 6                |      |      |      | 7                |      |      |      |      | 8                | 9                |        |      |      |
|                    |                                          | Σύνολο           | 5.1  | 5.2  | Σύνολο           | 6.1  | 6.2  | 6.3  | Σύνολο           | 7.1  | 7.2  | 7.3  | 7.4  | 7.5              | Σύνολο           | Σύνολο | 9.1  | 9.2  |
| 1                  | Άμεση συγκράτηση φερτών υλικών           |                  |      |      |                  |      |      |      |                  |      |      |      |      |                  |                  |        |      |      |
| 1.1                | Δεξαμενές απόθεσης φερτών υλικών (TEM)   | 1                | -    | -    | 2                | 1    | 1    | -    | 3                | 1    | 1    | 1    | -    | -                | -                | -      | -    | -    |
| 1.2                | Φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών (TEM) | 2                | 1    | 1    | 3                | 1    | 1    | 1    | 6                | 1    | 1    | 2    | -    | 2                | -                | -      | -    | -    |
| 1.3                | Αντιπλημμорικά φραγματα (TEM)            | 1                | -    | 1    | 4                | 2    | 1    | 1    | 4                | 1    | 1    | 2    | -    | -                | -                | -      | -    | -    |
| 2                  | Στερέωση κοιτών στις λεκάνες απορροής    |                  |      |      |                  |      |      |      |                  |      |      |      |      |                  |                  |        |      |      |
| 2.1                | Φράγματα στερέωσης h>2m(TEM)             | 14               | 6    | 8    | 24               | 13   | 5    | 6    | 45               | 12   | 8    | 15   | 4    | 6                | 3                | 10     | 4    | 6    |
| 2.2                | Προφράγματα (TEM)                        | 3                | 1    | 2    | 7                | 3    | 2    | 2    | 9                | 2    | 2    | 3    | -    | 2                | -                | -      | -    | -    |
| 2.3                | Ουδοί (h>1m)(TEM)                        | 23               | 8    | 15   | 41               | 22   | 14   | 5    | 86               | 17   | 18   | 25   | 10   | 16               | 8                | 13     | 4    | 9    |
| 2.4                | Παράλληλοι τοίχοι, πρόβολοι (Km)         | 0.38             | 0.17 | 0.21 | 1.25             | 0.41 | 0.32 | 0.52 | 2.34             | 0.38 | 0.63 | 0.74 | 0.23 | 0.36             | 0.28             | -      | -    | -    |
| 2.5                | Κλαδοπέγματα (km)                        | 0.62             | 0.27 | 0.35 | 1.57             | 0.86 | 0.48 | 0.23 | 3.03             | 0.74 | 0.58 | 1.06 | 0.18 | 0.47             | 0.34             | 1.11   | 0.68 | 0.43 |
| 3                  | Αποτροπή ολισθησεων                      |                  |      |      |                  |      |      |      |                  |      |      |      |      |                  |                  |        |      |      |
| 3.1                | Υψηλά φράγματα (TEM)                     | -                | -    | -    | 2                | 1    | -    | 1    | 4                | 1    | 1    | 2    | -    | -                | -                | -      | -    | -    |
| 3.2                | Φράγματα στερέωσης h>2m (TEM)            | -                | -    | -    | 2                | 1    | 1    | -    | 4                | 1    | 1    | 2    | -    | -                | -                | -      | -    | -    |
| 3.3                | Ουδοί (h>1m)(TEM)                        | -                | -    | -    | 4                | 1    | 1    | 2    | 7                | 2    | 3    | -    | -    | 2                | -                | -      | -    | -    |
| 3.4                | Προφράγματα (TEM)                        | -                | -    | -    | -                | -    | -    | -    | 1                | -    | -    | 1    | -    | -                | -                | -      | -    | -    |
| 3.5                | Δραίνες διάφορες (Km)                    | -                | -    | -    | 0.71             | 0.24 | 0.19 | 0.28 | 0.84             | 0.29 | 0.19 | 0.36 | -    | -                | -                | -      | -    | -    |
| 3.6                | Αόλακες, τάφροι (Km)                     | -                | -    | -    | 1.09             | 0.38 | 0.30 | 0.41 | 1.57             | 0.73 | 0.36 | 0.48 | -    | -                | -                | -      | -    | -    |



| ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ                      |                                       |             |                          |         |          |              |                   |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|--------------------------|---------|----------|--------------|-------------------|
| α/α Τιμολογ.                              | Είδος εργασίας                        | Άρθρο       | Ενιαίο τιμολόγιο ΥΠΕΧΩΔΕ | Μο-νάδα | Ποσότητα | Τιμή Μονάδας | Δαπάνη            |
|                                           |                                       | Αναθεώρησης |                          |         |          |              |                   |
| ΟΜΑΔΑ 2.2: ΕΡΓΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ |                                       |             |                          |         |          |              |                   |
| 2.2.1                                     | Άμεση συγκράτηση φερτών υλών          |             |                          |         |          |              |                   |
| 2.2.1.1                                   | Δεξαμενές απόθεσης                    |             |                          | τεμ     | 6        | 20,000.00    | 120000.00         |
| 2.2.1.2                                   | Φραγμάτα συγκράτησης φερτών υλικών    |             |                          | τεμ     | 11       | 15,000.00    | 165000.00         |
| 2.2.1.3                                   | Αντιπλημμυρικά φράγματα               |             |                          | τεμ     | 9        | 13,000.00    | 117000.00         |
| 2.2.2                                     | Στερέωση κοιτών στις λεκάνες απορροής |             |                          |         |          |              |                   |
| 2.2.2.1                                   | Φράγματα στερέωσης h>2m               |             |                          | τεμ     | 96       | 5,000.00     | 480000.00         |
| 2.2.2.2                                   | Προφράγματα                           |             |                          | τεμ     | 19       | 2,000.00     | 38000.00          |
| 2.2.2.3                                   | Ουδοί (h>2m)                          |             |                          | τεμ     | 171      | 4,000.00     | 684000.00         |
| 2.2.2.4                                   | Παράλληλοι τοίχοι, πρόβολοι           |             |                          | km      | 4.25     | 6,000.00     | 25500.00          |
| 2.2.2.5                                   | Κλαδοπλέγματα                         |             |                          | Km      | 6.67     | 1,000.00     | 6670.00           |
| 2.2.3                                     | Αποτροπή ολισθήσεων                   |             |                          |         |          |              |                   |
| 2.2.3.1                                   | Υψηλά φράγματα                        |             |                          | τεμ     | 6        | 7,000.00     | 42000.00          |
| 2.2.3.2                                   | Φράγματα στερέωσης h>2m               |             |                          | τεμ     | 6        | 5,000.00     | 30000.00          |
| 2.2.3.3                                   | Ουδοί (h>2m)                          |             |                          | τεμ     | 11       | 4,000.00     | 44000.00          |
| 2.2.3.4                                   | Προφράγματα                           |             |                          | τεμ     | 1        | 2,000.00     | 2000.00           |
| 2.2.3.5                                   | Δραίνες διάφορες                      |             |                          | km      | 1.55     | 3,000.00     | 4650.00           |
| 2.2.3.6                                   | Αύλακες, τάφροι                       |             |                          | km      | 2.66     | 4,000.00     | 10640.00          |
| <b>Σύνολο</b>                             |                                       |             |                          |         |          |              | <b>1769460.00</b> |

#### 2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΔΑΣΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ

Η αμοιβή της Οριστικής μελέτης δασοτεχνικής διευθέτησης καθορίζεται σύμφωνα με την απόφαση 85233/1674 (Φ.Ε.Κ. 386Β'/30-3-2006). Η μελέτη περιλαμβάνει και βοηθητικές τοπογραφικές εργασίες και την σύνταξη των τευχών ΣΑΥ και ΦΑΥ. Η συνολικά προεκτιμώμενη αμοιβή ανέρχεται σε 302,200.06 €. Ο καθορισμός της αμοιβής αυτής αναλύεται στα επόμενα υποκεφάλαια.

### 2.4.1 Έργα Κατηγορίας I

Η προεκτιμώμενη αμοιβή για τα έργα της κατηγορίας I δίνεται από τον τύπο:

$$A_I = 250 * F^{2/3} * \tau_k$$

όπου: (1)

F: Το άθροισμα των επιμέρους επιφανειών σε στρέμματα στις οποίες θα κατασκευαστούν έργα της κατηγορίας I.

$\tau_k$ : Ο συντελεστής ετήσιας επικαιροποίησης.

Τα έργα φυτεύσεων προβλέπονται σε συνολική έκταση ίση με 7,200 στρέμματα. Επομένως με την εφαρμογή του ανωτέρου τύπου για  $\tau_k = 1.237$ , προκύπτει αμοιβή:

$$A_I = 115,309.40 \text{ €}$$

### 2.4.2 Έργα Κατηγορίας II

Ο προσδιορισμός της προεκτιμώμενης αμοιβής σύνταξης της μελέτης δασοτεχνικής διευθέτησης για τα έργα κατηγορία II γίνεται με τον τύπο (2) όπως ορίζεται στην παρ. 3 του άρθρου 4 της απόφασης 85233/1674 (Φ.Ε.Κ. 386B' /30-3-2006) :

$$A_{II} = 1000 * (5 + 20 * L^{\frac{2}{3}} + 2,50 * F^{\frac{1}{3}}) * \tau_k \quad (2)$$

όπου :

L : το άθροισμα των οριζοντίων μηκών σε χιλιόμετρα των τμημάτων α<sub>i</sub> των κοιτών που θα διευθετηθούν και του μήκους m<sub>a</sub> που αντιστοιχεί σε μεμονωμένα έργα

F : η οριζόντια επιφάνεια της λεκάνης απορροής, σε τετραγωνικά χιλιόμετρα, που αντιστοιχεί σε όλα τα α<sub>i</sub> ή κάποια από τις θέσεις κατασκευής των έργων

$\tau_k$  : ο συντελεστής ετήσιας επικαιροποίησης

Για τον προσδιορισμό της προεκτιμώμενης αμοιβής για την μελέτη των έργων κατηγορίας II (έργα στις κοίτες) θα πρέπει να προσδιοριστούν τα επιμέρους τμήματα των κοιτών α<sub>i</sub> στα οποία είναι αναγκαία η κατασκευή δασοτεχνικών έργων διευθέτησης χειμαρρικών φαινομένων, καθώς και το μήκος m<sub>a</sub> που αντιστοιχεί σε μεμονωμένα έργα και να υπολογιστεί το άθροισμα τους L<sub>a</sub> = Σ α<sub>i</sub> + m<sub>a</sub>.

Στις υπό μελέτη πέντε λεκάνες απορροής της περιοχής προβλέπεται η κατασκευή φραγμάτων συγκράτησης φερτών υλικών, αντιπλημμυρικών φραγμάτων και φραγμάτων στερέωσης. Σε κάθε έργο αντιστοιχεί ένα τμήμα της κοίτης, το οποίο αρχίζει από την θέση κατασκευής του φράγματος και εκτείνεται ψηλότερα σε μήκος  $a_i$ . Για τον προσδιορισμό του τμήματος  $a_i$  απαιτείται η εκτίμηση του υπέργειου ύψους των φραγματικών κατασκευών. Στις υπό διευθέτηση λεκάνες απορροής εκτιμάται η κατασκευή συνολικά έντεκα φραγμάτων συγκράτησης φερτών υλικών και εννέα αντιπλημμυρικών με υπέργειο ύψος  $H_h=8,0$  και  $4,5$  m αντίστοιχα. Επίσης προβλέπεται η κατασκευή 122 φραγμάτων στερέωσης και προφράγματος ύψους  $3,00$  μ. και 22 ουδών ύψους  $1,50$ μ. Ο υπολογισμός των επί μέρους τμημάτων των κοιτών  $a_i$  γίνεται σε χιλιόμετρα με την εφαρμογή του παρακάτω τύπου :

$$\alpha_i = 0,025 * (1 + \sqrt{H_h}) + 0,01 * H_h$$

Ο προσδιορισμός των τμημάτων  $a_i$  έγινε με μέτρηση των τμημάτων υπεράνω της καθεμιά φραγματικής κατασκευής σε χάρτη όπου έχουν τοποθετηθεί τα προβλεπόμενα έργα. Στην μελέτη διευθέτησης των ορεινών λεκανών απορροής της λίμνης Παμβώτιδας δεν προβλέπονται λοιπά μεμονωμένα τεχνικά έργα οπότε δεν υπολογίζονται τμήματα  $m_i$  ( $m_i=0$ ). Από την εφαρμογή του παραπάνω τύπου προκύπτουν τα εξής :

|                                         | Υπέργειο ύψος | Αριθμός κατασκευών | Τμήμα υπεράνω κατασκευής | Συνολικό μήκος τμημάτων $a_i$ |
|-----------------------------------------|---------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Υπολογισμός τμημάτων $a_i$              | $H_h$         | $v$                | $a_i$                    | $\Sigma a_i$                  |
| Φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών      | 8.00          | 11                 | 0.18                     | 1.93                          |
| Αντιπλημμυρικά φράγματα                 | 4.50          | 9                  | 0.12                     | 1.11                          |
| Φράγματα στερέωσης - προφράγματα        | 3.00          | 122                | 0.10                     | 11.99                         |
| Ουδοί                                   | 1.50          | 22                 | 0.07                     | 1.55                          |
| <b>Σύνολο τμημάτων <math>a_i</math></b> |               |                    |                          | <b>15.03</b>                  |

Η επιφάνεια  $F$  στον τύπο (2) αποτελεί το άθροισμα των επιμέρους επιφανειών των πέντε λεκανών απορροής που στην ουσία αποτελούν τις επιφάνειες σε τετραγωνικά χιλιόμετρα που τροφοδοτούν με νερό και φερτά υλικά κάποιο σημείο των τμημάτων  $a_i$  ή τη θέση των φραγματικών κατασκευών. Το συνολικό εμβαδό των επιφανειών για τις πέντε λεκάνες απορροής ανέρχεται σε  $10,37$  Km<sup>2</sup>. Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι επιμέρους επιφάνειες  $f_i$  που αντιστοιχούν σε κάθε μία από τις υπό διευθέτηση λεκάνες απορροής :

| Κωδικός<br>Λεκάνης | Λεκάνη απορροής       | Επιφάνεια<br>Λεκάνης<br>Απορροής<br>Τμήματα fa |
|--------------------|-----------------------|------------------------------------------------|
|                    |                       | (Km <sup>2</sup> )                             |
| 5.1                | ΜΑΖΙΑ                 | 1.95                                           |
| 5.2                | ΛΟΓΓΑΔΩΝ (ΚΗΠΩΝ)      | 2.61                                           |
| 6.1                | ΚΑΤΟΥΝΑΣ (ΜΑΒΙΛΗΣ)    | 3.13                                           |
| 6.2                | ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ             | 1.25                                           |
| 6.3                | ΓΡΑΒΟΥ                | 1.43                                           |
| 7.1                | ΔΡΟΣΟΧΩΡΙΟΥ           | 2.16                                           |
| 7.2                | ΗΛΙΟΚΑΛΗΣ             | 1.57                                           |
| 7.3                | ΔΑΦΝΟΥΛΑΣ             | 2.48                                           |
| 7.5                | ΑΓΙΑΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ      | 4.42                                           |
|                    | <b>Σύνολο έκτασης</b> | <b>10.37</b>                                   |

Η προεκτιμώμενη αμοιβή εκπόνησης για τα έργα κατηγορίας II με την εφαρμογή του τύπου (2) ανέρχεται σε **163,622.19 €** προ Φ.Π.Α..

| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΡΓΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ II</b>                                                 |             |                                                                                                                                                      |                    |                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΟΡΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΔΑΣΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗΣ ΟΡΕΙΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΕΡΓΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ II |             |                                                                                                                                                      |                    |                                                                                       |
| (σύμφωνα με την απόφαση 85233/1674 Φ.Ε.Κ. 386Β' /30-3-2006)                                        |             |                                                                                                                                                      |                    |                                                                                       |
|                                                                                                    |             |                                                                                                                                                      | ΕΤΟΣ 2014          | τκ =1.237                                                                             |
| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ II : ΕΡΓΑ ΣΤΙΣ ΚΟΙΤΕΣ                                                                    |             |                                                                                                                                                      |                    |                                                                                       |
| Αμοιβή Οριστικής Μελέτης                                                                           |             | $A_{II} = 1000 * (5 + 20 * L^{\frac{2}{3}} + 2,50 * F^{\frac{1}{3}}) * \tau_{κ}$                                                                     |                    |                                                                                       |
| Έργα δασοτεχνικής διεύθετης χειμάρρων                                                              |             | L : Το άθροισμα των οριζόντιων μηκών σε χιλιόμετρα των τμημάτων των κοιτών που θα διευθετηθούν και του μήκους που αντιστοιχεί στα μεμονωμένα έργα    |                    |                                                                                       |
|                                                                                                    |             | F : Η οριζόντια επιφάνεια της λεκάνης απορροής σε τετραγωνικά χιλιόμετρα που αντιστοιχεί σε όλα τα τμήματα του L και τις θέσεις κατασκευής των έργων |                    |                                                                                       |
|                                                                                                    |             | τκ : Ο συντελεστής ετήσιας επικαιροποίησης, όπως καθορίζεται στο άρθρο ΓΕΝ.3 του κανονισμού προεκτιμώμενων αμοιβών μελετών                           |                    |                                                                                       |
| 1                                                                                                  | Συντελεστές | Τιμές                                                                                                                                                | Μονάδες            | Υπολογισμός A                                                                         |
|                                                                                                    | τκ =        | 1.237                                                                                                                                                |                    | $A_{II} = 1000 * (5 + 20 * 15,03^{\frac{2}{3}} + 2,50 * 10,37^{\frac{1}{3}}) * 1.237$ |
|                                                                                                    | F =         | 10.37                                                                                                                                                | (Km <sup>2</sup> ) |                                                                                       |
|                                                                                                    | L =         | 15.03                                                                                                                                                | (Km)               |                                                                                       |
| <b>Συνολική αμοιβή</b>                                                                             |             |                                                                                                                                                      |                    | <b>163,622.19</b>                                                                     |

### 2.4.3 Βοηθητικές Τοπογραφικές Εργασίες

Ο προσδιορισμός της προεκτιμώμενης αμοιβής των βοηθητικών τοπογραφικών εργασιών για τη σύνταξη της μελέτης δασοτεχνικής διεύθετης γίνεται με τον τύπο (3) όπως ορίζεται στην παρ. 2 του άρθρου 9 της απόφασης 85233/1674 (Φ.Ε.Κ. 386Β' /30-3-2006) αλλά και με τα οριζόμενα στα

άρθρα ΤΟΠ.1 έως ΤΟΠ.14 της απόφασης ΔΜΕΟ/α/ο/1257/9-8-2005 ΠΕΧΩΔΕ (ΦΕΚ 1162 Β'/22-08-2005) και της Απόφασης υπ' αρ. 85233/1674/10-3-2006 (ΦΕΚ Β'/30-3-2006) του ΥΠΑΑΤ :

$$A = (\tau\kappa) \Sigma (\Phi) \quad (1.2.2)$$

### Εξάρτηση από Τριγωνομετρικά Σημεία

Για την αναγνώριση, επισημάνση υπολογισμό και εξάρτηση των τοπογραφικών αποτυπώσεων που απαιτούνται στους χώρους εντός των κοιτών όπου προβλέπονται οι φραγματικές κατασκευές από κάθε τριγωνομετρικό σημείο οι τιμές και οι αντιστοιχίες αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα :

| α/α | Ενδείξεις εργασιών    | III τάξης | IV τάξης | Εμπροσθοτομίες | Οπισθοτομίες |
|-----|-----------------------|-----------|----------|----------------|--------------|
| 1   | Τριγωνομετρικό σημείο | 1800      | 800      | 350            | 225          |

Στην περιοχή μελέτης έχουν επιλεχθεί εννέα τριγωνομετρικά σημεία της Γ.Υ.Σ. από τα οποία θα γίνει η εξάρτηση για την διενέργεια των τοπογραφικών αποτυπώσεων στα υπό διευθέτηση τμήματα των ορεινών κοιτών. Συνεπώς το κόστος για την εκτέλεση των εργασιών έχει ως εξής :

$$A_i = 9 * 800,00 * 1,237 = 8.906,40 \text{ €}$$

### Πολυγωνομετρικές

Για την αναγνώριση, απλή (πρόχειρη) σήμανση, γωνιομέτρηση, πλευρομέτρηση, υπολογισμό οδεύσεων και υψομέτρων, καθώς και τη σύνταξη διαγράμματος και την εξασφάλιση η τιμή ανά πολυγωνικό σημείο ορίζεται σύμφωνα με την απόφαση 85233/1674/10-3-2006 και την ΔΜΕΟ/α/ο/423/11.03.2005 ανά σημείο εκτός κατοικημένων περιοχών ορίζεται η τιμή 42,50€ συνεπώς ισχύει ότι :

$$A_{ii} = 180 * 42.50 * 1.237 = 9.463,05 \text{ €}$$

### Επίγειες Τοπογραφικές αποτυπώσεις

Οι τοπογραφικές αποτυπώσεις στο σύνολο τους θα γίνουν εντός των υπό διευθέτηση τμημάτων σε αδόμητες εκτάσεις. Η κλίμακα που θα εφαρμοστεί είναι 1:1000 συνεπώς από τον πίνακα της παρ 1& 2 του ΤΟΠ.5Α θα ισχύουν τα εξής :

- Για κλίσεις εδάφους 10-40% το μήκος αποτόπωσης είναι 10.000 m ή 10 Km και το μέσο πλάτος αποτόπωσης εκτιμάται σε 30m. Η τιμή εφαρμογής από τον πίνακα της παρ.1 ΤΟΠ.5Α είναι 19,00€. Η παραπάνω τιμή παίρνει μια προσαύξηση 80% λόγω της δάσωσης. Με μια μείωση

70% λόγω μικρότερου πλάτους αποτύπωσης από τα 100m συνεπώς η τελική τιμή εφαρμογής είναι 54,06€. Στην περιοχή μελέτης η αποτύπωση για μήκος 10 Km και πλάτος 30,00m (Επιφάνεια 300 στρέμματα) θα είναι :

$$A_{iii} = 300 * 54,06 * 1.237 = 20.061,67 \text{ €}$$

- Για κλίσεις εδάφους >40% το μήκος αποτύπωσης είναι 5.030 m ή 5,03 Km και το μέσο πλάτος αποτύπωσης εκτιμάται σε 30m. Η τιμή εφαρμογής από τον πίνακα της παρ.1 ΤΟΠ.5Α είναι 28,00€. Η παραπάνω τιμή παίρνει μια προσαύξηση 80% λόγω της δάσωσης. Με μια μείωση 70% λόγω μικρότερου πλάτους αποτύπωσης από τα 100m συνεπώς η τελική τιμή εφαρμογής είναι 69,36€. Στην περιοχή μελέτης η αποτύπωση για μήκος 5,03 Km και πλάτος 30,00m (Επιφάνεια 150,90στρέμματα) θα είναι :

$$A_{iii} = 150,90 * 69,36 * 1.237 = 12.946,97 \text{ €}$$

### Κατά Πλάτος Τομές

Οι κατά πλάτος τομές που απαιτούνται στην μελέτη υπολογίζονται σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στην παρ.2 του άρθρου 2 της απόφασης 85233/1674/30-3-2006. Στην μελέτη οι κατά πλάτος τομές θα έχουν κλίμακα <1:500 συνεπώς η τιμή σε Ευρώ ορίζεται σε  $21 * L$  όπου L είναι το σύνολο των οριζόντιων μηκών των τομών σε εκατόμετρα ( $L = \sum l_i$ ).

Αρχικά υπολογίζουμε τον απαιτούμενο αριθμό των κατά πλάτος τομών. Το μήκος όπου θα εφαρμοστούν οι αποτυπώσεις και όπου θα εξαχθούν οι τομές είναι  $a_i = 15,03 \text{ Km}$ . Οι κατά πλάτος τομές θα εξαχθούν ανά 25m συνεπώς ο αριθμός των κατά πλάτος τομών είναι :

$$n_i = a_i / m = 15030 / 25 = 601 \text{ τομές}$$

Η εκτίμηση του μέσου πλάτους της κάθε τομής στις υπό διευθέτηση κοίτες είναι  $k = 25m$

Από τα παραπάνω και με την εφαρμογή των οδηγιών (85249/574/5-4-2006) έχουμε ότι το συνολικό μήκος των κατά πλάτος τομών είναι :

$$L_{a_i} = k * n_i = 25 * 601 = 15.025 \text{ m ή } 150,25 \text{ εκατόμετρα}$$

Συνεπώς με εφαρμογή της τιμής  $21 * L$  της παρ.2 του άρθρου 2 έχουμε :

$$A = 21,00 * 150,25 * 1,237 = 3.903,04 \text{ €}$$



| ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ |                                                                |                                                                              |                 |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |       |                    |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|--------------------|
| ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΜΟΙΒΗΣ                              |                                                                |                                                                              |                 |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |       |                    |
| ΤΙΤΛΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ                                   |                                                                | ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΑΣΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗΣ ΟΡΕΙΝΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΩΝ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ |                 |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |       |                    |
| α/α                                              | Ενδείξεις εργασιών                                             | Απόφ. ΔΜΕΟ/α/ο/ 1257/05 ΑΡΘΡΟ                                                | Μονάδα μέτρησης | Ποσότητα | Ανάλυση Τιμής μονάδας                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Τιμή Μονάδας | (τκ)  | Αμοιβή             |
| (1)                                              | (2)                                                            | (3)                                                                          | (4)             | (5)      | (6)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | (7)          | (8)   | (9)                |
| 1                                                | Αναγνώριση και χρήση τριγωνομετρικών σημείων για εξάρτηση      | Τοπ. 2 Παρ. 1                                                                | τεμ             | 9        | Από πίνακα 800 €/τεμ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 800.00       | 1.237 | 8,906.40 €         |
| 2                                                | Πολυγωνομετρικό δίκτυο εκτός κατοικημένων περιοχών             | Τοπ. 3 Παρ. 1α                                                               | τεμ             | 180      | Από απόφ. Υπ. ΥΠΑΑΤ υπ' αρ. 85233/1674/10-3-2006, $20 \cdot 0.85 \text{ €/τεμ} = 42.5 \text{ €/τεμ}$                                                                                                                                                                                                                                              | 42.5         | 1.237 | 9,463.05 €         |
| 3                                                | Επίγεια τοπογραφική αποτύπωση αδόμητης έκτασης με κλίση 10-40% | Τοπ. 5Α Παρ. 1& 2                                                            | στρ             | 300      | Αρχικά από πίνακα η τιμή είναι 19€. Προσαύξηση 80% λόγω δάσωσης, δηλαδή $19 + 16 \cdot 0.8 = 31.8\text{€}$ . Στην συνέχεια από τη λωρίδα πλάτους 100μ στη λωρίδα 30μ μείωση 70μ. Το 5% των 100μ είναι 5μ έτσι έχουμε μείωση κατά $70/5 = 14$ φορές που αντιστοιχεί σε αύξηση κατά $14 \cdot 5\% = 70\%$ . Τελικά $31.8 \cdot 1.7 = 54.06\text{€}$ | 54.06        | 1.237 | 20,061.67 €        |
| 4                                                | Επίγεια τοπογραφική αποτύπωση έκτασης με κλίση >40%            | Τοπ. 5Α Παρ. 1& 2                                                            | στρ             | 150.9    | Αρχικά από πίνακα η τιμή είναι 28€. Προσαύξηση 80% λόγω δάσωσης, δηλαδή $28 + 16 \cdot 0.8 = 40.8\text{€}$ . Στην συνέχεια από τη λωρίδα πλάτους 100μ στη λωρίδα 30μ μείωση 70μ. Το 5% των 100μ είναι 5μ έτσι έχουμε μείωση κατά $70/5 = 14$ φορές που αντιστοιχεί σε αύξηση κατά $14 \cdot 5\% = 70\%$ . Τελικά $40.8 \cdot 1.7 = 69.36\text{€}$ | 69.36        | 1.237 | 12,946.97 €        |
| 5                                                | Κατά πλάτος τομές με κλίμακα <1:500                            | Παρ. 2 άρθρο 2 απ. 85233/1674 /10-3-2006                                     | cm              | 150.25   | Το συνολικό πλάτος αί για το οποίο θα εξαχθούν κατά πλάτος τομές είναι 2070 μ συνεπώς για μεταξύ των διατομών απόσταση $m = 25\text{μ}$ ισχύει ότι συνολικά απαιτούνται 601 κατά πλάτος τομές συνεπώς για μέσο πλάτος τομών τα 25 μ το μήκος τομών είναι $L = 25 \cdot 601 = 15,025 = 150.25$ εκατόμετρα                                          | 21           | 1.237 | 3,903.04 €         |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                    |                                                                |                                                                              |                 |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |       | <b>55,281.13 €</b> |

#### 2.4.4 Σύνταξη τευχών ΣΑΥ-ΦΑΥ

Η μελέτη Σχεδίου Ασφάλειας Υγείας (ΣΑΥ) και Φακέλου Ασφάλειας Υγείας (ΦΑΥ) του έργου συντάσσεται από τους μελετητές του κυρίως έργου (κατ. 24). Η αμοιβή Α για τη σύνταξη μελέτης (ΣΑΥ) και (ΦΑΥ) ορίζεται σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.6 [ΔΜΕΟ/α/ο/1257/9-8-2005 ΠΕΧΩΔΕ (ΦΕΚ 1162 Β'/22-08-2005)] από τον τύπο :

$$A = \Sigma A_i * \beta * \tau_k$$

όπου :

$\Sigma A_i$  : το σύνολο της προεκτίμησης αμοιβής της κυρίως μελέτης (Οριστική μελέτη δασοτεχνικής διευθέτησης)

$\beta$  : ο συντελεστής αμοιβής επί της εκατό (%) οριζόμενος ως ακολούθως :

$$\beta = \kappa + \frac{\mu}{\sqrt[3]{\frac{\Sigma A_i}{175 * \tau_k}}}$$

$\kappa, \mu$  συντελεστές που ανεξαρτήτων κατηγορίας έργου ορίζονται οι ακόλουθοι :

$$\kappa = 0,60 \text{ και } \mu = 12,00$$

Η αμοιβή της σύνταξης των τευχών ΣΑΥ και ΦΑΥ σύμφωνα με τα παραπάνω ανέρχεται σε 3.880,74 €

#### 2.4.5 Περιβαλλοντική μελέτη

Η εκτίμηση της αμοιβής της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων έγινε σύμφωνα με τα άρθρα της ΔΜΕΟ/α/ο/423/11.03.2005 του Ν.3316/2005 ΠΕΡ.5.

Ο τύπος που δίνει την αμοιβή της μελέτης είναι :

$$A = \tau_k * \Sigma(\varphi)$$

όπου :

$\tau_k$  : ο συντελεστής ετήσιας επικαιροποίησης

$\Sigma(\varphi)$  : Η συνάρτηση προσδιορισμού της ενιαίας τιμής της προεκτιμώμενης αμοιβής με βάση το φυσικό αντικείμενο που δίνεται από τον τύπο

$$\Sigma(\varphi) = K * C(\varphi) * \mu * \nu * \varphi$$

όπου :

K : Ο συντελεστής τύπου μελέτης Μ.Π.Ε.

$\varphi$  : Η ενιαία τιμή προεκτιμώμενης αμοιβής για τη συνολική τεχνική μελέτη του έργου (Δασοτεχνική)

C( $\varphi$ ) : Ο συντελεστής μεγέθους και τεχνικών ιδιαιτεροτήτων του έργου  $C(\varphi) = 157 * (\log_{10} \varphi) - 4 = 0.1919$

$\mu$  : Ο συντελεστής φυσικού και πολιτισμικού περιβάλλοντος ο οποίος ορίζεται σε 1,80 καθώς

η περιοχή μελέτης βρίσκεται εντός περιοχής NATURA 2000 (GR2130012)

$\nu$  : Ο συντελεστής ανθρωπογενούς περιβάλλοντος

Από τα παραπάνω η προεκτιμώμενη αμοιβή της σύνταξης της περιβαλλοντικής μελέτης ανέρχεται σε 66.649,37 €.

Ακολούθως παρουσιάζεται το σύνολο της προεκτιμώμενης αμοιβής:

| ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΡΟΕΤΚΙΜΩΜΕΝΩΝ ΑΜΟΙΒΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ                                                   |                                                     |                 |           |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------|-----------|-------------------|
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΡΟΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΔΑΣΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗΣ ΟΡΕΙΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ |                                                     |                 |           |                   |
|                                                                                                      | Κατηγορία Μελέτης/ Προδιαγραφή                      | Μονάδα Μέτρησης | Ποσότητες | Α Τελική (€)      |
| 1.2.                                                                                                 | Κατηγορία Μελέτης 24 ΔΑΣΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ                |                 |           |                   |
| 1.2.1                                                                                                | Κατηγορία I - ΕΡΓΑ ΣΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ            | στρ             | 7200.00   | 115,309.40        |
| 1.2.1                                                                                                | Κατηγορία II - ΕΡΓΑ ΣΤΙΣ ΚΟΙΤΕΣ                     | km              | 15.03     | 163,622.19        |
|                                                                                                      | Κατασκευή φραγμάτων συγκέντρωσης και φρ. Βαθμιδωσης | km <sup>2</sup> | 10.37     |                   |
| 1.2.2                                                                                                | Βοηθητικές τοπογραφικές εργασίες                    |                 |           |                   |
| 1.2.2.1                                                                                              | Εξάρτηση από τριγωνομετρικό δίκτυο                  | τεμ             | 9         | 8,906.40          |
| 1.2.2.2                                                                                              | Πολυγωνομετρίες                                     | τεμ             | 180       | 9,463.05          |
| 1.2.2.3                                                                                              | Επίγειες τοπογραφικές αποτοπώσεις (κλίση 10-40%)    | στρ             | 300       | 20,061.67         |
| 1.2.2.4                                                                                              | Επίγειες τοπογραφικές αποτοπώσεις (κλίση >40%)      | στρ             | 150.9     | 12,946.97         |
| 1.2.2.5                                                                                              | Κατά πλάτος τομές                                   | cm              | 150.25    | 3,903.04          |
| 1.2.3                                                                                                | ΣΑΥ-ΦΑΥ                                             | τεμ             | 1         | 3,880.74          |
| 1.3                                                                                                  | Κατηγορία Μελέτης 27 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ        |                 |           |                   |
| 1.3.1                                                                                                | ΠΕΡ.5 Διμενικά και Υδραυλικά έργα                   | τεμ             | 1         | 66,649.37         |
| <b>Σύνολο</b>                                                                                        |                                                     |                 |           | <b>289,433.43</b> |
| <b>ΦΠΑ</b>                                                                                           |                                                     |                 |           | <b>66,569.69</b>  |
| <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>                                                                                 |                                                     |                 |           | <b>356,003.11</b> |



**ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ  
ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ**





### 3 ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ

Εκτός των προηγούμενων προτάσεων για κατασκευή έργων ορεινής υδρονομίας, η προστασία της λίμνης δύναται να επέλθει και με μια σειρά ακόμη έργων και παρεμβάσεων, η χωροθέτηση των οποίων, προτείνεται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης απορροής. Τα έργα και οι τεχνικές παρεμβάσεις πεδινής έκτασης, προορίζονται ως επί το πλείστον για την ποιοτική αναβάθμιση του περιβάλλοντος της λίμνης, αφού ως επί το πλείστον τα έργα συγκράτησης φερτών υλικών προηγήθηκαν στα έργα ορεινής υδρονομίας. Αυτή εξάλλου είναι και μια δεύτερη διαφορά (πλην των περιοχών χωροθέτησης), μεταξύ των κατηγοριών των έργων ορεινής και πεδινής υδρονομίας, αφού η μεν πρώτη εστιάζει στη συγκράτηση εδαφικού υλικού (είτε αδρομερούς, είτε χονδρόκοκκου), ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει κυρίως παρεμβάσεις για τη ρυπαντική αποφόρτιση και προστασία της λίμνης

#### 3.1 ΕΣΩΠΟΤΑΜΙΟΙ ΑΝΑΒΑΘΜΟΙ -ΕΡΓΑ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ

##### 3.1.1 Τεχνική Περιγραφή

Λόγω της συγκράτησης ενός μεγάλου τμήματος του όγκου των φερτών υλικών στις δεξαμενές και στα φράγματα απόθεσης υλικών, τα χειμαρρικά νερά στη συνέχεια θα ρέουν προς τα κατάντη “σχετικά καθαρά”, συνεπώς με ακόρεστη αυξημένη συρτική δύναμη, η οποία θα προκαλέσει σοβαρές διαβρώσεις (αξονικές, πρανικές) στις πεδινές γαιώδεις κοίτες των ρευμάτων μέχρι τις εκβολές (δέλτα) τους στη λίμνη, σε μιά προσπάθεια επίτευξης των κλίσεων ισορροπίας. Αναμένεται λοιπόν να προκληθούν σοβαρές καταστροφές ενδεχόμενες πλημμύρες και ιδίως καταρρεύσεις οικιών, γεφυρών, αγρών κ.λπ. Για το λόγο αυτό απαιτείται να γίνει, ταυτόχρονα με την ίδρυση των δεξαμενών (ή των φραγμάτων συγκράτησης), η στερέωση και εξασφάλιση των πεδινών κοιτών στα κατάντη τους.

Στις μεταξύ των δεξαμενών και των εκβολών πεδινές κοίτες επιβάλλεται να γίνουν τα εξής: να μειωθεί η συρτική δύναμη του νερού ώστε να μην υπερβαίνει, την αντίσταση των ρείθρων των χειμάρρων ή να αυξηθεί η αντίσταση των ρείθρων ώστε να εξισωθεί με την συρτική δύναμη του νερού ή να γίνει συνδυασμός- των δύο συστημάτων.

Από την έρευνα των ειδικών συνθηκών που επικρατούν στις πεδινές διαδρομές των ρευμάτων της ομάδας II, ιδίως στα απόψη κλίσεων και κοκκομετρίας επιλέγεται η τρίτη μέθοδος ως εξής:

Διαμορφώνεται η κοίτη τραπεζοειδής με κλίσεις πρανών που να αντέχουν στη διάβρωση από τα πλημμυρικά νερά και αναχλοάζονται τα πρανά για την αύξηση της σταθερότητας τους, η νέα κοίτη βαθμιδώνεται κατά διαστήματα με την κατασκευή φραγμάτων χαμηλού ή μηδενικού ύψους, στις θέσεις διέλευσης γεφυρών κλπ. κατασκευάζεται ισχυρό φράγμα ευθύς κατάντη των

βάθρων τους, ώστε να αποτρέπεται ο κίνδυνος υποσκαφής, στις στροφές οι κοίτες επενδύονται (με παράλληλους τοίχους) ενδεχομένως σε συνδυασμό και με κατακλυστούς συγκλίνοντες προβόλους, ώστε να αποτρέπονται οι πρηνικές υποσκαφές στις θέσεις οικιών, αγρών κλπ. και γενικά αντικειμένων που έχουν ανάγκη ειδικής προστασίας κατασκευάζονται πρόβολοι (κάθετοι ή συγκλίνοντες κατακλυστοί, ή επενδύονται τα πρηνή, ή κατασκευάζεται τοίχος αντιστήριξης σ'αυτά, με ή χωρίς προβόλους ανάλογα με τη σημασία του προς προστασία αντικειμένου και του υφιστάμενου κινδύνου.

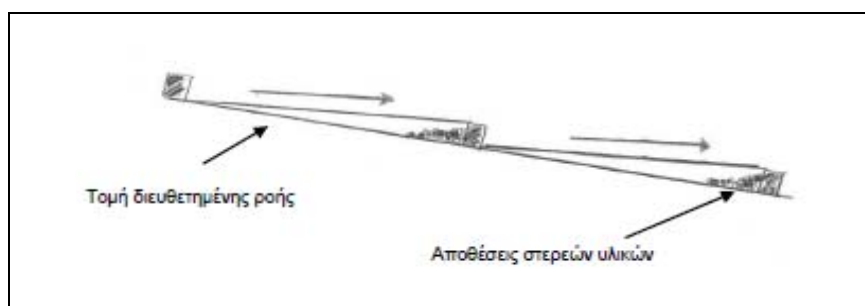
Το έργο αυτό θα κατασκευαστούν σ'όλες τις πεδινές διαδρομές των χειμάρρων της ομάδας II (χειμάρροι 5,6,7) και σε πόλης περιορισμένη έκταση στους χειμάρρους 8 και 9.

(Το σχέδιο 4 δείχνει τις διαδρομές των ρεμάτων αυτών).

Επίσης ένα τεχνικό μέτρο που οδηγεί στη μείωση των εισερχόμενων φερτών υλικών που αποθέτουν τα ρέματα τα οποία καταλήγουν στη λίμνη, μέσω της εξομάλυνσης της ροής τους, είναι η διευθέτηση της κοίτης τους. Μία από τις τεχνικές για να επιτευχθεί ο έλεγχος της ροής των ρεμάτων, είναι η κατασκευή αναβαθμών (είτε με χρήση σκυροδέματος, είτε με χρήση συρματοκιβωτίων), τα οποία τοποθετούνται εντός της κοίτης των ρεμάτων και κάθετα στη ροή τους. Το τελικό ζητούμενο στις περιπτώσεις αυτές, είναι η πλήρωση του ανάντη τμήματος των αναβαθμών με φερτά υλικά, τα οποία με την πάροδο του χρόνου, εξομαλύνουν την κλίση ρεμάτων, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ταχύτητα και κατά συνέπεια η διαβρωτική δράση τους.

Η παρέμβαση αυτή, σε συνδυασμό με την κατασκευή δεξαμενών (λίμνες) καθίζησης-σταθεροποίησης (lagoons), οδηγεί σε συγκράτηση σημαντικών ποσοτήτων εδαφικού υλικού (αδρόκοκκου και λεπτόκοκκου) και περιορίζει σε μεγάλο βαθμό την αρνητική προσχωσιγενή δράση των ρεμάτων. Η τεχνική αυτή παρέμβαση, προτείνεται να εφαρμοστεί στα ρέματα που προαναφέρθηκαν (της Ομάδας II), αφενός γιατί η μορφολογία της περιοχής επιτρέπει την ευχερή κατασκευή τους και αφετέρου γιατί η αυξημένη ροή του οδηγεί σε απομάκρυνση ιδιαίτερων ποσοτήτων εδαφικού υλικού.

**Εικόνα 4:** Σχηματική απεικόνιση διευθέτησης ρέματος



Όπου τεχνικά, δεν είναι δυνατή η βαθμίδωση με φράγματα, γίνεται διαμόρφωση της κοίτης σε τραπεζοειδή μορφή με κλίσεις πρανών που να αντέχουν στη διάβρωση από τα πλημμυρικά νερά. Σε συνδιασμό και με κατακλυστούς συγκλίνοντες προβόλους, ώστε να σποτρέπονται οι πρανικές υποσκαφές στις θέσεις οικιών, αγρών κλπ. και γενικά αντικειμένων που έχουν ανάγκη ειδικής προστασίας κατασκευάζονται πρόβολοι (κάθετοι ή συγκλίνοντες κατακλυστοί, ή επενδύονται τα πρανή, ή κατασκευάζεται τοίχος αντιστήριξης σ'αυτά, με ή χωρίς προβόλους ανάλογα με τη σημασία του προς προστασία αντικειμένου και του υφιστάμενου κινδύνου.

### 3.1.2 Κόστος εργασιών εσωποτάμιων έργων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι προμετρήσεις και το εκτιμώμενο κόστος των εσωποτάμιων αναβαθμών- Πεδινές διευθετήσεις

| ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΡΓΩΝ                                |                  |     |     |                  |     |     |     |                  |     |     |     |     |                   |                  |        |     |     |
|---------------------------------------------------|------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------|------------------|--------|-----|-----|
| Περιγραφή έργου                                   | Κωδικός περιοχής |     |     | Κωδικός περιοχής |     |     |     | Κωδικός περιοχής |     |     |     |     | Κωδικός περι οχής | Κωδικός περιοχής |        |     |     |
|                                                   | 5                |     |     | 6                |     |     |     | 7                |     |     |     |     | 8                 | 9                |        |     |     |
|                                                   | Σύνολο           | 5.1 | 5.2 | Σύνολο           | 6.1 | 6.2 | 6.3 | Σύνολο           | 7.1 | 7.2 | 7.3 | 7.4 | 7.5               | Σύνολο           | Σύνολο | 9.1 | 9.2 |
| Εσωποτάμιοι Αναβαθμοί - Πεδινές διευθετήσεις (km) | 0.6              |     |     | 2                |     |     |     | 5.5              |     |     |     |     |                   |                  |        |     |     |

| ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ             |                                             |             |  |                          |         |          |              |                   |
|----------------------------------|---------------------------------------------|-------------|--|--------------------------|---------|----------|--------------|-------------------|
| α/α Τιμ/για                      | Είδος εργασίας                              | Άρθρο       |  | Ενιαίο τιμολόγιο ΥΠΕΧΩΔΕ | Μο-νάδα | Ποσότητα | Τιμή Μονάδας | Δαπάνη            |
|                                  |                                             | Αναθεώρησης |  |                          |         |          |              |                   |
| ΟΜΑΔΑ 3_1: Εσωποτάμιοι αναβαθμοί |                                             |             |  |                          |         |          |              |                   |
| 3.1.1                            | Εσωποτάμιοι Αναβαθμοί -Πεδινές διευθετήσεις |             |  |                          | km      | 8,10     | 50.000       | 405.000,00        |
| <b>Σύνολο</b>                    |                                             |             |  |                          |         |          |              | <b>405.000,00</b> |

## 3.2 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ (ΛΙΜΝΕΣ) ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

### 3.2.1 Εισαγωγή - Αναμενόμενα Φορτία Σχεδιασμού

Η παρούσα παρέμβαση αφορά στην επεξεργασία των επιφανειακών απορροών που καταλήγουν στη λίμνη Παμβώτιδα μέσω των 5 τάφρων απορροής ομβρίων με κωδικοποίηση που αναφέρθηκε ανωτέρω. Οι απορροές αυτές αποστραγγίζουν τις λεκάνες απορροής περιμετρικά της λίμνης και είναι ρυπασμένες με i) με οργανικό φορτίο από τις κτηνοτροφικές μονάδες, ii) με νιτρικές και φωσφορικές ενώσεις λόγω της έκπλυσης των λιπασμάτων από την εντατική καλλιέργεια των γειτονικών εκτάσεων και iii) με φερτά υλικά. Και οι τρεις πηγές συμβάλλουν στο πρόβλημα του ευτροφισμού. Πλέον των οργανικών ενώσεων και των θρεπτικών στοιχείων, στις απορροές ομβρίων δύνανται να περιέχεται και πληθώρα άλλων ρυπαντών, όπως έλαια, υδρογονάνθρακες, βαρέα μέταλλα και αιωρούμενα σωματίδια.

Λόγω της φύσης τους οι δεξαμενές καθίζησης μπορούν να παίξουν διπλό ρόλο, τόσο για τη συγκράτηση των λεπτών αιωρούστικων, πού θα υπερπηδούν τα φράγματα συγκράτησης που θα κατασκευασθούν, όσο και για τη μείωση του εισερχόμενου (εξωτερικού) φορτίου φωσφόρου.

Για την εκτίμηση του ρυπαντικού φορτίου των απορροών βρίσκονται διαθέσιμες 2 πηγές. Η πρώτη βασίζεται σε δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τα έτη 1979-1983 για διαφορετικές χρήσεις γης στα πλαίσια προγράμματος της USEPA και έχουν επαναδημοσιευτεί από τους Γιαννόπουλος Στ. et al (2):

**Πίνακας 2:** Μέσες συγκεντρώσεις ρύπων σε όμβρια ανάλογα με τη χρήση γης

| Ρύπος                                        | Χρήση γης |          |          |           |
|----------------------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|
|                                              | Οικιστική | Ανάμικτη | Εμπορική | Μη αστική |
| BOD <sub>5</sub> (mg/L)                      | 10        | 7,8      | 9,3      | —         |
| COD (mg/L)                                   | 73        | 65       | 57       | 40        |
| TSS (mg/L)                                   | 101       | 67       | 69       | 70        |
| Ολικό άζωτο κατά Kjeldahl (μg/L)             | 1900      | 1288,8   | 1179     | 965       |
| NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub> (N) (μg/L) | 736       | 558      | 572      | 543       |
| Ολικός P (μg/L)                              | 383       | 263      | 201      | 121       |
| Διαλυτός P (μg/L)                            | 143       | 56       | 80       | 26        |
| Ολικός μόλυβδος (μg/L)                       | 144       | 114      | 104      | 30        |
| Ολικός χαλκός (μg/L)                         | 33        | 27       | 29       | —         |
| Ολικός ψευδάργυρος (μg/L)                    | 135       | 154      | 226      | 0,66      |

Παρατηρεί κανείς ότι οι συγκεντρώσεις των ρυπαντικών παραμέτρων είναι πολύ αραιές σε σύγκριση π.χ. με αυτά των αστικών λυμάτων, με αποτέλεσμα να μην βρίσκει εφαρμογή κάποια από τις συμβατικές μεθόδους επεξεργασίας.

Επιπλέον, έχει εκπονηθεί μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (3) η οποία περιελάμβανε προσδιορισμό φυσικοχημικών παραμέτρων νερού από 4 σημειακές πηγές γειτονικά της Παμβώτιδας κατά τη διάρκεια του έτους 2011 (Σχήμα 5).

**Εικόνα 5:** Απεικόνιση των σταθμών δειγματοληψίας περιμετρικά της λίμνης Παμβώτιδας. S1: Πέραμα, S2: Δραμπάτοβα, S3: Ντουραχάνη, S4: αστικό κέντρο

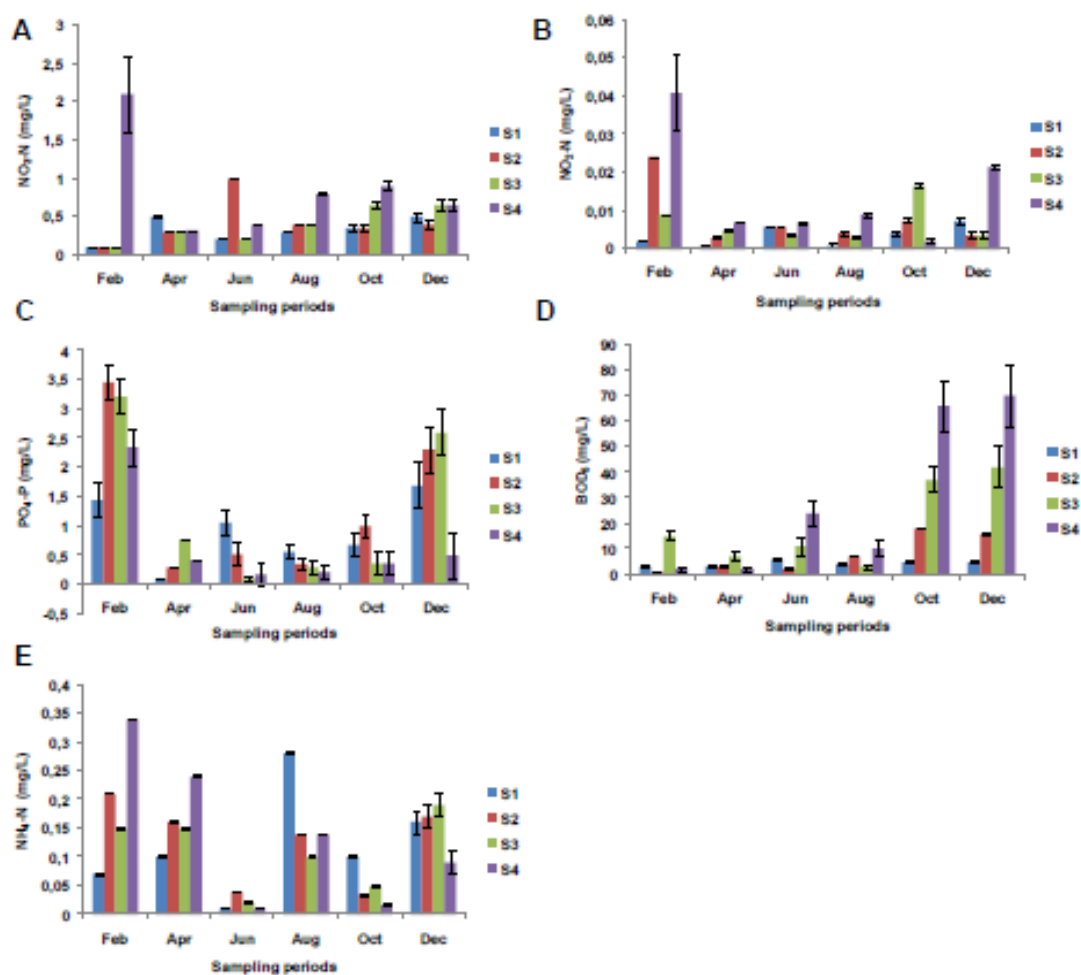


Τα σημεία επιλέχθηκαν με βάση τις διαφορετικές ανθρωπογενείς δραστηριότητες, την ένταση των παρεμβάσεων, την κάλυψη σχετικά μεγάλου τμήματος του παρόχθιου τμήματος της λίμνης, την ύπαρξη σημαντικών χλωριδικών και πανιδικών στοιχείων και τέλος την ευκολία πρόσβασής τους.

Οι χημικές αναλύσεις κατέδειξαν εν γένει εποχιακή διακύμανση, όσο και μεταβολές μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας (Σχήμα 6). Για παράδειγμα, ο σταθμός δειγματοληψίας S4 παρουσίασε τα υψηλότερα επίπεδα ρύπων, με την εξαίρεση του φωσφόρου. Ο φώσφορος είναι υψηλότερος στους υπόλοιπους σταθμούς και ιδιαίτερα του S3, που είναι αντιπροσωπευτικός γεωργικής ρύπανσης, με τιμές περίπου 0,5 mgP/l έως 3 mgP/l μέγιστο. Ακόμα, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις ρύπων εμφανίζονται τους χειμερινούς μήνες. Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό,

διότι η μέγιστη τιμή εισερχόμενου P δεν συμπίπτει με τη μέγιστη τιμή P εντός της λίμνης. Η ερμηνεία που δίνεται σε αυτή και σε άλλες μελέτες σχετίζεται με την απελευθέρωση φωσφόρου από τον πυθμένα στην υδάτινη στήλη λόγω των ανοξικών συνθηκών.

**Εικόνα 6:** Εποχικές διακυμάνσεις των νιτρικών (A), νιτρωδών (B), φωσφορικών (C), BOD<sub>5</sub> (D) και αμμωνιακών (E) σε δείγματα ύδατος που συλλέχθηκαν από τις περιοχές Πέραμα (S1), Δραμπάτοβα (S2), Δουραχάνι (S3) και κυρίως αστικό κέντρο ή Σημείο 12 (S4) κατά τη διάρκεια του έτους 2011.



Οι συγκεντρώσεις των ρυπαντών, αν και σχετικά αυξημένες σε σύγκριση με αυτές της USEPA, εξακολουθούν να κυμαίνονται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα από αυτά των αστικών λυμάτων. Γεγονός παραμένει ότι η περίσσεια αζώτου και φωσφόρου από την υπερλίπανση των γεωργικών εκτάσεων εκπλένεται μέσω των επιφανειακών απορροών προς την Παμβώτιδα.



Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τις απορροές, ιδιαίτερα αστικών περιοχών, έχουν προταθεί κυρίως φυσικές μέθοδοι, όπως συστήματα διήθησης και συστήματα συγκράτησης. Τα πρώτα περιλαμβάνουν λεκάνες ή αβαθείς λίμνες, στις οποίες η αφαίρεση των ρύπων λαμβάνει χώρα με βιολογικό και μηχανικό τρόπο. Τα δεύτερα περιλαμβάνουν υγροβιότοπους στους οποίους η αφαίρεση των ρύπων λαμβάνει χώρα με προσρόφηση από τα φυτά. Τα δύο συστήματα περιγράφονται αναλυτικότερα στις επόμενες παραγράφους.

### 3.2.2 Υδραυλικοί Υπολογισμοί παραγομενων υδατων για τον σχεδιασμό λιμνών & υγροβιότοπων

#### ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

##### A. Βροχοπτώσεις

Με βάση τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού στα Ιωάννινα το μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων, είναι 1.081,5mm. Το μέγιστο ύψος των κατακρημνισμάτων εμφανίζεται το χειμώνα με 410,7 mm, ακολουθεί το φθινόπωρο με 321,4 mm, κατόπιν η άνοιξη με 242,7 mm και τέλος, το καλοκαίρι με 106,7 mm. Ο ξηρότερος μήνας είναι ο Αύγουστος, με μέσο ύψος 31,2 mm, ενώ ο βροχερότερος μήνας είναι ο Δεκέμβριος με μέσο ύψος 174,9 mm.

Η διακόμανση του μέσου μηνιαίου ύψους και του μέγιστου 24h ύψους κατακρημνισμάτων είναι η ακόλουθη:

**Πίνακας 3:** Ύψος κατακρημνισμάτων ανά μήνα (mm) – σταθμός Ιωαννίνων (πηγή: ΕΜΥ)

| ΜΗΝΑΣ   | Ι     | Φ     | Μ    | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο    | Ν     | Δ     |
|---------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| ΟΛΙΚΟ   | 124,2 | 111,6 | 95,4 | 78,0 | 69,3 | 43,5 | 32,0 | 31,2 | 54,0 | 99,5 | 167,9 | 174,9 |
| MAX 24h | 89,7  | 56,6  | 58,8 | 67,3 | 45,4 | 55,3 | 53,2 | 72,0 | 64,5 | 90,0 | 94,0  | 86,6  |

Όσον αφορά δε, την ανάλυση των κατακρημνισμάτων στις επιμέρους κατηγορίες, στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται ο αριθμός των ημερών σε κάθε μήνα, στις οποίες επικρατούσε η κάθε υποκατηγορία, απ' όπου φαίνεται ότι κυριαρχούν οι βροχοπτώσεις.

**Πίνακας 4:** Χρονική εμφάνιση κατακρημνισμάτων ανά μήνα (ημέρες) -σταθμός Ιωαννίνων  
(πηγή: ΕΜΥ)

|       | ΧΙΟΝΙ | ΧΑΛΑΖΙ | ΟΜΙΧΛΗ | ΚΑΤΑΙΓΙΔΑ | ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ |
|-------|-------|--------|--------|-----------|------------|
| ΙΑΝ.  | 1,9   | 0,0    | 5,4    | 1,9       | 12,4       |
| ΦΕΒ.  | 2,1   | 0,2    | 3,0    | 2,1       | 11,4       |
| ΜΑΡΤ. | 1,1   | 0,2    | 2,3    | 2,2       | 12,2       |
| ΑΠΡ.  | 0,0   | 0,2    | 1,6    | 2,5       | 12,5       |
| ΜΑΙ.  | 0,0   | 0,2    | 1,5    | 5,0       | 10,8       |
| ΙΟΥΝ. | 0,0   | 0,1    | 0,9    | 5,2       | 6,8        |
| ΙΟΥΛ. | 0,0   | 0,1    | 0,3    | 4,8       | 4,8        |
| ΑΥΓ.  | 0,0   | 0,1    | 0,2    | 4,6       | 4,7        |
| ΣΕΠΤ. | 0,0   | 0,1    | 1,6    | 3,6       | 6,4        |
| ΟΚΤ.  | 0,0   | 0,0    | 5,0    | 3,3       | 9,7        |
| ΝΟΕΜ  | 0,2   | 0,1    | 7,4    | 3,9       | 13,6       |
| ΔΕΚ.  | 1,0   | 0,2    | 6,5    | 2,7       | 14,6       |

Σύμφωνα, με διαθέσιμα στοιχεία της περιόδου 1950-2003, η δυσμενέστερη τιμή του μέγιστου μηνιαίου ύψους κατακρημνισμάτων είναι 373,0 mm, όπως παρατηρήθηκε τον Δεκέμβριο του έτους 1969, στον Μ.Σ. Ιωαννίνων.

## Β. Θερμοκρασία

Τα δεδομένα της θερμοκρασίας που ελήφθησαν από τον μετεωρολογικό σταθμό Ιωαννίνων, φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα :

**Πίνακας 5:** Θερμοκρασιακά Δεδομένα Μ.Σ. Ιωαννίνων (πηγή: ΕΜΥ)

|       | ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C |              |               |                 |                  |
|-------|----------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|
|       | ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ   | ΜΕΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗ | ΜΕΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ | ΑΠΟΛΥΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ | ΑΠΟΛΥΤΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ |
| ΙΑΝ.  | 4,7            | 9,0          | 0,2           | 20,0            | -13,0            |
| ΦΕΒ.  | 6,1            | 10,4         | 1,0           | 23,6            | -10,2            |
| ΜΑΡΤ. | 8,8            | 13,5         | 3,2           | 29,2            | -8,2             |
| ΑΠΡ.  | 12,4           | 17,4         | 5,9           | 28,2            | -3,0             |
| ΜΑΙ.  | 17,4           | 22,8         | 9,6           | 34,2            | -0,5             |
| ΙΟΥΝ. | 21,9           | 27,5         | 12,8          | 38,8            | 5,2              |
| ΙΟΥΛ. | 24,8           | 30,8         | 14,9          | 42,4            | 7,4              |
| ΑΥΓ.  | 24,3           | 30,8         | 15,0          | 40,5            | 7,0              |
| ΣΕΠΤ. | 20,1           | 26,5         | 12,2          | 37,3            | 3,0              |
| ΟΚΤ.  | 14,9           | 20,7         | 8,5           | 32,2            | -3,0             |
| ΝΟΕΜ. | 9,7            | 14,6         | 4,7           | 24,4            | -8,4             |
| ΔΕΚ.  | 5,9            | 10,0         | 1,7           | 19,0            | -9,6             |

Από τα δεδομένα του ανωτέρω πίνακα προκύπτουν τα εξής:

- η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία είναι 42,4 °C κατά τον μήνα Ιούλιο.
- η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία είναι -13,0 °C κατά τον Ιανουάριο
- η μέση μέγιστη θερμοκρασία του έτους είναι +30.8 °C κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο
- η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του έτους είναι +0,2 °C κατά τον Ιανουάριο

Για τον υπολογισμό των παραγόμενων υδάτων σε μηνιαία βάση, καταρτίζεται μηνιαίο υδρολογικό ισοζύγιο.

Για την κατάρτιση του μηνιαίου υδρολογικού ισοζυγίου, γίνονται οι ακόλουθες παραδοχές και υπολογισμοί:

**α) Μέση μηνιαία βροχόπτωση (P):** Λαμβάνονται τα προαναφερόμενα δεδομένα

**β) Μέση μηνιαία θερμοκρασία (T):** Υπέρ ασφαλείας δεν υπολογίζονται οι απώλειες εξατμισοδιαπνοής

**γ) Επιφανειακή απορροή (R):** Αυτή εξαρτάται από τα υδρολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής. Έτσι γίνονται οι ακόλουθες εκτιμήσεις:

- Για τη λεκάνη απορροής του χειμάρρου 5, συντελεστής 0.5
- Για τη λεκάνη απορροής του χειμάρρου 6, συντελεστής 0.5
- Για τη λεκάνη απορροής του χειμάρρου 7, συντελεστής 0.6
- Για τη λεκάνη απορροής του χειμάρρου 8, συντελεστής 0.4
- Για τη λεκάνη απορροής του χειμάρρου 9, συντελεστής 0.6

**δ) Παραγωγή (L):** Από τα ανωτέρω στοιχεία, υπολογίζεται η μέση μηνιαία παραγωγή, όπου:

- Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου 5 υπολογίστηκε σε 5.445 στρέμματα
- Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου 6 υπολογίστηκε σε 17.310 στρέμματα

- Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου 7 υπολογίστηκε σε 42.562 στρέμματα
- Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου 8 υπολογίστηκε σε 15.724 στρέμματα
- Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου 9 υπολογίστηκε σε 56.985 στρέμματα

Οι ανωτέρω υπολογισμοί εκτελούνται για κάθε μια τάφρο. Τα αναλυτικά δεδομένα υπολογισμών δίδονται στους παρακάτω δύο Πίνακες.

**Πίνακας 6:** Υπολογισμός παραγομένων υδάτων για τον σχεδιασμό λιμνών & υγροβιότοπων 5-7

| ΜΗΝΕΣ         | P (mm)         | Τάφρος 5                                |                                                  | Τάφρος 6                                |                                                  | Τάφρος 7                                |                                                  |
|---------------|----------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|
|               |                | Μηνιαία παραγωγή (m <sup>3</sup> /μήνα) | Ανηγγεμένη Ημερήσια παραγωγή (m <sup>3</sup> /d) | Μηνιαία παραγωγή (m <sup>3</sup> /μήνα) | Ανηγγεμένη Ημερήσια παραγωγή (m <sup>3</sup> /d) | Μηνιαία παραγωγή (m <sup>3</sup> /μήνα) | Ανηγγεμένη Ημερήσια παραγωγή (m <sup>3</sup> /d) |
| I             | 124,20         | 338.132                                 | 10.907                                           | 1.074.994                               | 34.677                                           | 3.171.727                               | 102.314                                          |
| Φ             | 111,60         | 303.829                                 | 10.851                                           | 965.937                                 | 34.498                                           | 2.849.958                               | 101.784                                          |
| M             | 95,40          | 259.725                                 | 8.378                                            | 825.720                                 | 26.636                                           | 2.436.254                               | 78.589                                           |
| A             | 78,00          | 212.353                                 | 7.078                                            | 675.117                                 | 22.504                                           | 1.991.906                               | 66.397                                           |
| M             | 69,30          | 188.668                                 | 6.086                                            | 599.816                                 | 19.349                                           | 1.769.732                               | 57.088                                           |
| I             | 43,50          | 118.428                                 | 3.948                                            | 376.508                                 | 12.550                                           | 1.110.871                               | 37.029                                           |
| I             | 32,00          | 87.119                                  | 2.810                                            | 276.971                                 | 8.935                                            | 817.192                                 | 26.361                                           |
| A             | 31,20          | 84.941                                  | 2.740                                            | 270.047                                 | 8.711                                            | 796.762                                 | 25.702                                           |
| Σ             | 54,00          | 147.014                                 | 4.900                                            | 467.389                                 | 15.580                                           | 1.379.012                               | 45.967                                           |
| O             | 99,50          | 270.887                                 | 8.738                                            | 861.207                                 | 27.781                                           | 2.540.957                               | 81.966                                           |
| N             | 167,90         | 457.104                                 | 15.237                                           | 1.453.233                               | 48.441                                           | 4.287.706                               | 142.924                                          |
| Δ             | 174,90         | 476.162                                 | 15.360                                           | 1.513.820                               | 48.833                                           | 4.466.466                               | 144.080                                          |
| <b>Σύνολο</b> | <b>1081,50</b> | <b>2.944.362.66</b>                     |                                                  | <b>9.360.757.24</b>                     |                                                  | <b>27.618.544.74</b>                    |                                                  |

**Πίνακας 7:** Υπολογισμός παραγομένων υδάτων για τον σχεδιασμό λιμνών & υγροβιότοπων 8-9

| ΜΗΝΕΣ         | P (mm)         | Τάφρος 8                                |                                                  | Τάφρος 9                                |                                                  |
|---------------|----------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|
|               |                | Μηνιαία παραγωγή (m <sup>3</sup> /μήνα) | Ανηγγεμένη Ημερήσια παραγωγή (m <sup>3</sup> /d) | Μηνιαία παραγωγή (m <sup>3</sup> /μήνα) | Ανηγγεμένη Ημερήσια παραγωγή (m <sup>3</sup> /d) |
| I             | 124,20         | 781.145                                 | 25.198                                           | 4.246.526                               | 136.985                                          |
| Φ             | 111,60         | 701.898                                 | 25.068                                           | 3.815.719                               | 136.276                                          |
| M             | 95,40          | 600.010                                 | 19.355                                           | 3.261.824                               | 105.220                                          |
| A             | 78,00          | 490.574                                 | 16.352                                           | 2.666.900                               | 88.897                                           |
| M             | 69,30          | 435.856                                 | 14.060                                           | 2.369.438                               | 76.433                                           |
| I             | 43,50          | 273.589                                 | 9.120                                            | 1.487.310                               | 49.577                                           |
| I             | 32,00          | 201.261                                 | 6.492                                            | 1.094.113                               | 35.294                                           |
| A             | 31,20          | 196.230                                 | 6.330                                            | 1.066.760                               | 34.412                                           |
| Σ             | 54,00          | 339.628                                 | 11.321                                           | 1.846.315                               | 61.544                                           |
| O             | 99,50          | 625.796                                 | 20.187                                           | 3.402.007                               | 109.742                                          |
| N             | 167,90         | 1.055.992                               | 35.200                                           | 5.740.673                               | 191.356                                          |
| Δ             | 174,90         | 1.100.018                               | 35.484                                           | 5.980.011                               | 192.904                                          |
| <b>Σύνολο</b> | <b>1081,50</b> | <b>6.801.996.05</b>                     |                                                  | <b>36.977.595.70</b>                    |                                                  |

Ο υπολογισμός των παραγόμενων υδάτων, για τον σχεδιασμό των λιμνών και των υγροβιότοπων, δεν έγινε με βάση την μέγιστη πλημμυρική παροχή διότι, τα έργα αυτά δεν αποσκοπούν στην συγκράτηση των πλημμυρικών φαινομένων, αλλά αποτελούν ένα σύστημα καθαρισμού υγρών φορτισμένων με φώσφορο ή μικρορύπους. Οι υπολογισμοί των παροχών των λιμνών και κατ' επέκτασιν των υγροβιότοπων, έγιναν με βάση τους βροχερότερους μήνες (Ιανουάριο ή Φεβρουάριο), αναγόμενους σε ημερήσια βάση.

### 3.2.3 Λίμνες Καθίζησης - Σταθεροποίησης (Lagoons)

Οι Λίμνες Σταθεροποίησης αποτελούν ένα απλό σχετικά σύστημα βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και ρυπασμένων υγρών. Πρόκειται για δεξαμενές μίας ροής (χωρίς ανακυκλοφορία), συνήθως χωμάτινες λεκάνες, οι οποίες αερίζονται σε τέτοιο βαθμό ώστε να επικρατούν αερόβιες ή αερόβιες/αναερόβιες συνθήκες. Το βάθος των λιμνών κυμαίνεται μεταξύ 2-5 m. Το κύριο χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι τα υγρά αερίζονται για περίπου 3-6 ημέρες, με αποτέλεσμα στην εκροή να έχει μετατραπεί το ρυπαντικό φορτίο εισόδου σε βακτηριακή μάζα. Η μέθοδος απαιτεί μεγάλη έκταση, έχοντας όμως χαμηλό κόστος εγκατάστασης.

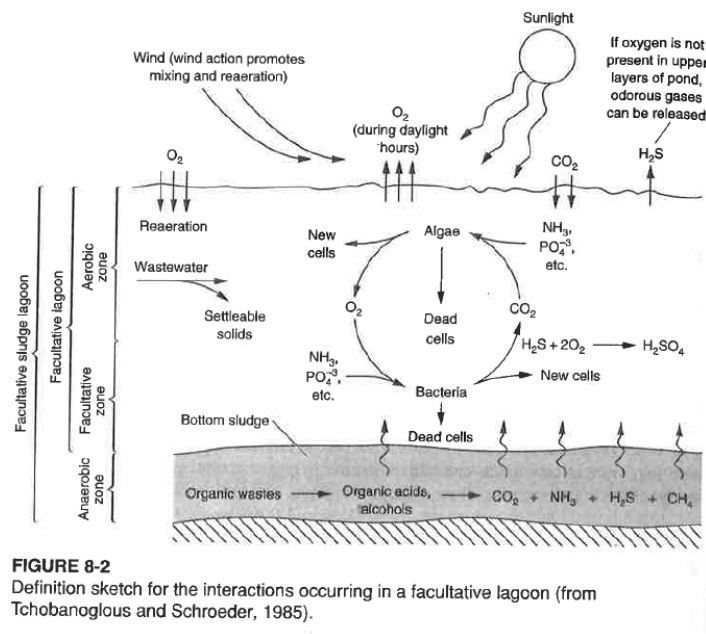
Όλες οι κατηγορίες των λιμνών σταθεροποίησης διαμορφώνονται με εκσκαφή, τα υλικά της οποίας χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αναχώματος περιμετρικά αυτών. Θεωρείται σκόπιμο να βρίσκονται μακριά από κατοικημένες περιοχές και να είναι περιφραγμένες. Συνήθως δεν απαιτείται η στεγανοποίηση των λιμνών, εκτός από περιπτώσεις που τα χαρακτηριστικά του εδάφους είναι τέτοια που υπάρχει η πιθανότητα προσβολής και ρύπανσης των υπογείων υδάτων. Υπάρχουν διάφοροι τύποι Λιμνών Σταθεροποίησης: οι αερόβιες, οι αναερόβιες και οι επαμφοτερίζουσες.

Οι πλήρως αναερόβιες λίμνες σταθεροποίησης επιτυγχάνουν μικρούς βαθμούς καθαρισμού, έχουν προβλήματα οσμών και δεν χρησιμοποιούνται συνήθως για την επεξεργασία βαρέων αποβλήτων. Στις αερόβιες λίμνες, το απαραίτητο οξυγόνο παρέχεται με τη βοήθεια μηχανικών επιφανειακών αεριστήρων που ταυτόχρονα επιτυγχάνουν πλήρη ή μερική ανάμιξη του υγρού. Εναλλακτικά, ένα μέρος του οξυγόνου μπορεί να παρέχεται με φυσικό τρόπο από την ατμόσφαιρα και από τα φύκη που αναπτύσσονται στην επιφάνεια. Τα βάθη των αερόβιων λιμνών κυμαίνονται από 1-2 μέτρα ή 3-6 μέτρα για μηχανικό αερισμό. Στις λίμνες πραγματοποιείται περιοδικός καθαρισμός με απομάκρυνση των φυκών που αναπτύσσονται στην επιφάνεια.

Οι επαμφοτερίζουσες λίμνες σταθεροποίησης είναι ένας συνδυασμός λιμνών στις οποίες επικρατούν ταυτόχρονα και αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες σε διαφορετικά βάθη (Σχήμα 7). Αποτελούν τη σημαντικότερη κατηγορία λιμνών σταθεροποίησης, καθώς μπορούν επιτελέσουν

περισσότερες του ενός είδους διεργασίες κατανάλωσης του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων (αερόβια και αναερόβια βιολογική αποικοδόμηση).

**Εικόνα 7:** Μηχανισμός απομάκρυνσης ρύπων σε επαμφοτερίζουσα λίμνη



Οι λίμνες σταθεροποίησης είναι απλές και φτηνές μέθοδοι καθαρισμού (χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας), έχουν όμως το μειονέκτημα της αδυναμίας λειτουργικής παρέμβασης και απαιτούν μεγάλες επιφάνειες. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλες διαδικασίες καθαρισμού, έτσι ώστε να δίνουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα επεξεργασίας που να ανταποκρίνεται στις εκάστοτε ανάγκες εκροής.

### 3.2.4 Διαστασιολόγηση Λιμνών Σταθεροποίησης

#### Εισαγωγή

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στην § 3.2.1, το σύστημα επεξεργασίας θα είναι προσανατολισμένο στη δέσμευση του φωσφόρου από τις επιφανειακές απορροές, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι ρύποι βρίσκονται σε αρκετά πιο αραιή συγκέντρωση. Ταυτόχρονα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η συγκράτηση των φερτών υλικών που προκαλούν προσχώσεις στη λίμνη. Προτείνεται η εγκατάσταση ενός δίδυμου συστήματος φυσικής επεξεργασίας αποτελούμενο από μια φυσική λίμνη σταθεροποίησης, αερόβια και μικρού βάθους 1,75μ, ακολουθούμενης από υγροβιότοπο 2 παράλληλων λεκανών, σύμφωνα με τα κατωτέρω. Σημειώνεται ότι στους οδηγούς διαστασιολόγησης της USEPA προτείνεται ελάχιστο και μέγιστο βάθος των λιμνών 3 και 8 ft αντίστοιχα.



Ειδικότερα, συγκρίνοντας το εύρος των ρυπαντικών παραμέτρων του Σχήματος 6 προκύπτουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις περίπου 3-20% όσον αφορά τον P, 1-4% όσον αφορά το ολικό άζωτο και 3-15% όσον αφορά το οργανικό φορτίο, σε σύγκριση με τις τυπικές τιμές αστικών λυμάτων. Οι τιμές αυτές επομένως κατευθύνουν προς υιοθέτηση χαμηλότερων υδραυλικών χρόνων παραμονής, της τάξεως των 0,5d. Ο εν λόγω χρόνος παραμονής σχεδιασμού προτείνεται στο New York State Stormwater Management Design Manual – Αύγουστος 2010, ενώ υπερεπαρκεί και για την καθίζηση των φερτών υλικών και αιωρούμενων σωματιδίων. Σημειώνεται ότι στο νερό των απορροών, ο φώσφορος μπορεί να βρίσκεται είτε σε διαλυτή είτε σε σωματιδιακή μορφή, ωστόσο αναφέρεται ότι η δεύτερη μορφή κυριαρχεί σε ποσοστό έως και 90% ευνοούμενη από τις υψηλότερες τιμές pH.

Το σύστημα θα χωροθετηθεί πλευρικά των τάφρων όπου με μία διάταξη μικρού μεταλικού φράγματος, τα υγρά θα εκτρέπονται από την τάφρο και θα υπερχειλίζουν σε πλευρικό κανάλι όδευσης. Το κάθε κανάλι θα είναι ορθογωνικής διατομής διαστάσεων 0.60x0.30 για την τάφρο 5, 0.60x0.5 για τις τάφρους 6 και 8, 1.00x0.6 για την τάφρο 7, 1.00x0.7 για την τάφρο 9, όπως προκύπτει με βάση τους υδραυλικούς υπολογισμούς. Είναι δυνατόν με κατάλληλη τοποθέτηση του υπερχειλιστή σε συγκεκριμένο ύψος, η ρύθμιση της παροχής σχεδιασμού, με τέτοιο τρόπο ώστε οι πλημμυρικές παροχές (δηλαδή αυτές που υπερβαίνουν την παροχή σχεδιασμού του Πίνακα 8) να μην φορτίζουν την κατάντη λίμνη, αλλά να συνεχίζουν την όδευση στην τάφρο. Ακόμα, η χωροθέτηση θα γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να εκμεταλεύεται τη μορφολογία και την κλίση του εδάφους, η δε παροχέτευση των υδάτων να γίνεται με βαρύτητα. Σε περίπτωση που η ροή με βαρύτητα δεν είναι δυνατή λόγω των κλίσεων στην περιοχή 8 και 9, ενδέχεται να εγκατασταθεί αντλιοστάσιο για την παροχέτευση των νερών από την τάφρο προς τις κατάντη λίμνες.

Με σκοπό και την μείωση του προϋπολογισμού, δεν κρίνεται απαραίτητη η στεγάνωση των λεκανών και η επένδυση τους με γεωμεμβράνη, καθώς πρόκειται κατά βάση για καθαρά ύδατα με ελαφρύ φορτίο θρεπτικών ουσιών.

### **Τεχνικά Χαρακτηριστικά Λιμνών**

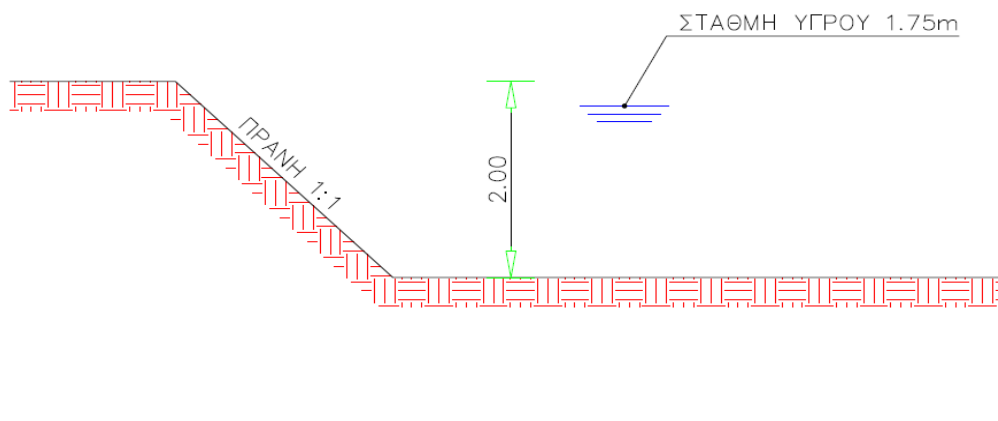
Ως χώρος κατασκευής των λιμνών ορίζεται η περιοχή του δέλτα των ρεμάτων. Οι δεξαμενές καθίζησης θα δημιουργηθούν στο εσωτερικό της περιοχής των δέλτα και σε υψομετρική θέση του χώρου τέτοια, ώστε ο πυθμένα της να βρίσκεται πάντοτε υπεράνω της υψηλότερης στάθμης της λίμνης Παμβώτιδας. Ο χώρος των περιοχών καθίζησης δεν πρέπει να επιτρέπει τη διαφυγή των εισρεόντων υδάτων παρά μόνο με υπερχειλίση τους δια μέσου της φραγματικής κατασκευής. Η τελευταία δεν πρέπει να φέρει υδατοχετούς στον κορμό της, αλλά να είναι συμπαγής. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται υδάτινος όγκος στο χώρο της λίμνης, ο οποίος βρίσκεται εν ηρεμία

επιτρέποντας έτσι την καθίζηση και την παρακράτηση των μεταφερόμενων αιωρούλικών στον πυθμένα της.

Στις λίμνες θα γίνεται ακόμα η δέσμευση των θρεπτικών από τις άλγεις. Η κάθε λίμνη σταθεροποίησης θα κατασκευαστεί σε μορφή αντιστροφής πυραμίδας, με ρηχό βάθος 2μ (ωφέλιμο 1,75μ) και πρανή 1:1. Η διαμήκης κλίση μπορεί να είναι επίσης ήπια, π.χ. 0,5-1%.

Η λίμνη θα μπορεί να φέρει μικρά αναχώματα, ώστε να επιμηκύνεται η ροή των υγρών και να αξιοποιείται ολόκληρος ο όγκος για την απομάκρυνση των θρεπτικών. Τα ύδατα θα εισέρχονται από το κανάλι σε επένδυση με κολυμπητούς λίθους στο άκρο της λίμνης, ενώ στην έξοδο υπερχειλίζουν σε φρεάτιο με ρυθμιζόμενο υπερχειλιστή με χειροστρόφαλο. Ο υπερχειλιστής αυτός είναι απαραίτητος για να ρυθμίζει τη στάθμη της λίμνης.

**Εικόνα 8:** Λεπτομέρεια κατασκευής λίμνης σταθεροποίησης



Οι λίμνες θα είναι προσπελάσιμες με κατασκευή οδού πρόσβασης στις θέσεις εισροής και εκροής. Θα προβλέπεται περιοδικός έλεγχος της λίμνης με σκοπό την συντήρησή της. Ειδικότερα, θα γίνεται έλεγχος του βάθους της λίμνης περίπου κάθε έτος και όταν το ιζημα ανέλθει σε ύψος 35cm συνίσταται να ακολουθήσει καθαρισμός της λίμνης (Σχήμα 9). Ο καθαρισμός μπορεί να γίνεται με εκσκαφέα ή μικρό φορτωτή και είναι σκόπιμο να μειωθεί η στάθμη των υγρών για να διευκολυνθούν οι εργασίες. Ακόμα, θα πρέπει να προβλέφθει η εύκολη πρόσβαση για τα οχήματα ενώ το σχήμα των λιμνών συνίσταται να είναι μακρόστενο. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται διάρκεια καθαρισμού 1 με 5 ημέρες και συχνότητα 5 με 10 χρόνια, ανάλογα με τις δραστηριότητες στη λεκάνη απορροής.

Άλλες περιοδικές εργασίες αφορούν τον καθαρισμό των σωλήνων και των στομιών από ξένα υλικά με σκοπό την απρόσκοπτη παροχέτευση των υγρών. Επίσης, την απομάκρυνση της βλάστησης, η οποία εμποδίζει τη ροή των υγρών, καθώς και των αλγών, εάν απαιτείται. Περαιτέρω, θα υπάρχει διάταξη για την εύκολη εκκένωση της μέσω αγωγού HDPE Φ250 με βάνα

αποκοπής που θα αδειάζει κατά το δυνατόν τη λίμνη και θα παροχετεύει τα υγρά προς την Παμβώτιδα. Τα συγκροτήματα λιμνών - υγροβιότοπων θα πρέπει να κατασκευαστούν σε υψόμετρο πυθμένα, τέτοιο ώστε, ο αγωγός HDPE Φ250, να εξασφαλίζει τη βαρυτική εκκένωση της εκάστοτε λίμνης. Ενδεικτικά αναφέρονται υψόμετρα πυθμένα στο 471.20m, 470.60m, 469.40m 468.30m και 470.50m για τις λίμνες 5,6,7,8 και 9 αντίστοιχα. Τέλος, η απομάκρυνση των αλγών από τις λίμνες θα γίνεται με μηχανικό τρόπο και μέσω διχτυών, ειδικής διάταξης αναρρόφησης τύπου skimmer ή άλλων ειδικών εργαλείων. Οι μικροποσότητες άλγης θα πρέπει να κομποστοποιούνται σε κατάλληλη αναλογία με άλλα οργανικά απόβλητα ή υλικά ρύθμισης πορώδους.

**Εικόνα 9:** Έλεγχος βάθους (α) και καθαρισμός ιζήματος - φερτών υλικών από λίμνη σταθεροποίησης (β) (πηγή: New York State Stormwater Management Design Manual)



Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν ανωτέρω, επιλέχθηκε βάθος 1,75μ και υδραυλικός χρόνος παραμονής 0,5d για τη μέση μηνιαία βροχόπτωση των χειμερινών μηνών, βάση της οποίας προκύπτει ο ελάχιστος απαιτούμενος όγκος για κάθε μία λίμνη σταθεροποίησης. Η χωροθέτηση των λιμνών παρουσιάζεται στη σχετική οριζοντιογραφία.

Ειδικότερα, στις περιοχές 8 και 9, τα όμβρια καταλήγουν μέσω υδραυλικών έργων πλακοσπεπών οχετών που έχουν ήδη κατασκευαστεί. Οι υψομετρικές διαφορές ανάμεσα στις εκβολές των οχετών και στις θέσεις που προτείνονται οι κατασκευές των νέων δεξαμενών κυμαίνονται από 1,00 m στην περιοχή 8, έως 1,80 m στην περιοχή 9. Ωστόσο, λόγω της κατασκευής του αναχώματος στην όχθη της λίμνης και της υψηλής στάθμης της Παμβώτιδας σε σχέση με το φυσικό έδαφος στην περιοχή του Πάρκου, οι νέες δεξαμενές προτείνεται να κατασκευαστούν επιχωματικά. Προκειμένου να διασφαλιστεί η υδραυλική λειτουργία του συστήματος, ενδεχομένως να απαιτηθεί επίσης και η κατασκευή αντλιοστασίου ανύψωσης στα σημεία εκβολής

των πλακοσκεπών οχετών έτσι ώστε να είναι δυνατή η τροφοδότηση των δεξαμενών με συγκεκριμένη ελεγχόμενη παροχή στα υψόμετρα που θα επιλεγεί τελικά η κατασκευή τους. Η περαιτέρω υδραυλική λειτουργία του συστήματος θα γίνεται βαρυτικά.

Βάση του πίνακα 6 Υπολογισμός παραγόμενων υδάτων τάφρων 5-9, υπολογίστηκε η μέση μηνιαία βροχόπτωση για τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Οι υπολογισμοί των παροχών σχεδιασμού των λιμνών, και κατ' επέκταση των υγροβιότοπων, θα γίνουν με βάση τους βροχερότερους μήνες αυτούς ανηγμένους σε  $m^3/ημ$ .

**Πίνακας 8:** Δεδομένα λιμνών σταθεροποίησης

| Α/Α Τάφρου | Εισερχόμενη παροχή, $m^3/s$ και $m^3/ημ$ | Ωφέλιμος όγκος λίμνης $m^3$ (κατ' ελάχιστο) | Επιφάνεια λίμνης, $m^2$ (Ανοψη) |
|------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|
| 5          | 0.126/ 10.890                            | 5.450                                       | 3.91                            |
| 6          | 0.4 34 560                               | 17.300                                      | 10.800                          |
| 7          | 1.18/ 102.000                            | 5 .000                                      | 31.616                          |
| 8          | 0 29/ 25.100                             | 12.600                                      | 8.003                           |
| 9          | 1.58/ 136.500                            | 68.350                                      | 40.828                          |

Η αναμενόμενη απόδοση απομάκρυνσης φωσφόρου, νιτρικού αζώτου και αιωρούμενων έχει αναφερθεί σε 48%, 24% και 67% αντίστοιχα ([http://www.stormwatercenter.net/Assorted\\_Fact\\_Sheets/Tool6\\_Stormwater\\_Practices/Pond/Wet\\_Pond.htm](http://www.stormwatercenter.net/Assorted_Fact_Sheets/Tool6_Stormwater_Practices/Pond/Wet_Pond.htm)).

Ειδικότερα σε ότι αφορά τα φερτά υλικά, η συνολική ποσότητα έχει υπολογιστεί σε παλαιότερη μελέτη σε 183.000  $m^3$ . Ακολούθως, πραγματοποιήθηκαν από το Δασαρχείο Ιωαννίνων κάποια έργα αναδασώσεων και τεχνικά έργα, ενώ περαιτέρω προγραμματίζονται και άλλα τεχνικά έργα μέσω των οποίων θα συγκρατούνται τα φερτά υλικά. Η παραγόμενη ποσότητα επομένως θα είναι σημαντικά μειωμένη, ωστόσο η εκτίμηση είναι δύσκολη καθώς εξαρτάται από την απόδοση των ανάντη έργων. Η ομάδα μελέτης εκτιμά ότι με το συνδυασμό των τεχνικών έργων και τη κατακράτηση των αιωρούμενων σωματιδίων - υλικών στις λίμνες, η εισερχόμενη ποσότητα στην Παμβώτιδα θα ανέρχεται σε 25.000  $m^3$ .

### 3.2.5 Κόστος εργασιών κατασκευής λιμνών

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι προμετρήσεις και το εκτιμώμενο κόστος των εργασιών.

| ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΝΑ ΛΙΜΝΗ |                                                                                                                                                                                    |                |          |          |          |          |          |        |        |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|
| α/α                    | Περιγραφή έργου                                                                                                                                                                    | Μονάδα         | Κωδικός  | Κωδικός  | Κωδικός  | Κωδικός  | Κωδικός  | Σύνολο | Σύνολο |
|                        |                                                                                                                                                                                    |                | περιοχής | περιοχής | περιοχής | περιοχής | περιοχής |        |        |
|                        |                                                                                                                                                                                    |                | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        |        |        |
| 1                      | Εκκαφές τάφρων ή διωρύγων σε εδάφη γαϊώδη- ημιβραχώδη, με την φορτοεκφόρτωση των προϊόντων επί αυτοκινήτου και την μεταφορά στον χώρο απόθεσης ή απόρριψης σε οποιαδήποτε απόσταση | m <sup>3</sup> | 8030     | 22550    | 67100    | 16500    | 88000    | 97680  | 104500 |
| 2                      | Εκκαφή και επαναπλήρωση χάνδακος σε κάθε είδος εδαφής εκτός από βραχώδη εκτός κατοικημένων περιοχών).                                                                              | m <sup>3</sup> | 91,3     | 110      | 99       | 121      | 199,1    | 300,3  | 320,1  |
| 3                      | Κατασκευή συμπυκνωμένου επιχώματος από υλικά που έχουν προσκομισθεί επί τόπου                                                                                                      | m <sup>3</sup> | 803      | 2255     | 6710     | 1650     | 8800     | 9768   | 10450  |
| 4                      | Λιθορριπές προστασίας κοίτης και πρανών με λίθους λατομείου, βάρους 5 έως 20 kg                                                                                                    | m <sup>3</sup> | 165      | 330      | 660      | 275      | 770      | 1155   | 1045   |
| 5                      | Διάστρωση και εγκιβωτισμός σωλήνων με άμμο ορυχείου ή χειμάρρου                                                                                                                    | m <sup>3</sup> | 68,2     | 88       | 73,7     | 90,2     | 148,5    | 229,9  | 238,7  |
| 6                      | Διάταξη φράγματος με θυρόφραγμα                                                                                                                                                    | τεμ            | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 3      | 2      |
| 7                      | Σωλήνας HDPE 250 mm                                                                                                                                                                | m              | 345      | 440      | 375      | 455      | 755      | 1160   | 1210   |
| 8                      | Φρεατία υπερχείλισης                                                                                                                                                               | τεμ            | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 3      | 2      |
| 9                      | Φρεατία εξόδου - παράκαμψης                                                                                                                                                        | τεμ            | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 3      | 2      |
| 10                     | Κατασκευές από σκυρόδεμα κατηγορίας C16/20 για επένδυση τάφρου                                                                                                                     | m <sup>3</sup> | 16,5     | 50,6     | 55       | 25,3     | 51,7     | 122,1  | 77     |
| 11                     | Χαλύβδινο δομικό πλέγμα B500C εκτός υπογείων έργων                                                                                                                                 | kg             | 209      | 660      | 720,5    | 330      | 682      | 1589,5 | 1012   |

| ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΛΙΜΝΩΝ |                                                                                                                                                                                      |             |                          |                |          |              |           |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------|----------------|----------|--------------|-----------|
| ΛΙΜΝΕΣ 5,6,7                     |                                                                                                                                                                                      |             |                          |                |          |              |           |
| α/α                              | Είδος εργασίας                                                                                                                                                                       | Άρθρο       | Ενιαίο τιμολόγιο ΥΠΕΧΩΔΕ | Μονάδα         | Ποσότητα | Τιμή Μονάδας | ΔΑΠΑΝΗ    |
|                                  |                                                                                                                                                                                      | Αναθεώρησης |                          |                |          |              |           |
| ΟΜΑΔΑ 3.2: ΛΙΜΝΕΣ 5,6,7          |                                                                                                                                                                                      |             |                          |                |          |              |           |
| 3.2.1                            | Εκκααφές τάφρων ή διωρύγων σε εδάφη γαιώδη- ημιβραχώδη, με την φορτοεκφόρτωση των προϊόντων επί αυτοκινήτου και την μεταφορά στον χώρο απόθεσης ή απόρριψης σε οποιαδήποτε απόσταση. | ΥΔΡ 6054    | ΥΔΡ 3.01.02              | m <sup>3</sup> | 97680    | 2,70         | 263736,00 |
| 3.2.2                            | Εκκααφή και επαναπλήρωση χάνδακος σε κάθε είδος εδαφης εκτος από βραχώδη εκτός κατοικημένων περιοχών).                                                                               | ΥΔΡ 6053    | ΥΔΡ 3.15.01              | m <sup>3</sup> | 300,3    | 1,20         | 360,36    |
| 3.2.3                            | Κατασκευή συμπυκνωμένου επιχώματος από υλικά που έχουν προσκομισθεί επί τόπου                                                                                                        | ΥΔΡ 6079    | ΥΔΡ 5.01                 | m <sup>3</sup> | 9768     | 0,60         | 5860,80   |
| 3.2.4                            | Λιθορριπές προστασίας κοίτης και πρανών με λίθους λατομείου, βάρους 5 έως 20 kg                                                                                                      | ΥΔΡ 6157    | ΥΔΡ 8.04.02              | m <sup>3</sup> | 1155     | 16,80        | 19404,00  |
| 3.2.5                            | Διάστρωση και εγκιβωτισμός σωλήνων με άμμο ορυχείου ή χειμάρρου                                                                                                                      | ΥΔΡ 6069.1  | ΥΔΡ 5.08                 | m <sup>3</sup> | 229,90   | 9,30         | 2138,07   |
| 3.2.6                            | Διάταξη φράγματος με θυρόφραγμα                                                                                                                                                      |             |                          | τεμ            | 3        | 5.000,00     | 15000,00  |
| 3.2.7                            | Σωλήνας HDPE 250 mm                                                                                                                                                                  | ΥΔΡ 6621.6  | ΥΔΡ 12.14.01.13          | m              | 1160     | 34,70        | 40252,00  |
| 3.2.8                            | Φρεάτια υπερχειλισης                                                                                                                                                                 |             |                          | τεμ            | 3        | 2.000,00     | 6000,00   |
| 3.2.9                            | Φρεατια εξόδου - παράκαμψης                                                                                                                                                          |             |                          | τεμ            | 3        | 2.200,00     | 6600,00   |
| 3.2.10                           | Κατασκευές από σκυρόδεμα κατηγορίας C16/20για επένδυση τάφρου                                                                                                                        | ΥΔΡ 6327    | 9.10.04                  | m <sup>3</sup> | 122,1    | 80,00        | 9768,00   |
| 3.2.11                           | Χαλύβδινο δομικό πλέγμα B500C εκτός υπογειών έργων                                                                                                                                   | B-30.3      | ΥΔΡ-7018                 | kg             | 1589,50  | 1,05         | 1668,98   |
| Σύνολο                           |                                                                                                                                                                                      |             |                          |                |          |              | 370788,21 |

### 3.3 ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ ΑΠΟΜΕΙΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

#### 3.3.1 Τεχνική Περιγραφή Υγροβιοτόπων

Όπως αναφέρθηκε στην § 3.2.1, μέρος του φωσφόρου θα δεσμεύεται στις λίμνες σταθεροποίησης και το υπόλοιπο θα απομακρύνεται σε τεχνητό υγροβιότοπο που θα ακολουθεί τη λίμνη. Πρόκειται για λεκάνες που κατακλύζονται με νερό συνήθως μικρού βάθους (< 0,8 m), στις οποίες αναπτύσσονται φυτά όπως:

- Τα είδη κύπερης
- Καλάμια νερών
- Είδη βούρλων και

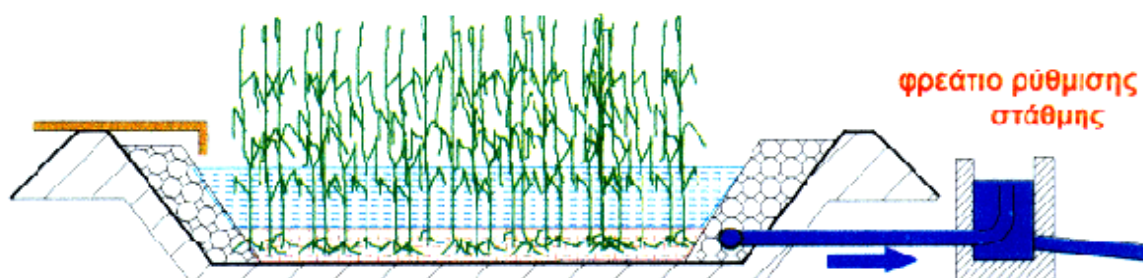


- Είδη αφράτου και ψαθιού

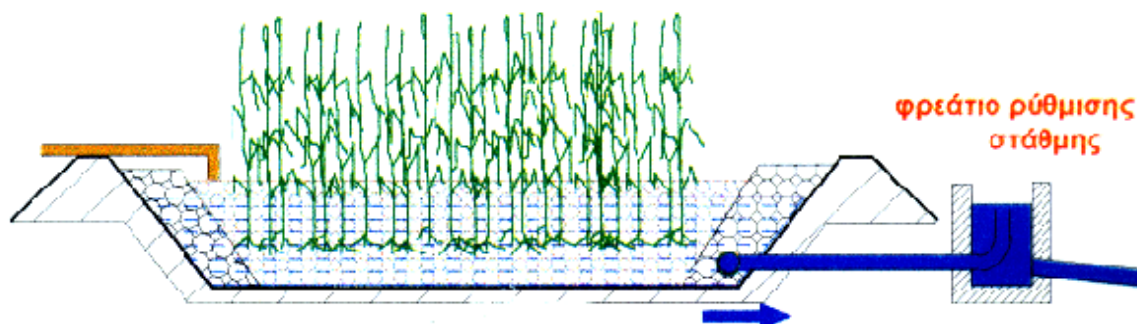
Η φυτική βλάστηση προσφέρει το βασικό υπόστρωμα ανάπτυξης των βακτηρίων, βοηθά στο φιλτράρισμα και την προσρόφηση συστατικών του αποβλήτου, μεταφέρει οξυγόνο στη μάζα νερού και περιορίζει την ανάπτυξη αλγών, με τον περιορισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και τη σκίαση της επιφάνειας του υδροβιότοπου. Στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο οι τεχνητοί, όσο και οι φυσικοί υδροβιότοποι.

Οι τεχνητοί υδροβιότοποι έχουν όλες τις δυνατότητες των φυσικών υδροβιότοπων αλλά χωρίς τους περιορισμούς, που αφορούν τη διάθεση σε φυσικά οικοσυστήματα. Για την επεξεργασία αποβλήτων με τεχνητούς υδροβιότοπους, έχουν αναπτυχθεί και δοκιμαστεί δύο τύποι συστημάτων, υδροβιότοποι ελεύθερης επιφάνειας (FWS) και υδροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής (SFS) (σχ. 9&10 αντίστοιχα).

**Εικόνα 10:** Τεχνητός υδροβιότοπος ελεύθερης επιφάνειας (FWS) με υπόστρωμα φύτευσης φυτικής γη 40 - 50 cm και στάθμη υγρών 10 - 50 cm (ρυθμιζόμενη)



**Εικόνα 11:** Τεχνητός υδροβιότοπος υποεπιφανειακής ροής (SWS) με υπόστρωμα φύτευσης αμμοχάλικο 60 - 70 cm και στάθμη υγρών 30 - 80 cm (ρυθμιζόμενη)



Τα συστήματα FWS, αποτελούνται συνήθως από παράλληλες λεκάνες, κανάλια ή τάφρους με αδιαπέρατους πυθμένες, με αναφυόμενη φυτική βλάστηση και μικρό βάθος νερού (0,1- 0,6 m). Σε τέτοια συστήματα εφαρμόζεται προεπεξεργασμένο υγρό απόβλητο και η περαιτέρω επεξεργασία

του διενεργείται, καθώς η εφαρμοζόμενη εκροή του ρέει με μικρή ταχύτητα δια μέσου των στελεχών και ριζών της υφιστάμενης φυτικής βλάστησης.

Ανάλογα, τα συστήματα τύπου SFS, σχεδιάζονται με σκοπό την επίτευξη δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται επίσης συστήματα «ριζόσφαιρας» ή «φίλτρα εδάφους - καλαμιών» και αναπτύσσονται μέσα σε κανάλια ή τάφρους με σχετικά στεγανούς πυθμένες, που περιέχουν άμμο ή άλλα γήινα μέσα υποστήριξης της αναφυόμενης φυτικής βλάστησης.

Οι τεχνητοί υγροβιότοποι χρησιμοποιούνται ευρέως τα τελευταία χρόνια στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων, είτε αυτούσιοι είτε ως τελικό στάδιο (φινίρισμα), για τους εξής λόγους:

- Οι τεχνητοί υγροβιότοποι είναι ελαστικά συστήματα στις μεταβολές υδραυλικού φορτίου και τις μεγάλες διακυμάνσεις της ποιότητας των λυμάτων
- Οι τεχνητοί υγροβιότοποι είναι συστήματα επεξεργασίας οικονομικά στην κατασκευή, απλά στη λειτουργία και τη συντήρηση, φιλικά στο περιβάλλον, λειτουργούν χωρίς ηλεκτρική ενέργεια και προσφέρουν υψηλή αισθητική στο τοπίο.

### 3.3.2 Μηχανισμοί Επεξεργασίας Στους Τεχνητούς Υγροβιότοπους

Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων με φυσικά συστήματα διενεργείται με φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν στο οικοσύστημα «έδαφος - φυτό - υγρό απόβλητο». Γενικά, τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας είναι ικανά για απομάκρυνση - τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό - όλων σχεδόν των κυρίων και δευτερευόντων ρυπαντικών συστατικών των υγρών αποβλήτων όπως: τα αιωρούμενα στερεά, το οργανικό φορτίο, το άζωτο, ο φώσφορος, τα ανόργανα και οργανικά σε ίχνη και οι μικροοργανισμοί. Παρακάτω περιγράφονται οι κύριοι μηχανισμοί απομάκρυνσης των συστατικών αυτών.

#### Αιωρούμενα στερεά

Στα συστήματα που χαρακτηρίζονται από ροή των λυμάτων στην επιφάνεια, όπως στις περιπτώσεις επιφανειακής ροής, τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται μερικώς με καθίζηση, που εννοείται με τις επικρατούσες μικρές ταχύτητες ροής και το μικρό βάθος του αποβλήτου και μερικώς με φιλτράρισμα, δια μέσου του συστήματος της φυτικής βλάστησης.

Αντίθετα, στα συστήματα που χαρακτηρίζονται από ροή λυμάτων κάτω από την εδαφική επιφάνεια, όπως οι υγροβιότοποι τύπου SFS, τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται κυρίως με φιλτράρισμα τους στο έδαφος ή στο υπέδαφος.

## Οργανικό Φορτίο

Το αποδομούμενο οργανικό φορτίο, διαλυμένο ή σε αιώρηση που αποτελεί συστατικό των λυμάτων, απομακρύνεται με βιολογική αποδόμηση. Οι μικροοργανισμοί που διενεργούν βιολογική αποδόμηση αναπτύσσονται υπό μορφή λεπτών μεμβρανών ή εκκρίσεων τους στις επιφάνειες των εδαφικών σωματιδίων, της φυτικής βλάστησης ή των χρησιμοποιούμενων υποστρωμάτων.

Γενικά, τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας σχεδιάζονται και λειτουργούν υπό αερόβιες συνθήκες, με σκοπό να προάγεται η αποδόμηση με αερόβιους μικροοργανισμούς, που είναι πιο ταχεία και πλήρης διεργασία, σε σύγκριση με την αναερόβια αποδόμηση οργανικών συστατικών. Έτσι περιορίζονται επίσης οι ανεπιθύμητες οσμές που προξενεί η αναερόβια αποδόμηση. Για να αποφεύγονται οι αναερόβιες συνθήκες πρέπει να υπολογίζεται η φυσική οξυγόνωση να υπερκαλύπτει τις ανάγκες σε οξυγόνο του BOD των λυμάτων.

## Άζωτο

Γενικά, ανάλογες διεργασίες, με αυτές των οργανικών ουσιών, συμβαίνουν και στην περίπτωση αζωτούχων ειδών, στο περιβάλλον έδαφος - νερό. Οι μηχανισμοί που αφορούν την απομάκρυνση του αζώτου από υγρά λύματα εξαρτώνται από την μορφή παρουσίας του αζώτου. Το μεγαλύτερο ποσοστό του εισερχόμενου ή παραγόμενου σε ένα φυσικό σύστημα αμμωνιακού αζώτου, προσροφάται προσωρινά δια μέσου αντιδράσεων εναλλαγής ιόντων, σε εδαφικά οργανικά και αργιλικά σωματίδια. Το προσροφημένο αμμωνιακό άζωτο είναι διαθέσιμο για πρόσληψη του από φυτά και /ή μικροοργανισμούς ή για μετατροπή του σε νιτρικό άζωτο, δια μέσου της βιολογικής νιτρίκοποίησης. Επειδή η προσρόφηση της αμμωνίας στα φυσικά συστήματα είναι συνήθως περιορισμένη, είναι απαραίτητη η νιτρίκοποίηση για περαιτέρω απελευθέρωση και συνεπώς αναγέννηση της ικανότητας προσρόφησης. Αυτή η αναγέννηση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στα συστήματα επιφανειακής ροής.

Το νιτρικό άζωτο απομακρύνεται επίσης από τα φυσικά συστήματα με βιολογική απονιτρίκοποίηση και στη συνέχεια απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα σαν οξείδιο του αζώτου ή ελεύθερο άζωτο. Η βιολογική απονιτρίκοποίηση αποτελεί τον κύριο μηχανισμό απομάκρυνσης αζώτου στα συστήματα ταχείας διήθησης, επιφανειακής ροής και υδροχαρών φυτών. Η απονιτρίκοποίηση διενεργείται με επαμφοτερίζοντα βακτήρια σε ανοξικές συνθήκες. Γι' αυτή τη διεργασία δεν είναι απαραίτητο να επικρατούν ανοξικές συνθήκες σε ολόκληρο το σύστημα. Έτσι απονιτρίκοποίηση είναι δυνατό να συμβαίνει σε ανοξικές περιοχές, που συνήθως διατηρούνται σε ευρύτερες αερόβιες περιοχές.

### Φώσφορος - Μεταλλικά ιχνοστοιχεία

Η απομάκρυνση του φωσφόρου και των μετάλλων διενεργείται με δέσμευση (προσρόφηση και χημική κατακρήμνιση) και σε μικρότερο βαθμό με πρόσληψή τους από τις ρίζες των φυτών. Σημειώνεται ότι ο σωματιδιακός φώσφορος έχει απομακρυνθεί ήδη σε μεγάλο βαθμό στη λίμνη σταθεροποίησης. Τα μέταλλα παραμένουν στο έδαφος ή στα ιζήματα των συστημάτων υδροχαρών φυτών. Το δυναμικό κατακρήμνισης μετάλλων στα περισσότερα εδάφη και στα διάφορα ιζήματα είναι γενικά υψηλό, ιδιαίτερα όταν το  $pH > 6$ . Αντίθετα σε μικρά  $pH$  και αναερόβιες συνθήκες, ορισμένα μέταλλα είναι περισσότερο διαλυτά και μπορούν να απελευθερώνονται στην εδαφική διάλυση. Γενικά, η απομάκρυνση μετάλλων στα διάφορα φυσικά συστήματα ποικίλει και εξαρτάται από τη συγκέντρωσή τους στην εφαρμοζόμενη εκροή και τις τοπικές συνθήκες. Τα ποσοστά αποδοτικότητας απομάκρυνσης των περισσότερων μετάλλων σε συστήματα υδροβιότοπων κυμαίνονται από 60-90% (ποσοστά που κυμαίνονται ανάλογα με την επαφή του αποβλήτου με το έδαφος και τα ιζήματα, και τις αναερόβιες συνθήκες που μπορούν να επικρατούν σε αυτά).

### Οργανικές ρυπαντικές ουσίες

Ιχνη τοξικών οργανικών ουσιών απομακρύνονται από τα λύματα, που εφαρμόζονται σε φυσικά συστήματα επεξεργασίας, με τις διεργασίες της εξάχνωσης, της προσρόφησης και των βιολογικών ή φωτοχημικών διασπάσεων.

Γενικά, τα φυσικά συστήματα είναι ικανά για απομάκρυνση μεγάλων ποσοστών οργανικών ουσιών σε ίχνη. Σήμερα υπάρχουν πολλές εργασίες και μετρήσεις για εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της απομάκρυνσης διαφόρων ουσιών, όπου φαίνεται η εκπληκτική απόδοση των τεχνητών υδροβιότοπων σε απομάκρυνση τοξικών ουσιών (π.χ. Φυτοφαρμάκων, πετρελαιοειδών κ.λπ.).

#### 3.3.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Υδροβιότοπου

Τα ύδατα από το φρεάτιο εκροής της λίμνης οδηγούνται μέσω τσιμεντοσωλήνων  $\Phi 600$ , σε φρεάτιο μερισμού των 2 λεκανών, έτσι ώστε να υπάρχει ευελιξία στη λειτουργία. Από εκεί, η ροή διανέμεται στην είσοδο αρχικά με πλήρη και ακολούθως με διάτρητο αγωγό HDPE  $\Phi 400$ , με οπές 4 mm, ανά 50 - 70 cm. Η διατομή επιλέχθηκε για ελαχιστοποίηση των απωλειών, ώστε να λειτουργούν όλα τα στόμια με ελάχιστη διαφορά πρώτου και τελευταίου. Το υψόμετρο του πυθμένα των υδροβιότοπων, θα βρίσκεται περίπου στην ίδια στάθμη με αυτή του πυθμένα των λιμνών αντίστοιχα. Η ροή διανέμεται σε χαλίκια 5 - 10 cm και μέσω αυτών στο κυρίως υπόστρωμα του υδροβιότοπου. Το κυρίως υπόστρωμα αποτελείται από χαλίκι μεγέθους 4 mm περίπου, ύψους 80 cm περίπου. Η στάθμη του νερού θα είναι ρυθμιζόμενη σε ύψος 0,3 - 0,75 m

από τον πυθμένα. Μέσα στο υπόστρωμα από χαλίκια και σε βάθος ριζώματος μέχρι 30 cm θα φυτευθούν *Fragmites australis* ή *Typha latifolia* (καλάμουρας ή ψαθί αντίστοιχα), τα οποία είναι ενδημικά, ανθεκτικά και πολύ αποδοτικά. Οι καλάμιές θα μεταφυτευτούν από γειτονικές περιοχές **σε πυκνότητα 1 φυτό ανά 0,75μ**. Περιοδική κοπή των καλάμιών θα γίνεται κάθε 3-5 χρόνια.

Στην έξοδο κάθε λεκάνης υπάρχει ειδικό φρεάτιο ρύθμισης της στάθμης υγρού στον υδροβιότοπο με περιστρεφόμενη καμπύλη από αγωγό HDPE. Τα καθαρά πλέον ύδατα από τον υδροβιότοπο παροχετεύονται από το φρεάτιο με αγωγό Φ400 στην τάφρο και στην Παμβώτιδα.

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής επιλέγεται σε 0,5 δ, η δε γεωμετρία του υδροβιότοπου θα είναι τουλάχιστον 2-3:1 (μήκος προς πλάτος). Ο υδροβιότοπος κατασκευάζεται σε δύο λεκάνες, προκόπτει δε συνολική επιφάνεια για ύψος  $h=0,75\mu$  και για κάθε περίπτωση σύμφωνα με τον επόμενο Πίνακα.

**Πίνακας 9:** Δεδομένα υδροβιότοπων

| Α/Α Τάφρου | Εισερχόμενη παροχή $m^3/s$ και $m^3/\eta\mu$ | Επιφάνεια υδροβιότοπου, $m^2$ (Ανωψη) έκαστος |
|------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 5          | 0.126/ 10.890                                | 4.059                                         |
| 6          | 0.4/ 34.560                                  | 12.040                                        |
| 7          | 1.18/ 102.000                                | 33.759                                        |
| 8          | 0.29/ 25.100                                 | 8.784                                         |
| 9          | 1.58/ 136.500                                | 43.990                                        |

Η αναμενόμενη απόδοση απομάκρυνσης φωσφόρου, νιτρικού αζώτου και αιωρούμενων έχει αναφερθεί σε 43%, 73% και 83% αντίστοιχα (<http://www.stormwatercenter.net> - ενότητα Fact Sheets). Ο συνδυασμένος βαθμός απόδοσης λίμνης και υδροβιότοπου θα είναι 70% και 80% ως προς φώσφορο και νιτρικό άζωτο αντίστοιχα.

Από τα ληφθέντα στοιχεία μέχρι σήμερα, δεν εντοπίζεται πρόβλημα με την ζώνη αιγιαλού για την περιοχή των εγκαταστάσεων. Το ιδιοκτησιακό καθεστώς των λιμνών και των υδροβιότοπων είναι κατά βάση Ιδιωτικό. Όπως επιβεβαιώθηκε από το Κτηματολόγιο και την Τοπογραφική Υπηρεσία, μη ιδιωτικές εκτάσεις υπάρχουν μόνο στις περιοχές εγκαταστάσεις 8 & 9, που βρίσκονται νότια της λίμνης Παμβώτιδας. Εκτίμηση του κόστους των απαλλοτριώσεων έχει υπολογισθεί στη μελέτη.

### 3.3.4 Κόστος εργασιών κατασκευής υγροβιότοπων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι προμετρήσεις και το εκτιμώμενο κόστος των εργασιών.

| ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΝΑ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟ |                                                                                                                                                                                   |                |               |               |               |               |               |                 |               |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| α/α                          | Περιγραφή έργου                                                                                                                                                                   | Μονάδα         | Κωδικός       | Κωδικός       | Κωδικός       | Κωδικός       | Κωδικός       | Σύνολο<br>5,6,7 | Σύνολο<br>8,9 |
|                              |                                                                                                                                                                                   |                | περιοχής<br>5 | περιοχής<br>6 | περιοχής<br>7 | περιοχής<br>8 | περιοχής<br>9 |                 |               |
|                              |                                                                                                                                                                                   |                | Ποσότητα      | Ποσότητα      | Ποσότητα      | Ποσότητα      | Ποσότητα      |                 |               |
| 1                            | Εκκαφές τάφρων ή διωρύγων σε εδάφη γαιώδη-ημιβραχώδη, με την φορτοεκφόρτωση των προϊόντων επί αυτοκινήτου και την μεταφορά στον χώρο απόθεσης ή απόρριψης σε οποιαδήποτε απόσταση | m <sup>3</sup> | 12650         | 38500         | 109450        | 28050         | 143000        | 160600          | 171050        |
| 2                            | Εκκαφή και επαναπλήρωση χάνδακος σε κάθε είδος εδαφης εκτός από βραχώδη εκτός κατοικημένων περιοχών).                                                                             | m <sup>3</sup> | 79,2          | 412,5         | 533,5         | 313,5         | 561           | 1025,2          | 874,5         |
| 3                            | Κατασκευή συμπκνωμένου επιχώματος από υλικά που έχουν προσκομισθεί επί τόπου                                                                                                      | m <sup>3</sup> | 1265          | 3850          | 10945         | 2805          | 14300         | 16060           | 17105         |
| 4                            | Διάστρωση και εγκιβωτισμός σωλήνων με άμμο ορυχείου ή χειμάρρου                                                                                                                   | m <sup>3</sup> | 60,5          | 215,6         | 264           | 140,8         | 313,5         | 540,1           | 454,3         |
| 5                            | Φύτευση φυτών                                                                                                                                                                     | τεμ            | 14000         | 45000         | 131500        | 33000         | 173000        | 190500          | 206000        |
| 6                            | Χαλική λατομείου                                                                                                                                                                  | m <sup>3</sup> | 6160          | 20350         | 57750         | 14630         | 75350         | 84260           | 89980         |
| 7                            | Προκατασκευασμένα κυκλικά φρεάτια επίσκεψης αγωγών ακαθάρτων εντός κατοικημένων περιοχών, εσωτερικής διαμέτρου 0,80m.                                                             | τεμ            | 6             | 13            | 15            | 12            | 19            | 34              | 31            |
| 8                            | Σωλήνας HDPE 400mm                                                                                                                                                                | m              | 160           | 472           | 683           | 476           | 546           | 1315            | 1022          |
| 9                            | Φρεατια μερισμού                                                                                                                                                                  | τεμ            | 1             | 1             | 1             | 1             | 1             | 3               | 2             |
| 10                           | Φρεατια ρύθμισης σταθμης υγροβιοτοπου                                                                                                                                             | τεμ            | 2             | 2             | 2             | 2             | 2             | 6               | 4             |
| 11                           | Τσιμεντοσωλήνες αποχέτευσης ονομαστικής διαμέτρου D600 mm                                                                                                                         | m              | 85            | 370           | 390           | 140           | 620           | 845             | 760           |



| ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ |                                                                                                                                                                                    |             |                          |                |          |              |                   |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------|----------------|----------|--------------|-------------------|
| ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ 5,6,7                     |                                                                                                                                                                                    |             |                          |                |          |              |                   |
| α/α                                    | Είδος εργασίας                                                                                                                                                                     | Άρθρο       | Ενιαίο τιμολόγιο ΥΠΕΧΩΔΕ | Μονάδα         | Ποσότητα | Τιμή Μονάδας | ΔΑΠΑΝΗ            |
|                                        |                                                                                                                                                                                    | Αναθεώρησης |                          |                |          |              |                   |
| ΟΜΑΔΑ 3.3: Υγροβιότοποι 5,6,7          |                                                                                                                                                                                    |             |                          |                |          |              |                   |
| 3.3.1                                  | Εκκαφές τάφρων ή διωρύγων σε εδάφη γαιώδη- ημιβραχώδη, με την φορτοεκφόρτωση τωνπροϊόντων επί αυτοκινήτου και την μεταφορά στον χώρο απόθεσης ή απόρριψης σε οποιαδήποτε απόσταση. | ΥΔΡ 6054    | ΥΔΡ 3.01.02              | m <sup>3</sup> | 160600   | 2,70         | 433620,00         |
| 3.3.2                                  | Εκκαφή και επαναπλήρωση χάνδακος σε κάθε είδος εδαφης εκτος από βραχώδη εκτός κατοικημένων περιοχών).                                                                              | ΥΔΡ 6053    | ΥΔΡ 3.15.01              | m <sup>3</sup> | 1025,2   | 1,20         | 1230,24           |
| 3.3.3                                  | Κατασκευή συμπακνωμένου επιχώματος από υλικά που έχουν προσκομισθει επί τόπου                                                                                                      | ΥΔΡ 6079    | ΥΔΡ 5.01                 | m <sup>3</sup> | 16060    | 0,60         | 9636,00           |
| 3.3.4                                  | Διάστρωση και εγκιβωτισμός σωλήνων με άμμο ορυχείου ή χειμάρρου                                                                                                                    | ΥΔΡ 6069.1  | ΥΔΡ 5.08                 | m <sup>3</sup> | 540,1    | 9,30         | 5022,93           |
| 3.3.5                                  | Φύτευση φυτών                                                                                                                                                                      | ΠΡΣ 5220    |                          | (τεμ)          | 190500   | 0,90         | 171450,00         |
| 3.3.6                                  | Χαλίκη λατομείου                                                                                                                                                                   | ΥΔΡ 7011    |                          | m <sup>3</sup> | 84260    | 9,80         | 825748,00         |
| 3.3.7                                  | Προκατασκευασμένα κυκλικά φρεάτια επίσκεψης αγωγών ακαθάρτων εντός κατοικημένων περιοχών, εσωτερικής διαμέτρου 1,20m.                                                              | ΥΔΡ 6327    | ΥΔΡ 16.14.01             | (τεμ)          | 34       | 1.250,00     | 42500,00          |
| 3.3.8                                  | Σωλήνας HDPE 400 mm                                                                                                                                                                | ΥΔΡ 6621.9  | ΥΔΡ 12.14.01.17          | m              | 1315     | 94,50        | 124267,50         |
| 3.3.9                                  | Φρεατια μερισμού                                                                                                                                                                   |             |                          | (τεμ)          | 3        | 3.200,00     | 9600,00           |
| 3.3.10                                 | Φρεατια ρύθμισης σταθμης υγροβιοτοπου                                                                                                                                              |             |                          | (τεμ)          | 6        | 2.000,00     | 12000,00          |
| 3.3.11                                 | Τοιμεντοσωλήνες αποχέτευσης ονομαστικής διαμέτρου D600 mm                                                                                                                          | ΥΔΡ 6551.5  | 12.01.01.05              | m              | 845      | 70,00        | 59150,00          |
| <b>Σύνολο</b>                          |                                                                                                                                                                                    |             |                          |                |          |              | <b>1694224,67</b> |

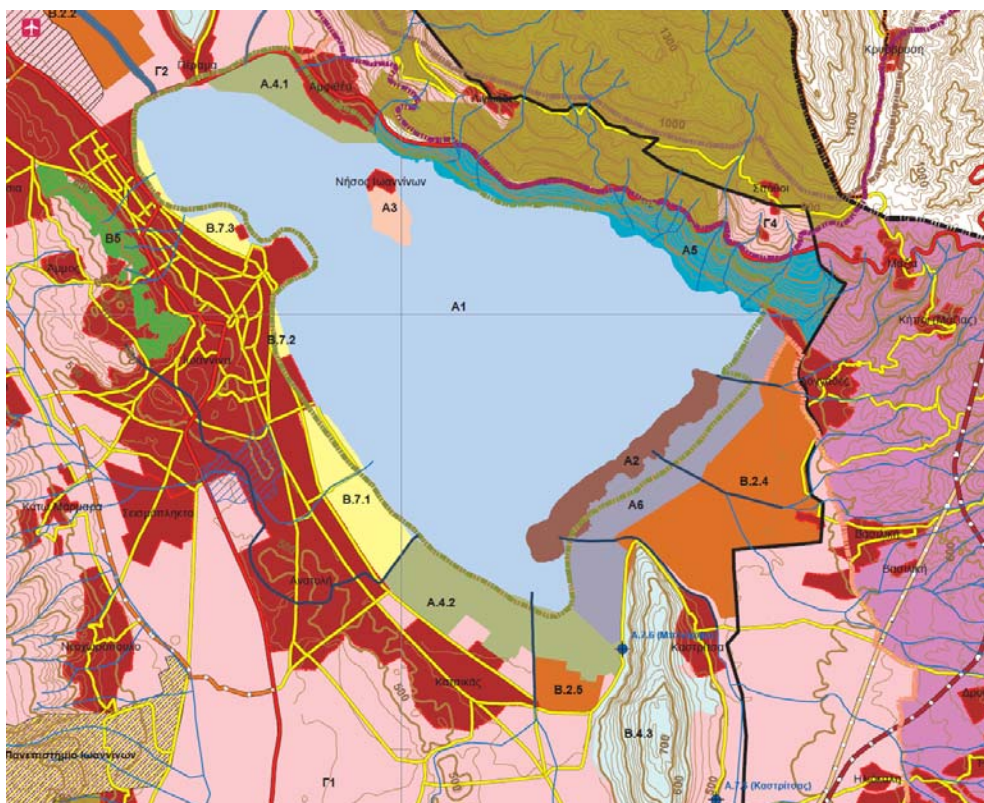
Το λειτουργικό κόστος για τη συντήρηση των λιμνών και των υγροβιότοπων είναι χαμηλό και εκτιμάται σε 10,000 ευρώ ετησίως. Προβλέπεται καταρχήν ένας τεχνικός ο οποίος θα επισκέφεται 1 φορά το μήνα τις εγκαταστάσεις για να διαπιστώσει τη λειτουργική κατάσταση. Υπεύθυνος συντήρησης μπορεί να οριστεί ο Φορέας Διαχείρισης ο οποίος με ίδια μέσα θα εκτελεί τις εργασίες συντήρησης των υγροβιότοπων και τον καθαρισμό των λιμνών μία φορά το χρόνο, την καλοκαιρινή περίοδο. Εναλλακτικά, η συντήρηση μπορεί να ανατεθεί από το ΦΔ σε συνεργείο μέσω διαγωνισμού παροχής υπηρεσιών.

### 3.4 ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ

#### 3.4.1 Γενικά

Η δημιουργία του Οικολογικού Πάρκου στην περιοχή Κατοικίας έχει ενταχθεί στο χωροταξικό και περιβαλλοντικό σχεδιασμό του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων, μέσω της μελέτης του Ρυθμιστικού Σχεδίου Ιωαννίνων, και έχει προταθεί να ενταχθεί στην Ζώνη Α.4 (υποζώνη Α.4.2) του υπό θεσμοθέτηση Περιφερειακού Πάρκου Λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων), με το σχέδιο Π.Δ.- “Χαρακτηρισμός της υδάτινης, χερσαίας, και ευρύτερης περιοχής της λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων), ν. Ιωαννίνων, ως Περιφερειακό Πάρκο, και καθορισμός χρήσεων γης όρων και εριορισμών δόμησης”.

Εικόνα 12 : Χάρτης του Σχεδίου Προεδρικού Διατάγματος της Π.Δ. Παμβώτιδας



Επιπλέον με την αρ. πρωτ. 52609/ΔΕ-6316/04-12-2012 Απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, έχει εγκριθεί η διάθεσή πίστωσης ποσού 250.000,00 για την εκπόνηση των μελέτων ωρίμανσης του έργου. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη στις μελέτες αποκατάστασης του οικοσυστήματος της λίμνης σύμφωνα με την παρούσα διερεύνηση, οι απαιτήσεις διαμόρφωσης του πάρκου, όπως αυτές προκύπτουν από τις προγενέστερες μελέτες, αυτές έχουν ενταχθεί στην παρούσα πρόταση. Ακολούθως

παρουσιάζονται πιο αναλυτικά τα προτεινόμενα έργα στην περιοχή του Πάρκου ενώ, οι λίμνες καθίζησης και οι υγροβιότοποι της περιοχής έχουν περιγραφεί στις προηγούμενες παραγράφους.

Σκοπός της δημιουργίας του Πάρκου είναι η διαμόρφωση υγροτοπικών συνθηκών, οι οποίες θα παράσχουν τις προϋποθέσεις εγκατάστασης υδρόβιας και παρυδάτιας βλάστησης, και ταυτόχρονα η δημιουργία και διατήρηση κατάλληλων ενδιαιτημάτων για την υγροτοπική πανίδα της ευρύτερης περιοχής.

Η διαχείριση των ενδιαιτημάτων της περιοχής στοχεύει στην δημιουργία ενός ημι-φυσικού υγρότοπου - καταφυγίου για μεγάλη ποικιλία πουλιών.

Βασικό ζητούμενο είναι η διασφάλιση της μέγιστης δυνατής περιβαλλοντικής ετερογένειας στο χώρο, με συνδυασμό χερσαίων φυσικών και ανθρωπογενών βιοτόπων με υγροτοπικούς, για μεγιστοποίηση της αξίας του Πάρκου για τη βιοποικιλότητα.

Το Πάρκο βρίσκεται δίπλα στη ΖΕΠ και ΤΚΣ της λίμνης Παμβώτιδας, η οποία είναι σημαντική για τη μετανάστευση Κιρκινεζιών και για διαχειμάζοντες Κορμοράνους.

Η λίμνη Παμβώτιδα υποστηρίζει επίσης τη Βαλτόπαπια και τη Λαγγόνα, καθώς και ένα ευρύ φάσμα ειδών χαρακτηριστικών των υγροτόπων αλλά και των αγροτικών εκτάσεων της Ελλάδας. Επίσης η περιοχή φιλοξενεί το ασπόνδυλο ενδημικό ορθόπτερο *Corthippus lacustris*, βιότοπος του οποίου είναι τα υγρά λιβάδια της Παμβώτιδας.

Το Πάρκο θα είναι επισκέψιμο από τους πολίτες, όπου θα μπορούν, μέσω των σχετικών υποδομών παρατήρησης (παρατηρητήρια, κρυψώνες) να παρατηρούν και μελετούν τα πτηνά αλλά και να εκτιμούν το ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον που δημιουργείται.

### 3.4.2 Υφιστάμενη κατάσταση

Το Πάρκο θα διαμορφωθεί σε μία έκταση 1300 περίπου στρεμμάτων, που βρίσκεται νοτιοδυτικά της Παμβώτιδας, και συνορεύει, βόρεια με το αγρόκτημα του ΕΘΙΑΓΕ, δυτικά με την οδό Κατσικά - Ανατολής, νότια με αγροτικό δρόμο και ανατολικά με τη λίμνη.

Σήμερα, η έκταση αυτή ανήκει, κατά το ήμισυ περίπου, στον Δήμο Παμβώτιδας και έχει χρήση βοσκότοπου, και η υπόλοιπη είναι ιδιοκτησία του ΕΘΙΑΓΕ, και αποτελεί αγρόκτημα της Γεωργικής Σχολής.

Εντός των ορίων της έκτασης υπάρχουν ελάχιστες κατασκευές, ως επί το πλείστον υδατοδεξαμενές και ένα ικανό αρδευτικό δίκτυο, που απλώνεται σε ολόκληρη την ενδιαφερόμενη περιοχή.

Τρία κανάλια εισέρχονται στο πάρκο, διασχίζουν την έκταση τροφοδοτώντας τα αρδευτικά, και καταλήγουν στην λίμνη.

### 3.4.3 Κριτήρια σχεδιασμού του Οικολογικού Πάρκου

Στόχος είναι να επιτευχθεί ποικιλία ενδιαιτημάτων, δημιουργώντας ένα ημι-φυσικό υγρότοπου - καταφυγίου για μεγάλη ποικιλία πουλιών.

Μελετώντας την σημερινή χωροδιάταξη των βιοτόπων της περιοχής, ο σχεδιασμός του πάρκου πραγματοποιήθηκε με γνώμονα:

- την διατήρηση και ενίσχυση των υφιστάμενων ενδιαιτημάτων, δηλαδή των καλαμώνων, των συστοιχιών δένδρων και των φυτοφρακτών.
- την δημιουργία περεταίρω ενδιαιτημάτων προς ενίσχυση της βιοποικιλότητας, όπως εσωτερικές λίμνες και καλαμώνες με δομική και χωρική ετερογένεια.
- την ελαχιστοποίηση των παρεμβάσεων όσον αφορά την υδρολογία, τις χωματουργικές εργασίες και τις φυτεύσεις.
- την αξιοποίηση του υφιστάμενου αναγλύφου, των υποδομών μεταφοράς και ελέγχου νερού (κανάλια, υδατοφράκτες, οχετοί) αλλά και δρόμων, μονοπατιών κλπ.
- την διαχείριση υγρών αποβλήτων που προκύπτουν από οικιακή, αγροτική και βιομηχανική χρήση νερού και έως σήμερα καταλήγουν στην λίμνη.
- την ομαλή συνύπαρξη του πάρκου και του ανθρώπινου στοιχείου που το περιβάλλει.

### 3.4.4 Δομή του Πάρκου

Βασικός πυρήνας του Πάρκου αποτελεί το σύμπλεγμα τεχνητών υγρότοπων και περιορισμένης έκτασης υγρών λιβαδιών . Οι διαμορφώσεις αυτές συμπληρώνονται από υδατοσυλλέκτες, κανάλια, και τεχνητές νησίδες, ενώ πλαισιώνονται από χορτολιβαδικές εκτάσεις και αγρούς.

Το Πάρκο θα εξυπηρετείται από δρόμους επικοινωνίας μεταξύ βασικών σημείων του, όπως οι υγρότοποι, και από μονοπάτια που θα χρησιμεύουν κυρίως για την περιήγηση των επισκεπτών εντός του Πάρκου.

Διάσπαρτα στο πάρκο θα κατασκευαστούν παρατηρητήρια, και θα διαμορφωθούν ανοιχτοί χώροι στάσης-ανάπαυσης των επισκεπτών με τις απαραίτητες υποδομές.

#### 3.4.4.1 Τεχνητοί υγροβιότοποι

Δημιουργείται σύστημα τεχνητών υγρότοπων, που αποτελείται από δύο λίμνες σταθεροποίησης, εκ των οποίων, κάθε μια θα τροφοδοτεί δύο δεξαμενές με φυτεμένα φίλτρα σε οριζόντια ροή με βαρύτητα. Κάθε λίμνη θα είναι επενδεδυμένη με γεωμεμβράνη για την προστασία του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Κατά την λειτουργία αυτού του μοντέλου υγροτόπων, τα νερά από τις τάφρους θα εισέρχονται πρώτα στις λίμνες σταθεροποίησης, από αυτές θα οδηγούνται στους τεχνητούς υγρότοπους και τέλος θα οδεύουν και πάλι στην τάφρο, καθαρά πλέον, για να καταλήξουν τελικά στη λίμνη.

Σύστημα λειτουργίας

Ο τρόπος λειτουργίας των τεχνητών υγρότοπων αναφέρεται στην παράγραφο 3.3 της παρούσας έκθεσης.

#### 3.4.4.2 Διαχείριση φυτεύσεων

Το χερσαίο τμήμα του Πάρκου αποτελείται από χορτολιβαδικές εκτάσεις, και αγρούς όπου θα καλλιεργηθούν δημητριακά και ψυχανθή για ζωοτροφές. Διατηρούνται οι υφιστάμενοι αγροί και φυτοφράκτες.

Συστάδες δέντρων θα διατηρηθούν και θα ενισχυθούν κατά μήκος των βασικών οδών, των χωματόδρομων και των καναλιών που διατρέχουν την περιοχή. Οι υφιστάμενες συστάδες θα εμπλουτισθούν με τεχνητές φωλιές πουλιών για αύξηση της φέρουσας ικανότητάς τους ως χώρων φωλεοποίησης πτηνών.

Φυτεύονται κυπαρίσια, ακακίες, ιτιές, λεύκες, φυστικιές και διαφόρων ειδών θάμνοι.

Στα κατάντη της έκτασης, στα τεμάχια γης που εφάπτονται στο υφιστάμενο ανάχωμα, θα δημιουργηθούν οι κατάλληλες προϋποθέσεις ανάπτυξης και επέκτασης του καλαμώνα. Θα διαμορφωθεί το ανάγλυφο έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η διαβάθμιση βαθών και επομένως η ποικιλία του καλαμώνα.

Θα διατηρηθεί συγκεκριμένο ύψος καλαμιάς κατά τον θέρο για την απόκρυψη των στρουθιόμορφων ειδών και ειδών της μικροπανίδας του εδάφους.

Θα αξιοποιηθεί το υπερυψωμένο ανάχωμα για την δημιουργία παρατηρητηρίων, τοιχίων θέασης και εποπτικών διαδρομών

Οι ρηχές εκτάσεις των υγροτόπων, καλύπτονται κατά περίπτωση, είτε από ποώδη βλάστηση (διαπλάσεις με μονοετή ή πολυετή είδη υδροφύτων που αναπτύσσονται κατά την περίοδο κατάκλυσης), ακάλυπτες όχθες με κολπίσκους και χερσονήσους που εξασφαλίζουν οπτική απομόνωση από τον υπόλοιπο υγρότοπο, είτε από όχθες με παρόχθια δενδροθαμνώδη βλάστηση που αποτελεί πολύτιμο ενδιαίτημα για αρκετά είδη ασπόνδυλων και πουλιών.

Ως προς τα υπερυδατικά υδρόφυτα, στα μονίμως κατακλυζόμενα τμήματα των λιμνών, και σε μέγιστο βάθος το 1m συναντάται ψαθιά, και στις παρυφές των υδατοσυλλογών, όπου το νερό βρίσκεται από το έδαφος μέχρι 1,5m καλάμια. Σε νερό και βάθος 5-25 cm έχουμε βούρλα. Ένα άλλο φυτό που θα βρούμε στο Πάρκο, περιφερειακά των υγροτόπων, είναι η σήφη, συστάδες των οποίων βρίσκονται διάσπαρτες σε αυτό.

Οι παρυφές της βλάστησης έχουν σχήμα ακανόνιστο, προκειμένου να εξασφαλισθεί το ενδιαίτημα για πολλά είδη τα οποία τρέφονται κυρίως στη μεταβατική ζώνη μεταξύ της βλάστησης αυτής και του νερού.

#### 3.4.4.3 Διαχείριση υδάτινων επιφανειών

Δημιουργούνται υδατοσυλλογές και συστήματα ελέγχου της στάθμης του νερού, με εκοκαφή και άλλες ήπιες διαμορφώσεις, οι οποίες θα εξυπηρετούν ως χώροι ελεύθερων επιφανειών νερού για τη βιοποικιλότητα, ως θέσεις εύκολης παρατήρησής της από το κοινό, αλλά και ως ζωντανά εργαστήρια περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Η πλήρωσή τους με νερό γίνεται εκτός από τα όμβρια ύδατα και με απευθείας σύνδεση τους με τα κανάλια-τάφρους που διατρέχουν το Πάρκο. Οι υδατοσυλλογές αυτές, λειτουργούν, ως φίλτρα φυσικού καθαρισμού του οργανικού φορτίου του νερού, δεδομένου ότι έχει προηγηθεί χημικός καθαρισμός και επεξεργασία για την εξασφάλιση της καθαρότητας τους από τοξικές ουσίες και ρύπους.

Η σύνδεση των υδατοσυλλογών με τα κατάντη γίνεται μέσω καναλιών και υδατορευμάτων που δημιουργούνται για το σκοπό αυτό και θα εξοπλιστούν με μηχανισμούς ελέγχου της κίνησης του νερού.

#### 3.4.4.4 Υγρά λιβάδια

Θα διατηρηθεί μέρος των υφιστάμενων ενδιαιτημάτων των υγρών λιβαδιών, τα οποία θα τροφοδοτούνται μόνο από εποχιακό πλημμύρισμα.



Πρόκειται για εποχιακά κατακλυζόμενους υγρότοπους, των οποίων η βλάστηση αποτελείται από υπερυδατικά ποώδη φυτά, χαρακτηριστικό των οποίων είναι ότι η αυξητική τους περίοδος ταυτίζεται με την περίοδο κατάκλυσης. Κατά την περίοδο κατάκλυσης η οποία διαρκεί αρκετούς μήνες ετησίως, η στάθμη του νερού βρίσκεται λίγο επάνω (0-20 εκ.), ή περίπου στην επιφάνεια του εδάφους.

Οι ζώνες των υγρολίβαδων αναπτύσσονται παράλληλα με την ακτογραμμή της λίμνης.

Στους χώρους αυτούς ευδοκμεί το ενδημικό ορθόπτερο, οι ερωδιοί, οι χαλκόκοτες, οι λαγγόνες και τα παρυδάτια πτηνά.

#### 3.4.4.5 Μορφολογία εδάφους

Το χώμα που θα προκύψει από τα δημιουργία των υδατοσυλλογών από την εκβάθυνση στα κατάντη για βελτίωση του ενδιαιτήματος των καλαμώνων θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μικρών λοφίσκων ανάντη των υδατοσυλλογών, ώστε να αυξηθεί η ετερογένεια των ενδιαιτημάτων του Πάρκου και να δημιουργηθούν κατάλληλες συνθήκες για φυτεύσεις δενδροθαμνώδους βλάστησης αλλά και για την εγκατάσταση παρατηρητηρίων.

Στην χαμηλότερη προς την πλευρά της λίμνης ζώνη, όπου συνορεύει με το υφιστάμενο ανάχωμα, θα πραγματοποιηθούν εκβαθύνσεις ώστε να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις ανάπτυξης και επέκτασης του καλαμώννα. Θα διαμορφωθεί το ανάγλυφο έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η διαβάθμιση βαθών και επομένως η ποικιλία του καλαμώννα. Θα ληφθεί πρόνοια για τη δημιουργία δαντελωτών παρυφών και εσωτερικών λιμνών στον καλαμώννα, ώστε να βελτιωθούν οι συνθήκες ενδιαιτήματος για σπάνια είδη όπως ο ήταυρος, η βαλτόπαπια και η λαγγόνα. Θα αξιοποιηθεί η παρουσία του υπερυψωμένου αναχώματος για την δημιουργία παρατηρητηρίων, τοιχιών θέασης και εποπτικών διαδρομών

Σε κάποια σημεία των υγροτόπων διαμορφώνονται απότομες κάθετες αμμόδεις όχθες που θα χρησιμοποιούνται από ασπόνδυλα. Σε απόσταση 10 - 20m από την ακτή κατασκευάζονται νησίδες, καλυμμένες με ψηλή ποώδη βλάστηση, κατάλληλων για καταφύγιο αρκετών ειδών πτηνών. Οι κλίσεις του πυθμένα των υγροτόπων κυμαίνονται μεταξύ 1:20 και 1:50 έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η έκταση των ρηχών

### 3.4.4.6 Έργα υποδομής

#### Πύλη

Η κύρια είσοδος χωροθετείται νοτιοδυτικά του Πάρκου. Από αυτήν διέρχονται, τόσο το κοινό, όσο και πιθανά οχήματα για την συντήρηση των υγροτόπων.

Στον χώρο της πύλης, θα τοποθετηθεί οικίσκος για την παροχή πληροφοριών, που θα εξυπηρετεί τους επισκέπτες.

Διαμορφώνεται χώρος στάθμευσης οχημάτων μιάς και δεν θα επιτρέπεται η είσοδος Ι.Χ. οχημάτων στο Πάρκο.

#### Οδοί - Μονοπάτια

Διαμορφώνονται κύριες οδοί για την σύνδεση των διαφόρων χώρων του πάρκου.

Χρησιμοποιούνται οι υπάρχοντες χωματόδρομοι, ενώ προστίθενται μονοπάτια - περιβαλλοντικές διαδρομές για το κοινό.

Επεκτείνεται ο ποδηλατόδρομος - πεζόδρομος, ο οποίος εισχωρεί στο πάρκο και διακριτικά, μοιράζεται με τους πεζούς την περιβαλλοντική τους περιήγηση.

#### Κτιριακές υποδομές

Παραμένουν και ανακαινίζονται τα υφιστάμενα στην έκταση κτίρια, λαμβάνοντας την ιδιότητα χώρου αναψυκτηρίου (η χρήση αυτή ευννοείται από την θέση πλησίον της λίμνης), το οποίο θα λειτουργεί συγκεκριμένους μήνες τον χρόνο, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η όχληση στο περιβάλλον.

Κατασκευάζεται κτίριο Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης, παραπλεύρως της κεντρικής εισόδου, εμβαδού 640 τετρ. μέτρων, όπου θα βρίσκεται η διαχείριση του Πάρκου και θα περιέχονται γραφεία, αίθουσες εκθεμάτων, αίθουσα διαλέξεων και εκδηλώσεων.

Για εκδηλώσεις αναψυχής, περιβαλλοντικής ενημέρωσης και εκπαίδευσης, διαμορφώνεται ανοιχτός χώρος με κερκίδες, πλησίον του Κέντρου Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης.

Κατασκευάζονται ξύλινοι οικίσκοι παρακολούθησης, που θα λειτουργούν ως παρατηρητήρια. Η θέση τους έχει επιλεγεί με κριτήριο την καλή ορατότητα, όσον αφορά την παρατήρηση της άγριας ζωής, και την διακριτικότητα προκειμένου να ελαχιστοποιείται η όχληση.

### Διαμορφώσεις ανοιχτών χώρων παρακολούθησης

Ανά διαστήματα, διαμορφώνονται ανοιχτοί χώροι «στάσης» για τους επισκέπτες, με παγκάκια, ξύλινα στέγαστρα- πέργκολες, παροχή πόσιμου νερού, οικίσκους με χημικές τουαλέτες.

Τις ανάγκες ηλεκτρικού ρεύματος θα καλύψει φυσικές πηγές ενέργειας, όπως ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά. Για τον σκοπό αυτό, διαμορφώνονται πλατώματα, πλησίον της εισόδου και των λιμνών.

### 3.4.5 Κόστος εργασιών κατασκευής του πάρκου

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι προμετρήσεις και το εκτιμώμενο κόστος των εργασιών.

| α/α               | Είδος εργασίας                                                                                                                                                                      | Άρθρο Αναθεώρησης | Ενιαίο τιμολό-γιο ΥΠΕΧΩΔΕ | Μονάδα         | Ποσότητα | Τιμή Μονάδας | ΔΑΠΑΝΗ    |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|----------------|----------|--------------|-----------|
| ΟΜΑΔΑ 3.1: Λίμνες |                                                                                                                                                                                     |                   |                           |                |          |              |           |
| 3.2.1             | Εκκαφές τάφρων ή διωρύγων σε εδάφη γαιώδη- ημιβραχώδη, με την φορτοεκφόρτωση των προϊόντων επί αυτοκινήτου και την μεταφορά στον χώρο απόθεσης ή απόρριψης σε οποιαδήποτε απόσταση. | ΥΔΡ 6054          | ΥΔΡ 3.01.02               | m <sup>3</sup> | 104500   | 2.70         | 282150.00 |
| 3.2.2             | Εκκαφή και επαναπλήρωση χάνδακος σε κάθε είδος εδαφί εκτός από βραχώδη εκτός κατοικημένων περιοχών).                                                                                | ΥΔΡ 6053          | ΥΔΡ 3.15.01               | m <sup>3</sup> | 320.10   | 1.20         | 384.12    |
| 3.2.3             | Κατασκευή συμπεκνωμένου επιχώματος από υλικά που έχουν προσκοιμωθεί επί τόπου                                                                                                       | ΥΔΡ 6079          | ΥΔΡ 5.01                  | m <sup>3</sup> | 10450    | 0.60         | 6270.00   |
| 3.2.4             | Λιθορριπές προστασίας κοίτης και πρηνών με λίθους λατομείου, βάρους 5 έως 20 kg                                                                                                     | ΥΔΡ 6157          | ΥΔΡ 8.04.02               | m <sup>3</sup> | 1045     | 16.80        | 17556.00  |
| 3.2.5             | Διάστρωση και εγκιβωτισμός σωλήνων με άμμο ορυχείου ή χειμάρρου                                                                                                                     | ΥΔΡ 6069.1        | ΥΔΡ 5.08                  | m <sup>3</sup> | 238.70   | 9.30         | 2219.91   |
| 3.2.6             | Διάταξη φράγματος με θυρόφραγμα                                                                                                                                                     |                   |                           | (τεμ)          | 2        | 5,000.00     | 10000.00  |
| 3.2.7             | Σωλήνας HDPE 250 mm                                                                                                                                                                 | ΥΔΡ 6621.6        | ΥΔΡ 12.14.01.13           | m              | 1210     | 34.70        | 41987.00  |
| 3.2.8             | Φρεάτια υπερχειλισης                                                                                                                                                                |                   |                           | (τεμ)          | 2        | 2,000.00     | 4000.00   |
| 3.2.9             | Φρεατια εξόδου - παράκαμψης                                                                                                                                                         |                   |                           | (τεμ)          | 2        | 2,200.00     | 4400.00   |
| 3.2.1<br>0        | Κατασκευές από σκυρόδεμα κατηγορίας C16/20 για επένδυση τάφρου                                                                                                                      | ΥΔΡ 6327          | 9.10.04                   | m <sup>3</sup> | 77       | 80.00        | 6160.00   |
| 3.2.1<br>1        | Χαλύβδινο δομικό πλέγμα B500C εκτός υπογειών έργων                                                                                                                                  | B-30.3            | ΥΔΡ-7018                  | kg             | 1012     | 1.05         | 1062.60   |

| α/α                                                                                   | Είδος εργασίας                                                                                                                                                                      | Άρθρο Αναθεώρησης | Ενιαίο τιμολό-γιο ΥΠΕΧΩΔΕ | Μονάδα         | Ποσότητα  | Τιμή Μονάδας | ΔΑΠΑΝΗ            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|----------------|-----------|--------------|-------------------|
| <b>Σύνολο 3.1</b>                                                                     |                                                                                                                                                                                     |                   |                           |                |           |              | <b>376189.63</b>  |
| 3.3.1                                                                                 | Εκκαφές τάφρων ή διωρύγων σε εδάφη γαιώδη- ημιβραχώδη, με την φορτοεκφόρτωση των προϊόντων επί αυτοκινήτου και την μεταφορά στον χώρο απόθεσης ή απόρριψης σε οποιαδήποτε απόσταση. | ΥΔΡ 6054          | ΥΔΡ 3.01.02               | m <sup>3</sup> | 171050    | 2.70         | 461835.00         |
| 3.3.2                                                                                 | Εκκαφή και επαναπλήρωση χάνδακος σε κάθε είδος εδαφί εκτός από βραχώδη εκτός κατοικημένων περιοχών).                                                                                | ΥΔΡ 6053          | ΥΔΡ 3.15.01               | m <sup>3</sup> | 874.5     | 1.20         | 1049.40           |
| 3.3.3                                                                                 | Κατασκευή συμπυκνωμένου επιχώματος με άμμο ορυχείου ή προσκομιθεί επί τόπου                                                                                                         | ΥΔΡ 6079          | ΥΔΡ 5.01                  | m <sup>3</sup> | 17105     | 0.60         | 10263.00          |
| 3.3.4                                                                                 | Διάστρωση και εγκιβωτισμός σωλήνων με άμμο ορυχείου ή χεμάρρου                                                                                                                      | ΥΔΡ 6069.1        | ΥΔΡ 5.08                  | m <sup>3</sup> | 454.3     | 9.30         | 4224.99           |
| 3.3.5                                                                                 | Φύτευση φυτών                                                                                                                                                                       | ΠΡΣ 5220          |                           | (τεμ)          | 206000    | 0.90         | 185400.00         |
| 3.3.6                                                                                 | Χαλίκη λατομείου                                                                                                                                                                    | ΥΔΡ 7011          |                           | m <sup>3</sup> | 89980     | 9.80         | 881804.00         |
| 3.3.7                                                                                 | Προκατασκευασμένα κυκλικά φρεατία επίσκεψης αγωγών ακαθάρτων εντός κατοικημένων περιοχών, εσωτερικής διαμέτρου 1,20m.                                                               | ΥΔΡ 6327          | ΥΔΡ 16.14.01              | (τεμ)          | 31        | 1,250.00     | 38750.00          |
| 3.3.8                                                                                 | Σωλήνας HDPE 400 mm                                                                                                                                                                 | ΥΔΡ 6621.9        | ΥΔΡ 12.14.01.17           | m              | 1022      | 94.50        | 96579.00          |
| 3.3.9                                                                                 | Φρεατία μερισμού                                                                                                                                                                    |                   |                           | (τεμ)          | 2         | 3,200.00     | 6400.00           |
| 3.3.10                                                                                | Φρεατία ρύθμισης σταθμής υγροβιοτοπού                                                                                                                                               |                   |                           | (τεμ)          | 4         | 2,000.00     | 8000.00           |
| 3.3.11                                                                                | Τσιμεντοσωλήνες αποχέτευσης ονομαστικής διαμέτρου D600 mm                                                                                                                           | ΥΔΡ 6551.5        | 12.01.01.05               | m              | 760       | 70.00        | 53200.00          |
| <b>Σύνολο 3.2</b>                                                                     |                                                                                                                                                                                     |                   |                           |                |           |              | <b>1747505.39</b> |
| <b>ΟΜΑΔΑ 3.3: Διαμορφώσεις περιοχής οικολογικού πάρκου δυτικής πεδινής υδρονομίας</b> |                                                                                                                                                                                     |                   |                           |                |           |              |                   |
| 1                                                                                     | Εκκαφές τάφρων ή διωρύγων σε εδάφη γαιώδη- ημιβραχώδη, με την φορτοεκφόρτωση των προϊόντων επί αυτοκινήτου και την μεταφορά στον χώρο απόθεσης ή απόρριψης σε οποιαδήποτε απόσταση. | ΥΔΡ 6054          | ΥΔΡ 3.01.02               | m <sup>3</sup> | 95,000.00 | 2.70         | 256,500.00        |
| 2                                                                                     | Χωμάτινες διαμορφώσεις                                                                                                                                                              | -                 | -                         | m <sup>3</sup> | 50,000.00 | 1.00         | 50,000.00         |
| 3                                                                                     | Ασφαλτόστρωση                                                                                                                                                                       | -                 | -                         | m <sup>2</sup> | 50,300.00 | 5.00         | 251,500.00        |
| 4                                                                                     | Επίστρωση με χαλίκι λατομείου                                                                                                                                                       | ΥΔΡ 6069.1        | ΥΔΡ 5.08                  | m <sup>3</sup> | 6,100.00  | 9.30         | 56,730.00         |
| 5                                                                                     | Πλάκες δαπέδου από σκυρόδεμα C12/15 με χαλύβδινο δομικό πλέγμα B500C πάχους 15 εκ                                                                                                   | -                 | -                         | m <sup>2</sup> | 8,500.00  | 15.00        | 127,500.00        |

| α/α                  | Είδος εργασίας                                                      | Άρθρο Αναθεώρησης | Ενιαίο τιμολό-γιο ΥΠΕΧΩΔΕ | Μονάδα         | Ποσότητα   | Τιμή Μονάδας | ΔΑΠΑΝΗ              |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|----------------|------------|--------------|---------------------|
| 6                    | Ποδηλατόδρομος                                                      | -                 | -                         | m <sup>2</sup> | 3,600.00   | 5.00         | 18,000.00           |
| 7                    | Βιολογική καλλιέργεια                                               | -                 | -                         | m <sup>2</sup> | 7,600.00   | 2.00         | 15,200.00           |
| 8                    | Κτίριο Περιβαλλ/κής Παρακολούθησης (εμβαδού 640 μ2)                 | -                 | -                         | (τεμ)          | 1.00       | 225,000.00   | 225,000.00          |
| 9                    | Ανοιχτός Χώρος Πολλαπλών Δραστηριοτήτων με κερκίδες(εμβαδού 714 μ2) | -                 | -                         | (τεμ)          | 1.00       | 50,000.00    | 50,000.00           |
| 10                   | Οικίσκος Παροχής Πληροφοριών πύλης (εμβαδού 70 μ2)                  | -                 | -                         | (τεμ)          | 1.00       | 20,000.00    | 20,000.00           |
| 11                   | Παρατηρητήριο (εμβαδού 36μ2)                                        | -                 | -                         | (τεμ)          | 4.00       | 15,000.00    | 60,000.00           |
| 12                   | Ανακαίνιση Υφιστάμενου κτιρίου (εμβαδού 805μ2)                      | -                 | -                         | (τεμ)          | 1.00       | 50,000.00    | 50,000.00           |
| 13                   | Ανακαίνιση Υφιστάμενου κτιρίου (εμβαδού 165μ2)                      | -                 | -                         | (τεμ)          | 1.00       | 10,000.00    | 10,000.00           |
| 14                   | Οικίσκος εξυπηρέτησης κοινού εμβαδού 14μ2                           | -                 | -                         | m              | 8.00       | 1,000.00     | 8,000.00            |
| 15                   | Παιδική Χαρά (επιφάνειας1200μ2)                                     | -                 | -                         | m <sup>2</sup> | 1.00       | 3,000.00     | 3,000.00            |
| 16                   | Υποδομές (παγκάκια / 10μ)                                           | -                 | -                         | τεμ            | 2,000.00   | 30.00        | 60,000.00           |
| 17                   | Θαμνώδης φύτευση                                                    | -                 | -                         | m <sup>2</sup> | 15,000.00  | 5.00         | 75,000.00           |
| 18                   | Φυτεύσεις ψαθιών                                                    | -                 | -                         | m <sup>2</sup> | 28,000.00  | 0.20         | 5,600.00            |
| 19                   | Φυτεύσεις βούρλων                                                   | -                 | -                         | m <sup>2</sup> | 15,000.00  | 0.20         | 3,000.00            |
| 20                   | Φυτεύσεις καλαμών                                                   | -                 | -                         | m <sup>2</sup> | 65,000.00  | 0.20         | 13,000.00           |
| 21                   | Περιμετρική φύτευση                                                 | -                 | -                         | m              | 4,600.00   | 3.00         | 13,800.00           |
| 22                   | Δενδρώδης φύτευση                                                   | -                 | -                         | m <sup>2</sup> | 152,000.00 | 1.50         | 228,000.00          |
| 23                   | Φωτισμός και ΗΜ                                                     | -                 | -                         | τεμ            | 1.00       | 50,000.00    | 50,000.00           |
| 24                   | Υποσταθμός ΗΜ                                                       | -                 | -                         | τεμ            | 2.00       | 20,000.00    | 40,000.00           |
| 25                   | Λοιπά έργα (αγωγοί και διαχείριση υδάτων)                           | -                 | -                         | τεμ            | 1.00       | 70,000.00    | 70,000.00           |
| <b>Σύνολο 3.3</b>    |                                                                     |                   |                           |                |            |              | <b>1,759,830.00</b> |
| <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b> |                                                                     |                   |                           |                |            |              | <b>3,883,525.02</b> |

### 3.5 ΑΠΑΛΛΟΤΡΙΩΣΕΙΣ

Το ιδιοκτησιακό καθεστώς των λιμνών και των υγροβιότοπων είναι κατά βάση Ιδιωτικό. Όπως επιβεβαιώθηκε από το Κτηματολόγιο και την Τοπογραφική Υπηρεσία, μη ιδιωτικές εκτάσεις υπάρχουν μόνο στις περιοχές εγκαταστάσεις 8 & 9, που βρίσκονται νότια της λίμνης Παμβώτιδας.

### 3.5.1 Κόστος απαλλοτριώσεων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι προμετρήσεις και το εκτιμώμενο κόστος των απαλλοτριώσεων

| ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΡΓΩΝ   |                  |     |     |                  |     |     |     |                  |     |     |     |     |                   |                  |        |     |     |
|----------------------|------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------|------------------|--------|-----|-----|
| Περιγραφή έργου      | Κωδικός περιοχής |     |     | Κωδικός περιοχής |     |     |     | Κωδικός περιοχής |     |     |     |     | Κωδικός περι-οχής | Κωδικός περιοχής |        |     |     |
|                      | 5                | 6   |     | 7                |     |     | 8   |                  |     |     |     | 9   | 9                 |                  |        |     |     |
|                      | Σύνολο           | 5.1 | 5.2 | Σύνολο           | 6.1 | 6.2 | 6.3 | Σύνολο           | 7.1 | 7.2 | 7.3 | 7.4 | 7.5               | Σύνολο           | Σύνολο | 9.1 | 9.2 |
| Απαλλοτριώσεις (στρ) | 25               |     |     | 75               |     |     |     | 50               |     |     |     |     |                   | 6                | 10     |     |     |

| ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ |                      |             |  |                          |         |          |               |                   |
|----------------------|----------------------|-------------|--|--------------------------|---------|----------|---------------|-------------------|
| α/α Τιμολογ.         | Είδος εργασίας       | Άρθρο       |  | Ενιαίο τιμολόγιο ΥΠΕΧΩΔΕ | Μο-νάδα | Ποσότητα | Τιμή Μονάδας  | ΔΑΠΑΝΗ            |
|                      |                      | Αναθεώρησης |  |                          |         |          |               |                   |
| ΟΜΑΔΑ 3_4            |                      |             |  |                          |         |          |               |                   |
| 3.4.1                | Απαλλοτριώσεις (στρ) |             |  |                          | στρ     | 166.00   | 3.000         | 498.000,00        |
|                      |                      |             |  |                          |         |          | <b>Σύνολο</b> | <b>498.000,00</b> |

### 3.6 ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ

Για την πραγματοποίηση των έργων πεδινής υδρονομίας χρειάζονται οι εκπονήσεις των παρακάτω μελετών:

Μελέτη περιβαλλοντικής αδειοδότησης έργων πεδινής υδρονομίας, οριστικές μελέτες και τεύχη δημοπράτησης για μειοδοτικό σύστημα διαγωνισμού. Λόγω της ιδιαιτερότητας των έργων στις περιοχές 8 και 9 (Σερβιανά και Λαγκατσάς), τα οποία συνδυάζονται και με τη δημιουργία Οικολογικού Πάρκου, οι μελέτες για αυτά τα έργα αντιμετωπίζονται ξεχωριστά από τις μελέτες στις άλλες υποενότητες γύρω από τη λίμνη.

Ακολούθως παρατίθεται ο τρόπος υπολογισμού των αμοιβών των μελετών περιβαλλοντικής αδειοδότησης έργων πεδινής υδρονομίας για τις περιοχές 5 έως 7 και 8 έως 9 ξεχωριστά, καθώς και των τευχών δημοπράτησης.

Η συνολική αμοιβή στρογγυλοποιείται σε 200.000 ευρώ (τεχνικές μελέτες και ΤΔ) και σε 63.000 ευρώ (περιβαλλοντικές μελέτες) για τις περιοχές 5 έως 7, ενώ οι αντίστοιχες αμοιβές υπολογίζονται σε 240.000 ευρώ (τεχνικές μελέτες και ΤΔ) και 65.000 ευρώ (περιβαλλοντικές μελέτες) για τις περιοχές 8 και 9, όπου απαιτείται επιπλέον ειδική αρχιτεκτονική μελέτη.



Τα έργα πεδινής υδρονομίας διακρίνονται σε 3 βασικές κατηγορίες:

- Εσωποτάμιοι αναβαθμοί – έργα ενδιάμεσης στερέωσης
- Λιμνοδεξαμενές καθίζησης
- Υγροβιότοποι απομείωσης εξωτερικού φορτίου φωσφόρου
- Περιοχή του Οικολογικού Πάρκου δυτικής πεδινής υδρονομίας

Ειδικά για την ανάπτυξη του Οικολογικού Πάρκου διακρίνεται και η κατηγορία ειδικής αρχιτεκτονικής μελέτης.

Ακολούθως παρατίθεται αναλυτικά ο υπολογισμός της αμοιβής μελέτης για το στάδιο της Οριστικής Μελέτης που θα συνοδεύει τα Τεύχη Δημοπράτησης με το μειοδοτικό σύστημα.

Αμοιβή μελέτης για τα έργα των περιοχών 5 έως 7

| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                            |                                                                                                    |             |        |        |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|--------|--|
| Εκτίμηση έκτασης προς αποτύπωση (τ.μ.):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 906188                                                     | Αφορά τα μήκη των ρεμάτων με εΐρος 100 μ. και τις ελάχιστες επιφάνειες των λιμνών και υγροβιότοπων |             |        |        |  |
| <b>ΤΟΠ.5</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ ΑΔΟΜΗΤΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ</b> |                                                                                                    |             |        |        |  |
| Για την τοπογραφική αποτύπωση σε αδόμητες εκτάσεις / περιοχές, τη δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους, την παράδοση των δικτύων οριζοντιογραφικού και υψομετρικού ελέγχου των οποίων είναι αναγκαία η εγκατάσταση (τριγωνισμοί, ζεύγη οριζοντιογραφικού ελέγχου / πολυγωνομετρία, χωροστάθμηση), των τοπογραφικών διαγραμμάτων και όλων των στοιχείων μετρήσεων και υπολογισμών σε αναλογική και ψηφιακή μορφή, οι τιμές για κάθε στρέμμα (συμπεριλαμβανομένων των δικτύων: τριγωνισμού, ζευγών οριζοντιογραφικού ελέγχου, πολυγωνομετρίας και χωροστάθμησης), ανάλογα με την κλίμακα και τη μορφολογία εδάφους, οι τιμές ορίζονται σε Ευρώ ανά στρέμμα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα : |                                                            |                                                                                                    |             |        |        |  |
| α/α                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Τιμή αμοιβής (€ / στρέμμα)                                 |                                                                                                    |             |        |        |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | για κλίμακα :                                              |                                                                                                    |             |        |        |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1:200                                                      | 1:500                                                                                              | 1:1000      | 1:2000 | 1:5000 |  |
| Κλίση εδάφους 0-10%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 155                                                        | 63                                                                                                 | 32          | 15     | 7      |  |
| Κλίση εδάφους 10-40%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 190                                                        | 80                                                                                                 | 40          | 20     | 8      |  |
| Κλίση εδάφους > 40%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 265                                                        | 230                                                                                                | 55          | 28     | 10     |  |
| Αμοιβή για τοπογραφική αποτύπωση σε κλίμακα 1:1000 (A1):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                            |                                                                                                    | 28,998.02 € |        |        |  |
| <b>ΤΟΠ.8Α</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>ΚΤΗΜΑΤΟΓΡΑΦΗΣΕΙΣ</b>                                    |                                                                                                    |             |        |        |  |
| Για την εξακρίβωση των ορίων των ιδιοκτησιών, τον προσδιορισμό της θέσης αυτών με σύγχρονες τοπογραφικές μεθόδους και όργανα, και σύνταξη σχεδίου κτηματογράφησης σε ψηφιακή μορφή, με σύνδεση προς το τρέχον κρατικό σύστημα αναφοράς, αρίθμησης και εμβαδομέτρησης των ιδιοκτησιών με τον καθορισμό του είδους και της κατηγορίας όλων των επικειμένων των ιδιοκτησιών, και σύνταξης κτηματογραφικών πινάκων, ανάλογα με την κλίμακα και την κατηγορία κάλυψης οι τιμές ορίζονται σε Ευρώ ανά στρέμμα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (υπάρχοντος τριγωνομετρικού, πολυγωνομετρικού και χωροσταθμικού δικτύου) :                                                                         |                                                            |                                                                                                    |             |        |        |  |

| α/α                                                                                                                                                                                  | Κατηγορία κάλυψης                    |                    |                             |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------|
|                                                                                                                                                                                      | Τιμή (€/στρέμμα) για κλίμακα :       |                    |                             |        |
|                                                                                                                                                                                      | 1:500                                | 1:1000             | 1:2000                      | 1:5000 |
| I                                                                                                                                                                                    | 120                                  | 80                 | 65                          |        |
| II                                                                                                                                                                                   | 70                                   | 55                 | 40                          |        |
| III                                                                                                                                                                                  | 20                                   | 18                 | 15                          | 12     |
| Αμοιβή για κτηματογράφηση σε κλίμακα 1:1000 (A2α):                                                                                                                                   |                                      |                    |                             |        |
|                                                                                                                                                                                      |                                      |                    | 16311.384                   |        |
| Αμοιβή απομειωμένη κατά 20% λόγω ταυτόχρονης τοπογραφικής αποτύπωσης (A2):                                                                                                           |                                      |                    | 13,049.11 €                 |        |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (B1)</b>                                                                                                                                      |                                      |                    | <b>42,047.12 €</b>          |        |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                                                                                        |                                      |                    |                             |        |
| <b>ΓΛΕ.1</b>                                                                                                                                                                         | <b>ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΕΙΣ</b>     |                    |                             |        |
| Η προεκτιμώμενη αμοιβή A της γεωλογικής χαρτογράφησης καθορίζεται από τον τύπο:                                                                                                      |                                      |                    |                             |        |
| $A = κ1 * E^{0.6}$ €, όπου                                                                                                                                                           |                                      |                    |                             |        |
| κ1 = συντελεστής                                                                                                                                                                     |                                      |                    |                             |        |
| E = επιφάνεια χαρτογραφηθέντος τμήματος σε km <sup>2</sup>                                                                                                                           |                                      |                    |                             |        |
| Επιφάνεια λιμνών και υγροβιότοπων (τ.μ.):                                                                                                                                            | 96188                                |                    |                             |        |
| κ1                                                                                                                                                                                   | 9250                                 | για κλίμακα 1:1000 |                             |        |
| Αμοιβή γεωλογικής χαρτογράφησης (A3):                                                                                                                                                | 2269.93                              | 2,500.00 €         | όχι μικρότερη από 2500 ευρώ |        |
| <b>ΓΛΕ.3</b>                                                                                                                                                                         | <b>ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΟΜΕΣ</b> |                    |                             |        |
| Η προεκτιμώμενη αμοιβή για την σύνταξη των γεωλογικών τομών και διατομών καθορίζεται από τον τύπο:                                                                                   |                                      |                    |                             |        |
| $Δ = κ2 * μ + 3 * γ$ €, όπου                                                                                                                                                         |                                      |                    |                             |        |
| κ2 = συντελεστής                                                                                                                                                                     |                                      |                    |                             |        |
| μ = συνολικό μήκος τομών και διατομών σε m                                                                                                                                           |                                      |                    |                             |        |
| γ = συνολικό μήκος γεωτρήσεων, οι οποίες δεν έχουν απεικονισθεί στις γεωλογικές μηκοτομές σε m                                                                                       |                                      |                    |                             |        |
| Εκτιμώμενο μήκος τομών:                                                                                                                                                              | 350.73                               |                    |                             |        |
| κ2 για κλίμακα 1:1000:                                                                                                                                                               | 0.6                                  |                    |                             |        |
| Αμοιβή γεωλογικών τομών και διατομών (A4):                                                                                                                                           |                                      | 210.44 €           |                             |        |
| <b>ΓΛΕ.17</b>                                                                                                                                                                        | <b>ΤΕΥΧΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>     |                    |                             |        |
| Η αμοιβή της Τεχνικογεωλογικής Έκθεσης που συντάσσεται και αφορά στις γεωλογικές εργασίες, οι οποίες έχουν εκτελεσθεί στα πλαίσια της γεωλογικής μελέτης, καθορίζεται από τον τύπο : |                                      |                    |                             |        |
| $ΓΛΕ = 25% * A$ , όπου                                                                                                                                                               |                                      |                    |                             |        |
| A = συνολικό κόστος των γεωλογικών εργασιών κατά τη φάση μελέτης για την οποία συντάσσεται η έκθεση.                                                                                 |                                      |                    |                             |        |
| Αμοιβή τεύχους γεωλογικής μελέτης (A5):                                                                                                                                              |                                      | 677.61 €           |                             |        |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (B2)</b>                                                                                                                                        |                                      | <b>3,388.05 €</b>  |                             |        |

| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗΣ                                                                                                                                                                                                   |                                                                |                    |        |          |                    |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------|--------|----------|--------------------|------------|
| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ                                                                                                                                                                                                               |                                                                |                    |        |          |                    |            |
| Α/Α                                                                                                                                                                                                                                                   | ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ                                                 | ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΙΜΟΛΟΓΙΟΥ | ΜΟΝΑΔΑ | ΠΟΣΟΤΗΤΑ | ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ (€)   | ΣΥΝΟΛΟ (€) |
| <b>1</b>                                                                                                                                                                                                                                              | <b>ΕΡΕΥΝΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ</b>                                        |                    |        |          |                    |            |
| 1.1                                                                                                                                                                                                                                                   | Εισκόμηση/αποκόμιση γεωτρητικού συγκροτήματος                  | ΓΤΕ.1.1            | τεμ.   | 1        | 2,536              | 2,536      |
| 1.2                                                                                                                                                                                                                                                   | Μετακίνηση γεωτρήπανου                                         | ΓΤΕ.1.2            | ωρ.    | 3        | 105                | 315        |
| 1.3                                                                                                                                                                                                                                                   | Βυτιοφόρο όχημα μεταφοράς νερού                                | Γ.Τ.Ε.1.3.3        | ημ.    | 3        | 482                | 1,447      |
| 1.5 (α)                                                                                                                                                                                                                                               | Γεώτρηση σε εδάφη Βάθος 0-20μ.                                 | ΓΤΕ.1.5.1.5α       | μ.μ.   | 60       | 223                | 13,360     |
| 1.6 (α)                                                                                                                                                                                                                                               | Δείγμα φραγμού σε εδάφη Βάθος 0-20μ.                           | ΓΤΕ.1.1.7.1.17α    | τεμ.   | 3        | 67                 | 200        |
| 1.7                                                                                                                                                                                                                                                   | Πιεζομετρικό φιλτροσωλήνας (Standpipe piezometer)              | ΓΤΕ.1.2.4          | μ.μ.   | 60       | 41                 | 2,449      |
| 1.8                                                                                                                                                                                                                                                   | Λήψη μετρήσεων πιεζομέτρων μετά το πέρας των εργασιών υπαίθρου | ΓΤΕ.1.2.8          | σημείο | 3        | 43                 | 130        |
| 1.9                                                                                                                                                                                                                                                   | Κεφαλή πιεζόμετρου, αποκλισιόμετρου                            | ΓΤΕ.1.2.9          | τεμ.   | 3        | 216                | 649        |
| 1.10                                                                                                                                                                                                                                                  | Δοκιμή τυπόπ. Διεσόδσεως (SPT)                                 | ΓΤΕ.1.4.9          | τεμ.   | 15       | 54                 | 816        |
| 1.11                                                                                                                                                                                                                                                  | Δοκιμή εισπέσεως LEFRANC ή MAAG                                | ΓΤΕ.1.5.0          | τεμ.   | 12       | 105                | 1,262      |
| 1.12                                                                                                                                                                                                                                                  | Δοκιμή εισπέσεως LUGEON                                        | ΓΤΕ.1.5.1          | τεμ.   | 12       | 223                | 2,672      |
| <b>2</b>                                                                                                                                                                                                                                              | <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ</b>                                   |                    |        |          |                    |            |
| 2.1                                                                                                                                                                                                                                                   | Προετοιμασία εδαφ. δειγμάτων                                   | ΓΤΕ.2.1            | τεμ.   | 6        | 16                 | 96         |
| 2.2                                                                                                                                                                                                                                                   | Φυσική υγρασία                                                 | ΓΤΕ.2.2            | τεμ.   | 6        | 12                 | 74         |
| 2.3                                                                                                                                                                                                                                                   | Ειδικό βάρος εδαφών                                            | ΓΤΕ.2.4            | τεμ.   | 3        | 40                 | 119        |
| 2.4                                                                                                                                                                                                                                                   | Όρια Atterberg                                                 | ΓΤΕ.2.5            | τεμ.   | 6        | 48                 | 289        |
| 2.5                                                                                                                                                                                                                                                   | Κοκκομετρική ανάλυση                                           | ΓΤΕ.2.6            | τεμ.   | 6        | 48                 | 289        |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΠΡΟ ΦΠΑ</b>                                                                                                                                                                                                             |                                                                |                    |        |          |                    | 26,706     |
| Σύνολο αμοιβής γεωτεχνικής έρευνας (Α6)                                                                                                                                                                                                               |                                                                |                    |        |          | <b>26,705.59 €</b> |            |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                                                                                                                                                        |                                                                |                    |        |          |                    |            |
| <b>ΓΜΕ2. Παρ. 2.7</b>                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                |                    |        |          |                    |            |
| Ο υπολογισμός των αμοιβών για τις μελέτες των επιχωμάτων - αναχωμάτων, ορυγμάτων και θεμελιώσεων (συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων στράγγισης-στεγάνωσης και κάλυψης) υπολογίζεται με εκτίμηση των ανθρωποημερών απασχόλησης γεωτεχνικού μηχανικού. |                                                                |                    |        |          |                    |            |

|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------|--------------|----------|----------|--|
| Η αμοιβή υπολογίζεται με βάση το χρόνο απασχόλησης ενός ειδικού επιστήμονα σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.4                                                                                |                                                                              |      |              |          |          |  |
| Έτη εμπειρίας απασχολούμενου επιστήμονα =                                                                                                                                           |                                                                              | 0-10 |              |          |          |  |
| Αμοιβή επιστήμονα ανά ανθρωποημέρα απασχόλησης =                                                                                                                                    |                                                                              | 300  |              |          |          |  |
| τ.κ.                                                                                                                                                                                |                                                                              | =    | 1.237        |          |          |  |
| Εκτιμώμενος χρόνος απασχόλησης επιστήμονα (ημέρες) =                                                                                                                                |                                                                              | 22   |              |          |          |  |
| Σύνολο αμοιβής μελέτης=                                                                                                                                                             |                                                                              |      | 8,164.20 €   |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
| Σύνολο αμοιβής γεωτεχνικής μελέτης (Α7)                                                                                                                                             |                                                                              |      | 8,164.20 €   |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗΣ (Β3)</b>                                                                                                                          |                                                                              |      | 34,869.79 €  |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                                                                                       |                                                                              |      |              |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
| ΥΔΡ 4Α/4.4                                                                                                                                                                          | ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗΣ ΡΕΜΑΤΩΝ ΕΚΤΟΣ ΚΑΤΟΙΚΗΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕ ΑΝΕΠΕΝΔΥΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ |      |              |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     | $A=800 \cdot (5+20 \cdot L^{2/3} + F^{1/3}) \cdot \tau_k$                    |      |              |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
| τκ:                                                                                                                                                                                 |                                                                              |      | 1.237        | 1.237    | 1.237    |  |
|                                                                                                                                                                                     | Κωδικός περιοχής                                                             |      | 5            | 6        | 7        |  |
| F:                                                                                                                                                                                  | Έκταση λεκάνης απορροής σε τετραγωνικά χιλιόμετρα                            |      | 0.45         | 1.4      | 2.289    |  |
| L:                                                                                                                                                                                  | Το μήκος της διεύθετης σε χιλιόμετρα                                         |      | 0.6          | 2        | 5.5      |  |
| Υπολογίζεται το άθροισμα αμοιβών για κάθε περιοχή                                                                                                                                   |                                                                              |      |              |          |          |  |
| Αμοιβή $A_{Si}$ :                                                                                                                                                                   |                                                                              |      | 14837.95     | 32524.90 | 62972.89 |  |
| Άθροισμα Αμοιβής $A_S$ :                                                                                                                                                            |                                                                              |      | 110335.736   |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      | 9            |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
| Στάδιο Μελέτης: Οριστική Μελέτη (50%)                                                                                                                                               |                                                                              |      | 55,167.87 €  |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
| ΥΔΡ 8                                                                                                                                                                               | ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΕ Σ                                                              |      |              |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
| Η ενιαία τιμή προεκτιμώμενης αμοιβής (Α) για την εκπόνηση μελέτης λιμνοδεξαμενών υπολογίζεται συναρτήσει της χωρητικότητας της δεξαμενής βάσει του παρακάτω τύπου και περιλαμβάνει: |                                                                              |      |              |          |          |  |
| τη μελέτη του αναχώματος για τη δημιουργία της λίμνης κατάκλυσης                                                                                                                    |                                                                              |      |              |          |          |  |
| τη μελέτη διαμόρφωσης της λεκάνης κατάκλυσης (εκοκαφές και επιχώσεις)                                                                                                               |                                                                              |      |              |          |          |  |
| τη μελέτη στεγάνωσης / στράγγισης της λεκάνης κατάκλυσης στην έκταση που απαιτείται                                                                                                 |                                                                              |      |              |          |          |  |
| τη μελέτη των έργων υδροληψίας προς και από τη λιμνοδεξαμενή και των έργων υπερχειλίσσης                                                                                            |                                                                              |      |              |          |          |  |
| τη μελέτη των απαιτούμενων υποστηρικτικών έργων (οδοποιίας κλπ.) και των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας                                                                           |                                                                              |      |              |          |          |  |
| τη μελέτη θραύσης του αναχώματος και διόδου του πλημμυρικού κύματος                                                                                                                 |                                                                              |      |              |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     | $A=\beta \cdot V \cdot \tau_k$                                               |      |              |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                     |                                                                              |      |              |          |          |  |
| τκ:                                                                                                                                                                                 |                                                                              |      | 1.237        | 1.237    | 1.237    |  |
| V:                                                                                                                                                                                  | η χωρητικότητα της λιμνοδεξαμενής σε $\mu^3$                                 |      | 5450         | 17300    | 51000    |  |
|                                                                                                                                                                                     | Κωδικός περιοχής                                                             |      | 5            | 6        | 7        |  |
| $\beta$ :                                                                                                                                                                           | $\beta$ συντελεστής ως εξής:                                                 |      | 0.6          | 0.6      | 0.6      |  |
|                                                                                                                                                                                     | για λιμνοδεξαμενές όγκου $\leq 100.000 \mu^3$                                |      | $\beta=0.60$ |          |          |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                              |                    |          |          |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|----------|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | για λιμνοδεξαμενές όγκου<br>300.000μ <sup>3</sup>                                            | β=0.40             |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | για λιμνοδεξαμενές όγκου<br>500.000μ <sup>3</sup>                                            | β=0.30             |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | για λιμνοδεξαμενές όγκου<br>1.000.000μ <sup>3</sup>                                          | β=0.25             |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | για λιμνοδεξαμενές όγκου<br><sup>3</sup> 1.500.000 μ <sup>3</sup>                            | β=0.20             |          |          |  |
| Υπολογίζεται το άθροισμα αμοιβών για κάθε λιμνοδεξαμενή                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                              |                    |          |          |  |
| Αμοιβή A <sub>9</sub> :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                              | 4044.99            | 12840.06 | 37852.2  |  |
| Άθροισμα Αμοιβής A <sub>9</sub> :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                              | 54737.25           |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                              |                    |          |          |  |
| ΥΔΡ 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΕΣ - ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ                                                                |                    |          |          |  |
| <p>Η ενιαία τιμή προεκτιμώμενης αμοιβής (A) για την εκπόνηση μελέτης λιμνοδεξαμενών υπολογίζεται συναρτήσει της χωρητικότητας της δεξαμενής βάσει του παρακάτω τύπου και περιλαμβάνει:</p> <p>τη μελέτη του αναχώματος για τη δημιουργία της λίμνης κατάκλυσης<br/> τη μελέτη διαμόρφωσης της λεκάνης κατάκλυσης (εκοκαφές και επιχώσεις)<br/> τη μελέτη στεγάνωσης / στράγγισης της λεκάνης κατάκλυσης στην έκταση που απαιτείται<br/> τη μελέτη των έργων υδροληψίας προς και από τη λιμνοδεξαμενή και των έργων υπερχειλίσις<br/> τη μελέτη των απαιτούμενων υποστηρικτικών έργων (οδοποιίας κλπ.) και των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας<br/> τη μελέτη θραύσης του αναχώματος και διόδευσης του πλημμυρικού κύματος</p> |                                                                                              |                    |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                              |                    |          |          |  |
| <b>A=β • V • τκ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                              |                    |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                              |                    |          |          |  |
| τκ:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                              | 1.237              | 1.237    | 1.237    |  |
| V:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | η χωρητικότητα της<br>λιμνοδεξαμενής σε μ <sup>3</sup>                                       | 10890              | 34560    | 102000   |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Κωδικός περιοχής                                                                             | 5                  | 6        | 7        |  |
| β:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | β συντελεστής ως εξής:                                                                       | 0.6                | 0.6      | 0.598    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | για λιμνοδεξαμενές όγκου<br>≤100.000μ <sup>3</sup>                                           | β=0.60             |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | για λιμνοδεξαμενές όγκου<br>300.000μ <sup>3</sup>                                            | β=0.40             |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | για λιμνοδεξαμενές όγκου<br>500.000μ <sup>3</sup>                                            | β=0.30             |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | για λιμνοδεξαμενές όγκου<br>1.000.000μ <sup>3</sup>                                          | β=0.25             |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | για λιμνοδεξαμενές όγκου<br><sup>3</sup> 1.500.000 μ <sup>3</sup>                            | β=0.20             |          |          |  |
| Υπολογίζεται το άθροισμα αμοιβών για κάθε υδροβιότοπο                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                              |                    |          |          |  |
| Αμοιβή A <sub>10i</sub> :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                              | 8082.56            | 25650.43 | 75452.05 |  |
| Άθροισμα Αμοιβής A <sub>10</sub> :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                              | 109185.04          |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                              |                    |          |          |  |
| Στάδιο Μελέτης: Οριστική μελέτη (50%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                              | 81,961.15 €        |          |          |  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (B4)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                              | <b>81,961.15 €</b> |          |          |  |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΧΗΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                              |                    |          |          |  |
| ΥΔΡ 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ, ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ Ή ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ |                    |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                              |                    |          |          |  |
| <b>A= β • (A1 + A2) • τκ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                              |                    |          |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                              |                    |          |          |  |
| A1 η αμοιβή του μελετητή υδραυλικών έργων, όπως αυτή προκύπτει από το αντίστοιχο Άρθρο του παρόντος                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                              |                    |          |          |  |

|                                                                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--------------------|
| Κεφαλαίου.                                                                                                                                           |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Α2 η αμοιβή του μελετητή ηλεκτρομηχανολογικών έργων, όπως αυτή προκύπτει από το αντίστοιχο Άρθρο του παρόντος Κεφαλαίου.                             |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Εφ' όσον ο λειτουργικός σχεδιασμός των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αφορά συγκεκριμένο μόνο στάδιο του συνόλου της μελέτης,                            |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| τότε η ως άνω αμοιβή αντιστοιχίζεται στις αμοιβές Α1 και Α2 του αντιστοίχου σταδίου της μελέτης.                                                     |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| β συντελεστής που αφορά στο είδος της εγκατάστασης και παίρνει τις ακόλουθες τιμές :                                                                 |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| β=0,05 για εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού ή ακαθάρτων και                                                                                          |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| β=0,15 για εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων                                                                                         |             |                                                                             |  |  |  |                    |
|                                                                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  |                    |
|                                                                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Αμοιβή Α <sub>11</sub>                                                                                                                               |             |                                                                             |  |  |  |                    |
|                                                                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  | 6753.09            |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΧΗΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (B5)</b>                                                                                                    |             |                                                                             |  |  |  | <b>6,753.09 €</b>  |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                                                   |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| ΠΕΡ. 5 ΔΙΜΕΝΙΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ                                                                                                                   |             |                                                                             |  |  |  |                    |
|                                                                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| <b>Σ(φ) = Κ C(φ) μ ν φ</b>                                                                                                                           |             |                                                                             |  |  |  |                    |
|                                                                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Κ:                                                                                                                                                   | 1           | Συντελεστής τύπου της ΜΠΕ                                                   |  |  |  |                    |
| φ:                                                                                                                                                   | 163922.29   | Ενιαία τιμή προεκτιμώμενης αμοιβής για τη συνολική τεχνική μελέτη του έργου |  |  |  |                    |
| C(φ):                                                                                                                                                | 0.212325906 | Συντελεστής μεγέθους και τεχνικών ιδιαιτεροτήτων του έργου                  |  |  |  |                    |
| μ:                                                                                                                                                   | 1.8         | Συντελεστής φυσικού και πολιτισμικού περιβάλλοντος                          |  |  |  |                    |
| ν:                                                                                                                                                   | 1           | Συντελεστής ανθρωπογενούς περιβάλλοντος                                     |  |  |  |                    |
|                                                                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Αμοιβή Α12:                                                                                                                                          |             |                                                                             |  |  |  |                    |
|                                                                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  | 62,648.91 €        |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (B6)</b>                                                                                                   |             |                                                                             |  |  |  | <b>62,648.91 €</b> |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΦΥΤΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (ΠΡΑΣΙΝΟΥ)</b>                                                                                           |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Ο υπολογισμός των αμοιβών για τις φυτοτεχνικές μελέτες και μελέτες πρασίνου υπολογίζεται με εκτίμηση των ανθρωποημερών απασχόλησης γεωπόνου.         |             |                                                                             |  |  |  |                    |
|                                                                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Η αμοιβή υπολογίζεται με βάση το χρόνο απασχόλησης ενός ειδικού επιστήμονα σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.4                                                 |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Έτη εμπειρίας απασχολούμενου επιστήμονα =                                                                                                            |             |                                                                             |  |  |  | 0-10               |
| Αμοιβή επιστήμονα ανά ανθρωποημέρα απασχόλησης =                                                                                                     |             |                                                                             |  |  |  | 300                |
| τ.κ. =                                                                                                                                               |             |                                                                             |  |  |  | 1.237              |
| Εκτιμώμενος χρόνος απασχόλησης επιστήμονα (ημέρες) =                                                                                                 |             |                                                                             |  |  |  | 22                 |
| Σύνολο αμοιβής μελέτης=                                                                                                                              |             |                                                                             |  |  |  | 8,164.20 €         |
|                                                                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Σύνολο αμοιβής φυτοτεχνικής μελέτης (Α13)                                                                                                            |             |                                                                             |  |  |  | 8,164.20 €         |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΦΥΤΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (B7)</b>                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  | <b>8,164.20 €</b>  |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ Η/Μ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ</b>                                                                                                 |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Ο υπολογισμός των αμοιβών για τις μελέτες των Η/Μ εγκαταστάσεων περιβάλλοντος χώρου υπολογίζεται με εκτίμηση των ανθρωποημερών απασχόλησης γεωπόνου. |             |                                                                             |  |  |  |                    |
|                                                                                                                                                      |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Η αμοιβή υπολογίζεται με βάση το χρόνο απασχόλησης ενός ειδικού επιστήμονα σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.4                                                 |             |                                                                             |  |  |  |                    |
| Έτη εμπειρίας απασχολούμενου επιστήμονα                                                                                                              |             |                                                                             |  |  |  | 0-10               |



|                                                                                                               |                             |                     |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------|--|--|--|
| =                                                                                                             |                             |                     |  |  |  |
| Αμοιβή επιστήμονα ανά ανθρωποημέρα απασχόλησης =                                                              | 300                         |                     |  |  |  |
| τ.κ.                                                                                                          | =                           | 1.237               |  |  |  |
| Εκτιμώμενος χρόνος απασχόλησης επιστήμονα (ημέρες) =                                                          | 22                          |                     |  |  |  |
| Σύνολο αμοιβής μελέτης=                                                                                       |                             | 8,164.20 €          |  |  |  |
|                                                                                                               |                             |                     |  |  |  |
| Σύνολο αμοιβής Η/Μ μελέτης (Α14)                                                                              |                             | 8,164.20 €          |  |  |  |
|                                                                                                               |                             |                     |  |  |  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ Η/Μ ΜΕΛΕΤΗΣ (Β8)</b>                                                                        |                             | <b>8,164.20 €</b>   |  |  |  |
|                                                                                                               |                             |                     |  |  |  |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΣΥΝΤΑΞΗΣ ΤΕΥΧΩΝ ΔΗΜΟΠΡΑΤΗΣΗΣ</b>                                                       |                             |                     |  |  |  |
| GEN.7                                                                                                         | ΣΥΝΤΑΞΗ ΤΕΥΧΩΝ ΔΗΜΟΠΡΑΤΗΣΗΣ |                     |  |  |  |
|                                                                                                               |                             |                     |  |  |  |
| Η προεκτιμώμενη αμοιβή για τη σύνταξη τευχών δημοπράτησης ορίζεται σε ποσοστό 8% της συνολικής προεκτιμώμενης |                             |                     |  |  |  |
| αμοιβής των κατηγοριών μελετών για τις οποίες συνάσσονται τεύχη δημοπράτησης                                  |                             |                     |  |  |  |
| Αμοιβή όλων των κατηγοριών μελετών (Α15):                                                                     |                             | 185,347.61 €        |  |  |  |
| Αμοιβή για ΤΔ                                                                                                 |                             | 14,827.81 €         |  |  |  |
|                                                                                                               |                             |                     |  |  |  |
|                                                                                                               |                             |                     |  |  |  |
| <b>Σύνολο αμοιβής οριστικής μελέτης και ΤΔ:</b>                                                               |                             | <b>200,175.42 €</b> |  |  |  |
|                                                                                                               |                             |                     |  |  |  |
| <b>Σύνολο αμοιβής περιβαλλοντικής μελέτης:</b>                                                                |                             | <b>62,648.91 €</b>  |  |  |  |

Αμοιβή μελέτης για τα έργα των περιοχών 8 έως 9

| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                            |                                            |        |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------|--------|--------|
| Εκτίμηση έκτασης προς αποτύπωση (τ.μ.):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1300000                                                    | Αφορά την επιφάνεια του οικολογικού πάρκου |        |        |        |
| <b>ΤΟΠ.5</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ ΑΔΟΜΗΤΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ</b> |                                            |        |        |        |
| Για την τοπογραφική αποτύπωση σε αδόμητες εκτάσεις / περιοχές, τη δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους, την παράδοση των δικτύων οριζοντιογραφικού και υψομετρικού ελέγχου των οποίων είναι αναγκαία η εγκατάσταση (τριγωνισμοί, ζεύγη οριζοντιογραφικού ελέγχου / πολυγωνομετρία, χωροστάθμηση), των τοπογραφικών διαγραμμάτων και όλων των στοιχείων μετρήσεων και υπολογισμών σε αναλογική και ψηφιακή μορφή, οι τιμές για κάθε στρέμμα (συμπεριλαμβανομένων των δικτύων: τριγωνισμού, ζευγών οριζοντιογραφικού ελέγχου, πολυγωνομετρίας και χωροστάθμησης), ανάλογα με την κλίμακα και τη μορφολογία εδάφους, οι τιμές ορίζονται σε Ευρώ ανά στρέμμα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα : |                                                            |                                            |        |        |        |
| α/α<br>Μορφολογία<br>εδάφους<br><br>(εγκάρσιες<br>κλίσεις)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Τιμή αμοιβής (€/στρέμμα)                                   |                                            |        |        |        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | για κλίμακα :                                              |                                            |        |        |        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1:200                                                      | 1:500                                      | 1:1000 | 1:2000 | 1:5000 |
| Κλίση<br>εδάφους 0-<br>10%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 155                                                        | 63                                         | 32     | 15     | 7      |
| Κλίση<br>εδάφους 10-<br>40%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 190                                                        | 80                                         | 40     | 20     | 8      |
| Κλίση<br>εδάφους ><br>40%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 265                                                        | 230                                        | 55     | 28     | 10     |
| Αμοιβή για τοπογραφική αποτύπωση σε κλίμακα 1:2000 (A1):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 19,500.00 €                                                |                                            |        |        |        |
| <b>ΤΟΠ.8Α</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>ΚΤΗΜΑΤΟΓΡΑΦΗΣΕΙΣ</b>                                    |                                            |        |        |        |
| Σ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                            |                                            |        |        |        |
| Για την εξακρίβωση των ορίων των ιδιοκτησιών, τον προσδιορισμό της θέσης αυτών με σύγχρονες τοπογραφικές μεθόδους και όργανα, και σύνταξη σχεδίου κτηματογράφησης σε ψηφιακή μορφή, με σύνδεση προς το τρέχον κρατικό σύστημα αναφοράς, αριθμησης και εμβαδομέτρησης των ιδιοκτησιών με τον καθορισμό του είδους και της κατηγορίας όλων των επικειμένων των ιδιοκτησιών, και σύνταξης κτηματογραφικών πινάκων, ανάλογα με την κλίμακα και την κατηγορία κάλυψης οι τιμές ορίζονται σε Ευρώ ανά στρέμμα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (υπάρχοντος τριγωνομετρικού, πολυγωνομετρικού και χωροσταθμικού δικτύου) :                                                                         |                                                            |                                            |        |        |        |
| α/α                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Κατηγορία κάλυψης                                          |                                            |        |        |        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Τιμή (€/στρέμμα) για κλίμακα :                             |                                            |        |        |        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1:500                                                      | 1:1000                                     | 1:2000 | 1:5000 |        |
| I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 120                                                        | 80                                         | 65     |        |        |
| II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 70                                                         | 55                                         | 40     |        |        |
| III                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 20                                                         | 18                                         | 15     | 12     |        |

| Αμοιβή για κτηματογράφηση σε κλίμακα 1:2000 (Α2α):                                                                                                                                   | 19500                                         |                    |                             |          |                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|-----------------------------|----------|------------------|------------|
| Αμοιβή απομειωμένη κατά 20% λόγω ταυτόχρονης τοπογραφικής αποτύπωσης (Α2):                                                                                                           | 15,600.00 €                                   |                    |                             |          |                  |            |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (Β1)</b>                                                                                                                                      | <b>35,100.00 €</b>                            |                    |                             |          |                  |            |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                                                                                        |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| <b>ΓΛΕ.1</b>                                                                                                                                                                         | <b>ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΕΙΣ</b>              |                    |                             |          |                  |            |
| Η προεκτιμώμενη αμοιβή Α της γεωλογικής χαρτογράφησης καθορίζεται από τον τύπο:                                                                                                      |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| $A = \kappa 1 * E^{0.6}$ €, όπου                                                                                                                                                     |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| κ1 = συντελεστής                                                                                                                                                                     |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| E = επιφάνεια χαρτογραφηθέντος τμήματος σε km <sup>2</sup>                                                                                                                           |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| Επιφάνεια λιμνών και υγροβιότοπων (τ.μ.):                                                                                                                                            | 1300000                                       |                    |                             |          |                  |            |
| κ1                                                                                                                                                                                   | 9250                                          | για κλίμακα 1:1000 |                             |          |                  |            |
| Αμοιβή γεωλογικής χαρτογράφησης (Α3):                                                                                                                                                | 10826.99                                      | 2,500.00 €         | όχι μικρότερη από 2500 ευρώ |          |                  |            |
| <b>ΓΛΕ.3</b>                                                                                                                                                                         | <b>ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΟΜΕΣ</b>          |                    |                             |          |                  |            |
| Η προεκτιμώμενη αμοιβή για την σύνταξη των γεωλογικών τομών και διατομών καθορίζεται από τον τύπο:                                                                                   |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| $\Delta = \kappa 2 * \mu + 3 * \gamma$ €, όπου                                                                                                                                       |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| κ2 = συντελεστής                                                                                                                                                                     |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| μ = συνολικό μήκος τομών και διατομών σε m                                                                                                                                           |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| γ = συνολικό μήκος γεωτρήσεων, οι οποίες δεν έχουν απεικονισθεί στις γεωλογικές μηκοτομές σε m                                                                                       |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| Εκτιμώμενο μήκος τομών:                                                                                                                                                              | 297.48991                                     |                    |                             |          |                  |            |
| κ2 για κλίμακα 1:1000:                                                                                                                                                               | 0.6                                           |                    |                             |          |                  |            |
| Αμοιβή γεωλογικών τομών και διατομών (Α4):                                                                                                                                           |                                               | 178.49 €           |                             |          |                  |            |
| <b>ΓΛΕ.17</b>                                                                                                                                                                        | <b>ΤΕΥΧΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>              |                    |                             |          |                  |            |
| Η αμοιβή της Τεχνικογεωλογικής Έκθεσης που συντάσσεται και αφορά στις γεωλογικές εργασίες, οι οποίες έχουν εκτελεσθεί στα πλαίσια της γεωλογικής μελέτης, καθορίζεται από τον τύπο : |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| $ΓΛΕ = 25\% * A$ , όπου                                                                                                                                                              |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| A = συνολικό κόστος των γεωλογικών εργασιών κατά τη φάση μελέτης για την οποία συντάσσεται η έκθεση.                                                                                 |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| Αμοιβή τεύχους γεωλογικής μελέτης (Α5):                                                                                                                                              |                                               | 669.62 €           |                             |          |                  |            |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (Β2)</b>                                                                                                                                        |                                               | <b>3,348.12 €</b>  |                             |          |                  |            |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                                                                           |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ</b>                                                                                                                                       |                                               |                    |                             |          |                  |            |
| A/A                                                                                                                                                                                  | ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ                                | ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΙΜΟΛΟΓΙΟΥ | ΜΟΝΑΔΑ                      | ΠΟΣΟΤΗΤΑ | ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ (€) | ΣΥΝΟΛΟ (€) |
| <b>1</b>                                                                                                                                                                             | <b>ΕΡΕΥΝΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ</b>                       |                    |                             |          |                  |            |
| 1.1                                                                                                                                                                                  | Εισκόμιση/αποκόμιση γεωτρητικού συγκροτήματος | ΓΤΕ.1.1            | τεμ.                        | 1        | 2,536            | 2,536      |
| 1.2                                                                                                                                                                                  | Μετακίνηση                                    | ΓΤΕ.1.2            | ωρ.                         | 2        | 105              | 210        |

|                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                |                |                    |    |                    |        |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------|--------------------|----|--------------------|--------|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                       | γεωτρήπανου                                                    |                |                    |    |                    |        |  |
| 1.3                                                                                                                                                                                                                                                   | Βυτιοφόρο όχημα μεταφοράς νερού                                | Γ.Τ.Ε.1.3.3    | ημ.                | 2  | 482                | 965    |  |
| 1.5 (α)                                                                                                                                                                                                                                               | Γεώτρηση σε εδάφη Βάθος 0-20μ.                                 | ΓΤΕ.1.5.1.5α   | μ.μ.               | 40 | 223                | 8,906  |  |
| 1.6 (α)                                                                                                                                                                                                                                               | Δείγμα φραγμού σε εδάφη Βάθος 0-20μ.                           | ΓΤΕ.1.17.1.17α | τεμ.               | 2  | 67                 | 134    |  |
| 1.7                                                                                                                                                                                                                                                   | Πιεζομετρικό φιλτροσωλήνας (Standpipe piezometer)              | ΓΤΕ.1.24       | μ.μ.               | 40 | 41                 | 1,633  |  |
| 1.8                                                                                                                                                                                                                                                   | Λήψη μετρήσεων πιεζομέτρων μετά το πέρας των εργασιών υπαίθρου | ΓΤΕ.1.28       | σημείο             | 2  | 43                 | 87     |  |
| 1.9                                                                                                                                                                                                                                                   | Κεφαλή πιεζόμετρου, αποκλισιόμετρου                            | ΓΤΕ.1.29       | τεμ.               | 2  | 216                | 433    |  |
| 1.10                                                                                                                                                                                                                                                  | Δοκιμή τυπόπ. Δεισοδόσεως (SPT)                                | ΓΤΕ.1.49       | τεμ.               | 10 | 54                 | 544    |  |
| 1.11                                                                                                                                                                                                                                                  | Δοκιμή εισπίεσεως LEFRANC ή MAAG                               | ΓΤΕ.1.50       | τεμ.               | 8  | 105                | 841    |  |
| 1.12                                                                                                                                                                                                                                                  | Δοκιμή εισπίεσεως LUGEON                                       | ΓΤΕ.1.51       | τεμ.               | 8  | 223                | 1,781  |  |
| <b>2</b>                                                                                                                                                                                                                                              | <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ</b>                                   |                |                    |    |                    |        |  |
| 2.1                                                                                                                                                                                                                                                   | Προετοιμασία εδαφ. δειγμάτων                                   | ΓΤΕ.2.1        | τεμ.               | 8  | 16                 | 129    |  |
| 2.2                                                                                                                                                                                                                                                   | Φυσική υγρασία                                                 | ΓΤΕ.2.2        | τεμ.               | 8  | 12                 | 99     |  |
| 2.3                                                                                                                                                                                                                                                   | Ειδικό βάρος εδαφών                                            | ΓΤΕ.2.4        | τεμ.               | 4  | 40                 | 158    |  |
| 2.4                                                                                                                                                                                                                                                   | Όρια Atterberg                                                 | ΓΤΕ.2.5        | τεμ.               | 8  | 48                 | 386    |  |
| 2.5                                                                                                                                                                                                                                                   | Κοκκομετρική ανάλυση                                           | ΓΤΕ.2.6        | τεμ.               | 8  | 48                 | 386    |  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΩΝ ΠΡΟ ΦΠΑ</b>                                                                                                                                                                                                              |                                                                |                |                    |    |                    | 19,228 |  |
| Σύνολο αμοιβής γεωτεχνικής έρευνας (Α6)                                                                                                                                                                                                               |                                                                |                |                    |    | <b>19,227.93 €</b> |        |  |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                                                                                                                                                        |                                                                |                |                    |    |                    |        |  |
| <b>ΓΜΕ2. Παρ. 2.7</b>                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                |                |                    |    |                    |        |  |
| Ο υπολογισμός των αμοιβών για τις μελέτες των επιχωμάτων - αναχωμάτων, ορυγμάτων και θεμελιώσεων (συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων στράγγισης-στεγάνωσης και κάλυψης) υπολογίζεται με εκτίμηση των ανθρωποημερών απασχόλησης γεωτεχνικού μηχανικού. |                                                                |                |                    |    |                    |        |  |
| Η αμοιβή υπολογίζεται με βάση το χρόνο απασχόλησης ενός ειδικού επιστήμονα σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.4                                                                                                                                                  |                                                                |                |                    |    |                    |        |  |
| Έτη εμπειρίας απασχολούμενου επιστήμονα =                                                                                                                                                                                                             |                                                                |                | 0-10               |    |                    |        |  |
| Αμοιβή επιστήμονα ανά ανθρωποημέρα απασχόλησης =                                                                                                                                                                                                      |                                                                |                | 300                |    |                    |        |  |
| τ.κ. =                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                |                | 1.237              |    |                    |        |  |
| Εκτιμώμενος χρόνος απασχόλησης επιστήμονα (ημέρες) =                                                                                                                                                                                                  |                                                                |                | 22                 |    |                    |        |  |
| Σύνολο αμοιβής μελέτης=                                                                                                                                                                                                                               |                                                                |                | 8,164.20 €         |    |                    |        |  |
| Σύνολο αμοιβής γεωτεχνικής μελέτης (Α7)                                                                                                                                                                                                               |                                                                |                |                    |    | <b>8,164.20 €</b>  |        |  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗΣ (Β3)</b>                                                                                                                                                                                            |                                                                |                | <b>27,392.13 €</b> |    |                    |        |  |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                                                                                                                                                         |                                                                |                |                    |    |                    |        |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------|----------|---------|----------|--|
| ΥΔΡ 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΕΣ                                                                               |        |             |          |         |          |  |
| <p>Η ενιαία τιμή προεκτιμώμενης αμοιβής (Α) για την εκπόνηση μελέτης λιμνοδεξαμενών υπολογίζεται συναρτήσει της χωρητικότητας της δεξαμενής βάσει του παρακάτω τύπου και περιλαμβάνει:</p> <p>τη μελέτη του αναχώματος για τη δημιουργία της λίμνης κατάκλυσης</p> <p>τη μελέτη διαμόρφωσης της λεκάνης κατάκλυσης (εκοκαφές και επιχώσεις)</p> <p>τη μελέτη στεγάνωσης / στράγγισης της λεκάνης κατάκλυσης στην έκταση που απαιτείται</p> <p>τη μελέτη των έργων υδροληψίας προς και από τη λιμνοδεξαμενή και των έργων υπερχειλίσης</p> <p>τη μελέτη των απαιτούμενων υποστηρικτικών έργων (οδοποιίας κλπ.) και των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας</p> <p>τη μελέτη θραύσης του αναχώματος και διόδευσης του πλημμυρικού κύματος</p> |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| <b>A=β • V • τκ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| τκ:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                              |        | 1.237       | 1.237    | 1.237   | 1.237    |  |
| V:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | η χωρητικότητα της λιμνοδεξαμενής σε μ <sup>3</sup>                                          |        | 136500      | 68350    | 12600   | 25100    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Κωδικός περιοχής                                                                             |        | 9           | 9        | 8       | 8        |  |
| β:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | β συντελεστής ως εξής:                                                                       |        | 0.5635      | 0.6      | 0.6     | 0.6      |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | για λιμνοδεξαμενές όγκου ≤100.000μ <sup>3</sup>                                              | β=0.60 |             |          |         |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | για λιμνοδεξαμενές όγκου 300.000μ <sup>3</sup>                                               | β=0.40 |             |          |         |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | για λιμνοδεξαμενές όγκου 500.000μ <sup>3</sup>                                               | β=0.30 |             |          |         |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | για λιμνοδεξαμενές όγκου 1.000.000μ <sup>3</sup>                                             | β=0.25 |             |          |         |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | για λιμνοδεξαμενές όγκου ≥1.500.000 μ <sup>3</sup>                                           | β=0.20 |             |          |         |          |  |
| Υπολογίζεται το άθροισμα αμοιβών για κάθε λιμνοδεξαμενή                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| Αμοιβή A <sub>si</sub> :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                              |        | 95147.2567  | 50729.37 | 9351.72 | 18629.22 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                              |        | 5           |          |         |          |  |
| Άθροισμα Αμοιβής A <sub>s</sub> :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                              |        | 173857.566  |          |         |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                              |        | 8           |          |         |          |  |
| Σύνολο αμοιβής οριστικής μελέτης υδραυλικών (A <sub>8</sub> ):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                              |        | 86928.7833  |          |         |          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                              |        | 8           |          |         |          |  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (B4)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                              |        | 86,928.78 € |          |         |          |  |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΧΗΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| ΥΔΡ 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ, ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ |        |             |          |         |          |  |
| <b>A= β • (A1 + A2) • τκ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| A1 η αμοιβή του μελετητή υδραυλικών έργων, όπως αυτή προκύπτει από το αντίστοιχο Άρθρο του παρόντος Κεφαλαίου.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| A2 η αμοιβή του μελετητή ηλεκτρομηχανολογικών έργων, όπως αυτή προκύπτει από το αντίστοιχο Άρθρου του παρόντος Κεφαλαίου.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| Εφ' όσον ο λειτουργικός σχεδιασμός των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αφορά συγκεκριμένο μόνο στάδιο του συνόλου της μελέτης,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| τότε η ως άνω αμοιβή αντιστοιχίζεται στις αμοιβές A1 και A2 του αντιστοίχου σταδίου της μελέτης.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| β συντελεστής που αφορά στο είδος της εγκατάστασης και παίρνει τις ακόλουθες τιμές :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| β=0,05 για εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού ή ακαθάρτων και                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| β=0,15 για εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                              |        |             |          |         |          |  |
| Αμοιβή A <sub>9</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                              |        | 5,376.55 €  |          |         |          |  |

|                                                                                                                                                      |                             |                                                                             |                   |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|--|--|--|
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΧΗΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (B5)</b>                                                                                                    |                             | <b>5,376.55 €</b>                                                           |                   |  |  |  |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                                                   |                             |                                                                             |                   |  |  |  |
| ΠΕΡ. 5                                                                                                                                               | ΔΙΜΕΝΙΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ |                                                                             |                   |  |  |  |
| $\Sigma(\varphi) = K C(\varphi) \mu \nu \varphi$                                                                                                     |                             |                                                                             |                   |  |  |  |
| K:                                                                                                                                                   | 1                           | Συντελεστής τύπου της ΜΠΕ                                                   |                   |  |  |  |
| $\varphi$ :                                                                                                                                          | 173857.57                   | Ενιαία τιμή προεκτιμώμενης αμοιβής για τη συνολική τεχνική μελέτη του έργου |                   |  |  |  |
| $C(\varphi)$ :                                                                                                                                       | 0.20821419                  | Συντελεστής μεγέθους και τεχνικών ιδιαιτεροτήτων του έργου                  |                   |  |  |  |
| $\mu$ :                                                                                                                                              | 1.8                         | Συντελεστής φυσικού και πολιτισμικού περιβάλλοντος                          |                   |  |  |  |
| $\nu$ :                                                                                                                                              | 1                           | Συντελεστής ανθρωπογενούς περιβάλλοντος                                     |                   |  |  |  |
| Αμοιβή A11:                                                                                                                                          | <b>65,159.30 €</b>          |                                                                             |                   |  |  |  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (B6)</b>                                                                                                   |                             | <b>65,159.30 €</b>                                                          |                   |  |  |  |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΦΥΤΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (ΠΡΑΣΙΝΟΥ)</b>                                                                                           |                             |                                                                             |                   |  |  |  |
| Ο υπολογισμός των αμοιβών για τις φυτοτεχνικές μελέτες και μελέτες πρασίνου υπολογίζεται με εκτίμηση των ανθρωποημερών απασχόλησης γεωπόνου.         |                             |                                                                             |                   |  |  |  |
| Η αμοιβή υπολογίζεται με βάση το χρόνο απασχόλησης ενός ειδικού επιστήμονα σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.4                                                 |                             |                                                                             |                   |  |  |  |
| Έτη εμπειρίας απασχολούμενου επιστήμονα =                                                                                                            |                             |                                                                             | 0-10              |  |  |  |
| Αμοιβή επιστήμονα ανά ανθρωποημέρα απασχόλησης =                                                                                                     |                             |                                                                             | 300               |  |  |  |
| τ.κ. =                                                                                                                                               |                             |                                                                             | 1.237             |  |  |  |
| Εκτιμώμενος χρόνος απασχόλησης επιστήμονα (ημέρες) =                                                                                                 |                             |                                                                             | 22                |  |  |  |
| Σύνολο αμοιβής μελέτης=                                                                                                                              |                             |                                                                             | 8,164.20 €        |  |  |  |
| Σύνολο αμοιβής φυτοτεχνικής μελέτης (A13)                                                                                                            |                             |                                                                             | <b>8,164.20 €</b> |  |  |  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΦΥΤΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (B7)</b>                                                                                                      |                             |                                                                             | <b>8,164.20 €</b> |  |  |  |
| <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ Η/Μ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ</b>                                                                                                 |                             |                                                                             |                   |  |  |  |
| Ο υπολογισμός των αμοιβών για τις μελέτες των Η/Μ εγκαταστάσεων περιβάλλοντος χώρου υπολογίζεται με εκτίμηση των ανθρωποημερών απασχόλησης γεωπόνου. |                             |                                                                             |                   |  |  |  |
| Η αμοιβή υπολογίζεται με βάση το χρόνο απασχόλησης ενός ειδικού επιστήμονα σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.4                                                 |                             |                                                                             |                   |  |  |  |
| Έτη εμπειρίας απασχολούμενου επιστήμονα =                                                                                                            |                             |                                                                             | 0-10              |  |  |  |
| Αμοιβή επιστήμονα ανά ανθρωποημέρα απασχόλησης =                                                                                                     |                             |                                                                             | 300               |  |  |  |
| τ.κ. =                                                                                                                                               |                             |                                                                             | 1.237             |  |  |  |
| Εκτιμώμενος χρόνος απασχόλησης επιστήμονα (ημέρες) =                                                                                                 |                             |                                                                             | 22                |  |  |  |
| Σύνολο αμοιβής μελέτης=                                                                                                                              |                             |                                                                             | 8,164.20 €        |  |  |  |
| Σύνολο αμοιβής Η/Μ μελέτης (A14)                                                                                                                     |                             |                                                                             | <b>8,164.20 €</b> |  |  |  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ Η/Μ ΜΕΛΕΤΗΣ (B8)</b>                                                                                                               |                             |                                                                             | <b>8,164.20 €</b> |  |  |  |



| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ                                                            |                                                                                                                 |           |              |          |          |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|----------|----------|----------|
| ΟΙΚ.1.1. Αρχιτεκτονικές Μελέτες Κτιριακών Έργων και Έργων Διαμόρφωσης Ελευθέρων Χώρων.                        |                                                                                                                 |           |              |          |          |          |
| Η προεκτιμώμενη αμοιβή Α για την εκπόνηση των Αρχιτεκτονικών Μελετών υπολογίζεται από τον τύπο:               |                                                                                                                 |           |              |          |          |          |
| A=                                                                                                            |                                                                                                                 | 1,06      |              |          |          |          |
| όπου:                                                                                                         |                                                                                                                 |           |              |          | τκ       | 1.237    |
| E =                                                                                                           | Επιφάνεια Κτιρίου ή Έργου σε τετραγωνικά μέτρα (μ <sup>2</sup> ) που εκφράζει το φυσικό αντικείμενο             |           |              |          |          | 18000    |
| ΤΑο =                                                                                                         | Βασική ενιαία Τιμή Αφετηρίας αμοιβών ανά μ <sup>2</sup> κτιρίου ή έργου.                                        |           |              |          |          | 9.75     |
| Σβν =                                                                                                         | Συντελεστής Βαρύτητας επί της ενιαίας Τιμής Αφετηρίας Αμοιβών ανά μ <sup>2</sup> συγκεκριμένου κτιρίου ή έργου. |           |              |          |          | 0.15     |
| ΣΑ=                                                                                                           | Συντελεστής Αρχιτεκτονικής Μελέτης                                                                              |           |              |          |          | 1        |
| κ και μ =                                                                                                     | συντελεστές σύμφωνα με την κατηγορία της μελέτης                                                                |           |              |          |          | κ<br>2.9 |
| τκ =                                                                                                          | ο συντελεστής του άρθρου του ΓΕΝ.3 του παρόντος κανονισμού                                                      |           |              |          |          | μ<br>63  |
|                                                                                                               |                                                                                                                 | 11935.685 | 22.853310    | 2.756712 | 5.656712 | 195257.6 |
| Αμοιβή Α <sub>3β</sub>                                                                                        |                                                                                                                 |           | 195257.64    |          |          |          |
| Στάδιο Μελέτης:                                                                                               | Οριστική Μελέτη (25%)                                                                                           |           | 48,814.41 €  |          |          |          |
| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΟΙΒΗΣ ΣΥΝΤΑΞΗΣ ΤΕΥΧΩΝ ΔΗΜΟΠΡΑΤΗΣΗΣ                                                              |                                                                                                                 |           |              |          |          |          |
| ΓΕΝ.7                                                                                                         | ΣΥΝΤΑΞΗ ΤΕΥΧΩΝ ΔΗΜΟΠΡΑΤΗΣΗΣ                                                                                     |           |              |          |          |          |
| Η προεκτιμώμενη αμοιβή για τη σύνταξη τευχών δημοπράτησης ορίζεται σε ποσοστό 8% της συνολικής προεκτιμώμενης |                                                                                                                 |           |              |          |          |          |
| αμοιβής των κατηγοριών μελετών για τις οποίες συνάσσονται τεύχη δημοπράτησης                                  |                                                                                                                 |           |              |          |          |          |
| Αμοιβή όλων των κατηγοριών μελετών (Α15):                                                                     |                                                                                                                 |           | 223,288.38 € |          |          |          |
| Αμοιβή για ΤΔ                                                                                                 |                                                                                                                 |           | 17,863.07 €  |          |          |          |
|                                                                                                               |                                                                                                                 |           |              |          |          |          |
| Σύνολο αμοιβής οριστικής μελέτης και ΤΔ:                                                                      |                                                                                                                 |           | 241,151.45 € |          |          |          |
|                                                                                                               |                                                                                                                 |           |              |          |          |          |
| Σύνολο αμοιβής περιβαλλοντικής μελέτης:                                                                       |                                                                                                                 |           | 65,159.30 €  |          |          |          |



## ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ



## 4 ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ

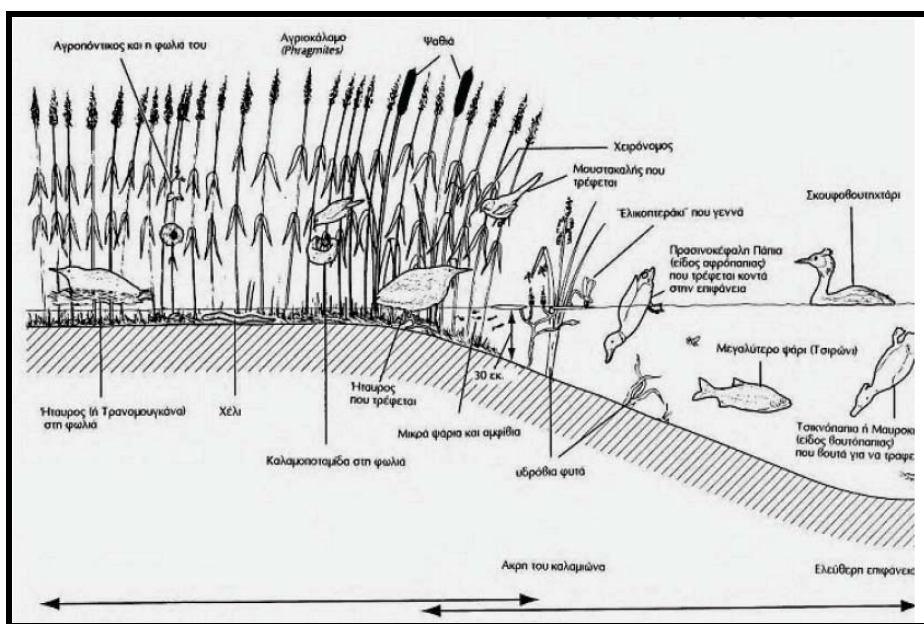
### 4.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΛΑΜΙΩΝΩΝ

#### 4.1.1 Τεχνική Περιγραφή

Η κατανόηση των οικολογικών λειτουργιών των καλαμιώνων και η λήψη μέτρων για την προστασία τους έχει απασχολήσει σημαντικό αριθμό επιστημόνων και φορέων στο πλαίσιο πολυάριθμων ερευνητικών και διαχειριστικών προγραμμάτων σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Δράσεις και προγράμματα διαχείρισης καλαμιώνων έχουν εφαρμοστεί τα τελευταία χρόνια και στην Ελλάδα. Η διαχείριση των καλαμιώνων στοχεύει στη ρύθμιση αφενός των υδατικών παραμέτρων και αφετέρου της δομής και σύνθεσης της βλάστησης. Όσον αφορά στη διαχείριση της βλάστησης, οι δοκιμασμένες μέθοδοι μπορεί να στοχεύουν στη δημιουργία ή βελτίωση των καλαμιώνων, στη διατήρησή τους σε κάποια επιθυμητή κατάσταση ή στη διαχείριση τμημάτων τους, με σκοπό την ανασύσταση ή δημιουργία συγκεκριμένων βιοτόπων όπως ανοικτές εκτάσεις νερού ή δημιουργία μωσαϊκού βλάστησης. Οι δοκιμασμένες πρακτικές στην τελευταία κατηγορία περιλαμβάνουν συνήθως περιοδική διαχείριση βασισμένη σε παραδοσιακές μεθόδους όπως κοπή, βόσκηση ή καύση της βλάστησης.

Στις περιπτώσεις που οι διαχειριστικές πρακτικές απαιτούν τη χρήση μηχανημάτων, η πλέον συχνή μέθοδος είναι η εκσκαφή των επιφανειακών στρωμάτων του εδάφους και η απόθεση τους μέσα ή κοντά στην περιοχή παρέμβασης.

Εικόνα 13: Η αξία των Καλαμιώνων για την Άγρια Ζωή



Πίνακας: Η αξία των Καλαμιώνων για για την Άγρια Ζωή

|            | Χλωρίδα - φυτοποικιλότητα                                                                                              | Ασπόνδυλα                                                                                                                                                                                                           | Ορνιθοπανίδα                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ιχθυοπανίδα                          | Αμφίβια, ερπετά, θηλαστικά                                               | Υδατικοί πόροι - τοπική οικονομία                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Καλαμιώνες | 5<br>- Σχετικά φτωχοί σε είδη φυτών, παρέχουν όμως προστασία σε είδη άλλων ενδιαιτημάτων, π.χ. λίμνες με νούφαρα, υ.λ. | 10<br>Παρέχουν καταφύγιο σε πολλά είδη ασπόνδυλων οργανισμών καθόλη τη διάρκεια του έτους. Για ορισμένα ασπόνδυλα, οι βλαστοί των καλαμιών αποτελούν το μοναδικό χώρο διαχείμασης και ανάπτυξης των προνυμφών τους. | 10<br>-Κατάλληλο περιβάλλον για φώλιασμα σε ιστάμενους βλαστούς ή σε συμπαγείς επιπλέουσες νησίδες - ριζώματα<br><br>-Πηγές τροφοδοσίας δομικών υλικών για είδη πουλιών που χρησιμοποιούν ξερά καλάμια και άλλα φυτά των καλαμιώνων για να χτίσουν τις φωλιές τους σε άλλα ενδιαιτήματα. | 7(;) Καταφύγιο για πολλά είδη ψαριών | 9<br>Παρέχουν καταφύγιο σε πουλιά, ψάρια, θηλαστικά, αμφίβια, ερπετά και | 9<br>-Βελτίωση ποιότητας υδάτων μέσω κατακράτησης θρεπτικών<br><br>-ιζημάτων και διάσπασης πολύπλοκων ενώσεων, π.χ. υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων («φίλτρα» για συστήματα τεχνητών υγροτόπων για την επεξεργασία υγρών αστικών λυμάτων)<br><br>-Παροχή οξυγόνου στα νερά και στα εδάφη των υγροτόπων |

Αντίθετα, η υπερβολική πύκνωση των καλαμιώνων μειώνει κατά πολύ τους χώρους αναζήτησης τροφής για τα πουλιά, καθώς στις περιοχές αυτές έχουν εκλείψει κάθε είδους θύλακες με ανοικτά νερά, περιοχές με πιο αραιή βλάστηση ή με βλάστηση που βρίσκεται σε διάφορες φάσεις ανάπτυξης. Η υπερβολική πύκνωση επηρεάζει και τη φωλεοποίηση, καθώς η εξαιρετικά πυκνή υφή των καλαμιών δεν επιτρέπει την δημιουργία φωλιών ανάμεσα τους. Επίσης η μείωση των εκτάσεων με νεροκάλαμα και η αντικατάστασή τους από συμπαγείς εκτάσεις με ψαθιά, αποθαρρύνει το φώλιασμα εξειδικευμένων ειδών στους καλαμιώνες.

Ιδιαίτερο πρόβλημα παρουσιάζεται με την υπερανάπτυξη των καλαμιών σε συγκεκριμένες ζώνες της λίμνης, τα οποία αφού στη συνέχεια νεκρωθούν και αποσυντεθούν, οδηγούν σε φαινόμενα ευτροφισμού. Για την αποτροπή της κατάστασης αυτής, προτείνεται η διαχείριση των καλαμιώνων, μέσω του ελέγχου εξάπλωσής τους. Η διατήρηση των καλαμιώνων σε «υγιή» κατάσταση, επιφέρει πολλαπλά οφέλη, που συνοψίζονται ως εξής:

- Τη μείωση του προβλήματος ευτροφισμού της λίμνης, μέσω της απόληψης μέρους της νεκρής οργανικής ύλης που αποτίθεται στο υπόστρωμα των καλαμιώνων



- Τον έλεγχο της εξάπλωσης της μονοκαλλιέργειας του καλαμιού σε συγκεκριμένα σημεία της λίμνης
- Την αύξηση της βιολογικής ποικιλότητας στους παρόχθιους οικοτόπους της λίμνης
- Την αναβάθμιση της ζωτικότητας επιλεγμένων συστάδων καλαμώνων οι οποίες σήμερα είναι υποβαθμισμένες
- Την αύξηση της έκτασης και της βιοποικιλότητας των παρόχθιων οικοτόπων των υγρών λιβαδιών
- Τη διατήρηση ή αύξηση της ποικιλότητας του τοπίου στη λίμνη
- Τη διατήρηση ή βελτίωση των συνθηκών φωτοκίας και διαβίωσης των ιχθυοπληθυσμών της λίμνης
- Τη βελτίωση των ενδιατημάτων τροφοληψίας, αναπαραγωγής και ανάπαυση της ορνιθοπανίδας της λίμνης
- Τη βελτιστοποίηση των συνθηκών επισκεψιμότητας της λίμνης και των δυνατοτήτων ήπιας αναψυχής και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε ισορροπία με το φυσικό περιβάλλον της περιοχής
- Την εξασφάλιση της βιωσιμότητας του προγράμματος διαχείρισης, μέσω της μερικής αυτοχρηματοδότησης του με την αξιοποίηση μέρους της υπολειπόμενης βιομάζας των καλαμώνων

Ένα φαινόμενο που εμφανίζεται επιπλέον στους καλαμιώνες που δεν υφίστανται ελεγχόμενη κοπή και ορθολογική διαχείριση, είναι το εξής:

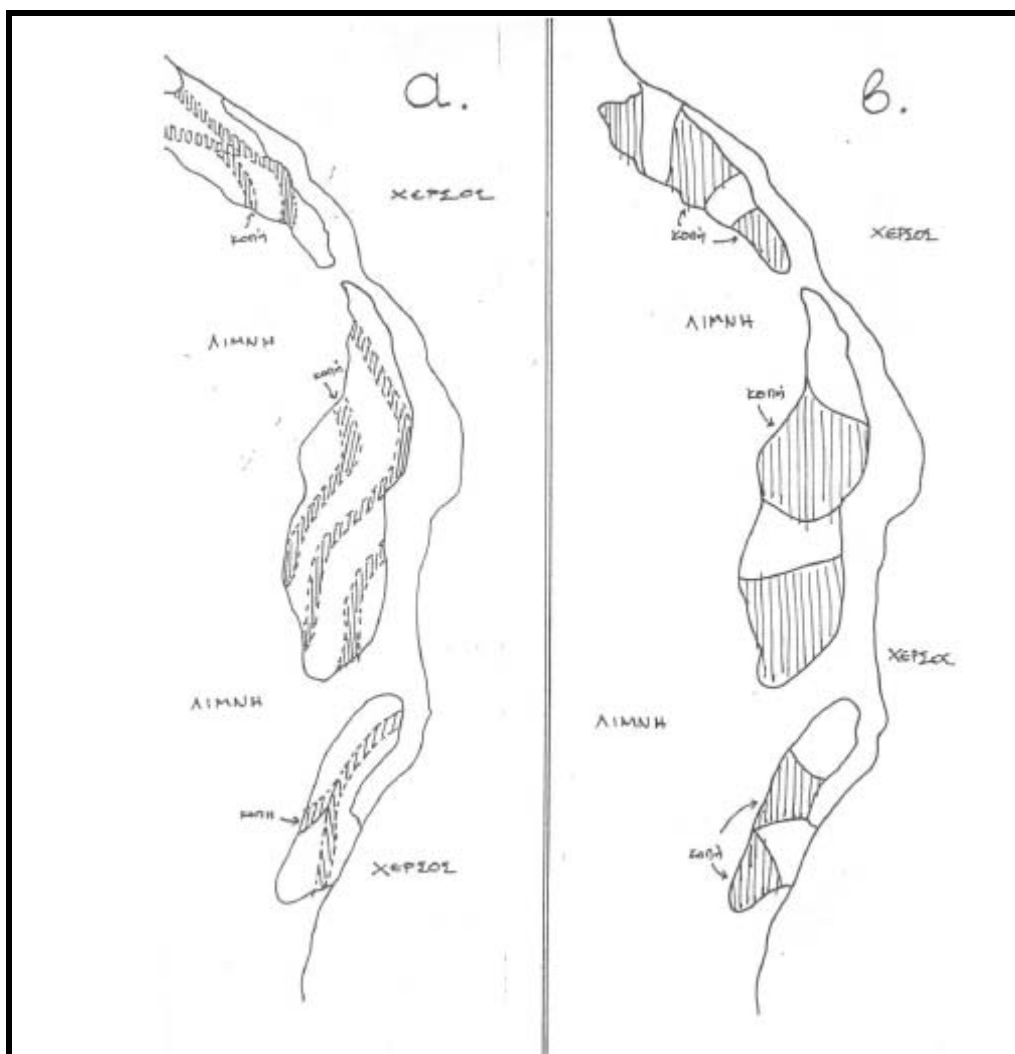
Με την πάροδο του χρόνου παρατηρείται απόθεση σκόνης και άλλων στερεών υλικών (όπως φύλλα, φυτοπλαγκτόν, νεκρή οργανική ύλη, αστικά στερεά απορρίμματα κ.λπ.), τα οποία επικάθονται στην επιφάνεια της λίμνης ανάμεσα στα καλάμια και την άλλη φυτική βλάστηση, σχηματίζοντας ένα σχετικά παχύ στρώμα στερεής ύλης. Ο σχηματισμός αυτός εμποδίζει σε μεγάλο βαθμό την οξυγόνωση των υδάτων στη ζώνη αυτή και την ελεύθερη κίνηση της ιχθυοπανίδας, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται συνθήκες ανοξικές (πέραν του φαινομένου του ευτροφισμού) και να περιορίζεται η ομαλή ανάπτυξη της υδρόβιας ζωής. Για αυτούς τους λόγους, προτείνεται η περιοδική διαχείριση/κοπή των καλαμώνων και κατ' επέκταση η απομάκρυνση βιομάζας, μέτρο το οποίο αποτελεί βασική διαχειριστική τακτική για την οργανική αποφόρτιση της λίμνης.

Πρέπει όμως να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα εξής:

- Η κοπή των καλάμιών θα πρέπει να γίνεται μετά το πέρας του Αυγούστου και αυτό για να:
- παρέλθει η αναπαραγωγική περίοδος των πουλιών που φωλιάζουν στους καλάμιώνες και που τους χρησιμοποιούν ως κατάλυμα οι νεοσσοί τους για αρκετό χρόνο μετά την πτέρωση τους
- παρέλθει το χρονικό διάστημα πλήρους ανάπτυξης του καλάμιού.
- Δεν θα πρέπει να κόβονται ολόκληρα συμπαγή τμήματα καλάμων αλλά να αφήνονται σε κάθε τμήμα άθικτες ζώνες, ώστε να εξακολουθούν να υπάρχουν σε κάθε θέση καταλύματα και κρυψώνες για την άγρια ζωή της λίμνης.

Ένα σκαρίφημα της τακτικής αυτής, δίνεται στο παρακάτω σχήμα. Ορισμένα τμήματα καλάμιώνων που βρίσκονται πολύ κοντά στην πόλη, στα οποία παρατηρούνται συγκεντρώσεις επιπλέοντων απορριμμάτων, μπορούν να κόβονται πλήρως.

Εικόνα 14: Ενδεδειγμένος (α) και μη ενδεδειγμένος (β) τρόπος κοπής καλαμιώνων



Η προκύπτουσα φυτική μάζα από την κοπή των καλαμιώνων, μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά, ως εδαφοβελτιωτικό ή ως υλικό κάλυψης στεγών (παραδοσιακές καλαμοσκεπές). Η ενέργεια της διαχείρισης των καλαμιώνων, όταν γίνεται κατόπιν ειδικής μελέτης, προλαμβάνει την εμφάνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων.



Για τη διαχείριση των καλαμιώνων θα πρέπει περαιτέρω να εκπονηθεί μελέτη με τίτλο «Καθορισμός και περιγραφή των απαιτούμενων παρεμβάσεων για τη βέλτιστη διαχείριση του καλαμιώνα της λίμνης Παμβώτιδας». Η μελέτη θα προσδιορίζει και τη διαχείριση των καλαμιώνων υγροβιότοπων και των αλγών από τον καθαρισμό των λιμνών σταθεροποίησης, Αναθέτουσα Αρχή, δε, θα είναι ο Φορέας Διαχείρισης της λίμνης.

#### 4.1.2 Προϋπολογισμός Μελέτης

Η ανωτέρω μελέτη θα εκπονηθεί από 3 ειδικούς επιστήμονες α) γεωπόνου, β) περιβαλλοντολόγου και γ) βιολόγου, η δε χρονική διάρκεια εκπόνησής της θα ανέρχεται σε 4 μήνες. Ακολούθως

παρατίθεται ο τρόπος υπολογισμού της αμοιβής των μελετών, στρογγυλοποιούμενη σε 115.000 ευρώ.

| 1. ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΜΟΙΒΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ                                                       |   |             |  |  |  |  |  |                       |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------|--|--|--|--|--|-----------------------|---------------------|
| Η αμοιβή υπολογίζεται με βάση το χρόνο απασχόλησης ενός ειδικού επιστήμονα σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.4 |   |             |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Έτη εμπειρίας απασχολούμενου επιστήμονα                                                              | = | 0-10        |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Αμοιβή επιστήμονα ανά ανθρωποημέρα απασχόλησης                                                       | = | 300         |  |  |  |  |  |                       |                     |
| τ.κ.                                                                                                 | = | 1.237       |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Εκτιμώμενος χρόνος απασχόλησης επιστήμονα (ημέρες)                                                   | = | 88          |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Σύνολο αμοιβής μελέτης=                                                                              |   | 32,656.80 € |  |  |  |  |  |                       |                     |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                        |   |             |  |  |  |  |  | <b>A<sub>1</sub>=</b> | <b>32,656.80 €</b>  |
| 2. ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ                                                            |   |             |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Η αμοιβή υπολογίζεται με βάση το χρόνο απασχόλησης ενός ειδικού επιστήμονα σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.4 |   |             |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Έτη εμπειρίας απασχολούμενου επιστήμονα                                                              | = | 10-20       |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Αμοιβή επιστήμονα ανά ανθρωποημέρα απασχόλησης                                                       | = | 450         |  |  |  |  |  |                       |                     |
| τ.κ.                                                                                                 | = | 1.237       |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Εκτιμώμενος χρόνος απασχόλησης επιστήμονα (ημέρες)                                                   | = | 88          |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Σύνολο αμοιβής μελέτης=                                                                              |   | 48,985.20 € |  |  |  |  |  |                       |                     |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                        |   |             |  |  |  |  |  | <b>A<sub>2</sub>=</b> | <b>48,985.20 €</b>  |
| 3. ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΜΟΙΒΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ                                                            |   |             |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Η αμοιβή υπολογίζεται με βάση το χρόνο απασχόλησης ενός ειδικού επιστήμονα σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.4 |   |             |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Έτη εμπειρίας απασχολούμενου επιστήμονα                                                              | = | 0-10        |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Αμοιβή επιστήμονα ανά ανθρωποημέρα απασχόλησης                                                       | = | 300         |  |  |  |  |  |                       |                     |
| τ.κ.                                                                                                 | = | 1.237       |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Εκτιμώμενος χρόνος απασχόλησης επιστήμονα (ημέρες)                                                   | = | 88          |  |  |  |  |  |                       |                     |
| Σύνολο αμοιβής μελέτης=                                                                              |   | 32,656.80 € |  |  |  |  |  |                       |                     |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                        |   |             |  |  |  |  |  | <b>A<sub>3</sub>=</b> | <b>32,656.80 €</b>  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ</b>                                                                                |   |             |  |  |  |  |  | <b>A=</b>             | <b>114,298.80 €</b> |

#### 4.2 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΟΧΘΗΣ

Από τη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων διαμόρφωσης - ανάκτησης παρόχθιας έκτασης της λίμνης Παμβώτιδας, φαίνεται ότι η προτεινόμενη διαμόρφωση στην περιοχή του Βοτανικού αφορά κυρίως την επαναφορά της αρχικής κατάστασης της ακτογραμμής (πριν την κατασκευή του έργου του υφιστάμενου δικτύου ιχθυολεκανών) στο μεγαλύτερο τμήμα της, μέσω καθαίρεσης υφιστάμενων αναχωμάτων και εφαρμογής ήπιων περιβαλλοντικών κατασκευών και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να εκληφθεί ως μέτρο αποκατάστασης στη ρύπανση της λίμνης.

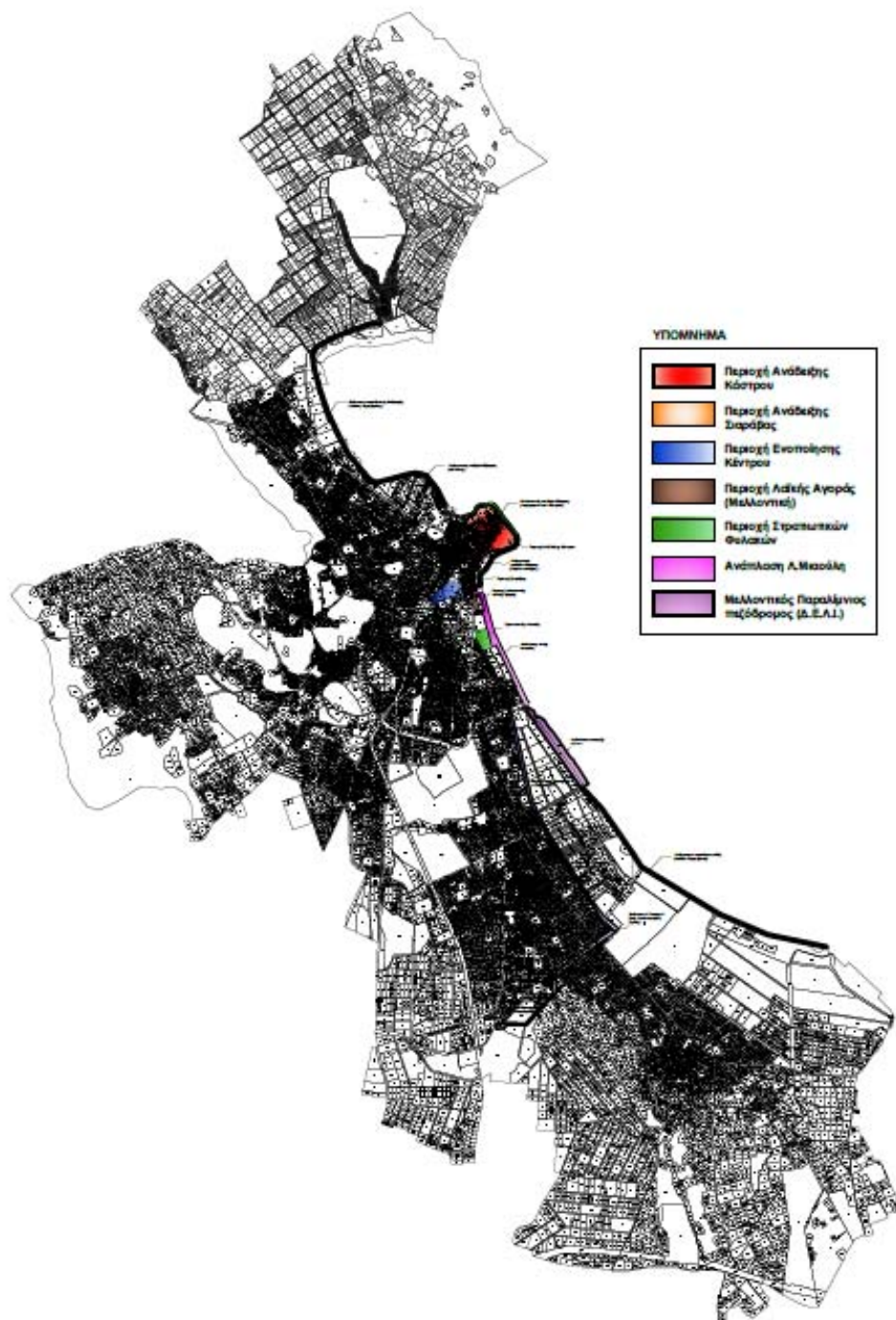
Εξάλλου, σε θέσεις που υπάρχουν ιχθυολεκάνες μεγάλου μεγέθους, με το προτεινόμενο έργο επιδιώκεται η κατά το δυνατόν διατήρηση της υφιστάμενης κατάστασης ώστε να μην οδηγηθούμε σε εκτεταμένα επιχώματα.

Επίσης προτείνονται η συνολική αποκατάσταση της παραλίμνιας ζώνης που περιλαμβάνει τις περιοχές, από τον ιχθυογεννητικό σταθμό της Δ.Ε.Λ.Ι.( περιοχή που αρχίζει ο παραλίμνιος πεζόδρομος-ποδηλατοδρόμος) μέχρι και την ακτή Μιαούλη (Παλαιά Σφαγεία, λιμανάκι) εικόνα. Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει μεταξύ άλλων παρεμβάσεων, την επαναφορά της ακτογραμμής στην μορφή της ομαλής ελεύθερης όχθης, με την καθαίρεση του σημερινού πέτρινου κρηπιδότοιχου και τη δημιουργία τμημάτων φυσικής παραλίας εναλλασσόμενες με βραχώδη τμήματα και φυσική βλάστηση. Οι παρεμβάσεις αυτές συμβάλουν στην περιβαλλοντική αλλά και στην αισθητική βελτίωση και ανάδειξη της περιοχής που σε συνδυασμό με την προτεινόμενη από τον Δήμο Ιωαννιτών δημιουργία παράλληλης ζώνης ποιοτικού πρασίνου, πεζοδρόμου-ποδηλατοδρόμου και περιοχών αναψυχής, αναβαθμίζουν περιβαλλοντικά και αισθητικά, μια εξαιρετικά σημαντική για τον Δήμο Ιωαννιτών παραλίμνια περιοχή.

Εν τέλει, το έργο αφορά μια ήπια διαμόρφωση του χώρου για οικολογικές δράσεις που σχετίζονται με το περιλίμνιο περιβάλλον.



**Εικόνα 15:** Master Plan Παμβώτιδας - Στα πλαίσια του σχεδίου “Βιώσιμη Αστική Ανάπτυξη“, Περιφέρεια Ηπείρου - Δήμος Ιωαννίνων.







**ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΕΣΜΗΣ ΜΕΤΡΩΝ  
ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ  
ΛΙΜΝΗΣ**



## 5 ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΕΣΜΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατωτέρω παρατίθενται τα μέτρα που κρίθηκε ότι μπορούν να βελτιώσουν τις ευτροφικές συνθήκες στη λίμνη. Η δυνατότητα μηχανικής αφαίρεσης των κυανοβακτηριδίων π.χ. με δίχτυα, και μέσω αυτής της απομάκρυνσης μέρους των θρεπτικών συστατικών που περιέχονται στη βιομάζα αξιολογήθηκε ως μη αποτελεσματική. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μόνο ένα μικρό τμήμα του πληθυσμού των κυανοβακτηρίων στη λίμνη μπορεί να αφαιρεθεί με τη μηχανική αφαίρεση εξαιτίας της παρουσίας των κυανοβακτηρίων σε ολόκληρο το σώμα του νερού και στα ιζήματα. Ακόμα, σε περίπτωση που δεν ελεγχθεί η ποσότητα εισερχόμενου και περιεχόμενου φωσφόρου, το τροφικό περιβάλλον θα είναι ευμενές και οι άλγες γρήγορα θα αναπτυχθούν εκ νέου. Ως εκ τούτου, προτείνονται από την ομάδα εργασίας τα ακόλουθα τρία πιλοτικά μέτρα.

### 5.2 ΜΕΤΡΑ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ

#### 5.2.1 Τεχνική Περιγραφή

Σημειώνεται ότι η συγκεκριμένη δέσμη αυτή θα πραγματοποιηθεί σε 2 φάσεις: η πρώτη θα είναι σε πιλοτικό στάδιο και θα συνοδεύεται από έκθεση αποτελεσμάτων-μετρήσεων, ενώ η δεύτερη θα σχεδιαστεί σε μεγάλη κλίμακα και θα εξειδικευτεί με βάση την ανωτέρω έκθεση.

Ο βασικός σκοπός του προτεινόμενου μέτρου είναι η αδρανοποίηση του φωσφόρου στα ιζήματα της λίμνης, έτσι ώστε να επιβραδυνθεί η απελευθέρωση ελεύθερου φωσφόρου στην υδατική στήλη. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή κροκιδωτικών χημικών, οι οποίες καθιζάνουν στο νερό συγκρατώντας και μετατρέποντας το φώσφορο σε μορφή ακατάλληλη για φυτοπλαγκτόν. Ακόμα, σχηματίζεται ένα κάλυμμα στα ιζήματα του πυθμένα το οποίο επίσης εμποδίζει την απελευθέρωση P στο υδατικό σώμα.

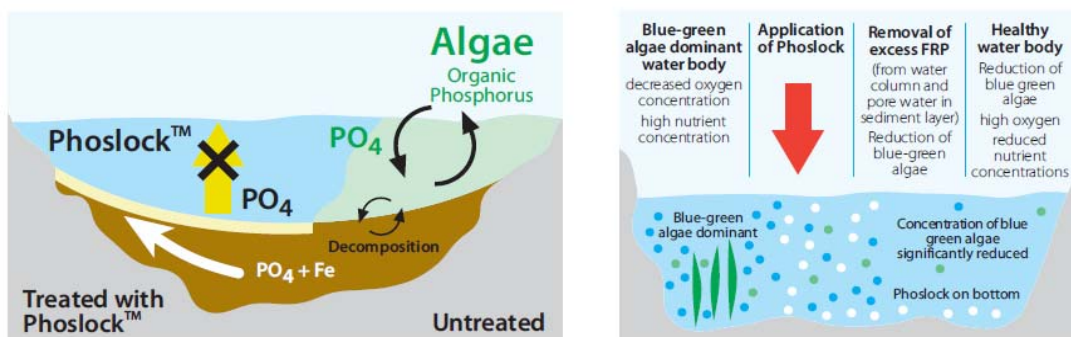
Ειδικότερα, ο φώσφορος και το άζωτο αποτελούν τα κύρια φυτικά θρεπτικά συστατικά για υγιή ανάπτυξη, ωστόσο η οικολογική ισορροπία των γλυκών υδάτων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε μεγαλύτερες ποσότητες φωσφόρου, καθώς προκαλείται υπερβολική ανάπτυξη της άλγης. Στο νερό, ο φώσφορος εμφανίζεται στη διαλυτή φωσφορική ( $PO_4^{3-}$ ) μορφή, η οποία είναι διαθέσιμη για πρόσληψη από τα φυτά και τις άλγες, συμπεριλαμβανομένης της μπλε-πράσινης άλγης, και ενσωματώνεται στο φυτικό ιστό. Όταν τα φυτά πεθαίνουν και αποσυντίθενται, τα φωσφορικά ιόντα απελευθερώνονται και ο κύκλος ξεκινά ξανά. Ο φώσφορος απαντάται επίσης σε σωματιδιακή μορφή στον πυθμένα των υδάτινων σωμάτων, ως σταθερές ή λιγότερο σταθερές ενώσεις. Για παράδειγμα, οι ενώσεις του σιδήρου, οι οποίες είναι κοινές στα εδάφη και ιζήματα,

μπορούν να απελευθερώσουν μεγάλες ποσότητες φωσφορικών υπό συνθήκες χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου (ανοξικές συνθήκες), σε μεγάλα βάθη. Έτσι, σε υπερτροφικά υδάτινα σώματα που περιέχουν μεγάλα αποθέματα P στο ιζήμα, είναι πιθανό η απελευθέρωση P να συνεχίζεται για πολλά χρόνια.

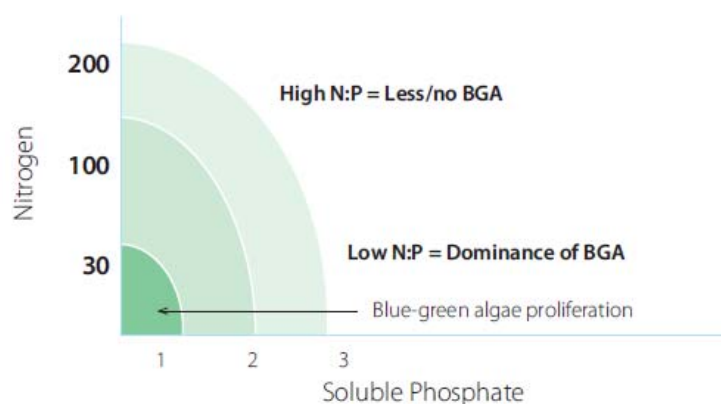
Υπάρχουν διαθέσιμα ένα ευρύ φάσμα αργλικών υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κροκιδωτικά, όπως είναι οι ζεόλιθοι, ο τροποποιημένος άργιλος και ο καολίνης. Από αυτές, προτάθηκε να χρησιμοποιηθεί ο ειδικά τροποποιημένος άργιλος Phoslock™ που έχει αναφερθεί ότι δεσμεύει επιτυχώς το φώσφορο. Πρόκειται για υλικό που παράγεται από τροποποιημένο αργλικό μπεντονίτη με λανθάνιο και έχει βρει ευρεία εφαρμογή σε περισσότερα από 100 μεγάλα υδάτινα σώματα με ευεργετικά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση του ευτροφισμού.

Με την εφαρμογή του Phoslock και κατά την καταβύθιση του εντός της στήλης νερού, απομακρύνεται αρχικά έως και 95% του ΔΦ με προσρόφηση στην επιφάνεια, σχηματίζοντας ένα αδιάλυτο αργλικό σύμπλοκο. Ακολούθως, το Phoslock εγκαθίσταται στη διεπιφάνεια πυθμένα - νερού σχηματίζοντας ένα στρώμα 1-3 mm. Αυτό το στρώμα είναι ικανό να προσροφήσει το φώσφορο από το στρώμα ιζήματος στους πόρους του υλικού (Σχήμα 13).

Εικόνα 16: Αρχή λειτουργίας του Phoslock



Μετά την προσρόφηση στο Phoslock δεν γίνεται επαναδιάλυση, και άρα ο φώσφορος δεν είναι πλέον βιο-διαθέσιμος για χρήση από την άλγη για αφομοίωση. Η μείωση της συγκέντρωσης του P στο νερό, τον καθιστά περιοριστικό θρεπτικό παράγοντα, οπότε η μείωση πληθυσμού της μπλε-πράσινης άλγη οφείλεται στη μεταβολή της αναλογίας N: P.

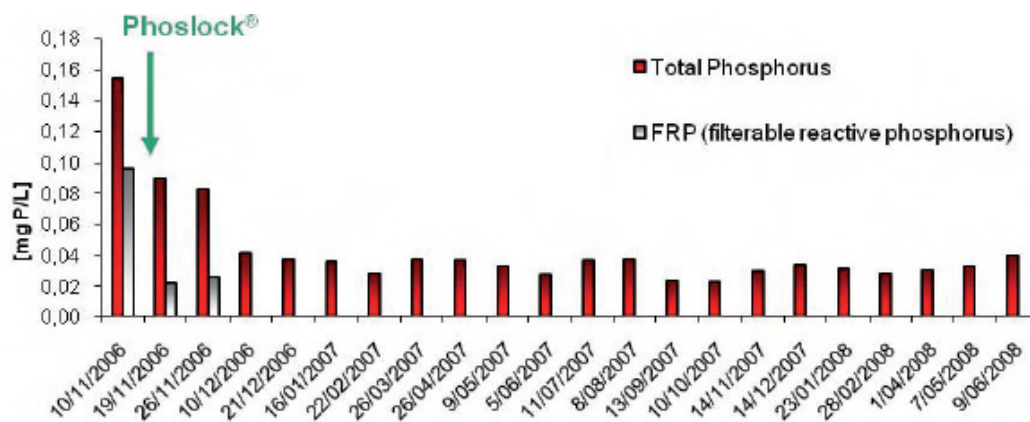
**Εικόνα 17:** Προτιμητέα περιοχή N:P ανάπτυξης μπλε-πράσινης άλγης

Τόσο η οξεία όσο και η χρόνια τοξικότητα του συγκεκριμένου προϊόντος έχει αξιολογηθεί σε μια ποικιλία υδρόβιων ειδών χωρίς να έχουν παρατηρηθεί τοξικές παρενέργειες.

Η δοσολογία για την εφαρμογή υπολογίζεται με βάση το ισοζύγιο μάζας για τις πηγές εισερχόμενου φωσφόρου. Στη γενική περίπτωση, ένας τόνος τροποποιημένου μπετονίτη είναι ικανός να απορροφήσει 34kg ορθοφωσφορικών ( $\text{PO}_4$ ) ή 11 kg P σε ένα εύρος pH 4 - 11 και σε ανοξικές συνθήκες. Εναλλακτικά, η δοσολογία υπολογίζεται από το συνολικό όγκο νερού στη λίμνη και προσθήκη (σε μία ή περισσότερες δόσεις) 250 mg σκόνης ανά λίτρο. Η αποτελεσματικότητα είναι πιο άμεση στην περίπτωση που ο P βρίσκεται στη μορφή ορθοφωσφορικών, είναι δε πιο βραδεία στην περίπτωση P σε κοτταρική μορφή εντός των αλγών. Για παράδειγμα, κατά το φθινόπωρο ή το χειμώνα επικρατεί σε μια λίμνη η μορφή των ορθοφωσφορικών. Με την αποτελεσματικότερη δέσμευση των ορθοφωσφορικών θα επιβραδυνθεί ουσιαστικά η ανάπτυξη της άλγης την επόμενη άνοιξη. Αν η εφαρμογή του τροποποιημένου μπετονίτη γίνει κατά τη διάρκεια της άνοιξης ή του καλοκαιριού, η δέσμευση θα γίνει κυρίως στο τέλος του κύκλου ζωής της άλγης, όπου απελευθερώνονται τα ορθοφωσφορικά με την αποσύνθεση και τα επίπεδα θα είναι χαμηλότερα το επόμενο έτος.

Μετά την εφαρμογή, η συγκέντρωση του  $\Delta\Phi$  μπορεί να μειωθεί σε  $<0,01$  mg/l, της δε μπλε-πράσινης άλγης σε  $<400$  κύτταρα/ml (Σχήμα 15).

Εικόνα 18: Μείωση ολικού P μετά την εφαρμογή Phoslock



Ο τρόπος εφαρμογής του Phoslock έχει ως εξής: αρχικά απομακρύνονται από την επιφάνεια του νερού οι επιπλέουσες και οι νηματοειδείς άλγεις με τη βοήθεια π.χ. διχτυών. Αν και πρόκειται για επίπονη εργασία, η μηχανική απομάκρυνση των αλγών θα ενισχύσει το αποτέλεσμα της εφαρμογής. Ακολούθως, οι σάκκοι με το κοκκώδες υλικό φορτώνονται σε βάρκα. Αν και είναι δυνατή η απευθείας ξηρή εφαρμογή, η προτιμώμενη μέθοδος είναι με μετατροπή σε μορφή πολτού π.χ. με κάποιο κοινό σύστημα διασποράς, λόγω της καλύτερης ομοιομορφίας και του μεγαλύτερου εμβαδού επιφανείας. Ο πολτός στη συνέχεια δοσομετρείται στην επιφάνεια του νερού σύμφωνα με την προβλεπόμενη δόση. Ο τρόπος αυτός είναι απλός και δεν απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό. Η εφαρμογή μπορεί να πραγματοποιηθεί και σταδιακά σε χρονικό ορίζοντα 3-6 ετών. Η προσέγγιση αυτή προσφέρει ορισμένα πλεονεκτήματα: (1) μείωση κόστους, (2) ευκολότερη εφαρμογή, (3) μακροπρόθεσμη διαχείριση και παρακολούθηση, (4) ευέλικτη στρατηγική.

Η εμπειρία δείχνει ότι με μία μόνο εφαρμογή, οι συνθήκες ευτροφισμού βελτιώνονται σημαντικά χωρίς να απαιτείται επανάληψη. Σε περιπτώσεις ωστόσο, όπου η εξωγενής εισροή φώσφορου συνεχίζεται και τα επίπεδα άλγης αυξάνουν ξανά, η εφαρμογή θα πρέπει να επαναληφθεί. Η εφαρμογή με Phoslock έχει πραγματοποιηθεί με επιτυχία σε αρκετές λίμνες σε όλο τον κόσμο, σε συνδυασμό με μέτρα δέσμευσης φωσφόρου στα ανάντη, και ενδεικτικά:

- Λίμνη Behlendorfer (Γερμανία), 67 ha, μέσο και μέγιστο βάθος 7,5 m και 16m αντίστοιχα
- Λίμνη Bareensee (Γερμανία), 6 ha, μέσο και μέγιστο βάθος 2,6 m και 3,8 m αντίστοιχα
- Λίμνη Strathclyde Loch (Σκωτία), 80 ha
- Λίμνη Βαρέζε (Ιταλία), 1400 ha, μέσο και μέγιστο βάθος 10,7 m και 25 m αντίστοιχα



- Λίμνη Valle de Bravo (Μεξικό), 1680 ha, μέσο βάθος 19,5 m

Στις 2 τελευταίες λίμνες πραγματοποιήθηκε αντίστοιχη πιλοτική εφαρμογή. Σε όλες τις περιπτώσεις η μείωση του διαλυτού φωσφόρου συνοδεύτηκε από αύξηση της διαφάνειας, την καταστολή των κυανοβακτηριδίων και την αντίστοιχη ανάπτυξη μακροφύτων. Οι λίμνες παρουσίαζαν μια διακύμανση μεγέθους, βάθους και περιβαλλοντικών συνθηκών, γεγονός που υποδεικνύει ότι ο περιοριστικός παράγοντας είναι κυρίως το εσωτερικό φορτίο φωσφόρου.

Στην παρούσα μελέτη προτείνεται να γίνει η πιλοτική εφαρμογή του Phoslock στην περιοχή που παρουσιάζεται στο αντίστοιχο σχέδιο, σε βάθη μεταξύ -6 - -7,5μ, όπου είναι πιθανότερη η δημιουργία ανοξικών συνθηκών. Η συγκεκριμένη έκταση ανέρχεται σε 50 εκτάρια, ενώ το πρόγραμμα θα διαρκέσει 6 μήνες. Το συγκεκριμένο βάθος επιλέχθηκε διότι λόγω των ανοξικών συνθηκών ευνοείται η διαλυτοποίηση του σωματιδιακού P από το ίζημα στη στήλη νερού. Ο διαλυτός P ακολούθως μεταφέρεται σε όλη τη μάζα της λίμνης και διατίθεται για πρόσληψη από τις άλγες. Για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, η περιοχή εφαρμογής θα απομονωθεί με πετάσματα από υλικό πολυαιθυλένιο σε βάθος 7μ, έτσι ώστε να μην είναι δυνατή η μεταφορά των φωσφορικών εντός αυτής.

Το συνολικό εξωτερικό ετήσιο φορτίο φωσφόρου που καταλήγει στη λίμνη αναφέρθηκε στο προηγούμενο παραδοτέο σε 27,18 t P. Επίσης, η συγκέντρωση του P στη λίμνη Παμβώτιδα, κυμαίνεται κατά τους θερινούς μήνες μεταξύ 0,1-0,2 mg/l. Ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις του ιζήματος της λίμνης και δεν κατέστη δυνατόν να γίνει υπολογισμός του εσωτερικού φορτίου φωσφόρου.

Τα δεδομένα ποιότητας της λίμνης είναι απαραίτητα για τον ακριβή σχεδιασμό κάποιων δράσεων, αλλά και για την αποτίμηση της απόδοσης αυτών. Συγκεκριμένα, ο προσδιορισμός της ακριβούς δοσολογίας χημικών, η έναρξη της πιλοτικής δράσης καθώς και η εξειδίκευση της επόμενης δράσης (§ 5.2) και, προϋποθέτει την εκτέλεση μιας σειράς δειγματοληψιών και χημικών αναλύσεων στο ίζημα του πυθμένα. Ο περιεχόμενος P στο ίζημα μπορεί να βρίσκεται είτε σε σταθερές (π.χ. ως Ca-απατίτης) είτε σε ασταθείς χημικές ενώσεις (ενώσεις Fe και Mn). Στη δεύτερη περίπτωση, ο φώσφορος μπορεί να επιστρέψει στην υδάτινη στήλη σε ανοξικές συνθήκες ή σε υψηλό pH. Για τον λόγο αυτό είναι σκόπιμος ο καθορισμός των μορφών του P στο ίζημα, οι οποίες είναι εύκολα επαναδιαλυτοποιήσιμες στην υδατική στήλη και αυξάνουν το φορτίο στη λίμνη υπό τις ανωτέρω συνθήκες.

Οι δειγματοληψίες εξαρτώνται από το μέγεθος της λίμνης και στην προκειμένη περίπτωση θα πραγματοποιηθούν σε 12 αντιπροσωπευτικά σημεία, στο μέσο της λίμνης, σε βαθύτερα σημεία, γειτονικά από τάφρους, κλπ. Για κάθε σημείο το δείγμα θα κατανεμηθεί περαιτέρω σε τρία: 0-5 cm, 5-10 cm και 10-20 cm, έτσι ώστε να υπάρχουν συνολικά 36 κλασματοποιημένα υποδείγματα.

Οι θέσεις που πρόκειται να γίνουν οι δειγματοληψίες παρουσιάζονται στο σχετικό χάρτη. Η απαιτούμενη ποσότητα κάθε δείγματος είναι 300 gr ιλύος, τα οποία θα μεταφερθούν υπό ψύξη με την χρήση φορητού ψυγείου εφοδιασμένου με παγοκύστες. Η χημική ανάλυση θα εκτελεστεί από εργαστήριο το οποίο θα έχει την κατάλληλη εμπειρία.

Ειδικότερα, η χημική ανάλυση στο κάθε δείγμα ιζήματος θα γίνει σύμφωνα με τη μεθοδολογία γνωστή ως κλασματοποίηση Psenner et al. (4) με τις ακόλουθες μικρές τροποποιήσεις και περιλαμβάνει 5 διαδοχικές εκχύλισεις φώσφορου. Η εκχύλιση με H<sub>2</sub>O αντικαταστάθηκε με εκχύλιση με 1 M αποξυγονωμένο NH<sub>4</sub>Cl. Η τελευταία εκχύλιση με θερμό NaOH (85 °C) παραλείπεται. Αντ' αυτού, η περιεκτικότητα σε P του στερεού υλικού που παραμένει μετά την εκχύλιση με HCl προσδιορίζεται ως υπολειμματικό P μετά την χώνευση. Επιπρόσθετα, ο διαλυτός φώσφορος (DP) μετράται μόνο στο NaOH και όχι σε όλα τα κλάσματα. Ο μη αντιδρών φώσφορος (NRP) αυτού του κλάσματος υπολογίζεται ως η διαφορά του ολικού (TP) από το διαλυτό DP.

Για κάθε κλασμάτωση αναλύονται δύο πανομοιότυπα δείγματα. Μετά από φιλτράρισμα χρησιμοποιώντας ένα φίλτρο 0.45-μm οξικής κυτταρίνης ο ολικός φώσφορος αναλύεται σε όλα τα κλάσματα. Ο ολικός P χρησιμοποιείται για να ελεγχτεί η αποτελεσματικότητα και οι αναλυτικές αποκλίσεις της διαδικασίας εκχύλισης. Η τροποποιημένη διαδικασία διαδοχικής εκχύλισης P και τα χαρακτηριστικά των αναμενόμενων ειδών P σε κάθε κλάσμα συνοψίζονται στον Πίνακα 10.

**Πίνακας 10:** Ακολουθία του συστήματος εκχύλισης φωσφόρου

| Είδος εκχύλισης                                                             | Χρόνος  | Αναλυόμενος P | Αναμενόμενα είδη P                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 M NH <sub>4</sub> Cl απο-ξυγονωμένο                                       | 0.5 h   | TP            | P στο πορώδες, χαλαρά προσροφημένος P σε επιφάνειες                                                                                                    |
| 0,11 M BD όξινο ανθρακικό/<br>διθειονώδες                                   | 1 h     | TP            | P ευαίσθητος στην οξειδοαναγωγή δεσμευ-μένος κυρίως σε οξειδωμένες ενώσεις Fe και Mn                                                                   |
| 1M NaOH/27 mM EDTA                                                          | 16 h    | DP<br>NRP     | P ανταλλάξιμος με ιόντα OH <sup>-</sup> και ανόργανες ενώσεις P διαλυτές σε βάσεις<br>P σε μικροοργανισμούς, πολυ-P, οργανικά P, P σε χουμικές ενώσεις |
| 0,5 M HCl                                                                   | 16 ώρες | TP            | Άλατα φωσφορικού ασβεστίου, οργανικό P διαλυτό σε οξύ                                                                                                  |
| Ολική πέψη με H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> |         | TP            | Ανθεκτικός οργανικός P και μη εκχυλίσιμα άλατα P Υπολειμματικός P                                                                                      |

NRP: μη αντιδρών φώσφορος, DP: διαλυτός φώσφορος, TP: ολικός φώσφορος.

Η χημική ανάλυση του DP προσδιορίζεται φωτομετρικά με την μέθοδο μπλε μολυβδαινίου. Ο TP σε διαφορετικά κλάσματα P και στο υπόλοιπο υλικό μετράται ως DP μετά από χώνευση με υπερθειϊκό, ενώ η περιεκτικότητα σε TP του στερεού υλικού προσδιορίζεται ως ο DP μετά από χώνευση 5-10 mg ξηρού ιζήματος σε διάλυμα 2 mL 5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2 mL 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, και 20 mL απεσταγμένου νερού στους 150 ° C για 8 ώρες.

Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στα εκχυλίσματα και ιζήματα μετά από χώνευση σε aqua regia σε φούρνο μικροκυμάτων υψηλής πίεσης, αναλύονται με φασματοόμετρο ατομικής απορρόφησης φλόγας. Η απώλεια κατά την ανάφλεξη υπολογίζεται ως απώλεια μάζας μετά από καύση του ξηραμένου ιζήματος (450 ° C, 3 ώρες).

Εναλλακτικά, υπάρχει η δυνατότητα της μερικής κλασματοποίησης Psenner, η οποία περιλαμβάνει μόνο 3 εκχυλίσσεις και προσδιορίζει τον ολικό και τον χαλαρά δεσμευμένο φώσφορο, ο οποίος μπορεί να καταστεί διαλυτός και διαθέσιμος για την ανάπτυξη των βακτηριδίων και των αλγών.

Τονίζεται ότι μετά την επιτυχή ολοκλήρωση της πιλοτικής εφαρμογής, απαραίτητη προϋπόθεση για την έναρξη της εφαρμογής μεγάλης κλίμακας είναι α) το φορτίο εξωτερικού φωσφόρου που εισέρχεται στη λίμνη από τις επιφανειακές απορροές να έχει μειωθεί στο μισό και β) να έχει σταματήσει ο εμπλουτισμός της λίμνης με κυπρίνους (*Cyprinus carpio*), προκειμένου να σταματήσει η αναμόχλευση του ιζήματος του πυθμένα και άρα η επαναδιαλυτοποίηση του φωσφόρου.

Ο στόχος του πιλοτικού προγράμματος είναι διπλός: να πραγματοποιηθούν αφενός οι ανωτέρω εργαστηριακές μετρήσεις ιζήματος για τις οποίες δεν υπάρχουν δεδομένα και αφετέρου να προσδιοριστεί η ακριβής δοσολογία, η οποία ακολούθως θα μπορεί να εφαρμοστεί και για την εφαρμογή ευρείας κλίμακας. Ως εκ τούτου, χωρίς αυτά τα αποτελέσματα δεν είναι δυνατόν να γίνει εκτίμηση για τον αντίστοιχο προϋπολογισμό πλήρους κλίμακας, και αυτός θα εξειδικευτεί μετά την πιλοτική δράση. Ωστόσο, το κόστος είναι μειωμένο συγκριτικά με την εφαρμογή άλλων κροκιδωτικών αλάτων ή με τις εργασίες βυθοκόρησης του ιζήματος πυθμένα.

### 5.2.2 Προϋπολογισμός

Ο προϋπολογισμός της πιλοτικής εφαρμογής διάρκειας 6 μηνών εκτιμάται για αρχική δοσολογία 3 t ανά ha και κόστος 2.500 € ανά t, τιμή που περιλαμβάνει τα υλικά (πετάσματα) για την απομόνωση της περιοχής, καθώς και τις απαραίτητες εργασίες. Επομένως, θα εφαρμοστούν 150 t με αντίστοιχο κόστος 375.000 €.

### 5.3 ΥΠΟΛΙΜΝΙΑ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ

#### 5.3.1 Τεχνική Περιγραφή Συστήματος

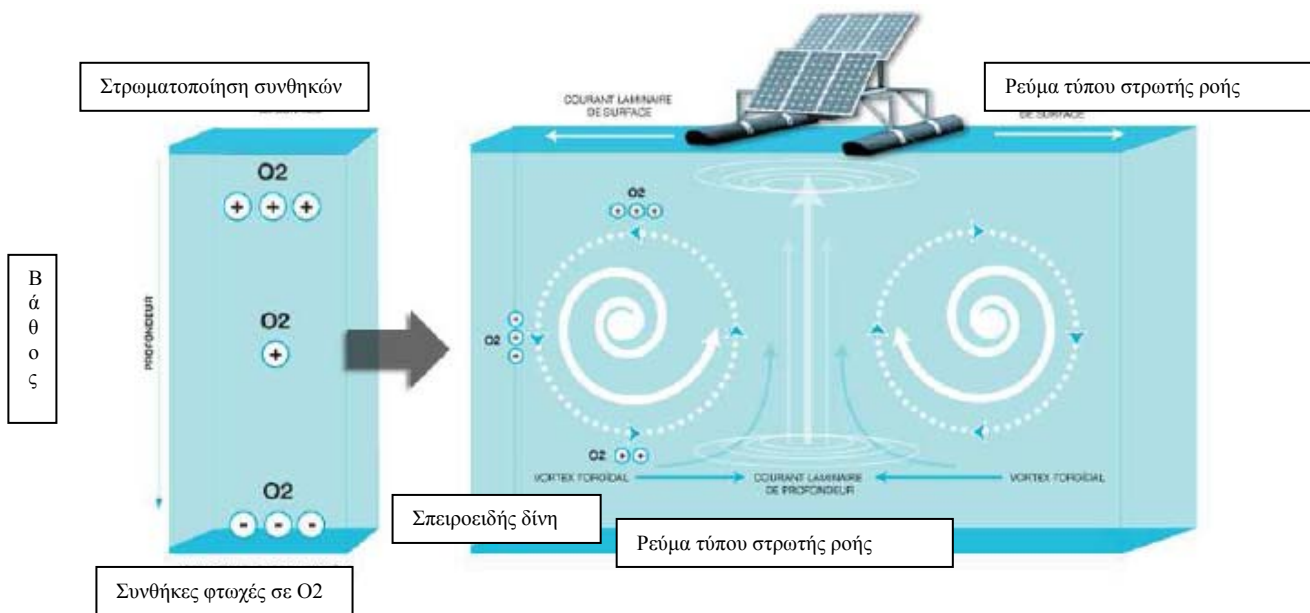
Σημειώνεται ομοίως, ότι η δέσμη αυτή θα πραγματοποιηθεί σε 2 φάσεις: η πρώτη θα είναι σε πιλοτικό στάδιο και θα συνοδεύεται από έκθεση αποτελεσμάτων-μετρήσεων, ενώ η δεύτερη θα σχεδιαστεί σε μεγάλη κλίμακα και θα εξειδικευτεί με βάση την έκθεση.

Ο βασικός σκοπός του προτεινόμενου μέτρου είναι η διατήρηση σε υψηλά επίπεδα της συγκέντρωσης του οξυγόνου στον πυθμένα της λίμνης, έτσι ώστε ο σίδηρος να παραμένει στην οξειδωμένη μορφή και να μειώνεται η απελευθέρωση φωσφόρου από τα ιζήματα στο νερό. Μέσω των οξικών συνθηκών υποστηρίζεται επίσης η γρήγορη αποδόμηση των οργανικών ιζημάτων μέσω των αερόβιων βακτηρίων. Σημειώνεται ότι πλήρης μίξη των υδάτων της Παμβώτιδας, με πλούσιες συγκεντρώσεις  $O_2$  σε όλο το βάθος, παρατηρείται μόνον το μήνα Αύγουστο.

Στο προηγούμενο Παραδοτέο περιγράφηκαν διάφορες μέθοδοι οξυγόνωσης. Η ακριβής τεχνική οξυγόνωσης του νερού είναι σημαντική για την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος. Για παράδειγμα, έχει εξεταστεί η απευθείας έγχυση αέρα υπό πίεση (τζιφάρι) ή η διοχέτευση αέρα από συμπιεστές μέσω διαχυτών στον πυθμένα. Οι ανερχόμενες φυσαλίδες ωθούν το ανοξικό νερό στην επιφάνεια, όπου αερίζεται εκ νέου παρουσία ατμοσφαιρικού οξυγόνου. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος τελικά απορρίφθηκε, διότι α) μπορεί να διαταράξει τις συνθήκες στρωματοποίησης στη λίμνη και να μεταφέρει νερό πλούσιο σε θρεπτικά στο επιλίμνιο, β) το κόστος λειτουργίας και οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια είναι υψηλές και γ) προκαλεί επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας του νερού.

Αντίθετα, λαμβάνοντας υπόψιν και το μέσο-μέγιστο βάθος της λίμνης, αποτελεσματικότερος τρόπος είναι μέσω της ανακυκλοφορίας υδάτινων όγκων από το βυθό προς την επιφάνεια της λίμνης. Οι φτωχές σε οξυγόνο υδάτινες μάζες του πυθμένα έρχονται σε επαφή με τη πιο πλούσια σε οξυγόνο επιφάνεια. Ακολούθως τα υγρά κινούνται προς μεγαλύτερα βάθη, όπου πλέον περισσότερο οξυγόνο είναι διαθέσιμο για τις βιολογικές δράσεις. Μέσω αυτής της διαδικασίας τελικά, το ατμοσφαιρικό και ιδιαίτερα το φωτοσυνθετικό οξυγόνο κατανέμεται πιο ομοιόμορφα μέσα στην υδατική στήλη (σχήμα 16). Η ανακυκλοφορία αυτή γίνεται με ήπιο τρόπο μέσω αναμικτών-κυκλοφορητών νερού, οι οποίοι δεν προκαλούν απο-στρωματοποίηση της λίμνης και επανακατανέμουν τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες και το  $O_2$  σε μεγαλύτερα βάθη και σε ανώτερα είδη πανίδας πλην της μπλε-πράσινης άλγης.

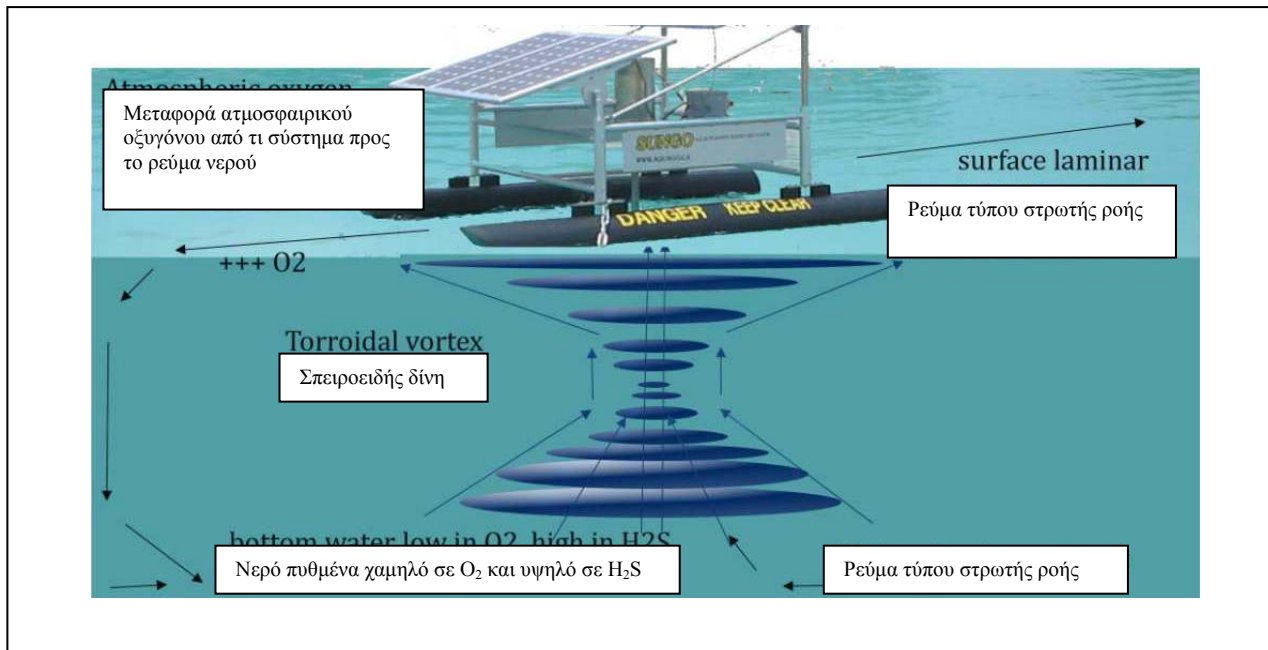
Εικόνα19: Αρχή λειτουργίας κυκλοφορητών νερού



Ειδικότερα, το μέτρο παρέμβασης έχει ως εξής: Η μπλε-πράσινη άλγη αναπτύσσεται σε θερμές και στάσιμες συνθήκες. Συγκριτικά με άλλα είδη αλγών, επιπλέει ευκολότερα στην επιφάνεια για να δεσμεύσει το ατμοσφαιρικό άζωτο. Καθώς καλύπτεται η επιφάνεια του νερού, μειώνεται η διείσδυση του φωτός και τα υπόλοιπα ευεργετικά είδη αλγών δεν μπορούν να επιβιώσουν. Με το θάνατο και την αποσύνθεση των αλγών, απελευθερώνεται φώσφορος, απομειώνεται το οξυγόνο και το φαινόμενο ανατροφοδοτείται με περαιτέρω αύξηση των πληθυσμών μπλε-πράσινης άλγης. Σε περίπτωση, ωστόσο, που διαταράσσονται οι στάσιμες συνθήκες και υπάρχει επαρκής ανάμιξη το ατμοσφαιρικό άζωτο δεν είναι άμεσα διαθέσιμο. Τα ανοδικά ρεύματα θα φέρουν στην επιφάνεια και άλλες ευεργετικές, μη τοξικές άλγες, που ανταγωνίζονται την επιβλαβή μπλε-πράσινη, και η ανάπτυξή τους θα αποκατασταθεί. Η ποιότητα επομένως της βιοποικιλότητας στη λίμνη θα μετακινηθεί σε ανώτερα επίπεδα, προς το ζωοπλαγκτόν, τα μακρο-ασπόνδυλα και την ιχθυοπανίδα. Σταδιακά αυξάνεται η διαπερατότητα του νερού και πάει πλέον η καταστολή των υδρόβιων φυτών λόγω της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας. Τα φυτά αυτά επιστρέφουν στη λίμνη και λαμβάνουν πάλι τη σημαντική οικολογική τους λειτουργία, οι δε επιβλαβείς μπλε-πράσινες άλγεις δεν είναι πλέον ένα κυρίαρχο είδος.

Η κίνηση του υδάτινου σώματος γίνεται με τη βοήθεια φτερωτής και χωρίς σωλήνες, σύμφωνα με το επόμενο σχήμα:

Εικόνα 20: Σπειροειδής κίνηση νερού με τη βοήθεια κυκλοφορητών στην επιφάνεια της λίμνης



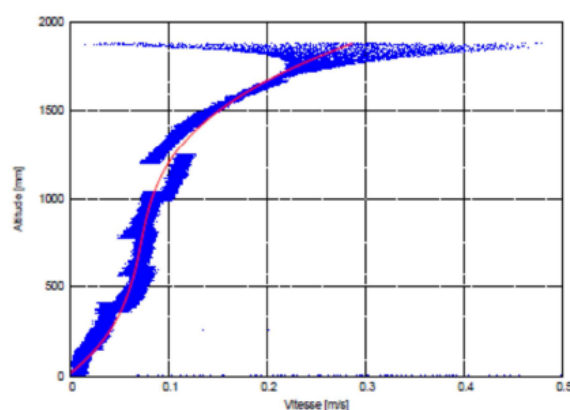
Για την περίπτωση της λίμνης Παμβώτιδας προτείνεται από την παρούσα μελέτη η εγκατάσταση αναμικτών που θα καλύπτουν μια ζώνη έκτασης 3 εκταρίων ha, με την προοπτική εγκατάστασης μελλοντικά σε περισσότερες ζώνες. Ειδικότερα, θα τοποθετηθούν 5 μονάδες πλωτών

κυκλοφορητών στην περιοχή πλησίον της τάφρου Λαγκάτσας. Η συγκεκριμένη περιοχή επιλέχθηκε διότι σε αυτή μεταφέρεται μεγάλο εξωτερικό φορτίο θρεπτικών, έχει δε επαρκές βάθος, ενώ βρίσκεται κοντά σε υφιστάμενο σταθμό δειγματοληψίας. Οι μονάδες θα αγκυρωθούν με τσιμεντόλιθους και ανοξειδωτες αλυσίδες και θα απέχουν 80μ μεταξύ τους (Σχήμα 18). Οι μονάδες είναι ενεργειακά αυτόνομες με κίνηση της φτερωτής από ηλιακούς συλλέκτες και κατά τη διάρκεια της ημέρας μόνον, όπου η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι μεγαλύτερη. Τη διάρκεια της νύχτας δεν θα γίνεται κυκλοφορία νερού. Σύμφωνα με τις υποδείξεις του προμηθευτή, μετά το πρώτο έτος η απόσταση μεταξύ των κυκλοφορητών μπορεί να αυξηθεί σε 150 μ και η επιφάνεια επιρροής να αυξηθεί σε 10 εκτάρια.



**Εικόνα 21:** Εγκατάσταση πλωτών κυκλοφορητών νερού πλησίον της τ. Λαγκάτσας

Η ικανότητα του κυκλοφορητή ανέρχεται σε 2.500 m<sup>3</sup>/h, ενώ η ταχύτητα του υγρού στην φτερωτή θα είναι 0,5 m/s. Η ταχύτητα ροής σε βάθος 1,5μ θα ανέρχεται σε 0,05 – 0,1 m/s (Σχήμα 19), τιμή η οποία είναι χαμηλή ώστε να μην προκαλεί αναμόχλευση του ιζήματος και διαλυτοποίηση του δεσμευμένου φωσφόρου.

**Εικόνα 22:** Υδραυλικό προφίλ ταχύτητας ροής/ βάθους υγρών

Τα λοιπά τεχνικά χαρακτηριστικά των κυκλοφορητών έχουν ως ακολούθως:

- Ισχύς κινητήρα: 0,55 kW με ωφέλιμη ζωή 10.000 ώρες
- Φτερωτή: 316 SS, 4 πτερύγια, διάμετρος 500mm, καλώδια εντός αγωγού 316 SS
- Ταχύτητα φτερωτής: 125 rpm
- Ηλιακός συλλέκτης: Πλαίσιο από αλουμίνιο, 125 kg
- Πλωτή διάταξη: HDPE και αφρός πολυστυρενίου



Οι περιοχές για την εφαρμογή ευρείας κλίμακας και ο αντίστοιχος προϋπολογισμός θα εξειδικευτούν μετά την πιλοτική δράση.

### 5.3.2 Προϋπολογισμός

Ο προϋπολογισμός του πιλοτικού προγράμματος διάρκειας 24 μηνών ανέρχεται σε 80.000 €. Το πρόγραμμα αφορά την προμήθεια και εγκατάσταση των 5 μονάδων πλωτού αερισμού – ανάμιξης για τη βελτίωση των ανοξικών συνθηκών και την πρόληψη της διαλυτοποίησης P, σύμφωνα με όσα παρατέθηκαν ανωτέρω. Θα πρέπει να προβλεφθεί μια μικρή επιφάνεια στη στεριά για την αγκύρωση των αλυσίδων και την αποσυναρμολόγηση των μονάδων, αν απαιτηθεί το μέλλον. Το λειτουργικό κόστος είναι χαμηλό, διότι ο εξοπλισμός θα λειτουργεί με φωτοβολταϊκό ρεύμα. Περιοδικά θα γίνεται κάποια συντήρηση των φτερωτών, των κυψελών, κλπ, από έναν τεχνικό της Υπηρεσίας. Στο ανωτέρω κόστος περιλαμβάνεται η εκπαίδευση από τον προμηθευτή.

## 5.4 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ

### 5.4.1 Περιγραφή

Με σκοπό τη συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων της λίμνης αλλά και την αξιολόγηση της απόδοσης των πιλοτικών δράσεων 5.2 και 5.3 θα πρέπει να ανατεθεί σε ειδικό Φορέα, π.χ. γραφείο περιβαλλοντικών μελετών ή Πανεπιστήμιο ή εξειδικευμένο εργαστήριο, η περιβαλλοντική παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης, με μηνιαίες μετρήσεις παραμέτρων όπως διαλυμένο οξυγόνο, pH, COD/BOD, φώσφορος, θολότητα και βιολογικοί δείκτες, καθώς και η σύνταξη τεχνικής έκθεσης αποτελεσμάτων. Αναθέτουσα Αρχή θα είναι η Περιφέρεια Ηπείρου.

Ειδικότερα, σε ότι αφορά τις διαχρονικές μετρήσεις περιβαλλοντικών παραμέτρων και την οικολογική κατάσταση της λίμνης Παμβώτιδας, υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία από διάφορους Φορείς. Αρχικά αναφέρονται οι μετρήσεις από Πανεπιστημιακά Ιδρύματα οι οποίες έγιναν στα πλαίσια κάποιας μεταπτυχιακής ή ερευνητικής διατριβής είτε κάποιου προγράμματος. Οι μετρήσεις αυτές δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως συστηματικές ή μακροχρόνιες. Ακολουθώντας, στη μελέτη των Romero και J. Imberger παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές μετρήσεις για μια μεγάλη χρονοσειρά, οι οποίες θεωρούνται ολοκληρωμένες. Περισσότερες λεπτομέρειες παρατίθενται στο προηγούμενο παραδοτέο 3. Διάφορες δειγματοληψίες έχει πραγματοποιήσει και ο Φορέας Διαχείρισης για τις ακόλουθες παραμέτρους: θολότητα, χλωροφύλλη, ολικός φώσφορος (TP), ολικό άζωτο (TN), θερμοκρασία, διαλυμένο οξυγόνο, pH, δυναμικό

οξειδοαναγωγής (ORP) και αγωγιμότητα. Οι δειγματοληψίες έλαβαν χώρα σε τέσσερα σημεία-σταθμούς (S1, S2, S3 και S4), εντός της λίμνης. Οι μετρήσεις ωστόσο αξιολογήθηκαν ως μη αξιόπιστες λόγω σφάλματος στα όργανα ή εσφαλμένης βαθμονόμησης. Τέλος, υπάρχουν και οι δειγματοληψίες που έγιναν στα πλαίσια της Οδηγίας - Πλαίσιο 2000/60 από την Ειδική Γραμματεία και το Γενικό Χημείο του Κράτους, οι οποίες και αυτές είναι ολοκληρωμένες.

Στο παρόν σχέδιο προτείνεται η διατήρηση των ίδιων σημείων δειγματοληψίας S1 - S4, συχνότητας και φυσικοχημικών παραμέτρων, καθώς προσφέρουν μια πλήρη εικόνα ποιότητας, διακόμανσης και διαχρονικής εξέλιξης. Η χρονική διάρκεια της υπηρεσίας θα ανέρχεται σε 12 μήνες. Πρόκειται για  $4 \times 12 = 48$  σετ μετρήσεων με προεκτιμώμενη αμοιβή 160€/ σετ, η οποία περιλαμβάνει και την εργασία δειγματοληψίας. Ταυτόχρονα, θα λαμβάνονται με ειδικό δειγματολήπτη 4 + 1 δείγματα ιζήματος πυθμένα (από κάθε σταθμό και από την περιοχή του πιλοτικού αντίστοιχα) με σκοπό τη μέτρηση φωσφόρου (κλασματοποίηση Psenner), σύμφωνα με τα ανωτέρω. Κάθε ανάλυση κοστίζει 310 €.

Τέλος, κρίνεται σκόπιμη η παρακολούθηση φυσικοχημικών παραμέτρων και στα εισερχόμενα όμβρια που μεταφέρονται από τις τάφρους (λαγκάτσες). Προτείνεται η μέτρηση των παραμέτρων BOD<sub>5</sub>, COD, TKN, TP, διαλυτό οξυγόνο και αιωρούμενων στερεών (SS), στην είσοδο των λιμνών σταθεροποίησης και στην έξοδο των υγροβιότοπων. Πρόκειται για  $2 \times 5 \times 12 = 120$  σετ μετρήσεων με προεκτιμώμενη αμοιβή 170 €/ σετ, η οποία περιλαμβάνει και την εργασία δειγματοληψίας.

Η δημοπράτηση θα γίνει σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία για παροχή υπηρεσιών.

Σημειώνεται ότι στο πλαίσιο της Οδηγίας Πλαίσιο για τη διαχείριση των Υδάτων 2000/60, έχουν εκπονηθεί Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών στα Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων. Για την εκπόνηση των Σχεδίων Διαχείρισης λήφθηκαν στοιχεία μετρήσεων που πραγματοποιούνται σύμφωνα με όσα προβλέπονται στην Οδηγία. Σκοπός της συλλογής των στοιχείων αυτών είναι η ταξινόμηση των υδάτινων σωμάτων και η παρακολούθηση της κατάστασής τους.

#### 5.4.2 Προϋπολογισμός

Ο προϋπολογισμός για την υπηρεσία μετρήσεων χρονικής διάρκειας 12 μηνών αναφέρεται συνολικά σε 45.000 €, αναλυόμενος ως εξής:

- για την υδάτινη στήλη:  $48 \times 160 \text{ €} = 7.680 \text{ €}$
- για το ιζήμα:  $5 \times 6 \text{ μήνες} \times 310 = 9.300 \text{ €}$
- για τις λίμνες - υγροβιότοπους:  $120 \times 170 \text{ €} = 20.400 \text{ €}$

- για τη σύνταξη των τεχνικών εκθέσεων αξιολόγησης : 7.000 €
- ΣΥΝΟΛΟ: 45.000 €

## ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ



## 6 ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, από το 2006 έχει εκπονηθεί μελέτη Διαχειριστικού Σχεδίου από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων με γενικό στόχο του Αγροπεριβαλλοντικού Προγράμματος να είναι ο επαναπροσδιορισμός του παραγωγικού συστήματος εις τρόπον ώστε να ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις για παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών ανταγωνιστικών ως προς το κόστος, την ποιότητα και τους όρους υγιεινής, που προσδιορίζουν αύξηση των εισοδημάτων με ταυτόχρονη προστασία των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος.

Κατά τη σύνταξη του Σχεδίου Διαχείρισης για την αειφορική ανάπτυξη και προστασία του περιβάλλοντος των γεωργικών και κτηνοτροφικών ζωνών της ευρύτερης περιοχής της λίμνης Παμβώτιδας λήφθηκαν υπόψη:

- Η Κοινοτική και εθνική πολιτική για την Γεωργία, την Αλιεία και το περιβάλλον
- Οι ανεπιλημμένες υποχρεώσεις και δεσμεύσεις της χώρας μας σε διεθνείς και Ευρωπαϊκές συμβάσεις
- Οι κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες της περιοχής
- Πορίσματα από σχετική δημόσια διαβούλευση και
- Το Σχέδιο Διαχείρισης της λίμνης Παμβώτιδας που έχει εκπονήσει ο Φορέας Διαχείρισης της Παμβώτιδας.

Με το προτεινόμενο Σχέδιο Διαχείρισης επιχειρήθηκε η σύζευξη των φαινομενικά αντιτιθέμενων τάσεων της προστασίας και διατήρησης των περιβαλλοντικά πολύτιμων φυσικών στοιχείων και της απαίτησης για κοινωνική, οικονομική και πολιτιστική πρόοδο στην περιοχή μελέτης.

Είναι ιδιαίτερη ανάγκη να επικαιροποιηθεί και να επανυποβληθεί ολοκληρωμένο το Πρόγραμμα Διαχείρισης για την αειφορική ανάπτυξη & προστασία του περιβάλλοντος των γεωργικών και κτηνοτροφικών ζωνών της ευρύτερης περιοχής με στόχο την έγκριση, στα πλαίσια χρηματοδότησης της προγραμματικής περιόδου 2014-2020, ειδικού αγροπεριβαλλοντικού μέτρου για την ευρύτερη περιοχή μελέτης.

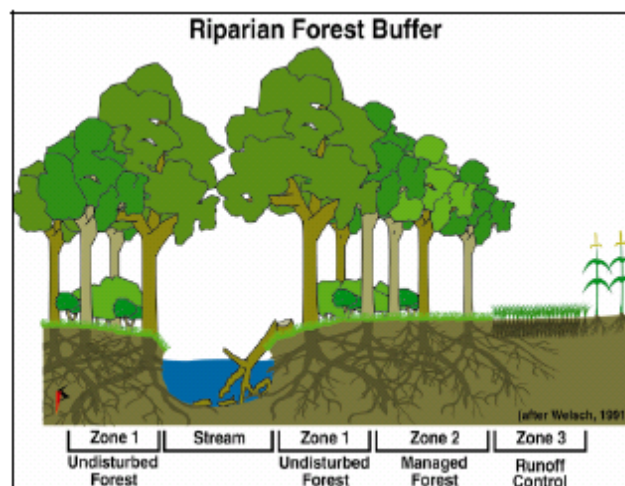
Ιδιαίτερη αξία θα έχει η συμπερίληψη στα πλαίσια του Ειδικού Στόχου 3: Διαχείριση Φυσικών Πόρων η κατάρτιση μέτρου για τη διατήρηση και περαιτέρω ανάπτυξη παρόχθιας βλάστησης σε αγροτικές εκτάσεις πέριξ της λίμνης και των υδάτινων αποδεκτών που καταλήγουν σε αυτή. Σε

αυτό το μέτρο θα μπορεί να χρηματοδοτηθεί και η Διατήρηση-αποκατάσταση υδροβιοτόπων ή και η κατασκευή τεχνητών.

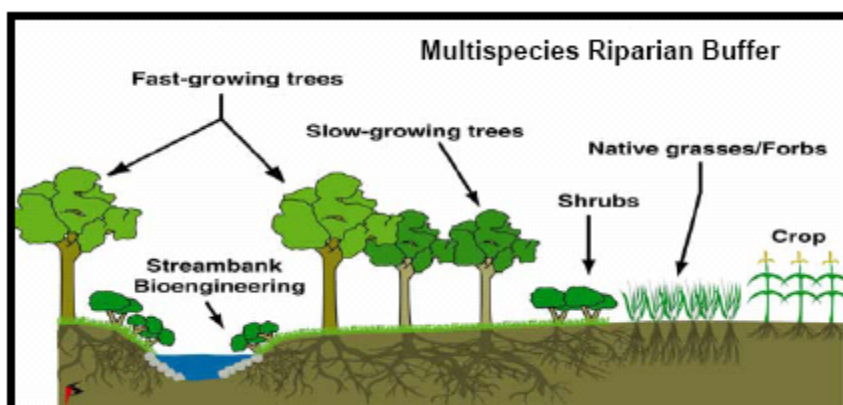
Τόσο στους υδροβιοτόπους, όσο και στην παρόχθια βλάστηση οι απορροές αγροτικής γης θα υπόκεινται σε φυσική βιολογική επεξεργασία και θα μειώνονται τα φορτία τους, πριν καταλήξουν στη λίμνη. Η επιτυγχανόμενη απομάκρυνση TP, TN και στερεών με την ταυτόχρονη επεξεργασία των απορροών σε υδροβιοτόπους και στην παρόχθια βλάστηση ξεπερνά το 65%.

Ένα τέτοιο μέτρο οριοθέτησης & απομόνωσης των υδάτινων αποδεκτών, με χρήση παρόχθιων ζωνών βλάστησης (Riparian Grass Buffers), από τις καλλιέργειες & τα βοσκοτόπια θα αποφέρει 40% μείωση των TP, 32% μείωση των TN και πάνω από 50% μείωση των στερεών (φερτά υλικά)

**Εικόνα:23** Δημιουργία παρόχθιας ζώνης Βλάστησης για επεξεργασία απορροών Λεκάνης απορροής

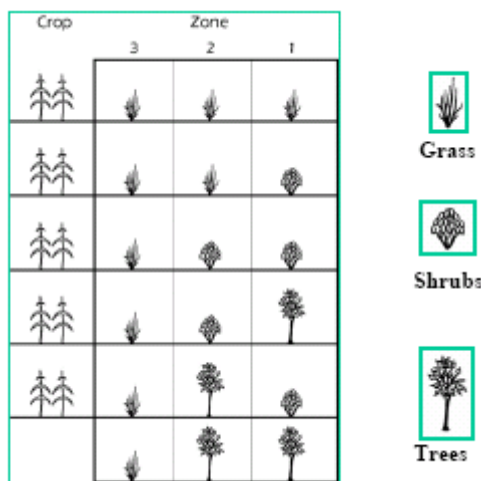


**Εικόνα 24 :** Ρυθμιστικό σύστημα τριών ζωνών με δέντρα, θάμνους και / ή γρασίδι





**Εικόνα 25 :** Συνδυασμοί βλάστησης σε ένα ρυθμιστικό σύστημα τριών ζωνών. Ο χώρος καλλιέργειας είναι στα αριστερά και το ρέμα είναι στα δεξιά. Οι ζώνες βλάστησης μπορεί να ποικίλουν σε πλάτος πέρα από τα είδη και τα είδη των δένδρων, θάμνων και γρασιδιού μπορούν να ποικίλουν εντός μιας ζώνης



Επίσης πολύ σημαντική είναι η χρηματοδότηση του προτεινόμενου από τη Διαχειριστική μελέτη του Μέτρου 3.2: Διαχείριση του είδους *Carassius* sp. Αναφορικά με την πεταλούδα οι διαχειριστικές επιλογές που προτείνονται για το χρονικό διάστημα των δύο ετών είναι:

- Να πραγματοποιούνται εξαλιεύσεις για ένα μήνα κατά την αναπαραγωγική περίοδο (Μάρτιο - Ιούνιο), προκειμένου να αφαιρεθεί ένα μέρος από τον πληθυσμό των γεννητόρων. Οι εξαλιεύσεις που θα λαμβάνουν μέρος θα πιστοποιούνται από την Εποπτεία Αλιείας.
- Τα άτομα του είδους που θα εξαλιεύονται να στέλνονται στις γειτονικές Βαλκανικές χώρες ή να αποστέλλονται σε χωματερές ή να χρησιμοποιούνται για ζωοτροφή μετά από επεξεργασία.
- Οι αλιείς (20 άτομα) να επιδοτούνται με 50€/ ημέρα για το μήνα που θα πραγματοποιούνται οι εξαλιεύσεις.
- Να συνεχιστούν οι πειραματικές δειγματοληψίες στην περιοχή της Λίμνης, που αποτελούν απαραίτητο στάδιο για την ουσιαστική εκπόνηση διαχειριστικών μελετών.

Των παραπάνω διαχειριστικών επιλογών πρέπει να προηγηθούν δειγματοληψίες οι οποίες θα προσδιορίσουν τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά της ιχθυοπανίδας στην λίμνη και θα προσδιορίσουν με ποσοτικά κριτήρια τα όρια και τα χαρακτηριστικά των εξαλιεύσεων.

Οι ενέργειες που αναφέρονται στα πλαίσια του Μέτρου αυτού κρίνονται απολύτως απαραίτητες για την ορθολογική διαχείριση του είδους *Carassius sp.*, και συγχρόνως την παροχή κινήτρων συγκράτησης του αλιευτικού πληθυσμού στην περιοχή.

Για την επικαιροποίηση της Μελέτης υπολογίζεται χρόνος 2 μήνες και θα χρειαστεί η απασχόληση 1 Γεωπόνου και 1 Περιβαλλοντολόγου. Για τη μελέτη υπολογίζεται στρογγυλοποιημένη αμοιβή 40.000 ευρώ, η οποία υπολογίζεται αναλυτικά ως ακολούθως:

| <b>1. ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΜΟΙΒΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                |             |       |  |  |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|--|--|--------------------|
| Η αμοιβή υπολογίζεται με βάση το χρόνο απασχόλησης ενός ειδικού επιστήμονα σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.4 |             |       |  |  |                    |
| Έτη εμπειρίας απασχολούμενου επιστήμονα                                                              | =           | 0-10  |  |  |                    |
| Αμοιβή επιστήμονα ανά ανθρωποημέρα απασχόλησης                                                       | =           | 300   |  |  |                    |
| τ.κ.                                                                                                 | =           | 1.237 |  |  |                    |
| Εκτιμώμενος χρόνος απασχόλησης επιστήμονα (ημέρες)                                                   | =           | 44    |  |  |                    |
| Σύνολο αμοιβής μελέτης=                                                                              | 16.328,40 € |       |  |  |                    |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                        |             |       |  |  | <b>16.328,40 €</b> |
| <b>2. ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΜΟΙΒΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                     |             |       |  |  |                    |
| Η αμοιβή υπολογίζεται με βάση το χρόνο απασχόλησης ενός ειδικού επιστήμονα σύμφωνα με το άρθρο ΓΕΝ.4 |             |       |  |  |                    |
| Έτη εμπειρίας απασχολούμενου επιστήμονα                                                              | =           | 10-20 |  |  |                    |
| Αμοιβή επιστήμονα ανά ανθρωποημέρα απασχόλησης                                                       | =           | 450   |  |  |                    |
| τ.κ.                                                                                                 | =           | 1.237 |  |  |                    |
| Εκτιμώμενος χρόνος απασχόλησης επιστήμονα (ημέρες)                                                   | =           | 44    |  |  |                    |
| Σύνολο αμοιβής μελέτης=                                                                              | 24.492,60 € |       |  |  |                    |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>                                                                        |             |       |  |  | <b>24.492,60 €</b> |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΗΣ</b>                                                                                |             |       |  |  | <b>40.821,00 €</b> |

## ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΩΝ



## 7 ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΩΝ

| ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ |                                                                                           |                      |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Α/Α                                                          | ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ                                                                            | ΔΑΠΑΝΗ               |
| <b>1</b>                                                     | <b>ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ</b>                                                            | <b>8.044.683,11</b>  |
| 1.1                                                          | ΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΡΓΩΝ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ                                                | 356.003,11           |
| 1.2                                                          | ΕΡΓΑ ΑΝΑΔΑΣΩΣΗΣ                                                                           | 5.919.200,00         |
| 1.3                                                          | ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΡΓΩΝ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ                                                        | 1.769.460,00         |
| <b>2</b>                                                     | <b>ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ</b>                                                            | <b>7.519.537,90</b>  |
| 2.1                                                          | ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΤΔ ΓΙΑ ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 5 ΕΩΣ 7                               | 200.000,00           |
| 2.2                                                          | ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 5 - 7                                       | 63.000,00            |
| 2.3                                                          | ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΤΔ ΓΙΑ ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 8- 9                                  | 240.000,00           |
| 2.4                                                          | ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 8-9                                         | 65.000,00            |
| 2.4                                                          | ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΡΓΩΝ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ                                                        |                      |
| 2.4.1                                                        | ΕΣΩΠΟΤΑΜΙΟΙ ΑΝΑΒΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΛΟΙΠΑ ΕΡΓΑ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗΣ ΡΕΜΑΤΩΝ                                  | 405.000,00           |
| 2.4.2                                                        | ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ (ΛΙΜΝΕΣ) ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ                       | 370.788,21           |
| 2.4.3                                                        | ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ ΑΠΟΜΕΙΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ         | 1.694.224,67         |
| 2.4.4                                                        | ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΜΕ ΛΙΜΝΕΣ ΚΑΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥΣ         | 3.883.525,02         |
| 2.4.5                                                        | ΑΠΑΛΛΟΤΡΙΩΣΕΙΣ                                                                            | 498.000,00           |
| 2.5                                                          | ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΛΙΜΝΩΝ - ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ                                                           | 100.000,00           |
| <b>3</b>                                                     | <b>ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ - ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΛΑΜΙΩΝΩΝ</b>                               | <b>115.000,00</b>    |
| <b>4</b>                                                     | <b>ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΕΣΜΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ</b>     | <b>500.000,00</b>    |
| 4.1                                                          | ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ                                                 | 375.000,00           |
| 4.2                                                          | ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΠΟΛΙΜΝΙΑΣ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗΣ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ                                            | 80.000,00            |
| 4.3                                                          | ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ                               | 45.000,00            |
| <b>5</b>                                                     | <b>ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΠΑΑ 2014-2020</b> | <b>40.000,00</b>     |
| 5.1                                                          | ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΩΝ                                                                  | 40.000,00            |
|                                                              | <b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ</b>                                                                           | <b>16.219.221,01</b> |

Στα παραπάνω ποσά δεν περιλαμβάνεται ΦΠΑ. Επιμέρους προϋπολογισμός του κόστους παρατίθεται αναλυτικά στα αντίστοιχα κεφάλαια.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ

| Α/Α | ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ                                                                                  | ΚΛΙΜΑΚΑ  |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1   | ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ                                                              | 1:50.000 |
| 2   | ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΕΡΓΑ ΔΑΣΩΣΕΩΝ - ΑΝΑΔΑΣΩΣΕΩΝ - ΦΥΤΕΥΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ                    | 1:50.000 |
| 3   | ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΕΡΓΩΝ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ                                                   | 1:50.000 |
| 4   | ΠΕΔΙΝΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΡΕΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΘΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΟΥΝ ΕΡΓΑ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ             | 1:50.000 |
| 5   | ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΛΙΜΝΩΝ ΚΑΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ                                                    | 1:5.000  |
| 6   | ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ - ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΜΠΙΕΤΟΝΙΤΗ | 1:20.000 |
| 7   | ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ ΚΑΤΟΨΗ - ΤΟΜΕΣ - ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ                                                      | 1:200    |
| 8   | ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ                  | 1:2.500  |



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Υπουργείο Γεωργίας - Γενική διεύθυνση Δασών - Περιφερειακή Διεύθυνση Δασών Ηπείρου (1970) Βδέλλης Α (συντάξας).** Οριστική μελέτη τεχνικής και φυτοκομικής διεθετήσεως χειμάρρων Δροσοχωρίου Γερακαρίου , Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων. Τεύχος Α.
- **Υπουργείο Γεωργίας - Γενική διεύθυνση Δασών - Περιφερειακή Διεύθυνση Δασών Ηπείρου (1970) Βδέλλης Α (συντάξας).** Οριστική μελέτη τεχνικής και φυτοκομικής διεθετήσεως χειμάρρων Δροσοχωρίου Γερακαρίου , Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων. Τεύχη Β,Γ,Δ,Ε.
- **Νομαρχία Ιωαννίνων - Διεύθυνση Δασών - Δασαρχείο Ιωαννίνων (1981) Καραθανάσης Ι (συντάξας).** Μελέτη Αναδασώσεως στη θέση “Γκόγκα” της Κοινότητας Βασιλικής Περιφέρειας Δασαρχείου Ιωαννίνων.
- **Νομαρχία Ιωαννίνων - Διεύθυνση Δασών - Δασαρχείο Ιωαννίνων (1982) Καραθανάσης Ι (συντάξας).** Μελέτη Κατασκευής Συμπληρωματικών Έργων στους Χειμάρρους Δροσοχωρίου και Δαφνούλας.
- **Περιφέρεια Ηπείρου - Γενική Διεύθυνση Περιφέρειας - Διεύθυνση Δασών Ιωαννίνων - Δασαρχείο Ιωαννίνων (2002) Σιούτας Σ (συντάξας)** Μελέτη Κατασκευής Τεχνικών Έργων στους Χειμάρρους Δροσοχωρίου Γέρακα των Δημοτικών Διαμερισμάτων Δροσοχωρίου - Ηλιοκάλης Δήμου Παμφώτιδας.
- **Ψαριανού Π (2010)** Προσομοίωση Ποιοτικής Κατάστασης Λίμνης Παμβώτιδας, (Διπλωματική Εργασία), Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- **Λάμπρου Α (1988)** Το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Παμβώτιδας. Μια προσέγγιση με το μοντέλο RIBASIM (Διπλωματική εργασία), Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- **Ανδρεαδάκης Α., και Αφραταίος Χ (1986)** Μελέτη του Φαινομένου του Ευτροφισμού με Εφαρμογή στη Λίμνη Παμβώτιδα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- **Βακάκης & Συνεργάτες, Γκάργκουλας Ν Ματθαίου Γ.** Σχέδιο Διαχείρισης Αειφορικής Ανάπτυξης και Προστασίας Περιβάλλοντος Γεωργικών και Κτηνοτροφικών Ζωνών της Ευρύτερης Περιοχής της Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων.
- **Βαταβάλη Φ(2004)** Το Θεσμικό Πλαίσιο για την Προστασία της Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων και ο Φορέας Διαχείρισης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- **Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη (2001),** Ανάπλαση-Ανάδειξη-Προστασία της Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων και των περιμετρικών αυτής περιοχών.

- **Θεοχάρη Β, και Παπαδόπουλος Γ (1990)** Συμβολή στη Μελέτη των Φαινομένων Ευτροφισμού στη Λίμνη των Ιωαννίνων, *Θαλασσογραφικά*, 13, 55-70.
- **Κάγκαλου Ι, και Κατσουγιαννόπουλος Β (1989)** Κατανομή και Συσχέτιση του Ποσού των Θρεπτικών Συστατικών και της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας Λιμναίου Οικοσυστήματος (Εφαρμογή στη Λίμνη Παμβώτιδα), *Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας*, 345-354.
- **Κάγκαλου Ι, Πατσιάς Α, και Πάσχος Ι** Ενδείξεις για την Τροφική Κατάσταση της Λίμνης Παμβώτιδας με Βάση την Εποχιακή Κατανομή Χλωροφύλλης-α και Φυτοπλαγκτού, 230-234.
- Καραβοκύρης Γ, και Συνεργάτες Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε., Ζ&Α Αντωναρόπουλος Π, Συνεργάτες Α.Μ.Ε., ΕΠΕΜ Α.Ε. και Σταυρόπουλος Ξ (2004) (Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κεντρικής και Δυτικής Ελλάδας), *Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής*.
- **Κυδωνάκη Ι (2010)** Μελέτη ευτροφισμού Λίμνης Παμβώτιδας: Υδατικό ισοζύγιο και ισοζύγιο φωσφόρου, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ.
- **Ξανθόπουλος Θ** (Επιστημονικός Υπεύθυνος Ερευνητικού Έργου), **Κουζέλη-Κατσιρή Α, Ανδρεαδάκης Α, Κουτσογιάννης Δ, Βαμβακερίδου Λ** (Κύριοι Ερευνητές), και **Καραγιάννης Μ** (Υπευθυνός Αναλύσεων Πεδίου) **(1984)**, *Διερεύνηση Ποιότητας και Αφομοιωτικής Ικανότητας Νερών Ποταμού Καλαμά και Λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων)*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- **ΟΙΚΟΣ (2001)** - Διαχείριση Φυσικού Περιβάλλοντος ΕΠΕ - ΛΔΚ, Σχέδιο Διαχείρισης Λυμάτων Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων.
- **ΟΙΚΟΣ (2005)** Διαχείριση Φυσικού Περιβάλλοντος ΕΠΕ - ΛΔΚ, Σχέδιο Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων.
- **Life-Περιβάλλον (1999-2001)** Καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και αποτύπωση της εξέλιξης του περιβάλλοντος της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά.
- **Αθανάσιος Σ. Φωτόπουλος (2007)** Μελέτη των Αναδασώσεων στο Δάσος Στροφιλιάς ΒΔ Πελ/σου, Ερευνητική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βιολογίας Φυτών, Επιβλέπων Καθηγητής Θεόδωρος Γεωργιάδης.

- **Στ. Γιαννόπουλος, Γ. Γριβάκη, Ιω. Γιαννοπούλου** Διερεύνηση της ρύπανσης των υδάτινων σωμάτων από τις αστικές απορροές ομβρίων.
- **Παπιγγιώτη Ελεονώρα (2013)** Παρακολούθηση Της Οικολογικής Καταστασταςης Της Λιμνης Παμβωτιδας (Ιωαννινα) Με Χρηση Χημικων Και Βιολογικων Παραμετρων Εκτιμησης Της Υδατικης Ρυπανσης, Πανεπιστημιο Πατρων, Σχολη Θετικων Επιστημων, Τμημα Βιολογιας, Μεταπτυχιακο Προγραμμα Σπουδων: Οικολογια-Διαχειριση Φυσικου Περιβαλλοντος.
- **Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο & Πανεπιστήμιο Πειραιά (2008)** Διπλωματική εργασία - Πρόταση ανάπλασης τμήματος της παρόχθιας ζώνης της λίμνης Παμβώτιδας με χρήση τεχνητών υγροτόπων, βάσει της Πρότασης δημιουργίας Ορνιθολογικού - Περιβαλλοντικού Πάρκου Παμβώτιδας - Δημαλέξης Τ. & ομάδα μελέτης, Ελληνικής Ορνιθολογικής Εταιρείας.
- **Εταιρεία Αγροτικής Ανάπτυξης Ηπείρου Α.Ε. (1989)** “Η Λίμνη Παμφώτιδα”. Μέρος Ι, Μορφολογική εξέλιξη της λίμνης. Ιωάννενα 1989
- **Εταιρεία Αγροτικής Ανάπτυξης Ηπείρου Α.Ε. (1992)** “Η Λίμνη Παμφώτιδα”. Μέρος ΙΙ, Αρχές και Συστήματα Διευθέτησης των χειμαρρικών ρευμάτων της Λίμνης Παμφώτιδας.
- **Albanis T, Pomonis, P, Sdoukos, A, (1986)** Seasonal fluctuations of organochlorine and triazines pesticides in the aquatic system of Ioannina basin (Greece). *Sci. Tot. Env.* 58, 243–253.
- **Hela D, Lambropoulou D, Konstantinou I, Albanis T, (2005)** Environmental monitoring and ecological risk assessment for pesticide contamination and effects in Lake Pamvotis, northwestern Greece. *Environ. Toxicol. Chem.* 24, 1548–1556.
- **Daskalou, V, Polona Vreča, Gregor Muri, Constantine Stalikas (2009)** Recent Environmental Changes in the Shallow Lake Pamvotis (NW Greece): Evidence from Sedimentary Organic Matter, Hydrocarbons, and Stable Isotopes *Arch Environ Contam Toxicol* (2009) 57:21–31.
- **Vreča P, Stalikas C, Muri G, Daskalou V, Kanduč T, Leis A (2008)** C and N elemental and stable isotopic signatures in sedimentary organic matter from Lake Pamvotis (Greece) and Lake Bohinj (Slovenia). *Geologija* 51:65–70
- **Kotti M, Vlessidis A, Evmiridis N, (2000)** Determination of phosphorous and nitrogen in the sediment of Lake Pamvotis (Greece). *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 78 (3–4), 455–467.

- **Conispoliatis N, Panagos A, Perissoratis C, Varnavas S. (1986)** Geological and sedimentological patterns in the Lake Pamvotis (Ioannina), NW Greece. *Annales Geologiques des Pays Helleniques* 33, 269–285.
- **Clews, JE (1989)** Structural controls on basin evolution: Neogene to Quaternary of the Ionian zone, Western Greece. *Journal of the Geological Society* 146, 447–457
- **Kagalou I, Leonardos I (2006a)** Planktonic respiration in a shallow eutrophic Lake. *J Freshwater Ecol* 21:531–533.
- **Kagalou I, Economidis G, Leonardos I, Papaloukas C (2006b)** Assessment of a Mediterranean shallow lentic ecosystem (Lake Pamvotis, Greece) using benthic community diversity: response to environmental parameters. *Limnologica* 36:269–278. doi:10.1016/j.limno.2006.08.002
- **Kagalou I, Papastergiou E, Leonardos I (2008)** Long term changes in the eutrophication process in a shallow Mediterranean lake ecosystem of W. Greece: response after the reduction of external load. *J Environ Manag* 87:497–506. doi:10.1016/j.jenvman.2007.01.039
- **Kagalou I, Papastergiadou E, Tsimarakis G, Petridis D (2003)** Evaluation of the trophic state of Lake Pamvotis Greece, a shallow urban lake. *Hydrobiologia* 506:745–752
- **Kagalou I, Tsimarakis G, Patsias A (2001)** Phytoplankton dynamics and physical-chemical features of a shallow lake (L.Pamvotis, Greece). *Fresenius Environ Bull* 10:845–849.
- **Leonardos I, Kagalou I, Tsoumani M, Economidis PS (2007)** Fish fauna in a Greek lake biodiversity, introduced fish species over an 80-year period and their impacts on the ecosystem. *Ecol Freshw Fish* 17:165–173. doi:10.1111/j.1600-0633.2007.00268.x
- **Papagiannis, I, Kagalou, I, Paleologos, E, Karayiannis, M (2002)** Heavy metals in Lake Pamvotis ecosystem. *Fresenius Environ. Bull.* 11, 659–664.
- **Papagiannis, I, Kagalou, I, Leonardos, J, Petridis, D, Kalfakakou, V (2004)** Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). *Environ. Inter.* 30,357–362.
- **Papastergiadou E, Retalis A, Apostolakis A, Georgiadis T (2008)** Environmental monitoring of spatio-temporal changes using remote sensing and GIS in a Mediterranean wetland of Northern Greece. *Water Resour Manag* 22:579–594. doi:10.1007/s11269-007- 9179-7

- **Papathodorou G, Demopoulou G, Lambrakis N (2006)** A long-term study of temporal hydrochemical data in a shallow lake using multivariate statistical techniques. *Ecological Modelling* 193, p. 759-776.
- **Papathodorou G, Christodoulou D, Geraga M., Etiope G, Ferentinos G (2007)** “The pockmark field of the Gulf of Patras: An ideal natural laboratory for studying seabed fluid flow” In: ZELILIDIS, A., PAPANATHODOROU, G. and GERAGA, M. (eds.): *Sedimentology of western and central Greece from recent to Triassic. 25th IAS Meeting of Sedimentology, Patras, 2007, Field Trip Guidebook*, p. 43-62.
- Romero JR, Kagalou I, Imberger J, Hela D, Kotti M, Bartzokas A, Albanis T, Evrimides M, Skarkabounas S, Papagiannis J, Bithava A (2002) Seasonal water quality of shallow and eutrophic lake Pamvotis, Greece: implications for restoration. *Hydrobiologia* 474:91-105. doi:10.1023/A:1016569124312
- **Stalikas CD, Pilidis GA, Karayannis MI (1994)** Heavy metal concentration in sediments of Lake Ioannina and Kalamas river in north-western Greece. *Fresenius Environ Bull* 3:575-579
- **Stalikas CD, Pilidis GA, Tsouwara-Karayanni SM (1999)** Use of a sequential extraction scheme with data normalization to access the metal distribution in agricultural soils irrigated by lake water. *Sci Total Environ* 236:7-18. doi:10.1016/S0048-9697(99)00277-6.
- **Stefanidis K, Papastergiadou E (2007)** Aquatic vegetation and related abiotic environment in a shallow urban lake of Greece. *Belg J Bot* 140(1):25-38.
- **Michael Hupfer, Dominik Zak, Reingard Roßberg, Christiane Herzog, Rosemarie Pöthig,** Evaluation of a well-established sequential phosphorus fractionation technique for use in calcite-rich lake sediments: identification and prevention of artifacts due to apatite formation, *Limnology and Oceanographic: Methods*, 7, 2009, 399-410.





Περιφέρεια Ηπείρου  
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδας -  
Ηπείρου 2007-2013



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

**ΦΟΡΕΑΣ: ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ**

ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ  
ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ

ΠΑΚΕΤΟ 4

Αθήνα, 2015



ENVIROPLAN S.A.  
Consultants & Engineers



## ΠΑΚΕΤΟ 4: ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΕΤΡΩΝ

### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                                       | <u>Σελ.</u> |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....                                               | 4-1         |
| 2 ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ .....                                       | 4-5         |
| 2.1 ΕΡΓΑ ΔΑΣΟΚΑΛΥΨΗΣ .....                                            | 4-5         |
| 2.2 ΕΡΓΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ .....                              | 4-5         |
| 3 ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ .....                                       | 4-9         |
| 4 ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ .....                                          | 4-13        |
| 5 ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ<br>ΛΙΜΝΗΣ .....       | 4-17        |
| 5.1 ΜΕΤΡΑ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ .....                     | 4-17        |
| 5.2 ΥΠΟΛΙΜΝΙΑ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ .....                  | 4-17        |
| 6 ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ<br>ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ..... | 4-21        |
| 7 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΡΩΝ .....                                         | 4-25        |



## 1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ενδιάμεση Διαχειριστική Αρχή της Περιφέρειας Ηπείρου, ανέθεσε στην εταιρεία μελετών «ENVIROPLAN Μελετητική Σύμβουλοι Αναπτυξιακών και Τεχνικών Έργων Α.Ε.» την εκπόνηση της μελέτης με τίτλο: «Μελέτη Αποκατάστασης Οικοσυστήματος Λίμνης Παμβώτιδας», με την υπ. αρ. 3905 σύμβαση που υπεγράφη την 21 Αυγούστου 2013.

Αντικείμενο της μελέτης είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων ολιστικής αποκατάστασης του διαταραγμένου οικοσυστήματος της Λίμνης Παμβώτιδας. Με τον όρο ολιστική αποκατάσταση εννοείται η λήψη μέτρων τόσο για την βελτίωση των χαρακτηριστικών της λίμνης αυτής καθεαυτής, όσο και της λεκάνης απορροής της ώστε τα μέτρα αυτά να είναι αποτελεσματικά σε βάθος χρόνου.

Το παρόν πακέτο 4 αφορά την παρουσίαση του προτεινόμενου χρονοδιαγράμματος εφαρμογής και απόδοσης των προτεινόμενων μέτρων τα οποία έχουν περιγραφεί στα προηγούμενα πακέτα και κυρίως όσα περιγράφονται στο πακέτο 3.

Σύμφωνα με τα έως τώρα προτεινόμενα μέτρα περιλαμβάνονται οι ακόλουθες 5 δέσμες - δράσεις παρεμβάσεων:

1. Έργα Ορεινής Υδρονομίας
2. Έργα Πεδινής Υδρονομίας
3. Έργα Παρόχθιας Ζώνης
4. Μέτρα βελτίωσης ευτροφικών συνθηκών εντός της λίμνης
5. Μέτρα που αφορούν στην αναδιάρθρωση και εφαρμογή αγροπεριβαλλοντικού μέτρου στο πλαίσιο του ΠΑΑ 2014-2020.

Ακολούθως παρουσιάζονται ειδικότερα στοιχεία χρονοδιαγράμματος και κόστους για κάθε δέσμη μέτρων.



## ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ



## 2 ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ

### 2.1 ΕΡΓΑ ΔΑΣΟΚΑΛΥΨΗΣ

Η συγκεκριμένη κατηγορία έργων, αποσκοπεί στην πρόληψη ενδεχόμενων προβλημάτων και όχι στην καταστολή και την αντιμετώπιση των μετέπειτα επιπτώσεων που προκύπτουν από τα φαινόμενα διάβρωσης εδαφικού υλικού και προσχώσεων στη λίμνη. Η κάλυψη υποβαθμισμένων εδαφών με φυτικά είδη με βαθύ ριζικό σύστημα και μεγάλη δυνατότητα συγκράτησης εδάφους, ενδείκνυται ως ιδιαίτερα αποτελεσματικό μέτρο πρόληψης.

Τα έργα δασοκάλυψης που προτείνονται διακρίνονται σε 4 φυτευτικές ενότητες οι οποίες επαναλαμβάνονται κατά περιοχές ανάλογα με τη χλωρίδα της εγγύτερης περιοχής. Ειδικότερα, δημιουργήθηκαν φυτευτικές ενότητες ανάλογα με τις λεκάνες απορροής των βασικών ρεμάτων της περιοχής και αναλύθηκαν στο προηγούμενο παραδοτέο.

Ο προϋπολογισμός των έργων δασοκάλυψης υπολογίστηκε σε 5,919,220 ευρώ δαπάνης για το σύνολο των φυτευτικών ενότητων σε όλη την περιοχή μελέτης.

Προκειμένου να υλοποιηθούν τα έργα αναδάσωσης, θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες οριστικές μελέτες για τις οποίες εκτιμάται χρόνος εκπόνησης 1 έτος και αμοιβή 356,003.11 ευρώ. Σε περίπτωση που ακολουθήσει διαγωνισμός για την ανάθεση των έργων σε ιδιώτη, η κατασκευή των έργων αναδάσωσης δύναται να διαρκέσει για 4 χρόνια.

Ωστόσο, επειδή ο προϋπολογισμός των έργων αναδάσωσης είναι σημαντικά υψηλός, κρίνεται σκόπιμη η τμηματική κατασκευή των έργων δίνοντας όμως προτεραιότητα στα έργα αναδάσωσης της λεκάνης απορροής Σερβιανών και Αγίας Παρασκευής.

Ο Φορέας Υλοποίησης είναι η Διεύθυνση Δασών Ηπείρου.

### 2.2 ΕΡΓΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα υλικά που παράγονται στη λεκάνη της λίμνης και ιδίως αυτά από τους χειμάρρους της ομάδας II (ρ.Μάζια, ρ.Λογγάδων, ρ.Μαβίλης), τα οποία αποτελούν και την κύρια μάζα τροφοδοσίας, συνεπώς και πρόσχωσης της λίμνης, πρέπει, να μην φθάνουν στον λιμναίο χώρο, αλλά να συγκρατούνται, στην περιοχή μεταξύ πέρατος των ορεινών λεκανών και δέλτα των ρεμάτων σε κατάλληλους χώρους χωρίς όμως να προκαλούνται διαβρώσεις στις πεδινές διαδρομές (κοίτες) από τα "καθαρά" νερά.



Τα έργα ορεινής υδρονομίας που προσφέρονται για το σκοπό αυτό είναι τα εξής:

- φράγματα συγκράτησης φερτών υλών στις κοίτες εκκένωσης των ρεμάτων
- δεξαμενές απόθεσης φερτών υλών
- αντυπλημμυρικά φράγματα σε κατάλληλες θέσεις των ορεινών κοιτών μέχρι την έξοδο τους στην πεδινή περιοχή,
- Στερέωση των κοιτών για αποτροπή χαραδρωτικών & πρανικών διαβρώσεων,
- αποτροπή των ολισθήσεων

Για τα έργα συγκράτησης φερτών υλικών και πάλι απαιτούνται οι κατάλληλες οριστικές μελέτες και διαγωνισμός ανάδειξης αναδόχων για την κατασκευή τους για τις οποίες Φορέας Υλοποίησης είναι η Διεύθυνση Δασών Ηπείρου.

Το κόστος των οριστικών μελετών συμπεριλαμβάνεται στο κόστος των 356,003.11 ευρώ που αναφέρθηκε προηγουμένως και παρουσιάστηκε αναλυτικά στο Παραδοτέο 3 της παρούσας Σύμβασης.

## ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ



### 3 ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ

Εκτός των προηγούμενων προτάσεων για κατασκευή έργων ορεινής υδρονομίας, η προστασία της λίμνης δύναται να επέλθει και με μια σειρά ακόμη έργων και παρεμβάσεων, η χωροθέτηση των οποίων, προτείνεται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης απορροής. Τα έργα και οι τεχνικές παρεμβάσεις πεδινής έκτασης, προορίζονται ως επί το πλείστον για την ποιοτική αναβάθμιση του περιβάλλοντος της λίμνης, αφού τα έργα συγκράτησης φερτών υλικών προηγήθηκαν στα έργα ορεινής υδρονομίας. Αυτή εξάλλου είναι και μια δεύτερη διαφορά (πλην των περιοχών χωροθέτησης), μεταξύ των κατηγοριών των έργων ορεινής και πεδινής υδρονομίας, αφού η μεν πρώτη εστιάζει στη συγκράτηση εδαφικού υλικού (είτε αδρομερούς, είτε χονδρόκοκκου), ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει κυρίως παρεμβάσεις για τη ρυπαντική αποφόρτιση και προστασία της λίμνης.

Τα έργα αυτά αφορούν:

- εσωποτάμιους αναβαθμούς,
- δεξαμενές (λίμνες) καθίζησης
- υγροβιότοπους απομείωσης εξωτερικού φορτίου φωσφόρου και
- την ανάπλαση της περιοχής οικολογικού πάρκου δυτικής πεδινής υδρονομίας

Προκειμένου να υλοποιηθούν τα έργα αυτά απαιτούνται μελέτες περιβαλλοντικής αδειοδότησης και έγκριση περιβαλλοντικών όρων για τα μέτρα που θα ληφθούν, καθώς επίσης και η εκπόνηση οριστικής μελέτης με σύνταξη τευχών δημοπράτησης για σύστημα διαγωνισμού με Μειοδοσία.

Ειδικά για την περιοχή του οικολογικού πάρκου και λόγω της ιδιαιτερότητας της περιοχής, τα έργα και οι μελέτες που αφορούν τη δυτική πεδινή υδρονομία αντιμετωπίζονται ενιαία με τα έργα και τις μελέτες που αφορούν την ανάπλαση του πάρκου.

Οι μελέτες περιβαλλοντικής αδειοδότησης τόσο της δυτικής υδρονομίας (οικολογικό πάρκο, κλπ.) όσο και της λοιπής πεδινής υδρονομίας εκτιμάται ότι μπορεί να ολοκληρωθούν σε διάστημα 4 μηνών. Η περιβαλλοντική αδειοδότηση μπορεί να ολοκληρωθεί με την Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων σε διάστημα 6 μηνών από την υποβολή των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, οπότε μπορεί και να ξεκινήσει η διαδικασία των διαγωνισμών. Για την Ανάδειξη Αναδόχων

εκτιμάται ότι θα απαιτηθεί επιπλέον χρόνος 3 μηνών μέχρι να ολοκληρωθούν οι διαδικασίες των διαγωνισμών και των υπογραφών συμβάσεων, οπότε μετά μπορεί να ξεκινήσει η κατασκευή των έργων πεδινής υδρονομίας.

Οι κατασκευές των έργων από τους Ανάδοχους εκτιμάται ότι μπορεί να ολοκληρωθούν σε χρονικό διάστημα 20 μηνών.

## ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ





#### 4 ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ

Η διαχείριση των καλαμιώνων στοχεύει στη ρύθμιση αφενός των υδατικών παραμέτρων και αφετέρου της δομής και σύνθεσης της βλάστησης. Όσον αφορά στη διαχείριση της βλάστησης, οι δοκιμασμένες μέθοδοι μπορεί να στοχεύουν στη δημιουργία ή βελτίωση των καλαμιώνων, στη διατήρηση τους σε κάποια επιθυμητή κατάσταση ή στη διαχείριση τμημάτων τους, με σκοπό την ανασύσταση ή δημιουργία συγκεκριμένων βιοτόπων όπως ανοικτές εκτάσεις νερού ή δημιουργία μωσαϊκού βλάστησης. Οι δοκιμασμένες πρακτικές στην τελευταία κατηγορία περιλαμβάνουν συνήθως περιοδική διαχείριση βασισμένη σε παραδοσιακές μεθόδους όπως κοπή, βόσκηση ή καύση της βλάστησης.

Για τη διαχείριση των καλαμιώνων θα πρέπει περαιτέρω να εκπονηθεί λεπτομερής μελέτη με Αναθέτουσα Αρχή τον Φορέα Διαχείρισης της Λίμνης. Ο προϋπολογισμός της μελέτης θα ανέρχεται σε 115.000 € και θα απασχοληθούν για αυτήν 1 γεωπόνος, 1 βιολόγος και 1 περιβαλλοντολόγος.



**ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ  
ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ**



## 5 ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

### 5.1 ΜΕΤΡΑ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ

Σημειώνεται αρχικά ότι η δέσμη αυτή θα πραγματοποιηθεί σε 2 φάσεις: η πρώτη θα είναι σε πιλοτικό στάδιο και θα συνοδεύεται από έκθεση αποτελεσμάτων-μετρήσεων, ενώ η δεύτερη θα σχεδιαστεί σε μεγάλη κλίμακα και θα εξειδικευτεί με βάση την έκθεση.

Ο βασικός σκοπός του προτεινόμενου μέτρου είναι η αδρανοποίηση του φωσφόρου στα ιζήματα της λίμνης, έτσι ώστε να επιβραδυνθεί η απελευθέρωση ελεύθερου φωσφόρου στην υδατική στήλη. Η πιλοτική φάση θα διαρκέσει για 1 χρόνο και προϋπόθεση για την έναρξή της αποτελεί η εκτέλεση μιας σειράς δειγματοληψιών και χημικών αναλύσεων στο ιζημα του πυθμένα. Η πιλοτική φάση θα ξεκινήσει το Δεκέμβριο του 2014.

Παράλληλα θα πρέπει να λειτουργεί και υπηρεσία παρακολούθησης της πιλοτικής εφαρμογής για το ίδιο χρονικό διάστημα. Η πιλοτική εφαρμογή των μέτρων συμπεριλαμβανομένου και του εξοπλισμού ο οποίος θα προσκομιστεί ως προμήθεια, κοστολογείται σε 375.000 ευρώ. Η παρακολούθηση των μέτρων θα γίνεται παράλληλα με την παρακολούθηση των μέτρων υπολίμνιας οξυγόνωσης και συνολικά θα κοστίσει 45.000 ευρώ.

Τονίζεται ότι μετά την επιτυχή ολοκλήρωση της πιλοτικής εφαρμογής, απαραίτητη προϋπόθεση για την έναρξη της εφαρμογής μεγάλης κλίμακας είναι α) το φορτίο εξωτερικού φωσφόρου που εισέρχεται στη λίμνη από τις επιφανειακές απορροές να έχει μειωθεί στο μισό και β) να έχει σταματήσει ο εμπλουτισμός της λίμνης με κυπρίνους (*Cyprinus carpio*), προκειμένου να σταματήσει η αναμόχλευση του ιζήματος του πυθμένα και άρα η επαναδιαλυτοποίηση του φωσφόρου.

### 5.2 ΥΠΟΛΙΜΝΙΑ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ

Σημειώνεται ομοίως, ότι η δέσμη αυτή θα πραγματοποιηθεί σε 2 φάσεις: η πρώτη θα είναι σε πιλοτικό στάδιο και θα συνοδεύεται από έκθεση αποτελεσμάτων-μετρήσεων, ενώ η δεύτερη θα σχεδιαστεί σε μεγάλη κλίμακα και θα εξειδικευτεί με βάση την έκθεση.

Η πιλοτική φάση θα διαρκέσει για 1 χρόνο, ενώ παράλληλα θα πρέπει να λειτουργεί και υπηρεσία παρακολούθησης της πιλοτικής εφαρμογής για το ίδιο χρονικό διάστημα.

Η πιλοτική εφαρμογή των μέτρων θα ξεκινήσει τον Δεκέμβριο του 2014, κοστολογείται δε σε 80.000 ευρώ, συμπεριλαμβανομένου και του εξοπλισμού η ο οποίος θα προσκομιστεί ως προμήθεια. Η παρακολούθηση των μέτρων θα γίνεται παράλληλα με την παρακολούθηση των μέτρων αδρανοποίησης πυθμενικού ιζήματος και συνολικά θα κοστίσει 45.000 ευρώ.

**ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΗΝ  
ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ  
ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ  
ΠΛΑΣΙΟ ΤΟΥ ΠΑΑ 2014-2020**





## 6 ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, από το 2006 έχει εκπονηθεί μελέτη Διαχειριστικού Σχεδίου από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων με γενικό στόχο του Αγροπεριβαλλοντικού Προγράμματος να είναι ο επαναπροσδιορισμός του παραγωγικού συστήματος εις τρόπον ώστε να ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις για παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών ανταγωνιστικών ως προς το κόστος, την ποιότητα και τους όρους υγιεινής, που προσδιορίζουν αύξηση των εισοδημάτων με ταυτόχρονη προστασία των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος.

Με το προτεινόμενο Σχέδιο Διαχείρισης επιχειρήθηκε η σύζευξη των φαινομενικά αντιτιθέμενων τάσεων της προστασίας και διατήρησης των περιβαλλοντικά πολύτιμων φυσικών στοιχείων και της απαίτησης για κοινωνική, οικονομική και πολιτιστική πρόοδο στην περιοχή μελέτης.

Είναι ιδιαίτερη ανάγκη να επικαιροποιηθεί και να επανυποβληθεί ολοκληρωμένο το Πρόγραμμα Διαχείρισης για την αειφορική ανάπτυξη & προστασία του περιβάλλοντος των γεωργικών και κτηνοτροφικών ζωνών της ευρύτερης περιοχής με στόχο την έγκριση, στα πλαίσια χρηματοδότησης της προγραμματικής περιόδου 2014-2020, ειδικού αγροπεριβαλλοντικού μέτρου για την ευρύτερη περιοχή μελέτης.

Ιδιαίτερη αξία θα έχει η συμπερίληψη στα πλαίσια του Ειδικού Στόχου 3: Διαχείριση Φυσικών Πόρων η κατάρτιση μέτρου για τη διατήρηση και περαιτέρω ανάπτυξη παρόχθιας βλάστησης σε αγροτικές εκτάσεις πέριξ της λίμνης και των υδάτινων αποδεκτών που καταλήγουν σε αυτή. Σε αυτό το μέτρο θα μπορεί να χρηματοδοτηθεί και η Διατήρηση-αποκατάσταση υδροβιοτόπων ή και η κατασκευή τεχνητών.

Επίσης πολύ σημαντική είναι η χρηματοδότηση του προτεινόμενου από τη Διαχειριστική μελέτη του Μέτρου 3.2: Διαχείριση του είδους *Carassius* sp. Αναφορικά με την πεταλούδα οι διαχειριστικές επιλογές που προτείνονται για το χρονικό διάστημα των δύο ετών είναι:

- Να πραγματοποιούνται εξαλιεύσεις για ένα μήνα κατά την αναπαραγωγική περίοδο (Μάρτιο - Ιούνιο), προκειμένου να αφαιρείται ένα μέρος από τον πληθυσμό των γεννητόρων. Οι εξαλιεύσεις που θα λαμβάνουν μέρος θα πιστοποιούνται από την Εποπτεία Αλιείας.
- Τα άτομα του είδους που θα εξαλιεύονται να στέλνονται στις γειτονικές Βαλκανικές χώρες ή να αποστέλλονται σε χωματερές ή να χρησιμοποιούνται για ζωοτροφή μετά από επεξεργασία.
- Οι αλιείς (20 άτομα) να επιδοτούνται με 50€/ ημέρα για το μήνα που θα πραγματοποιούνται οι εξαλιεύσεις.

- Να συνεχιστούν οι πειραματικές δειγματοληψίες στην περιοχή της Λίμνης, που αποτελούν απαραίτητο στάδιο για την ουσιαστική εκπόνηση διαχειριστικών μελετών.

Των παραπάνω διαχειριστικών επιλογών πρέπει να προηγηθούν δειγματοληψίες οι οποίες θα προσδιορίσουν τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά της ιχθυοπανίδας στην λίμνη και θα προσδιορίσουν με ποσοτικά κριτήρια τα όρια και τα χαρακτηριστικά των εξαλιεύσεων.

Οι ενέργειες που αναφέρονται στα πλαίσια του Μέτρου αυτού κρίνονται απολύτως απαραίτητες για την ορθολογική διαχείριση του είδους *Carassius* sp., και συγχρόνως την παροχή κινήτρων συγκράτησης του αλιευτικού πληθυσμού στην περιοχή.

Για την επικαιροποίηση της Μελέτης υπολογίζεται χρόνος 2 μήνες. Θα εκπονηθεί από 1 Γεωπόνος και 1 Περιβαλλοντολόγος με εκτιμώμενο ποσό μελέτης 40,000 ευρώ.

Η εφαρμογή των μέτρων διαχείρισης της παρόχθιας ζώνης βλάστησης και της ιχθυοπανίδας θα λάβει χώρα το διάστημα 2017-2020.

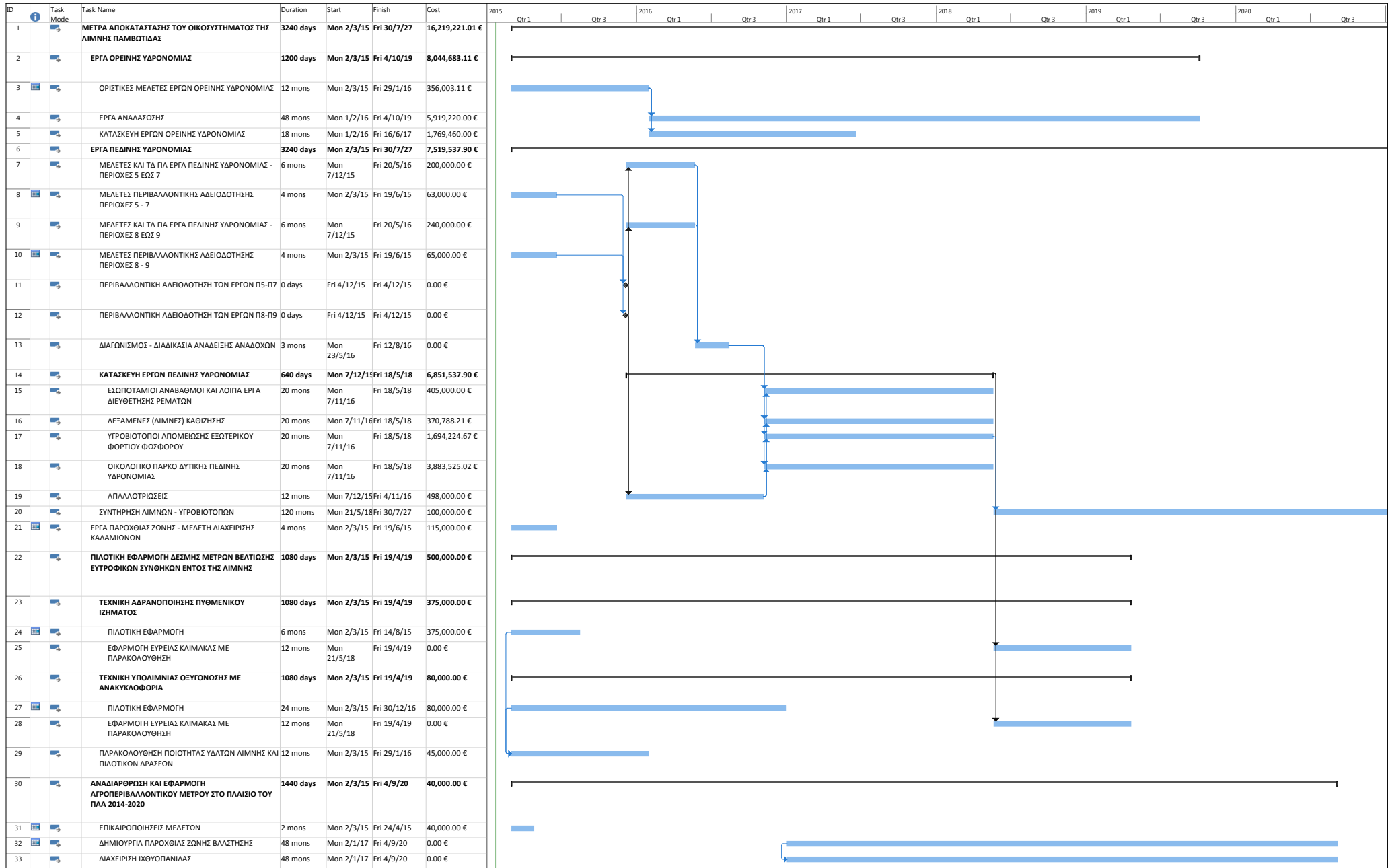
## ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΡΩΝ



## 7 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΡΩΝ

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το χρονοδιάγραμμα εφαρμογής των προτεινόμενων μέτρων συνοδευόμενο από το εκτιμώμενο κόστος αυτών.

Στο χρονοδιάγραμμα έχει τεθεί ημερομηνία έναρξης η 2<sup>η</sup> Μαρτίου 2015 κατ' εκτίμηση.

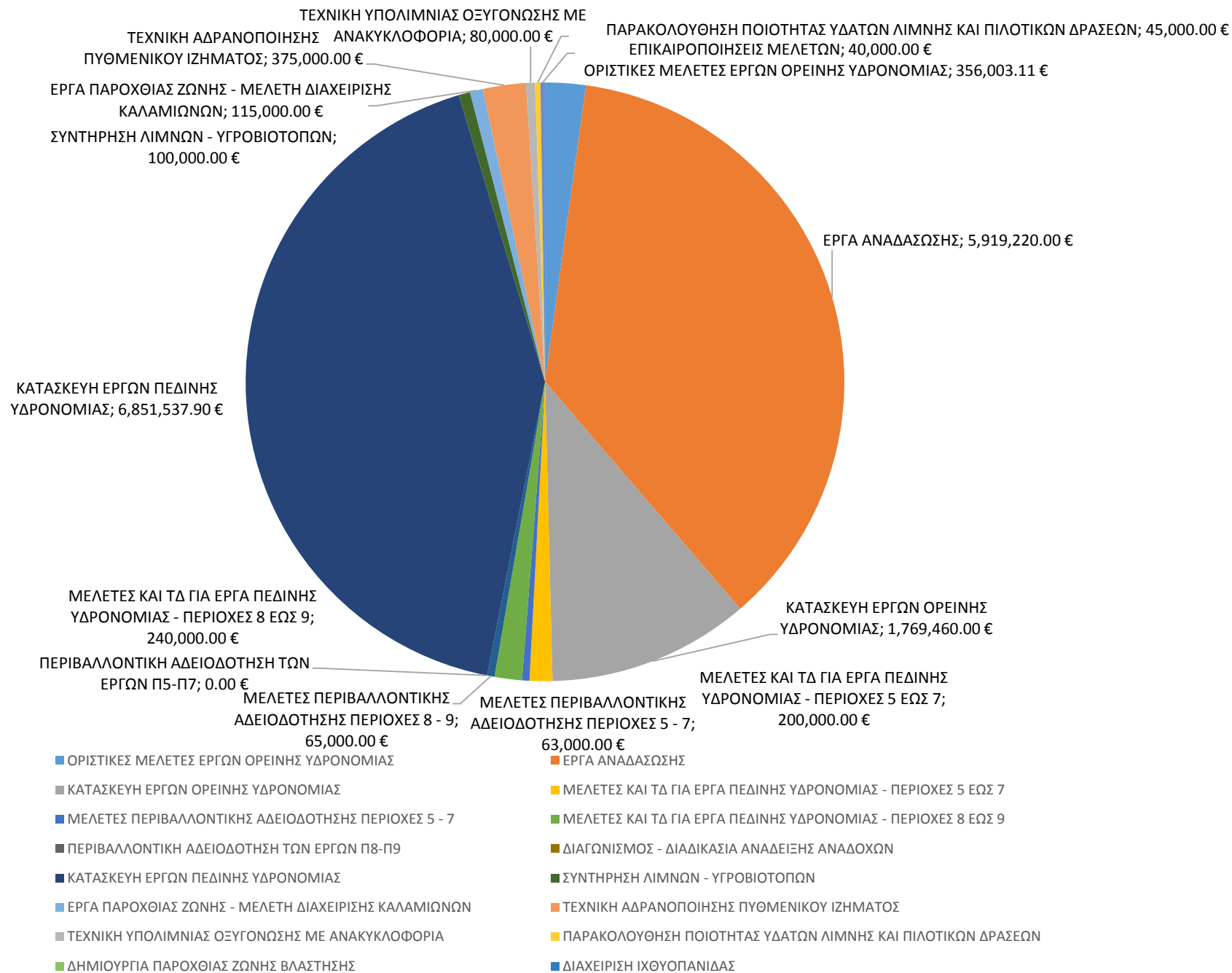


Project: TIMESCHEDULE\_ERGON  
Date: Thu 22/1/15

|           |                 |                    |                       |                |                    |                 |
|-----------|-----------------|--------------------|-----------------------|----------------|--------------------|-----------------|
| Task      | Summary         | Inactive Milestone | Duration-only         | Start-only     | External Milestone | Manual Progress |
| Split     | Project Summary | Inactive Summary   | Manual Summary Rollup | Finish-only    | Deadline           |                 |
| Milestone | Inactive Task   | Manual Task        | Manual Summary        | External Tasks | Progress           |                 |



## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ





Περιφέρεια Ηπείρου  
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδας -  
Ηπείρου 2007-2013



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

**ΦΟΡΕΑΣ: ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ**

ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ  
ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ

ΠΑΚΕΤΟ 5

Αθήνα, 2015



ENVIROPLAN S.A.  
Consultants & Engineers

## ΠΑΚΕΤΟ 5:

### ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΩΝ

### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                                                                                     | Σελ. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....                                                                                                     | 5-1  |
| 2 ΕΘΝΙΚΑ ΚΟΝΔΥΛΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ .....                                                                             | 5-2  |
| 2.1 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΑΙΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ» 2014-2020 (ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ) .....     | 5-2  |
| 2.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ 2014-2020 (ΠΑΑ).....                                                              | 5-5  |
| 2.3 ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΑΜΕΙΟ (ΠΡΩΗΝ ΕΤΕΡΠΣ) .....                                                                             | 5-14 |
| 3 ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΚΟΝΔΥΛΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ .....                                                                          | 5-18 |
| 3.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LIFE 2014-2020 .....                                                                                  | 5-18 |
| 4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑ ΔΕΣΜΗ ΜΕΤΡΩΝ .....                                                        | 5-20 |
| 4.1 ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ .....                                                                                   | 5-21 |
| 4.1.1 ΕΡΓΑ ΔΑΣΟΚΑΛΥΨΗΣ.....                                                                                         | 5-21 |
| 4.1.2 ΕΡΓΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ .....                                                                          | 5-22 |
| 4.2 ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ.....                                                 | 5-23 |
| 4.2.1 ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ .....                                                                                 | 5-23 |
| 4.2.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ .....                                                | 5-24 |
| 4.3 ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ.....                                                                                       | 5-25 |
| 4.3.1 ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ.....                                                                                     | 5-25 |
| 4.4 ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ .....                                                      | 5-26 |
| 4.4.1 ΜΕΤΡΑ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ..                                                                     | 5-26 |
| 4.4.2 ΥΠΟΛΙΜΝΙΑ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ.....                                                               | 5-27 |
| 4.5 ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΠΑΑ 2014-2020 ..... | 5-28 |
| 4.5.1 ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....                                              | 5-28 |



## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα παραδοτέα του παρόντος τεύχους περιγράφονται τα χρηματοδοτικά εργαλεία για την προώθηση προτεινόμενων μέτρων στο πλαίσιο της ολιστικής αποκατάστασης του διαταραγμένου οικοσυστήματος της Λίμνης Παμβώτιδας, ο προϋπολογισμός των οποίων παρουσιάζεται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας:** Συνολικός Προϋπολογισμός μέτρων

| <b>ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ</b> |                                                                                           |                      |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>Α/Α</b>                                                          | <b>ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>                                                                     | <b>ΔΑΠΑΝΗ</b>        |
| <b>1</b>                                                            | <b>ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ</b>                                                            | <b>8.044.683,11</b>  |
| 1.1                                                                 | ΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΡΓΩΝ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ                                                | 356.003,11           |
| 1.2                                                                 | ΕΡΓΑ ΑΝΑΔΑΣΩΣΗΣ                                                                           | 5.919.200,00         |
| 1.3                                                                 | ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΡΓΩΝ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ                                                        | 1.769.460,00         |
| <b>2</b>                                                            | <b>ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ</b>                                                            | <b>7.519.537,90</b>  |
| 2.1                                                                 | ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΤΔ ΓΙΑ ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 5 ΕΩΣ 7                               | 200.000,00           |
| 2.2                                                                 | ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 5 - 7                                       | 63.000,00            |
| 2.3                                                                 | ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΤΔ ΓΙΑ ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 8- 9                                  | 240.000,00           |
| 2.4                                                                 | ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 8-9                                         | 65.000,00            |
| 2.4                                                                 | ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΡΓΩΝ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ                                                        |                      |
| 2.4.1                                                               | ΕΞΩΠΟΤΑΜΙΟΙ ΑΝΑΒΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΛΟΙΠΑ ΕΡΓΑ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗΣ ΡΕΜΑΤΩΝ                                  | 405.000,00           |
| 2.4.2                                                               | ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ (ΛΙΜΝΕΣ) ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ                       | 370.788,21           |
| 2.4.3                                                               | ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ ΑΠΟΜΕΙΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ         | 1.694.224,67         |
| 2.4.4                                                               | ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΜΕ ΛΙΜΝΕΣ ΚΑΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥΣ         | 3.883.525,02         |
| 2.4.5                                                               | ΑΠΑΛΛΟΤΡΙΩΣΕΙΣ                                                                            | 498.000,00           |
| 2.5                                                                 | ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΛΙΜΝΩΝ - ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ                                                           | 100.000,00           |
| <b>3</b>                                                            | <b>ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ - ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΛΑΜΙΩΝΩΝ</b>                               | <b>115.000,00</b>    |
| <b>4</b>                                                            | <b>ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΕΣΜΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ</b>     | <b>500.000,00</b>    |
| 4.1                                                                 | ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ                                                 | 375.000,00           |
| 4.2                                                                 | ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΠΟΛΙΜΝΙΑΣ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗΣ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ                                            | 80.000,00            |
| 4.3                                                                 | ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ                               | 45.000,00            |
| <b>5</b>                                                            | <b>ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΠΑΑ 2014-2020</b> | <b>40.000,00</b>     |
| 5.1                                                                 | ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΩΝ                                                                  | 40.000,00            |
|                                                                     | <b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ</b>                                                                           | <b>16.219.221,01</b> |

Επιμέρους προϋπολογισμός του κόστους παρατίθεται αναλυτικά στο πακέτου 3 της παρούσας μελέτης.

## 2 ΕΘΝΙΚΑ ΚΟΝΔΥΛΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

### 2.1 Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον & Αειφόρος Ανάπτυξη» 2014-2020 (ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ)

Τον Ιούλιο του 2014 υποβλήθηκε στην Ε.Ε. το Σχέδιο του **Επιχειρησιακού Προγράμματος «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον & Αειφόρος Ανάπτυξη»** της Προγραμματικής Περιόδου (ΠΠ) 2014-2020, που είναι η συνέχεια του Επιχειρησιακού Προγράμματος Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη 2007-2013 (ΕΠΠΕΡΑΑ 2007-2013).

Δεδομένων των εθνικών στρατηγικών στόχων, των συνεργειών του Προγράμματος με άλλα ΕΠ, των διαθέσιμων πόρων και των αναπτυξιακών αναγκών του Τομέα του Περιβάλλοντος (ΤτΠ), συνάγεται ότι το ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ θα αποτελέσει το συνεκτικό μέσο για την επίτευξη των στρατηγικών και θεματικών στόχων του ΕΣΠΑ 2014-2020 στον ΤτΠ. Οι στόχοι του Προγράμματος στην ΠΠ 2014-2020 που καλύπτουν την συγκεκριμένη στρατηγική επιλογή και επιχειρησιακή λογική είναι κατά προτεραιότητα:

- Εκπλήρωση των απαιτήσεων του περιβαλλοντικού κεκτημένου της Ε.Ε. στους τομείς των Αποβλήτων και των Υδάτων,
- Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή - Πρόληψη και Διαχείριση Κινδύνων
- Διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας,
- Βιώσιμη Αστική Ανάπτυξη - Αστική Αναζωογόνηση,

Οι κύριες προτεραιότητες που τίθενται για την επίτευξη των στρατηγικών στόχων είναι οι ακόλουθες:

#### 1) Στο πλαίσιο του Στρατηγικού Στόχου

- Οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμες επενδύσεις στον τομέα των αποβλήτων με στόχο την διασφάλιση κατάλληλου εθνικού και περιφερειακού δικτύου εγκαταστάσεων διαχείρισης των αποβλήτων, με βάση τον Εθνικό και τους επικαιροποιημένους Περιφερειακούς Σχεδιασμούς, σύμφωνα με τα άρθρα 28 και 29 της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ, τις απαιτήσεις του άρθρου 14 της Οδηγίας 94/62/ΕΚ και τη στρατηγική μείωσης των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής (οδηγία 1999/31/ΕΚ) και συγκεκριμένα:
- Εφαρμογή σχεδίων πρόληψης παραγωγής αποβλήτων.
- Ανάπτυξη συστημάτων χωριστής συλλογής και ανακύκλωσης (κομποστοποίησης) βιοαποβλήτων και δικτύων οικιακής κομποστοποίησης
- Δημιουργία δικτύου «Πράσινων Σημείων».
- Υλοποίηση σύγχρονων εγκαταστάσεων επεξεργασίας και αξιοποίησης



αποβλήτων ιδίως σε περιοχές με μεγάλες ανάγκες όπως τα μεγάλα αστικά κέντρα ή σε περιοχές με υστέρηση υποδομών, με κατάλληλη προσέλκυση επενδυτικών κεφαλαίων.

- Στοχευμένες δράσεις ολοκληρωμένης διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων σε νησιά και μικρούς απομακρυσμένους οικισμούς.
- Ανάπτυξη υποδομών διάθεσης αδρανών αποβλήτων σε περιοχές με χαμηλή πρόσβαση των αντίστοιχων ΣΕΔ, κυρίως σε νησιά
- Υλοποίηση μονάδων επεξεργασίας / αξιοποίησης υλός από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων.
- Ανάπτυξη υποδομών ασφαλούς διαχείρισης βιομηχανικών και υγειονομικών αποβλήτων, λαμβάνοντας υπόψη την εφαρμογή της γενικής αρχής ο ρυπαίνων πληρώνει.
- Ενίσχυση επάρκειας θεσμικών φορέων

Για την επίτευξη της βιωσιμότητας των επενδύσεων, θα επιδιωχθεί χρηματοδότηση μέσω μόχλευσης επενδυτικών κεφαλαίων, διασφαλίζοντας και σχετικές συνέργειες με το ΕΠΑΝΕΚ, όπου είναι τεχνικά, τεχνολογικά ή/και οικονομικά εφικτό.

- Πρότυπες περιβαλλοντικές αποκαταστάσεις ρυπασμένων από απόβλητα χώρων, στο πλαίσιο ολοκληρωμένων εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων και αποκατάστασης εγκαταλελειμμένων ρυπασμένων χώρων και περιοχών.

Για τα υγρά απόβλητα και τα ύδατα περιλαμβάνονται οι ακόλουθες παρεμβάσεις:

- Κάλυψη υποχρεώσεων που απορρέουν από τις Οδηγίες 91/271 και 2000/60 και ειδικότερα:
  - Συμπλήρωση και σταδιακή ολοκλήρωση των υποδομών συλλογής και επεξεργασίας αστικών λυμάτων κατά Κατηγορία Οικισμών.
  - Στοχευμένη και ιεραρχημένη εφαρμογή των Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής της Χώρας Δράσεις για εφαρμογή της αρχής ανάκτησης κόστους, κατάλληλα για τους σκοπούς του Άρθρου 9 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ.
  - Δράσεις για την προώθηση αποδοτικής και αειφόρου χρήσης του νερού.
  - Δομικά έργα ενίσχυσης ύδρευσης και έργα αποκατάστασης υφιστάμενων υποδομών - Ανάπτυξη και ενίσχυση υποδομών για την εξασφάλιση της επάρκειας του νερού για όλες τις χρήσεις.
- Κάλυψη υποχρεώσεων που απορρέουν από λοιπές Οδηγίες (ύδατα κολύμβησης, θαλάσσια στρατηγική, θαλάσσια χωροταξία κ.λπ.).

Η επίτευξη των ανωτέρω στόχων επιδιώκεται με συγκεκριμένη χρηματοδοτική κατανομή. Συγκεκριμένα, ο ΤτΠ στο πλαίσιο του ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ χρηματοδοτείται με 1.978,97 Μ€ Στήριξης της Ένωσης, από τα οποία 1.838,11 Μ€ αφορούν το ΤΣ



(92,9%) και 140, 86 Μ€ το ΕΤΠΑ (7,1%). Η κατανομή των πόρων αυτών στους ΘΣ επιλέγεται κατά το δυνατόν με «μονοταμειακή» λογική, με στόχο την απλοποίηση της διαχείρισης και την αποτελεσματικότητα της αρχιτεκτονικής του Προγράμματος.

Ο ΤτΠ διαρθρώνεται σε 4 Άξονες Προτεραιότητας (ΑΠ), ακολουθώντας «μονοταμειακή» λογική. Ειδικότερα, οι ΑΠ του ΤτΠ είναι οι ακόλουθοι:

- ΑΠ10: «Εφαρμογή στρατηγικών επίτευξης χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με έμφαση στις αστικές περιοχές». (4,7% του συνόλου της στήριξης της Ένωσης για τον ΤτΠ),
- ΑΠ11: «Εφαρμογή στρατηγικών προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, της πρόληψης και διαχείρισης κινδύνων». (5,0% ομοίως),
- ΑΠ12: «Στρατηγικές και Δράσεις προώθησης της ενσωμάτωσης του Ευρωπαϊκού Περιβαλλοντικού Κεκτημένου». (2,4% ομοίως),
- ΑΠ13: «Αναβάθμιση Ποιότητας Ζωής με Διατήρηση και Προστασία του Περιβάλλοντος και Προώθηση της Αποδοτικότητας των Πόρων». (87,9% ομοίως).

Όπως προκύπτει από την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης, τις υποχρεώσεις της χώρας και τις αναπτυξιακές ανάγκες, σημαντικό μέρος των δραστηριοτήτων της νέας ΠΠ θα πρέπει να αφιερωθεί στη διαμόρφωση, εξειδίκευση και οργάνωση της υλοποίησης στρατηγικών μεταρρυθμίσεων και πλοτικών παρεμβάσεων σε κρίσιμα ζητήματα που άπτονται του Ευρωπαϊκού Περιβαλλοντικού Κεκτημένου (ΕΠεΚ). Οι παρεμβάσεις αυτές δεν συνεπάγονται τη διάθεση αυξημένων πόρων, αλλά την στόχευση και τον συντονισμό των παρεμβάσεων. Για το λόγο αυτό, αλλά και για την ενίσχυση της λογικής της παρέμβασης του Προγράμματος, οι ως άνω «στρατηγικού χαρακτήρα» παρεμβάσεις που αφορούν συμμόρφωση της χώρας με το ΕΠεΚ συγκεντρώνονται στον ΑΠ12 και χρηματοδοτούνται από το ΕΤΠΑ στο πλαίσιο της ισχύουσας κατανομής των πόρων του ΕΣΠΑ.

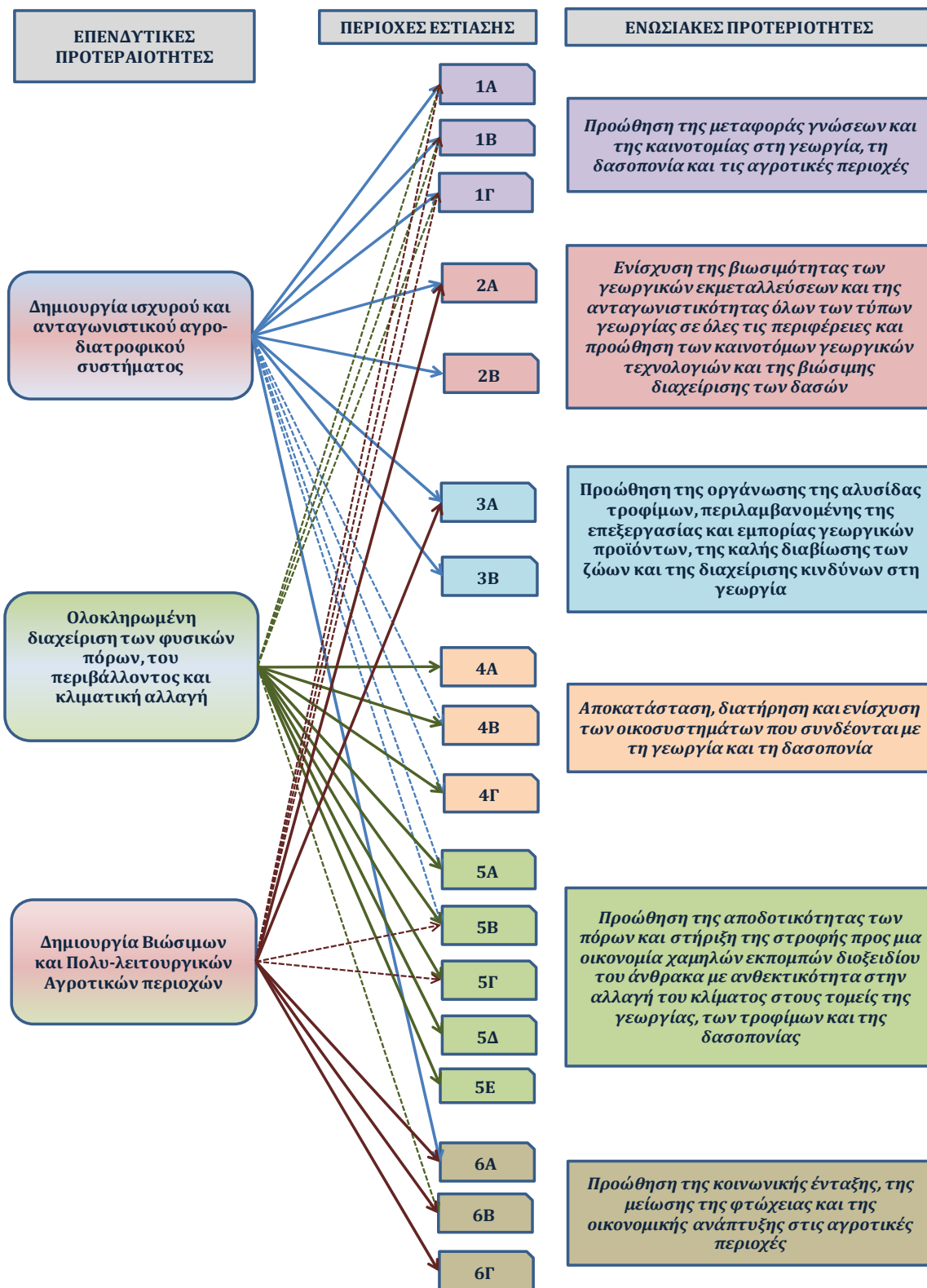
Από την κατανομή των πόρων και από το περιεχόμενο των παρεμβάσεων προκύπτει μία σαφής ιεράρχηση των παρεμβάσεων.

Ειδικότερα, σε αυτό το Πρόγραμμα δύνανται να ενταχθούν τόσο τα έργα πεδινής υδρονομίας όσο και τα έργα παρόχθιας ζώνης που προτείνονται στο πλαίσιο της «Μελέτης Αποκατάστασης του Οικοσυστήματος της Λίμνης Παμβώτιδας». Τα έργα αυτά μπορούν να ενταχθούν στον Θεματικό Στόχο 6 «Διατήρηση και προστασία περιβάλλοντος και προώθησης της αποδοτικότητας των πόρων μέσω δράσεων για ικανοποίηση των απαιτήσεων του κεκτημένου της Ένωσης στους τομείς των αποβλήτων και των υδάτων, emblematicών παρεμβάσεων για βελτίωση και αναζωογόνηση του αστικού περιβάλλοντος, και στοιχειωμένων δράσεων για μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, περιορισμό του θορύβου και προστασία της βιοποικιλότητας» και συγκεκριμένα στην Επενδυτική Προτεραιότητα 6d «Προστασία και αποκατάσταση βιοποικιλότητας και του εδάφους και προαγωγής των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων μέσω και του δικτύου NATURA 2000 και των "Πράσινων" υποδομών». Επιλέχθηκε αυτή η επενδυτική προτεραιότητα του ειδικού στόχου 20: «Βελτίωση του πλαισίου διατήρησης, διαχείρισης και αποκατάστασης των οικοσυστημάτων της

βιοποικιλότητας». Συνολικά ο Θεματικός Στόχος 6 συγκεντρώνει το 1,08% του ποσοστό συνολικής στήριξης της Ένωσης για το ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ που αντιστοιχεί σε 46,861 εκ. ευρώ και προέρχεται από πόρους του ΕΤΠΑ.

## **2.2 Πρόγραμμα Αγροτικής Ανάπτυξης 2014-2020 (ΠΑΑ)**

Τον Ιούλιο του 2014, υποβλήθηκε στην Ε.Ε. το Σχέδιο του Προγράμματος Αγροτικής Ανάπτυξης για την προγραμματική περίοδο 2014-2020 που είναι διαθέσιμη στην σχετική σελίδα του Υπουργείου (<http://www.agrotikianartixi.gr/index.php>) Το πλέγμα στοχοθεσίας του ΠΑΑ 2014-2020 και η εξειδίκευση του σε προτεραιότητες συμπυκνώνεται στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα 1: Συνέργεια & συμπληρωματικότητα των περιοχών εστίασης των ενωσιακών προτεραιοτήτων προς την επίτευξη των εθνικών επενδυτικών προτεραιοτήτων

Οι έξι προτεραιότητες του ΠΑΑ, στους οποίους προστίθεται και ο οριζόντιος άξονας της τεχνικής υποστήριξης της εφαρμογής και αντίστοιχες χρηματοδοτικές βαρύτητες

παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα. Τα στοιχεία του πίνακα είναι προκαταρκτικού επιπέδου και δεν θα πρέπει να εκληφθούν ως οριστικά· η αξιοποίηση τους στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης εξαντλείται στην εξαγωγή εκτιμήσεων αναφορικά με τις τάξεις μεγέθους των εντάσεων που θα έχουν οι ενδεχόμενες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Καθώς το πρόγραμμα ωριμάζει, μικρές μεταβολές είναι αναμενόμενες, αλλά αυτό δεν αντιστρατεύεται τη δυνατότητα να εξαχθούν ποσοτικού τύπου διαπιστώσεις αναφορικά με τις τάξεις μεγέθους των παρεμβάσεων.

**Πίνακας 1: Προτεραιότητες του ΠΑΑ 2014-2020, μαζί με την προκαταρκτική κατανομή δαπανών**

| Προτεραιότητες ΠΑΑ 2014-2014 | Περιοχή Εστίασης | Προϋπολογισμός (€)   | Ποσοστό κατανομής πόρων (%) |
|------------------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| 1η Προτεραιότητα             | 1Α               | 124.879.530          | 3,0                         |
|                              | 1Β               | 116.980.274          | 2,8                         |
|                              | 1Γ               | 79.939.412           | 1,9                         |
| 2η Προτεραιότητα             | 2Α               | 524.482.145          | 12,4                        |
|                              | 2Β               | 240.000.000          | 5,7                         |
| 3η Προτεραιότητα             | 3Α               | 312.035.170          | 7,4                         |
|                              | 3Β               | 55.000.000           | 1,3                         |
| 4η Προτεραιότητα             | 4Α               | 367.750.000          | 8,7                         |
|                              | 4Β-ΘΣ5           | 0                    | 0,0                         |
|                              | 4Β-ΘΣ6           | 369.266.667          | 8,7                         |
|                              | 4Γ               | 450.325.334          | 10,7                        |
| 5η Προτεραιότητα             | 5Α               | 451.062.513          | 10,7                        |
|                              | 5Β               | 9.000.000            | 0,2                         |
|                              | 5Γ               | 41.000.000           | 1,0                         |
|                              | 5Δ               | 139.791.040          | 3,3                         |
|                              | 5Ε-ΘΣ4           | 120.000.000          | 2,8                         |
|                              | 5Ε-ΘΣ5           | 0                    | 0,0                         |
| 6η Προτεραιότητα             | 6Α               | 400.440.511          | 9,5                         |
|                              | 6Β               | 300.717.256          | 7,1                         |
|                              | 6Γ               | 41.567.686           | 1,0                         |
| Τεχνική Βοήθεια              |                  | 79.723.255           | 1,9                         |
| <b>Σύνολο Προϋπολογισμού</b> |                  | <b>4.223.960.793</b> | <b>100</b>                  |

Ειδικότερα, σε αυτό το Πρόγραμμα δύναται να ενταχθούν τα μέτρα που αφορούν στην αναδιάρθρωση και εφαρμογή αγροπεριβαλλοντικού μέτρου και που προτείνονται στο πλαίσιο της «Μελέτης Αποκατάστασης του Οικοσυστήματος της Λίμνης Παμβώτιδας». Τα μέτρα αυτά μπορούν να ενταχθούν στο Μέτρο 10.1 «Ενισχύσεις για γεωργο-περιβαλλοντικές και κλιματικές δεσμεύσεις» και στο Μέτρο 10.2 «Διατήρηση, τη βιώσιμη χρήση και την ανάπτυξη γενετικών πόρων στη γεωργία» που συγκεντρώνουν το 6% του ποσοστό συνολικής στήριξης της Ένωσης για το ΠΑΑ 2014-2020 που αντιστοιχεί σε 254,0 εκ. ευρώ και προέρχεται από πόρους του ΕΓΤΑΑ.

Αναλυτικότερα, οι γεωργο-περιβαλλοντικο-κλιματικές ενισχύσεις χορηγούνται σε γεωργούς, ομάδες γεωργών ή σε άλλους διαχειριστές γης που αναλαμβάνουν, σε

εθελοντική βάση, να υλοποιήσουν μία ή περισσότερες γεωργο-περιβαλλοντικο-κλιματικές δεσμεύσεις σε γεωργική γη (υπομέτρο 10.1). Όσον αφορά στη διατήρηση και στη βιώσιμη χρήση και ανάπτυξη των γενετικών πόρων στη γεωργία, οι δεσμεύσεις αυτές μπορούν να εκπληρώνονται και από άλλους δικαιούχους (υπομέτρο 10.2).

Στο πλαίσιο του υπομέτρου 10.1 Ενισχύσεις σε γεωργο-περιβαλλοντικο-κλιματικές δεσμεύσεις εφαρμόζεται ομάδα δράσεων που περιλαμβάνει πενταετείς δεσμεύσεις σχετικές με:

- Προστασία της Άγριας Ζωής
- Μείωση της ρύπανσης νερού από γεωργική δραστηριότητα
- Περιβαλλοντική αποκατάσταση υποβαθμισμένων βοσκοτόπων
- Διαχείριση φυτικών υπολειμμάτων των κλαδεμάτων στην ελαιοκαλλιέργεια
- Μείωση της χημικής ρύπανσης στους ορυζώνες

Οι δικαιούχοι επιλέγουν και αναλαμβάνουν μία ή περισσότερες δεσμεύσεις από μία ή περισσότερες δράσεις του υπομέτρου.

Επίσης οι δικαιούχοι με συμβατικές υποχρεώσεις από την προηγούμενη προγραμματική εφαρμόζουν δεσμεύσεις των δράσεων του μέτρου 214 του ΠΑΑ 2007-2014:

- Αμειψισπορά με ξηρικές καλλιέργειες
- Σύστημα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης στην παραγωγή καπνού
- Σύστημα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης στην παραγωγή σακχαρότευτλων
- Προστασία παραδοσιακού Ελαιώνα Άμφισσας
- Μακροχρόνια παύση της εκμετάλλευσης γεωργικών γαιών

Στα πλαίσια του υπομέτρου 10.2 διατήρηση και στη βιώσιμη χρήση και ανάπτυξη των γενετικών πόρων στη γεωργία εφαρμόζονται οι εξής δράσεις:

- Διατήρηση απειλούμενων αυτόχθονων φυλών αγροτικών ζώων
- Γενετικοί πόροι στην κτηνοτροφία
- Προστασία τοπικών αβελτίωτων πληθυσμών - ποικιλιών που κινδυνεύουν από γενετική διάβρωση
- Διατήρηση τοπικών αβελτίωτων πληθυσμών - ποικιλιών στη γεωργία

Το **υπομέτρο 10.1** έχει ως στόχο τη διατήρηση την προώθηση και την εφαρμογή γεωργικών πρακτικών με ευνοϊκές συνέπειες για το περιβάλλον και το κλίμα.

Οι δεσμεύσεις που αναλαμβάνουν οι δικαιούχοι αποσκοπούν στην προστασία φυσικών πόρων όπως το νερό και το έδαφος και στην προστασία ή και αύξηση της βιοποικιλότητας στον αγροτικό χώρο συμπεριλαμβανομένων των οικοσυστημάτων που είναι αλληλένδετα με αυτόν. Επιπλέον, αποσκοπούν στην υιοθέτηση γεωργικών

πρακτικών - μεθόδων φυτοπροστασίας περιβαλλοντικά φιλικών. Η ανάγκη προστασίας των φυσικών πόρων έχει μία έντονη χωρική διάσταση. Για το λόγο αυτό οι δεσμεύσεις που περιγράφονται στον πίνακα 1 είναι κατά κανόνα χωροθετημένες σε περιοχές της χώρας με αντίστοιχες ανάγκες και αφορούν συγκεκριμένες κατηγορίες καλλιεργειών.

Οι δράσεις που αφορούν στην προστασία της άγριας ζωής είναι προσανατολισμένες σε σημαντικά είδη και τις γεωργικές καλλιέργειες που αποτελούν βιότοπο ή πηγή διατροφής για αυτά.

Οι δράσεις μείωσης της ρύπανσης του νερού από τη γεωργική δραστηριότητα είναι εστιασμένες είτε σε περιοχές που έχουν πρόβλημα νιτρορύπανσης είτε σε περιοχές που αποτελούν λεκάνες απορροής σημαντικών υδροτόπων.

*Συνεισφορά του υπομέτρου στην επίτευξη των γενικών στόχων της ΚΓΠ.* Το υπομέτρο συνεισφέρει στην επίτευξη του γενικού στόχου της ΚΓΠ - μέσω της στήριξης της αγροτικής ανάπτυξης - που αφορά στη διασφάλιση αφενός της βιώσιμης διαχείρισης των φυσικών πόρων και αφετέρου της δράσης για το κλίμα.

*Συνεισφορά του υπομέτρου στις Περιοχές Εστίασης (ΠΕ).* Οι καλλιεργητικές πρακτικές που μπορεί να επιλέξει ο δικαιούχος στο συγκεκριμένο μέτρο είναι άμεσα συνδεδεμένες με τους φυσικούς πόρους και την κλιματική αλλαγή για αυτό οι σχετικές δεσμεύσεις που αναφέρονται σε αυτές μπορούν να αφορούν σε όλο το φάσμα της καλλιέργειας από τη σπορά έως τη συγκομιδή. Η κτηνοτροφία, που στην Ελλάδα ασκείται στο μεγαλύτερο μέρος της σε ημιφυσικά περιβάλλοντα, διαμορφώνει η ίδια τα οικοσυστήματα. Η περιβαλλοντική αποκατάσταση των βοσκοτόπων συντελεί στην προστασία του εδάφους, μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αύξηση της βιοποικιλότητας και αποκατάσταση των παραδοσιακών ποιμενικών τοπίων στη χώρα.

Όσον αφορά στην προτεραιότητα 4, το υπομέτρο συνεισφέρει κύρια στις ακόλουθες Περιοχές Εστίασης:

α) Αποκατάσταση, διατήρηση και ενίσχυση της βιοποικιλότητας, συμπεριλαμβανομένων των περιοχών Natura 2000, και εντός των περιοχών που αντιμετωπίζουν φυσικά ή άλλα ειδικά μειονεκτήματα, της γεωργίας υψηλής φυσικής αξίας και της κατάστασης των ευρωπαϊκών τοπίων (Άρθρο 5, παράγραφος 4α του Καν. (ΕΕ) 1305/2013).

Το υπομέτρο συμβάλει στην αποκατάσταση, διατήρηση και ενίσχυση της άγριας χλωρίδας και πανίδας μέσω δεσμεύσεων που αφορούν στην άγρια ζωή όπως η ασυγκόμιστη παραγωγή αλλά και δεσμεύσεων όπως είναι η αγρανάπαυση και η εκ περιτροπής βόσκηση του βοσκοτόπου. Ωστόσο και οι υπόλοιπες δεσμεύσεις που αφορούν στην ποιότητα των νερών συμβάλουν σαφώς στην ισορροπία των οικοσυστημάτων και άρα και στην προστασία της βιοποικιλότητας.

β) Βελτίωση της διαχείρισης των υδάτων, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων. (Άρθρο 5, παράγραφος 4β του Καν. (ΕΕ) 1305/2013).



Η βελτίωση της ποιότητας των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, επιτυγχάνεται μέσω της μείωσης της περιεκτικότητας του σε νιτρικά και φυτοπροστατευτικά προερχόμενα από τη γεωργική δραστηριότητα. Στην επίτευξη του στόχου, συμβάλουν η Αγρανάπαυση, η Αμειψισπορά με ξηρικές καλλιέργειες, η Μείωση εισροών στις δενδροκαλλιέργειες και οι ζώνες ανάσχεσης.

- γ) Πρόληψη της διάβρωσης του εδάφους και βελτίωση της διαχείρισης αυτού (Άρθρο 5, παράγραφος 4γ του Καν. (ΕΕ) 1305/2013). Τόσο η κάλυψη του εδάφους κατά τη διάρκεια των φθινοπωρινών και χειμερινών μηνών, περιόδων υψηλών βροχοπτώσεων από τα φυτά της ξηρικής αμειψισποράς, όσο και η ελάχιστη κατεργασία του εδάφους στις υπό αγρανάπαυση εκτάσεις μειώνουν τις απώλειες παραγωγικού εδάφους λόγω διάβρωσης.

Όσον αφορά στην προτεραιότητα 5, το υπομέτρο συνεισφέρει δευτερεύοντος στις ακόλουθες Περιοχές Εστίασης:

- α) Αύξηση της αποδοτικότητας της χρήσης ύδατος από τη γεωργία. Η διατήρηση των υδατικών πόρων επιτυγχάνεται μέσω της μείωσης της ζήτησης/κατανάλωσης του αρδευτικού ύδατος. Αφορά τις πρακτικές της Αγρανάπαυσης και της Αμειψισποράς με ξηρικές καλλιέργειες. Τα φυτά της ξηρικής αμειψισποράς αφενός δεν αρδεύονται, αφετέρου εκμεταλλεύονται αποτελεσματικότερα το νερό των βροχοπτώσεων, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην αποδοτικότερη χρήση του ύδατος από τη γεωργία.
- δ) Μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και αμμωνίας από τη γεωργία. Το υπομέτρο συμβάλει στην άμβλυση των επιπτώσεων της γεωργικής δραστηριότητας επί της κλιματικής αλλαγής μέσω: i) της μείωσης των εκπομπών υποξειδίου του αζώτου ( $N_2O$ ) λόγω μη εφαρμογής αζωτούχων λιπασμάτων στις υπο αγρανάπαυση γεωργικές εκτάσεις και τις γεωργικές εκτάσεις της παρυδάτιας ζώνης ανάσχεσης καθώς και λόγω μείωσης της εφαρμογής αζωτούχων λιπασμάτων στα λιγότερο απαιτητικά σε άζωτο φυτά της ξηρικής αμειψισποράς ii) μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ) από τη γεωργική δραστηριότητα τόσο λόγω μείωσης ή της μη εφαρμογής, κατά περίπτωση χημικών εισροών (αζωτούχα και άλλα λιπάσματα - φυτοπροστατευτικά προϊόντα) στις υπό αγρανάπαυση γεωργικές εκτάσεις, τις γεωργικές εκτάσεις της παρυδάτιας ζώνης ανάσχεσης και τις εκτάσεις υπό ξηρική αμειψισπορά και η μείωση των αζωτούχων λιπασμάτων στις δενδροκαλλιέργειες των ευπρόσβλητων στα νιτρικά ζωνών και επομένως μείωσης των εκπεμπόμενων κατά την παραγωγή των εισροών αυτών ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα, όσο και λόγω της μειωμένης καταναλισκόμενης ενέργειας για τη διαχείριση των αγροτεμαχίων. Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ) επιτυγχάνεται, επίσης, μέσω της αποφυγής καύσης των κλαδεμάτων της ελαιοκαλλιέργειας.

Επιπλέον, το υπομέτρο συμβάλει στην προσαρμογή της γεωργίας στην κλιματική αλλαγή, μέσω της αντικατάστασης των αρδευόμενων καλλιεργειών από ξηρικές,



οι οποίες είναι καλύτερα προσαρμοσμένες στις συνθήκες ξηρασίας που αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον λόγω της κλιματικής αλλαγής.

- ε) Προώθηση της διατήρησης και δέσμευσης του διοξειδίου του άνθρακα στη γεωργία και τη δασοκομία(Άρθρο 5, παράγραφοι 5α, 5δ και 5ε του Καν. (ΕΕ) 1305/2013). Η ελαχιστοποίηση της κατεργασίας του εδάφους στις υπό αγρανάπαυση εκτάσεις και στις γεωργικές εκτάσεις της παρυδάτιας ζώνης ανάσχεσης, εξασφαλίζει την ελαχιστοποίηση της αποδέσμευσης του δεσμευμένου στο έδαφος άνθρακα προς την ατμόσφαιρα.

**Το υπομέτρο 10.2** αφορά τους τοπικούς αβελτίωτους πληθυσμούς των καλλιεργούμενων ειδών και τις αυτόχθονες φυλές αγροτικών ζώων.

Οι φυτογενετικοί πόροι στην Ελλάδα είναι ανάλογοι με το πλούσιο φυσικό της περιβάλλον και τη μακρά γεωργική της ιστορία. Λαμβάνοντας υπόψη το μικρό της μέγεθος, η Ελλάδα θεωρείται μία από τις πλουσιότερες χώρες φυσικής βλάστησης και αγρίων συγγενικών ειδών καλλιεργούμενων φυτών (CWRs) στην Ευρώπη. Οι τοπικοί αβελτίωτοι πληθυσμοί, ποικιλίες καταλάμβαναν κυρίαρχη θέση μέχρι πριν από κάποιες δεκαετίες στην χώρα μας, συνδράμοντας καθοριστικά στο παραγόμενο προϊόν της ελληνικής γεωργίας.

Όμως με την έλευση της σύγχρονης γεωργίας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες της αγοράς, η Ελλάδα υπέστη δραματικές απώλειες στο καλλιεργούμενο γενετικό υλικό της, το οποίο εκτοπίστηκε από παραγωγικότερες σύγχρονες ποικιλίες που παρήχθησαν από τα τοπικά Ινστιτούτα Βελτίωσης ή εισήχθησαν από το εξωτερικό. Η γενετική διάβρωση ήταν ιδιαίτερα έντονη και ταχεία στα καλλιεργούμενα σιτηρά, όπου οι τοπικοί αβελτίωτοι πληθυσμοί, ποικιλίες που καλλιεργούνται σήμερα μόλις και φθάνουν το 1% της συνολικής έκτασης. Μία ανάλογη τάση, αλλά με 15ετή - 20ετή καθυστέρηση σε σύγκριση με αυτήν των σιτηρών, αρχίζει να διαφαίνεται πλέον και για τις καλλιέργειες λαχανικών, όπου τα τελευταία χρόνια οι τοπικοί αβελτίωτοι πληθυσμοί, ποικιλίες εκτοπίζονται ραγδαία ακόμη και από τα περιβόλια των αγροτικών νοικοκυριών. Οι τοπικοί αβελτίωτοι πληθυσμοί, ποικιλίες πολλών οπωροφόρων δένδρων (ελιά, μηλιά, κερασιά, βερικοκιά, αχλαδιά, φιστικιά) και αμπελιού, συνεχίζουν και σήμερα να καλλιεργούνται. Ωστόσο, ο αριθμός τους, που χρησιμοποιούταν σε μεγάλη κλίμακα έχει μειωθεί σημαντικά. Με βάση τα παραπάνω είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται στο Μέτρο για προληπτικούς λόγους και τοπικοί αβελτίωτοι πληθυσμοί, ποικιλίες, που αυτή τη στιγμή δεν αντιμετωπίζουν άμεσο ενδεχόμενο να χαθούν αλλά βρίσκονται σε πρόδρομο στάδιο απώλειας.

Οι αυτόχθονες φυλές αγροτικών ζώων οι οποίες κινδυνεύουν με εξαφάνιση, εκτός του ότι αποτελούν στοιχείο της πλούσιας βιοποικιλότητας και της πολιτιστικής κληρονομιάς της χώρας μας και η διατήρησή τους επιβάλλεται από τη Συνθήκη του Ρίο η οποία έχει κυρωθεί από τη χώρα μας, έχουν και μία άλλη ιδιότητα. Πρόκειται για φυλές άριστα προσαρμοσμένες στο περιβάλλον που εκμεταλλεύονται με τον καλύτερο τρόπο τους ορεινούς βοσκοτόπους της χώρας και συνήθως χαρακτηρίζονται από αυξημένη ανθεκτικότητα σε ασθένειες. Η διατήρηση επομένως αυτών των φυλών έχει ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας γιατί μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση ζωνοόσων, για την παραγωγή ιδιαίτερων προϊόντων ή για τη διερεύνηση περαιτέρω αξιοποίησής και χρησιμοποίησής τους για ψυχαγωγικούς, θεραπευτικούς, αθλητικούς σκοπούς κ.ά. Επιπλέον λόγω του εκτατικού συστήματος εκτροφής τους συμβάλλουν στη διατήρηση παραδοσιακών συστημάτων εκτροφής και στη βιοποικιλότητα του τοπίου.

Το υπομέτρο συνεισφέρει στην προτεραιότητα 4, στην περιοχή εστίασης 4α, μέσω της διατήρησης και ενίσχυσης της βιοποικιλότητας των γενετικών πόρων αλλά και στην προτεραιότητα 5 αφού οι τοπικοί αβελτίωτοι πληθυσμοί τοπικών καλλιεργούμενων ποικιλιών και οι αυτόχθονες φυλές αγροτικών ζώων είναι προσαρμοσμένα στις τοπικές συνθήκες και επομένως πιο ανθεκτικές στην κλιματική αλλαγή. Επιπλέον, συνεισφέρει στην επίτευξη του γενικού στόχου της ΚΓΠ - μέσω της στήριξης της αγροτικής ανάπτυξης - που αφορά στη διασφάλιση αφενός της βιώσιμης διαχείρισης των φυσικών πόρων και αφετέρου της δράσης για το κλίμα (Άρθρο 4, παράγραφος β του Καν. (ΕΕ) 1305/2013).

Μέσω της συνεισφοράς στην παραπάνω προτεραιότητα της Ένωσης για την αγροτική ανάπτυξη, το μέτρο συμβάλλει στην επίτευξη των εγκάρσιων στόχων για το «περιβάλλον», και «κλιματική αλλαγή».

Οι δικαιούχοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν γεωργικές συμβουλές για τον εντοπισμό και την επιλογή των πρακτικών που θα εφαρμόσουν στις εκμεταλλεύσεις, την προετοιμασία της αίτησης τους και την παρακολούθηση της υλοποίησης.

Επιπλέον τα μέτρα που αφορούν στην αναδιάρθρωση και εφαρμογή αγροπεριβαλλοντικού μέτρου μπορούν να ενταχθούν στο Μέτρο 11 της Βιολογικής Γεωργίας, προϋπολογισμού 502.324.373,33 ευρώ που αντιστοιχούν στο 11,89% του συνολικού προϋπολογισμού του Προγράμματος.

Η στήριξη στο πλαίσιο του Μέρου 11 «Βιολογική γεωργία» παρέχεται για τη μετατροπή ή / και τη διατήρηση των πρακτικών της βιολογικής γεωργίας με σκοπό την ενθάρρυνση των αγροτών να συμμετάσχουν σε τέτοια συστήματα, απαντώντας έτσι στη ζήτηση της κοινωνίας για τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον γεωργικών πρακτικών.

Το Μέτρο στοχεύει στην ενθάρρυνση των αγροτών να εφαρμόσουν τις αρχές και τις μεθόδους βιολογικής καλλιέργειας, όπως ορίζονται στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 834/2007, καθώς και να διατηρήσουν αυτές τις μεθόδους, μετά την αρχική περίοδο της μετατροπής.

Και στις δύο περιπτώσεις, η στήριξη παρέχεται για την εφαρμογή ευνοϊκών για το περιβάλλον μεθόδων παραγωγής που είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τη βιολογική γεωργία.

Η Βιολογική παραγωγή αποτελεί μια ολιστική προσέγγιση αειφόρου αγροτικής παραγωγής ικανοποιώντας την αυξανόμενη ζήτηση της κοινωνίας για τη χρήση γεωργικών πρακτικών φιλικών προς το περιβάλλον και την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας. Η μέθοδος βιολογικής παραγωγής συμβάλλει στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων κυρίως λόγω των μειωμένων ενεργειακών απαιτήσεων του συστήματος (λιπάσματα - φυτοπροστατευτικά) και ειδικότερα:

- στην προστασία του εδάφους και της βιοποικιλότητας μέσω αύξησης της οργανικής ουσίας και μείωσης των ρύπων
- στην προστασία των νερών μέσω της μείωσης των ρύπων
- στη βελτίωση του ισοζυγίου των αερίων θερμοκηπίου μέσω αύξησης της οργανικής ουσίας των εδαφών και της μείωσης των εκπομπών N<sub>2</sub>O και CH<sub>4</sub>
- στην προώθηση της διατήρησης και δέσμευση του άνθρακα στη γεωργία
- στο μετριασμό και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή
- στην πρόληψη της διάβρωσης του εδάφους και στη βελτίωση της διαχείρισης του εδάφους

Η βιολογική καλλιέργεια ενδείκνυται για τη χώρα με βάση τα διαρθρωτικά χαρακτηριστικά του τομέα (μικρός και πολυτεμαχισμένος κλήρος) και τις ιδιαίτερες εδαφοκλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν, οι οποίες αποτελούν συγκριτικό πλεονέκτημα στην προώθηση της βιολογικής παραγωγής στη χώρα μας, ενώ παράλληλα παράγονται προϊόντα υψηλής ποιότητας.

Το Μέτρο συνεισφέρει στις περιοχές εστίασης (ΠΕ) 4B και 4Γ της 4ης Ενωσιακής Προτεραιότητας «Αποκατάσταση, διατήρηση και ενίσχυση των οικοσυστημάτων που συνδέονται με τη γεωργία και τη δασοπονία» και στην Περιοχή Εστίασης 5Δ «Μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και αμμωνίας από τη γεωργία»

Το Μέτρο επίσης συμβάλει:

- στην αποκατάσταση, διατήρηση και ενίσχυση της χερσαίας και υδρόβιας άγριας χλωρίδας και πανίδας μέσω της περιορισμένης χρήσης λιπασμάτων και βελτιωτικών χαμηλής διαλυτότητας και το σημαντικό περιορισμό φυτοπροστατευτικών προϊόντων και τυχόν μεταβολιτών αυτών, με θετικές επιπτώσεις επί της χερσαίας και υδρόβιας άγριας χλωρίδας και πανίδας.
- στην άμβλυση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής μέσω της μείωσης των εκπομπών υποξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O) λόγω μείωσης της εφαρμογής λιπασμάτων και την απαγόρευση ανόργανων αζωτούχων λιπασμάτων, καθώς και της αμειψιοποράς με ψυχανθή και άλλες καλλιέργειες χλωρής λίπανσης
- στην πρόληψη των ζημιών που προκαλούνται από βλαβερούς οργανισμούς, ασθένειες και ζιζάνια βασιζόμενο πρωτίστως στην προστασία από τους φυσικούς εχθρούς, στην επιλογή ειδών και ποικιλιών, στην αμειψιοπορά και στις καλλιεργητικές τεχνικές.

Το Μέτρο συμβάλλει στην επίτευξη των εγκάρσιων στόχων για το περιβάλλον, τον μετριασμό της αλλαγής του κλίματος και την προσαρμογή σε αυτήν.

Τέλος αξίζει να επισημανθεί ότι κίνητρα που να στηρίζουν την μετεγκατάσταση υφιστάμενων μονάδων από περιοχές του δικτύου NATURA σε οργανωμένους υποδοχείς με ταυτόχρονο εκσυγχρονισμό και δυνατότητα υλοποίησης συλλογικών επενδύσεων συμβάλλοντας σημαντικά στην ανταγωνιστικότητά τους, υφίστανται στο ΠΑΑ 2014-2020 (Μέτρο 4).

### 2.3 ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΑΜΕΙΟ (ΠΡΩΗΝ ΕΤΕΡΠΣ)

Το **Πράσινο Ταμείο** είναι Νομικό Πρόσωπο Δημοσίου Δικαίου που ιδρύθηκε με το νόμο 3889/2010. Αποτελεί συνέχεια του «Ειδικού Ταμείου Εφαρμογής Ρυθμιστικών και Πολεοδομικών Σχεδίων» ΕΤΕΡΠΣ



Σκοπός του Πράσινου Ταμείου είναι η **ενίσχυση της ανάπτυξης μέσω της προστασίας του περιβάλλοντος** με την διαχειριστική, οικονομική, τεχνική και χρηματοπιστωτική υποστήριξη προγραμμάτων, μέτρων, παρεμβάσεων και ενεργειών που αποβλέπουν στην ανάδειξη και αποκατάσταση του περιβάλλοντος, η **στήριξη της περιβαλλοντικής πολιτικής της χώρας** και η **εξυπηρέτηση του δημόσιου και κοινωνικού συμφέροντος** μέσω της διοίκησης, διαχείρισης και αξιοποίησης των πόρων που προβλέπονται στα άρθρα 3 και 7.

Στις αρμοδιότητες του Πράσινου Ταμείου ανήκουν ιδίως:

- Η παρακολούθηση της εισπραξης, ο έλεγχος και η διασφάλιση της απόδοσης των Πράσινων Πόρων, σύμφωνα με τις οικείες σχετικές διατάξεις.
- Η διαμόρφωση προγραμμάτων για τη χρηματοδότηση μέτρων και δράσεων προστασίας, αναβάθμισης και αποκατάστασης του περιβάλλοντος μέσα στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής και ενεργειακής πολιτικής.
- Η αξιολόγηση και επιλογή των προτάσεων και των προς χρηματοδότηση προγραμμάτων, η παρακολούθηση και η διασφάλιση της υλοποίησής τους.
- Η επεξεργασία, κατάρτιση και εισήγηση προς τον Υπουργό Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής των γενικών κριτηρίων ένταξης και επιλογής προγραμμάτων.
- Η εισήγηση των μέτρων, δράσεων και προγραμμάτων στον Υπουργό Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
- Η διενέργεια των απαραίτητων διαδικασιών για την επιλογή των επιμέρους φορέων υλοποίησης των παραπάνω δράσεων και η συμφωνία με αυτούς για τους όρους και τις προϋποθέσεις χρηματοδότησης των δράσεων αυτών από τους Πράσινους Πόρους.
- Η παρακολούθηση υλοποίησης των παραπάνω συμφωνιών από τους φορείς υλοποίησης και της χρηματοδότησής τους από τους Πράσινους Πόρους, η σχετική ενημέρωση της Στρατηγικής Επιτροπής Περιβαλλοντικής Πολιτικής και του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.
- Η διαμόρφωση προτάσεων και η εισήγηση στον Υπουργό Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και στη Στρατηγική Επιτροπή Περιβαλλοντικής Πολιτικής σχετικά με την καλύτερη δυνατή επίτευξη των στόχων πολιτικής για την προστασία του περιβάλλοντος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

- Η τήρηση δημόσιας βάσης δεδομένων με τη νομοθεσία που διέπει τους Πράσινους Πόρους.
- Η οργάνωση και παρακολούθηση των προγραμμάτων και των δράσεων και η δημοσιότητά τους, καθώς και η σύνταξη ετήσιων εκθέσεων για την εκτέλεσή τους.
- Η εξεύρεση συμπληρωματικών πηγών χρηματοδότησης από δημόσιους ή ιδιωτικούς φορείς και η διενέργεια κάθε πράξης που είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση χρηματικών πόρων από οποιαδήποτε πηγή, όπως αποδοχών των δωρεών, επιχορηγήσεων και εισφορών τρίτων.
- Η κατάρτιση και δημοσίευση ετήσιου οικονομικού απολογισμού των Πράσινων Πόρων.
- Η ανάθεση σε τρίτους κάθε είδους υποστηρικτικών μελετών και συμβουλευτικών υπηρεσιών, για τη βέλτιστη προετοιμασία και διαχείριση των χρηματοδοτικών προγραμμάτων και ειδικότερα για το σχεδιασμό, την αξιολόγηση και την ένταξη δράσεων, την παρακολούθηση και τον έλεγχο της εφαρμογής των δράσεων και των προγραμμάτων συνολικά, καθώς και για την υποστήριξη της Στρατηγικής Επιτροπής Περιβαλλοντικής Πολιτικής ύστερα από αίτημα αυτής.
- Η επιδότηση, επιχορήγηση, χρηματοδότηση και δανειοδότηση οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης, νομικών προσώπων δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, οργανισμών κοινής ωφέλειας ή άλλων οργανισμών ή υπηρεσιών του δημόσιου και του ευρύτερου δημόσιου τομέα, όπως αυτός οριοθετείται από τις διατάξεις του άρθρου 1 του ν. 1256/1982 (Α' 65), για την εφαρμογή προγραμμάτων και την εκτέλεση έργων και η χρηματοδότηση της εκτέλεσης έργων από αυτά.
- Η με οποιοδήποτε τρόπο χρηματοδότηση νομικών προσώπων τα οποία εποπτεύονται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ή άλλα Υπουργεία και έχουν ως ειδικότερο σκοπό την υλοποίηση δράσεων και παρεμβάσεων που αποβλέπουν στην ανάδειξη και την προστασία του φυσικού ή του οικιστικού περιβάλλοντος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής
- Η εξειδίκευση της δομής και των προδιαγραφών σχεδιασμού των χρηματοδοτικών προγραμμάτων, των κριτηρίων αξιολόγησης και επιλογής καθώς και των διαδικασιών διαχείρισης, παρακολούθησης, αξιολόγησης και ελέγχου της εφαρμογής τους.

Στις αρμοδιότητες του Πράσινου Ταμείου ανήκουν επίσης και όλες οι αρμοδιότητες που προβλέπονται στη παράγραφο 5 του άρθρου 9 του ν. 3855/2010.

Πόροι του Πράσινου Ταμείου είναι:

- Οι Πράσινοι Πόροι που προβλέπονται στο άρθρο 3 του ν. 3889/2010. Με τον όρο «**πράσινοι πόροι**» νοείται το σύνολο των εσόδων και πόρων που ενδεικτικώς αναφέρονται παρακάτω:
  1. οι πόροι υπέρ του **Ειδικού Ταμείου Εφαρμογής Ρυθμιστικών και Πολεοδομικών Σχεδίων (ΕΤΕΡΠΣ)** που προβλέπονται στους ν. 743/1977 (Α' 319), 1650/1986 (Α' 160), 2052/1992 (Α' 94), 2242/1994 (Α'162), 3468/2006 (Α' 129) καθώς και στον ν. 3851/2010 (Α'85)
  2. οι πόροι του «**Ειδικού Φορέα Δασών**» (Φορέας 120) που προβλέπεται στο άρθρο 8 του ν. 3208/2003 (Α'303), όπως τροποποιείται με το άρθρο 25 του παρόντος νόμου.
  3. οι πόροι του ειδικού κωδικού «**Ταμείο Περιβαλλοντικού Ισοζυγίου**» που προβλέπεται στα άρθρα 6 και 7 του ν. 3843/2010 (Α'62).
- οι πόροι από τις εισφορές των διανομέων ενέργειας, των διαχειριστών δικτύων διανομής και των επιχειρήσεων λιανικής πώλησης ενέργειας, σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παράγραφο 5 του άρθρου 9 του ν. 3855/2010 (Α'95).
- κάθε άλλο τέλος, φόρος, δασμός, εισφορά, έσοδα ή πόροι που έχουν θεσμοθετηθεί εν όλω ή εν μέρει υπέρ του **Ειδικού Ταμείου Εφαρμογής Ρυθμιστικών και Πολεοδομικών Σχεδίων**, που δεν ορίζονται ρητά στο άρθρο αυτό και προβλέπονται στην κείμενη νομοθεσία, όπως:
  1. οι πόροι και τα έσοδα από την επιβολή προστίμων για την ανέγερση και διατήρηση αυθαιρέτων ή την αυθαιρέτη αλλαγή χρήσης κτιρίων, την επιβολή διοικητικών ποινών προστίμων και κυρώσεων για περιβαλλοντικές παραβάσεις, την επιβολή προστίμων για λοιπές περιβαλλοντικές παραβάσεις,
  2. τα έσοδα από την εκμετάλλευση ή εκμίσθωση ειδικών έργων, σταθμών αυτοκινήτων,
  3. τα έσοδα από την είσπραξη αποζημιώσεων ρυμοτομικού χαρακτήρα κατά τις οικείες σχετικές διατάξεις και
  4. κάθε άλλος πόρος που έχει θεσμοθετηθεί υπέρ του Ειδικού Ταμείου Εφαρμογής Ρυθμιστικών και Πολεοδομικών Σχεδίων από τις ισχύουσες διατάξεις για τη χρηματοδότηση δράσεων αποκατάστασης, αναβάθμισης και προστασίας του περιβάλλοντος.
- Κάθε φύσεως εισφορές, δωρεές, χορηγίες, κληρονομίες, κληροδοσίες από δημόσιους ή ιδιωτικούς φορείς ή άλλα ημεδαπά ή αλλοδαπά νομικά ή φυσικά πρόσωπα.
- Χρηματοδοτήσεις από προγράμματα και πρωτοβουλίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και κάθε άλλος πόρος που προέρχεται από διεθνείς οργανισμούς και ταμεία περιβαλλοντικής ενίσχυσης.



- Κέρδη, τόκοι ή άλλα έσοδα που προέρχονται από την συμμετοχή του Πράσινου Ταμείου σε άλλα νομικά πρόσωπα ιδιωτικού δικαίου, σύμφωνα και με αυτά που ορίζονται στην *παράγραφο 7 του άρθρου 5*.
- Χορηγίες και δωρεές από φυσικά ή νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου.
- Έσοδα από τη διαχείριση, εκμετάλλευση και αξιοποίηση της κινητής και ακίνητης περιουσίας του.
- Επιχορηγήσεις από τον κρατικό προϋπολογισμό και χρηματοδοτήσεις από το πρόγραμμα δημοσίων επενδύσεων.
- Κάθε άλλο έσοδο από νόμιμη αιτία.

Η αξιοποίηση από το Πράσινο Ταμείο των Πράσινων Πόρων γίνεται μέσω προγραμμάτων για τη χρηματοδότηση δράσεων προστασίας, αναβάθμισης και αποκατάστασης του περιβάλλοντος που υλοποιούν τρίτοι (φορείς υλοποίησης) και μπορεί να έχει τη μορφή επιχορηγήσεων, δανείων, κεφαλαιακής συμμετοχής ή άλλης ισοδύναμης μορφής κεφαλαιακής ενίσχυσης. Οι δράσεις αυτές επιτρέπεται ταυτόχρονα να συγχρηματοδοτούνται ή να ενισχύονται και από άλλες δημόσιες ή ευρωπαϊκές πηγές ή/και ιδιωτικούς πόρους ή που δανειοδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων ή άλλους φορείς.



### 3 ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΚΟΝΔΥΛΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

#### 3.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LIFE 2014-2020



Το πρόγραμμα LIFE είναι το χρηματοδοτικό μέσο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το περιβάλλον. Το LIFE συμβάλλει στην αειφόρο ανάπτυξη και στην επίτευξη των σκοπών και στόχων της στρατηγικής Ευρώπη 2020, στηρίζει την εφαρμογή του 7ου Προγράμματος Δράσης για το Περιβάλλον και άλλες στρατηγικές και σχέδια της ΕΕ για το περιβάλλον και για το κλίμα. Μέσω του προγράμματος LIFE χρηματοδοτούνται μέτρα και έργα με ευρωπαϊκή προστιθέμενη αξία για τα κράτη-μέλη.

Ο νέος κανονισμός **LIFE** δημοσιεύτηκε στις 20 Δεκεμβρίου 2013 στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στο πρόγραμμα LIFE για την επόμενη περίοδο χρηματοδότησης 2014-2020, καθιερώνονται δύο υποπρογράμματα, το πρώτο για το **Περιβάλλον** και το δεύτερο για την **Κλιματική Δράση**.

Ο προϋπολογισμός για την περίοδο αυτή ανέρχεται σε **3,4 δις €**.

Το σκέλος «**Περιβάλλον**» του νέου προγράμματος (75% του προϋπολογισμού) καλύπτει τρεις τομείς προτεραιότητας:

- περιβάλλον και αποδοτικότητα των πόρων
- φύση και βιοποικιλότητα
- περιβαλλοντική διακυβέρνηση και πληροφόρηση

και το σκέλος « **Δράση για το κλίμα** » (25% του προϋπολογισμού) καλύπτει:

- μετριασμό της κλιματικής αλλαγής
- προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή
- κλιματική διακυβέρνηση και πληροφόρηση

Το πρόγραμμα LIFE εκτός από τα «παραδοσιακά έργα» όπως έργα πιλοτικά (καινοτόμα), επίδειξης, βέλτιστων πρακτικών, έργα πληροφόρησης ευαισθητοποίησης και διάδοσης περιλαμβάνει επίσης μια νέα κατηγορία έργων, τα **ολοκληρωμένα έργα**, στρατηγικές και έργα για το περιβάλλον ή το κλίμα, τα οποία θα λειτουργούν σε εκτεταμένη εδαφική κλίμακα και που θα χρηματοδοτούνται από κοινού με τουλάχιστον μία ακόμη σχετική χρηματοδοτική πηγή.

Επίσης περιλαμβάνει έργα τεχνικής βοήθειας, έργα οικοδόμησης δυναμικού και προπαρασκευαστικά έργα.

Τουλάχιστον 55% του ποσού, που προορίζεται για επιδοτήσεις δράσης στο πλαίσιο έργων για το Περιβάλλον, θα χορηγείται σε μέτρα στήριξης της διατήρησης της **φύσης και βιοποικιλότητας**.

Το μέγιστο ποσοστό χρηματοδότησης για όλα τα έργα κατά την πρώτη διάρκεια του προγράμματος (2014-2017) ανέρχεται έως το **60 %** των επιλέξιμων δαπανών και για τη δεύτερη περίοδο (2018-2020) έως το **55%**.

Για όλη τη διάρκεια του προγράμματος (2014-2020) για τα ολοκληρωμένα έργα, τα έργα τεχνικής βοήθειας, τα προπαρασκευαστικά έργα και τα έργα που χρηματοδοτούνται στον τομέα προτεραιότητας «Φύση και Βιοποικιλότητα» ανέρχεται έως το **60 %** των επιλέξιμων δαπανών και έως το **75 %** των επιλέξιμων δαπανών για τα έργα που αφορούν σε **οικοτόπους ή είδη προτεραιότητας**.

#### 4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑ ΔΕΣΜΗ ΜΕΤΡΩΝ

Σύμφωνα με τα έως τώρα προτεινόμενα μέτρα περιλαμβάνονται οι ακόλουθες πέντε (5) δέσμες - δράσεις παρεμβάσεων:

1. Έργα Ορεινής Υδρονομίας
2. Έργα Πεδινής Υδρονομίας
3. Έργα Παρόχθιας Ζώνης
4. Μέτρα βελτίωσης ευτροφικών συνθηκών εντός της λίμνης
5. Μέτρα που αφορούν στην αναδιάρθρωση και εφαρμογή αγροπεριβαλλοντικού μέτρου στο πλαίσιο του ΠΑΑ 2014-2020.

Ακολούθως παρουσιάζονται ειδικότερα στοιχεία πιθανών χρηματοδοτικών εργαλείων για την ένταξη των απαιτούμενων έργων τόσο σε εθνικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης για κάθε δέσμη μέτρων.

#### 4.1 ΕΡΓΑ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ

##### 4.1.1 ΕΡΓΑ ΔΑΣΟΚΑΛΥΨΗΣ

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τίτλος Μέτρου:</b>            | Έργα δασοκάλυψης                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Σκοπιμότητα:</b>              | <p>Η συγκεκριμένη κατηγορία έργων, αποσκοπεί στην πρόληψη ενδεχόμενων προβλημάτων και όχι στην καταστολή και την αντιμετώπιση των μετέπειτα επιπτώσεων που προκύπτουν από τα φαινόμενα διάβρωσης εδαφικού υλικού και προσχώσεων στη λίμνη. Η κάλυψη υποβαθμισμένων εδαφών με φυτικά είδη με βαθύ ριζικό σύστημα και μεγάλη δυνατότητα συγκράτησης εδάφους, ενδείκνυται ως ιδιαίτερα αποτελεσματικό μέτρο πρόληψης.</p> <p>Τα έργα δασοκάλυψης που προτείνονται διακρίνονται σε 4 φυτευτικές ενότητες οι οποίες επαναλαμβάνονται κατά περιοχές ανάλογα με τη χλωρίδα της εγγύτερης περιοχής. Ειδικότερα, δημιουργήθηκαν φυτευτικές ενότητες ανάλογα με τις λεκάνες απορροής των βασικών ρεμάτων της περιοχής και αναλύθηκαν στο προηγούμενο παραδοτέο.</p> |
| <b>Προϋπολογισμός</b>            | Ο προϋπολογισμός των έργων δασοκάλυψης υπολογίστηκε σε 5.919.200.00 ευρώ δαπάνης για το σύνολο των φυτευτικών ενότητων σε όλη την περιοχή μελέτης. Προκειμένου να υλοποιηθούν τα έργα αναδάσωσης, θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες οριστικές μελέτες για τις οποίες εκτιμάται αμοιβή 356.003,11 ευρώ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Απαιτούμενες ενέργειες:</b>   | <p>Επειδή ο προϋπολογισμός των έργων αναδάσωσης είναι σημαντικά υψηλός, κρίνεται σκόπιμη η τμηματική κατασκευή των έργων δίνοντας όμως προτεραιότητα στα έργα αναδάσωσης της λεκάνης απορροής Σερβιανών και Αγίας Παρασκευής.</p> <p>Επιπλέον, εναλλακτικά θα μπορούσε να εξεταστεί η δυνατότητα για τη δημιουργία φυτωρίου δασικών ειδών υπό την ευθύνη της Διεύθυνσης Δασών. Σε περίπτωση που τα έργα εκτελεστούν με αυτεπιχομολόγηση από τη Διαχειριστική Αρχή και σε συνεργασία με μη κυβερνητικές οργανώσεις για εθελοντική εργασία, το κόστος των έργων δύναται να μειωθεί σημαντικά.</p>                                                                                                                                                           |
| <b>Χρονοδιάγραμμα Υλοποίησης</b> | Προκειμένου να υλοποιηθούν τα έργα αναδάσωσης, θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες οριστικές μελέτες για τις οποίες εκτιμάται χρόνος εκπόνησης 1 έτος. Σε περίπτωση που ακολουθήσει διαγωνισμός για την ανάθεση των έργων σε ιδιώτη, η κατασκευή των έργων αναδάσωσης δύναται να διαρκέσει για 4 χρόνια.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Φορέας Υλοποίησης:</b>        | Ο Φορέας Υλοποίησης είναι η Διεύθυνση Δασών Ηπείρου ή/και ο Φ.Δ. Λίμνης Παμβώτιδας (μέσω προγραμματικών συμβάσεων)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Πηγή Χρηματοδότησης:</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1<sup>ο</sup> Σενάριο: Πράσινο Ταμείο</li> <li>• 2<sup>ο</sup> Σενάριο: Οι αναδασώσεις να γίνουν με συνεργασία ΜΚΟ (φυτώρια στα Δασαρχεία και εθελοντισμός από ΜΚΟ)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## 4.1.2 ΕΡΓΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τίτλος Μέτρου:</b>            | Έργα συγκράτησης φερτών υλικών                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Σκοπιμότητα:</b>              | <p>Τα υλικά που παράγονται στη λεκάνη της λίμνης και ιδίως αυτά από τους χειμάρρους της ομάδας II (ρ.Μάζια, ρ.Λογγάδων, ρ.Μαβίλης), τα οποία αποτελούν και την κύρια μάζα τροφοδοσίας, συνεπώς και πρόσχωσης της λίμνης, πρέπει, να μην φθάνουν στον λιμναίο χώρο, αλλά να συγκρατούνται, στην περιοχή μεταξύ πέρατος των ορεινών λεκανών και δέλτα των ρεμάτων σε κατάλληλους χώρους χωρίς όμως να προκαλούνται διαβρώσεις στις πεδινές διαδρομές (κοίτες) από τα "καθαρά" νερά.</p> <p>Τα έργα ορεινής υδρονομίας που προσφέρονται για το σκοπό αυτό είναι το εξής:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• φράγματα συγκράτησης φερτών υλών στις κοίτες εκκένωσης των ρεμάτων</li> <li>• δεξαμενές απόθεσης φερτών υλών</li> <li>• αντυπλημμυρικά φράγματά σε κατάλληλες θέσεις των ορεινών κοιτών μέχρι την έξοδο τους στην πεδινή περιοχή</li> <li>• ενδιάμεσα έργα στερέωσης των κοιτών για αποτροπή χαραδρωτικών &amp; πρανικών διαβρώσεων</li> <li>• αποτροπή των ολισθήσεων</li> </ul> |
| <b>Προϋπολογισμός</b>            | 1.769.460,00 ευρώ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Απαιτούμενες ενέργειες:</b>   | Για τα έργα συγκράτησης φερτών υλικών και πάλι απαιτούνται οι κατάλληλες οριστικές μελέτες και διαγωνισμό ανάδειξης αναδόχων για την κατασκευή τους για τις οποίες Φορέας Υλοποίησης είναι η Διεύθυνση Δασών Ηπείρου                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης</b> | Το κόστος των οριστικών μελετών συμπεριλαμβάνεται στο κόστους των 356.003,11 που αναφέρεται προηγουμένως, για τις οποίες εκτιμάται χρόνος εκπόνησης 1 έτος.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Φορέας Υλοποίησης:</b>        | Διεύθυνση Δασών Ηπείρου ή/και ο Φ.Δ. Λίμνης Παμβώτιδας (μέσω προγραμματικών συμβάσεων)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Πηγή Χρηματοδότησης:</b>      | Πράσινο Ταμείο                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Σημειώνεται ότι από το Πράσινο Ταμείο μπορούν να χρηματοδοτηθούν και όλες οι άλλες μελέτες της δέσμης αυτής.

## 4.2 ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ

### 4.2.1 ΕΡΓΑ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τίτλος Μέτρου:</b>            | Έργα πεδινής υδρονομίας                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Σκοπιμότητα:</b>              | <p>Η προστασία της λίμνης δύναται να επέλθει και με μια σειρά ακόμη έργων και παρεμβάσεων, η χωροθέτηση των οποίων, προτείνεται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης απορροής. Τα έργα και οι τεχνικές παρεμβάσεις πεδινής έκτασης, προορίζονται ως επί το πλείστον για την ποιοτική αναβάθμιση του περιβάλλοντος της λίμνης, αφού τα έργα συγκράτησης φερτών υλικών προηγήθηκαν στα έργα ορεινής υδρονομίας. Αυτή εξάλλου είναι και μια δεύτερη διαφορά (πλην των περιοχών χωροθέτησης), μεταξύ των κατηγοριών των έργων ορεινής και πεδινής υδρονομίας, αφού η μεν πρώτη εστιάζει στη συγκράτηση εδαφικού υλικού (είτε αδρομερούς, είτε χονδρόκοκκου), ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει κυρίως παρεμβάσεις για τη ρυπαντική αποφόρτιση και προστασία της λίμνης.</p> <p>Τα έργα αυτά αφορούν:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• εσωποτάμιους αναβαθμούς,</li> <li>• δεξαμενές (λίμνες) καθίζησης και</li> <li>• υγροβιότοπους απομείωσης εξωτερικού φορτίου φωσφόρου.</li> </ul> |
| <b>Προυπολογισμός</b>            | 2.470.012,88 ευρώ για τα έργα και 263.000,00 ευρώ για τις μελέτες<br>Επίσης 450.000,00 ευρώ για απαλλοτριώσεις                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Απαιτούμενες ενέργειες:</b>   | Προκειμένου να υλοποιηθούν τα έργα αυτά απαιτούνται μελέτη περιβαλλοντικής αδειοδότησης, οριστικές μελέτες και τεύχη δημοπράτησης για μειοδοτικό σύστημα διαγωνισμού. Λόγω της ιδιαιτερότητας των έργων στις περιοχές 8 και 9 (Σερβιανά και Λαγκατσάς), τα οποία συνδυάζονται και με τη δημιουργία Οικολογικού Πάρκου, οι μελέτες για αυτά τα έργα αντιμετωπίζονται ξεχωριστά από τις μελέτες στις άλλες υποενότητες γύρω από τη λίμνη.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Χρονοδιάγραμμα ολοποίησης</b> | Οι μελέτες περιβαλλοντικής αδειοδότησης εκτιμάται ότι μπορεί να ολοκληρωθούν σε διάστημα 4 μηνών. Η περιβαλλοντική αδειοδότηση μπορεί να ολοκληρωθεί με την Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων σε διάστημα 6 μηνών από την υποβολή της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, οπότε μπορεί και να ξεκινήσει η διαδικασία του διαγωνισμού. Για την Ανάδειξη Αναδόχου εκτιμάται ότι θα απαιτηθεί επιπλέον χρόνος 3 μηνών μέχρι να ολοκληρωθούν οι διαδικασίες του διαγωνισμού και της υπογραφής σύμβασης, οπότε μετά μπορεί να ξεκινήσει η κατασκευή των έργων πεδινής υδρονομίας.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Φορέας υλοποίησης</b>         | Φ.Δ. Λίμνης Παμβώτιδας (μέσω προγραμματικών συμβάσεων)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Πηγή Χρηματοδότησης:</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Οι ΜΠΕ και τα ΤΔ από την Τεχνική Βοήθεια της Περιφέρειας και</li> <li>• τα λοιπά έργα πεδινής υδρονομίας – μετά την ωρίμανση τους - από το ΕΠ ΥΠΕΠΕΡΑΑ- Θ.Σ. 6- Ε.Π. 6d</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

#### 4.2.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΔΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τίτλος Μέτρου:</b>          | Διαμόρφωση οικολογικού πάρκου στην περιοχή δυτικής πεδινής υδρονομίας                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Σκοπιμότητα:</b>            | Αντικείμενο της σύμβασης είναι η εκπόνηση όλων των απαραίτητων μελετών για την δημιουργία Οικολογικού - Περιβαλλοντικού πάρκου της λίμνης Παμβώτιδας σε παραλίμνιες εκτάσεις περιοχής Ανατολή - Κάτωκα, με τη δημιουργία τεχνητών υγρότοπων υποεπιφανειακής οριζόντιας ροής σε λίμνες σταθεροποίησης με στόχο την προστασία της λίμνης, καθώς επίσης και η κατασκευή των έργων.<br>Σκοπός του έργου είναι η επιφανειακή διάθεση των νερών των τάφρων που οδηγούν τα όμβρια στην λίμνη, τα οποία θα διοχετεύονται σε χωμάτινες τεχνητές λίμνες όπου θα καθιζάνουν τα φερτά υλικά και μέσω φυσικής βιολογικής επεξεργασίας θα επιτυγχάνεται φυσικός καθαρισμός των νερών που θα καταλήγουν στην λίμνη. Επίσης θα υπάρξει συνολική ανάπλαση της περιοχής για αναψυχή και δημιουργία κοινόχρηστου χώρου για τους πολίτες. |
| <b>Προυπολογισμός</b>          | 3.883.525,02 ευρώ για τα έργα και 305.000,00 ευρώ για τις μελέτες<br>Επίσης, 48.000,00 ευρώ για απαλλοτριώσεις                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Απαιτούμενες ενέργειες:</b> | Διενέργεια δημόσιου διεθνούς διαγωνισμού για την ανάδειξη αναδόχου για εκπόνηση των απαιτούμενων μελετών σε στάδια προμελέτης και οριστικής. Οι μελέτες περιλαμβάνουν: α) Τοπογραφική αποτύπωση, β) Περιβαλλοντικές μελέτες για την περιβαλλοντική αδειοδότηση του έργου, γ) Γεωτεχνική μελέτη και έρευνα. δ) Γεωλογικές μελέτες, ε) υδραυλικές μελέτες, στ) χημικοτεχνικές μελέτες, ζ) Τεύχη δημοπράτησης και η) Ειδικά αρχιτεκτονικά έργα.<br>Μετά την έγκριση των απαιτούμενων μελετών διαγωνισμός και κατασκευή των προβλεπόμενων έργων.                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Διευθύνουσα Υπηρεσία</b>    | Δ/νση Τεχνικών Έργων της Περιφέρειας Ηπείρου                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Προϊστάμενη Αρχή:</b>       | Οικονομική Επιτροπή                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Πηγή Χρηματοδότησης:</b>    | Αρ. πρωτ. 52609/ΔΕ-6316/04-12-2012 Απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |



### 4.3 ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ

#### 4.3.1 ΕΡΓΑ ΠΑΡΟΧΘΙΑΣ ΖΩΝΗΣ

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τίτλος Μέτρου:</b>          | Έργα παρόχθιας ζώνης                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Σκοπιμότητα:</b>            | Η διαχείριση των καλαμιώνων στοχεύει στη ρύθμιση αφενός των υδατικών παραμέτρων και αφετέρου της δομής και σύνθεσης της βλάστησης. Όσον αφορά στη διαχείριση της βλάστησης, οι δοκιμασμένες μέθοδοι μπορεί να στοχεύουν στη δημιουργία ή βελτίωση των καλαμιώνων, στη διατήρησή τους σε κάποια επιθυμητή κατάσταση ή στη διαχείριση τμημάτων τους, με σκοπό την ανασύσταση ή δημιουργία συγκεκριμένων βιοτόπων όπως ανοικτές εκτάσεις νερού ή δημιουργία μωσαϊκού βλάστησης. Οι δοκιμασμένες πρακτικές στην τελευταία κατηγορία περιλαμβάνουν συνήθως περιοδική διαχείριση βασισμένη σε παραδοσιακές μεθόδους όπως κοπή, βόσκηση ή καύση της βλάστησης. |
| <b>Προϋπολογισμός</b>          | 115.000,00 ευρώ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Απαιτούμενες ενέργειες:</b> | Για τη διαχείριση των καλαμιώνων θα πρέπει περαιτέρω να εκπονηθεί λεπτομερής μελέτη με Αναθέτουσα Αρχή την Περιφέρεια Ηπείρου. Ο προϋπολογισμός της μελέτης θα ανέρχεται σε 150.000,00 € και θα απασχοληθούν γι αυτήν 1 γεωπόνος, 1 βιολόγος, και 1 περιβαλλοντολόγος                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Φορέας Υλοποίησης</b>       | Φορέας Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Πηγή Χρηματοδότησης:</b>    | ΕΠ ΥΠΕΠΕΡΑΑ 2014-2020- Θ.Σ. 6- Ε.Π. 6d                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

## 4.4 ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

## 4.4.1 ΜΕΤΡΑ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τίτλος Μέτρου:</b>            | Μέτρα αδρανοποίησης πυθμένα ιζήματος                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Σκοπιμότητα:</b>              | Σημειώνεται αρχικά ότι η δέσμη αυτή θα πραγματοποιηθεί σε 2 φάσεις: η πρώτη θα είναι σε πιλοτικό στάδιο και θα συνοδεύεται από έκθεση αποτελεσμάτων-μετρήσεων, ενώ η δεύτερη θα σχεδιαστεί σε μεγάλη κλίμακα και θα εξειδικευτεί με βάση την έκθεση.<br>Ο βασικός σκοπός του προτεινόμενου μέτρου είναι η αδρανοποίηση του φωσφόρου στα ιζήματα της λίμνης, έτσι ώστε να επιβραδυνθεί η απελευθέρωση ελεύθερου φωσφόρου στην υδατική στήλη.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Χρονοδιάγραμμα Υλοποίησης</b> | Η πιλοτική φάση θα διαρκέσει για 1 χρόνο και προϋπόθεση για την έναρξή της αποτελεί η εκτέλεση μιας σειράς δειγματοληψιών και χημικών αναλύσεων στο ιζήμα του πυθμένα. Η πιλοτική φάση θα ξεκινήσει το Δεκέμβριο του 2014.<br>Τονίζεται ότι μετά την επιτυχή ολοκλήρωση της πιλοτικής εφαρμογής, απαραίτητη προϋπόθεση για την έναρξη της εφαρμογής μεγάλης κλίμακας είναι α) το φορτίο εξωτερικού φωσφόρου που εισέρχεται στη λίμνη από τις επιφανειακές απορροές να έχει μειωθεί στο μισό και β) να έχει σταματήσει ο εμπλουτισμός της λίμνης με κυπρίνους ( <i>Cyprinus carpio</i> ), προκειμένου να σταματήσει η αναμόχλευση του ιζήματος του πυθμένα και άρα η επαναδιαλυτοποίηση του φωσφόρου. |
| <b>Προϋπολογισμός</b>            | 375.000,00 ευρώ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Απαιτούμενες ενέργειες:</b>   | Παράλληλα θα πρέπει να λειτουργεί και υπηρεσία παρακολούθησης της πιλοτικής εφαρμογής για το ίδιο χρονικό διάστημα. Η πιλοτική εφαρμογή των μέτρων συμπεριλαμβανομένου και του εξοπλισμού ο οποίος θα προσκομιστεί ως προμήθεια, κοστολογείται σε 375.000,00 ευρώ. Η παρακολούθηση των μέτρων θα γίνεται παράλληλα με την παρακολούθηση των μέτρων υπολίμνιας οξυγόνωσης και συνολικά θα κοστίζει 45.000,00 ευρώ.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Φορέας Υλοποίησης</b>         | Φ.Δ. Λίμνης Παμβώτιδας (μέσω προγραμματικών συμβάσεων)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Πηγή Χρηματοδότησης:</b>      | Ερευνητικά προγράμματα που θα χρηματοδοτηθούν από τα Προγράμματα Life 2014-2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## 4.4.2 ΥΠΟΛΙΜΝΙΑ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τίτλος Μέτρου:</b>            | Υπολίμνια οξυγόνωση με ανακυκλοφορία νερού                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Σκοπιμότητα:</b>              | Η δέσμη αυτή θα πραγματοποιηθεί σε 2 φάσεις: η πρώτη θα είναι σε πιλοτικό στάδιο και θα συνοδεύεται από έκθεση αποτελεσμάτων-μετρήσεων, ενώ η δεύτερη θα σχεδιαστεί σε μεγάλη κλίμακα και θα εξειδικευτεί με βάση την έκθεση.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης</b> | Η πιλοτική φάση θα διαρκέσει για 1 χρόνο, ενώ παράλληλα θα πρέπει να λειτουργεί και υπηρεσία παρακολούθησης της πιλοτικής εφαρμογής για το ίδιο χρονικό διάστημα.<br>Η πιλοτική εφαρμογή των μέτρων θα ξεκινήσει τον Δεκέμβριο του 2014, κοστολογείται δε σε 80.000 ευρώ, συμπεριλαμβανομένου και του εξοπλισμού η ο οποίος θα προσκομιστεί ως προμήθεια. Η παρακολούθηση των μέτρων θα γίνεται παράλληλα με την παρακολούθηση των μέτρων αδρανοποίησης πυθμενικού ιζήματος και συνολικά θα κοστίσει 45.000,00 ευρώ. |
| <b>Προϋπολογισμός</b>            | 80.000,00 ευρώ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Φορέας Υλοποίησης:</b>        | Φ.Δ. Λίμνης Παμβώτιδας (μέσω προγραμματικών συμβάσεων)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Πηγή Χρηματοδότησης:</b>      | Ερευνητικά προγράμματα που θα χρηματοδοτηθούν από τα Προγράμματα Life 2014-2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

#### 4.5 ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΠΑΑ 2014-2020

##### 4.5.1 ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τίτλος Μέτρου:</b>            | Επικαιροποίηση και Εφαρμογή Αγροπεριβαλλοντικού Προγράμματος                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Σκοπιμότητα:</b>              | <p>Από το 2006 έχει εκπονηθεί μελέτη Διαχειριστικού Σχεδίου από το ΥΠΑΤ με γενικό στόχο του Αγροπεριβαλλοντικού Προγράμματος να είναι ο επαναπροσδιορισμός του παραγωγικού συστήματος εις τρόπον ώστε να ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις για παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών ανταγωνιστικών ως προς το κόστος, την ποιότητα και τους όρους υγιεινής, που προσδιορίζουν αύξηση των εισοδημάτων με ταυτόχρονη προστασία των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος.</p> <p>Είναι ιδιαίτερη ανάγκη να επικαιροποιηθεί και να επανυποβληθεί ολοκληρωμένο το Πρόγραμμα Διαχείρισης για την αειφορική ανάπτυξη &amp; προστασία του περιβάλλοντος των γεωργικών και κτηνοτροφικών ζωνών της ευρύτερης περιοχής με στόχο την έγκριση, στα πλαίσια χρηματοδότησης της προγραμματικής περιόδου 2014-2020, ειδικού αγροπεριβαλλοντικού μέτρου για την ευρύτερη περιοχή μελέτης.</p> <p>Ιδιαίτερη αξία θα έχει η συμπερίληψη στα πλαίσια του Ειδικού Στόχου 3: Διαχείριση Φυσικών Πόρων η κατάρτιση μέτρου για τη διατήρηση και περαιτέρω ανάπτυξη παρόχθιας βλάστησης σε αγροτικές εκτάσεις πέριξ της λίμνης και των υδάτινων αποδεκτών που καταλήγουν σε αυτή. Σε αυτό το μέτρο θα μπορεί να χρηματοδοτηθεί και η Διατήρηση-αποκατάσταση υδροβιοτόπων ή και η κατασκευή τεχνητών.</p> <p>Επίσης πολύ σημαντική είναι η χρηματοδότηση του προτεινόμενου από τη Διαχειριστική μελέτη του Μέτρου 3.2: Διαχείριση του είδους <i>Carassius sp.</i></p> |
| <b>Προϋπολογισμός</b>            | 40.000,00 ευρώ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Απαιτούμενες ενέργειες:</b>   | <p>Των παραπάνω διαχειριστικών επιλογών πρέπει να προηγηθούν δειγματοληψίες οι οποίες θα προσδιορίσουν τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά της ιχθυοπανίδας στην λίμνη και θα προσδιορίσουν με ποσοτικά κριτήρια τα όρια και τα χαρακτηριστικά των εξαλιεύσεων.</p> <p>Επιπλέον, πρέπει να συνεχιστούν οι πειραματικές δειγματοληψίες στην περιοχή της Λίμνης, που αποτελούν απαραίτητο στάδιο για την ουσιαστική εκπόνηση διαχειριστικών μελετών.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Χρονοδιάγραμμα Υλοποίησης</b> | Για την επικαιροποίηση της Μελέτης υπολογίζεται χρόνος 2 μήνες. Θα εκπονηθεί από 1 Γεωπόνος και 1 Περιβαλλοντολόγος. Η εφαρμογή των μέτρων διαχείρισης της παρόχθιας ζώνης βλάστησης και της ιχθυοπανίδας θα λάβει χώρα το διάστημα 2017-2020.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Φορέας Υλοποίησης</b>         | Φ.Δ. Λίμνης Παμβώτιδας (μέσω προγραμματικών συμβάσεων)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Πηγή Χρηματοδότησης:</b>      | Πρόγραμμα Αγροτικής Ανάπτυξης 2014-2020- Μέτρο 10 και Μέτρο 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |