

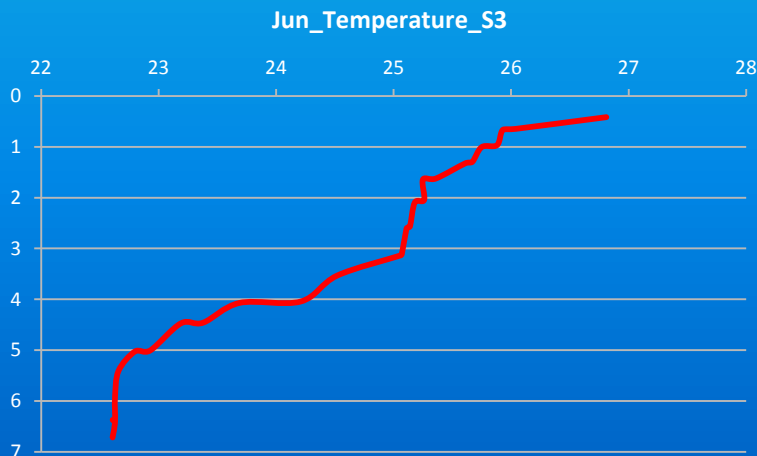
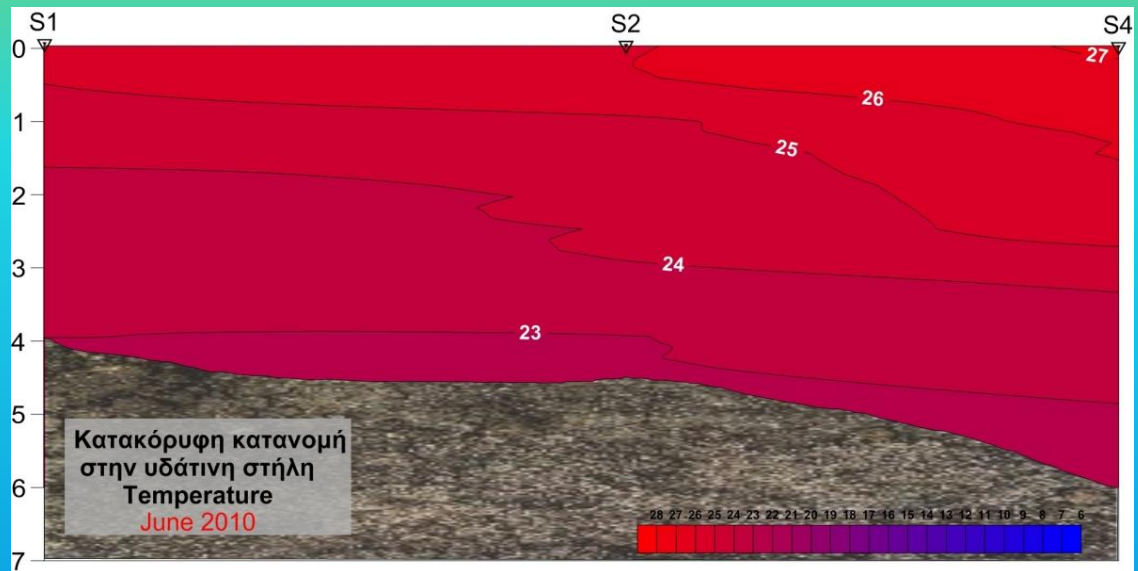
Πρόγραμμα Παρακολούθησης Υδάτων Λίμνης Παμβώτιδας

(Lake Pamvotis Water Monitoring Programm)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Min-Max Επιφάνειας:
7,6 (Φεβ) – 28,5 (Ιουλ)
Min-Max Πυθμένα:
6,1 (Φεβ) – 25,3 (Ιουλ)



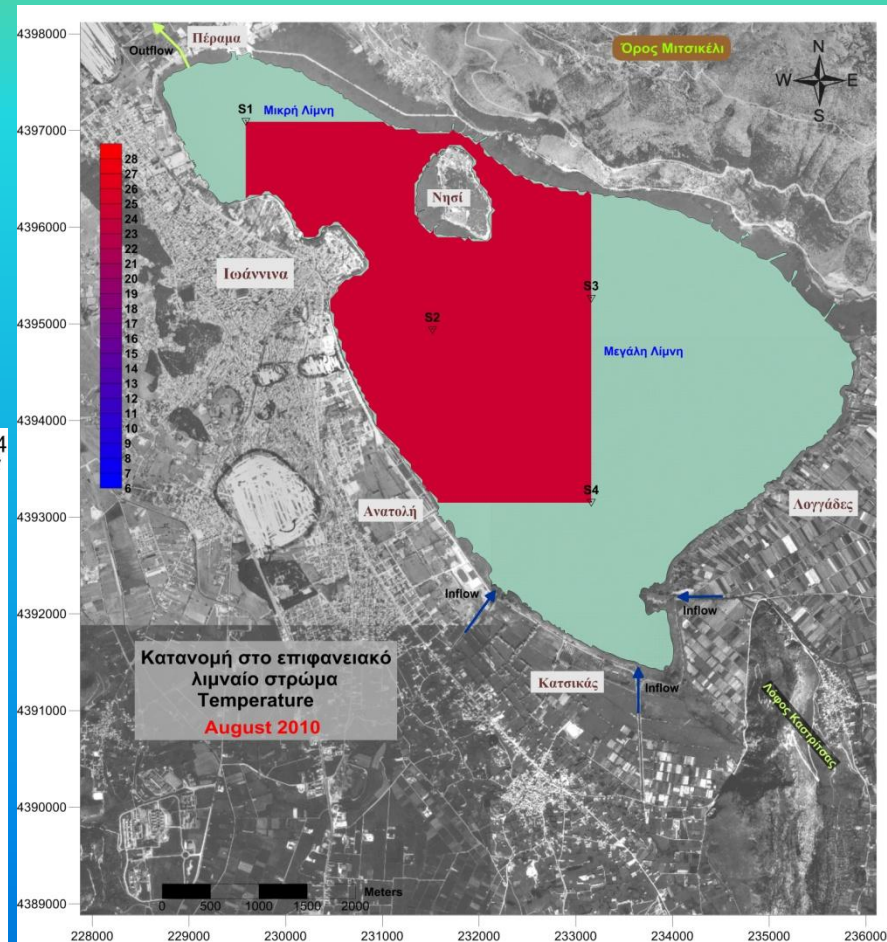
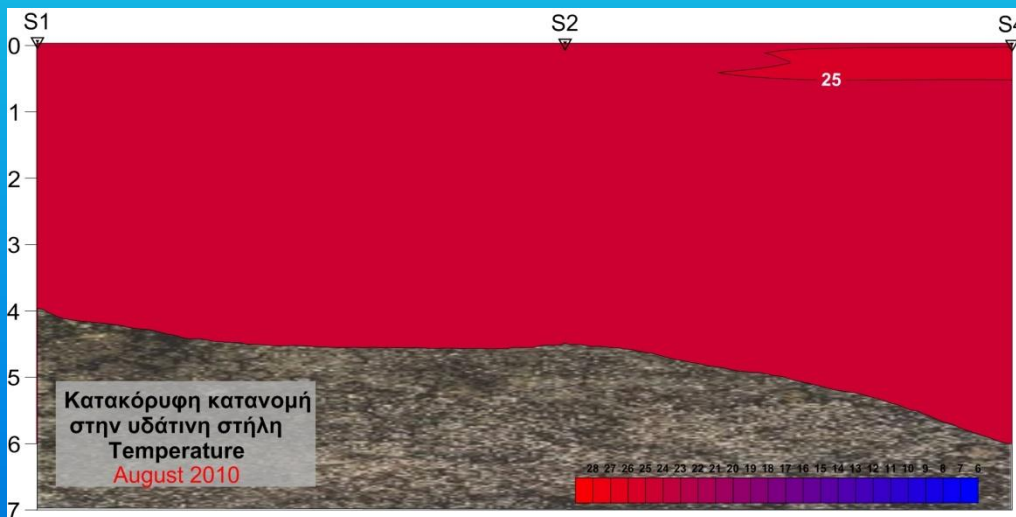
Η μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και πυθμένα παρατηρείται κατά το θέρος και τα τέλη άνοιξης όπου και εμφανίζεται στρωμάτωση της λίμνης κυρίως στο σταθμό με το μεγαλύτερο βάθος S3.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Αύγουστος
Ισχυροί άνεμοι



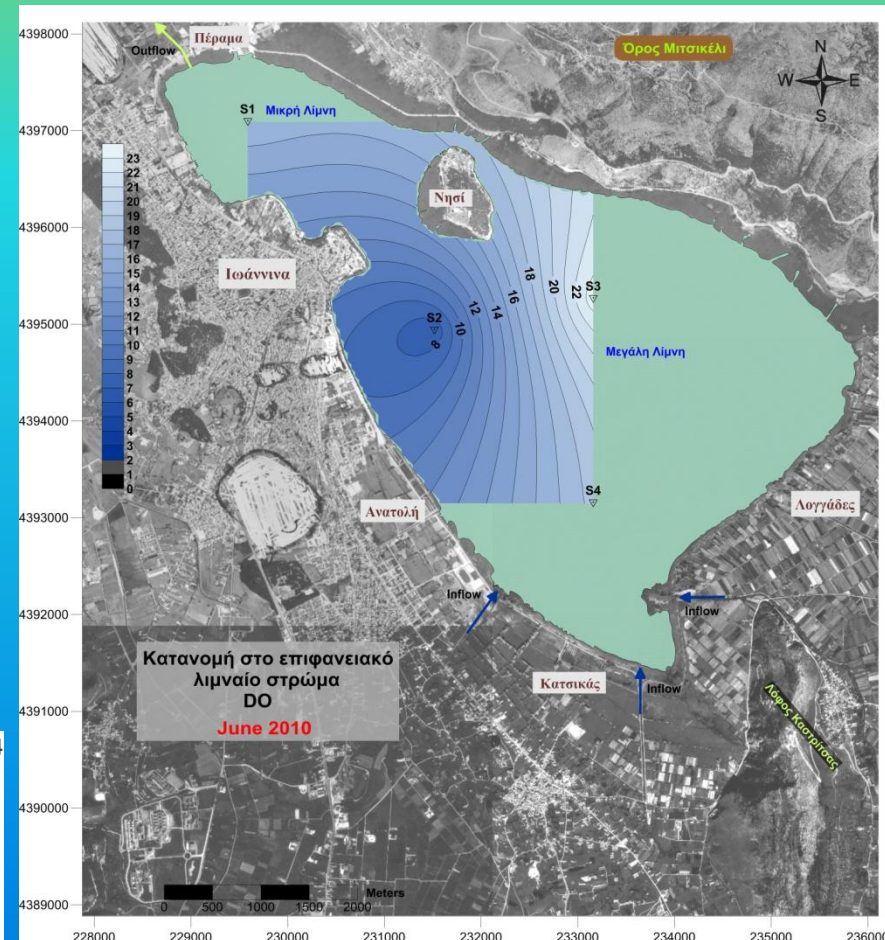
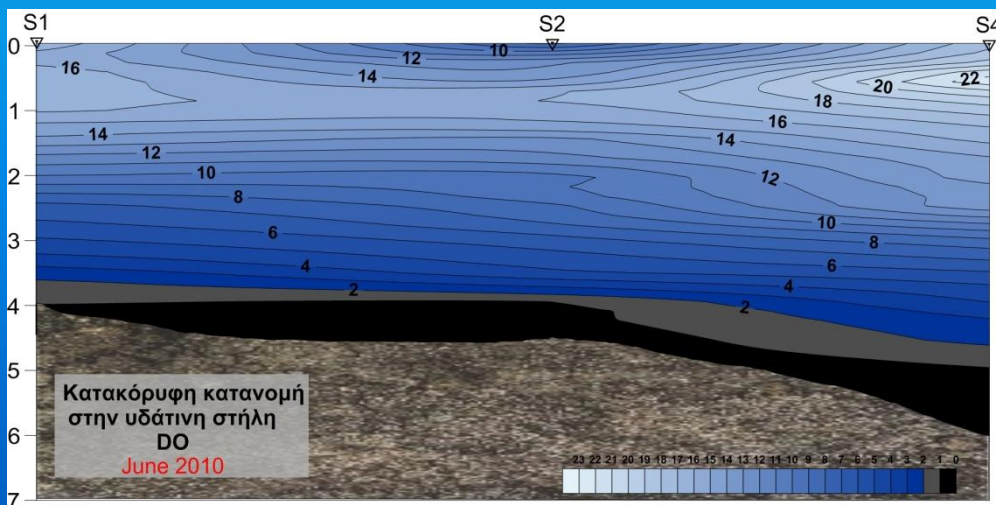
Πλήρης μίξη των υδάτων της λίμνης



ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

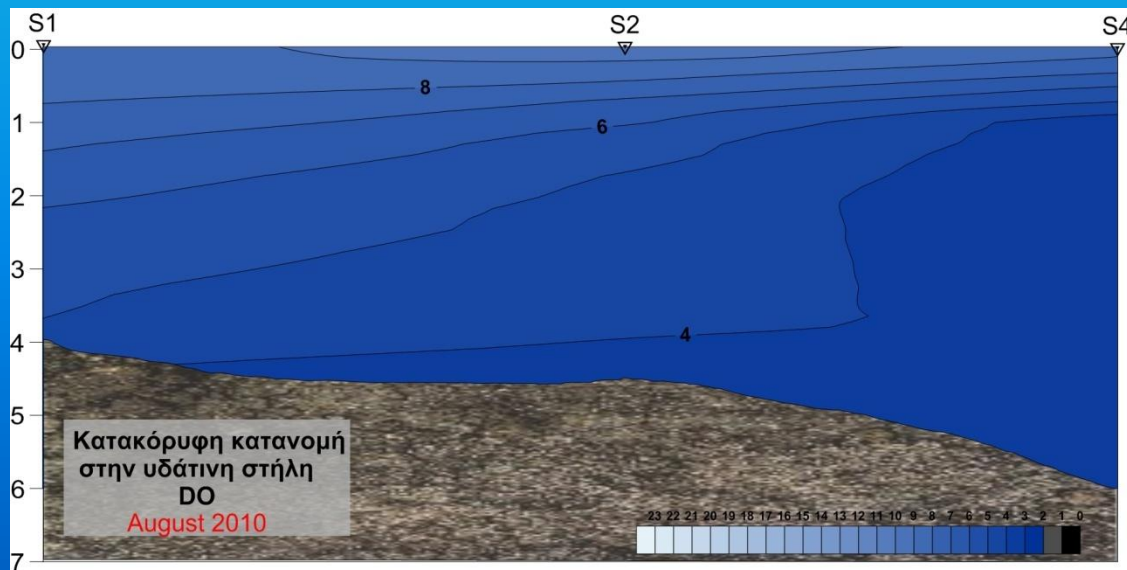
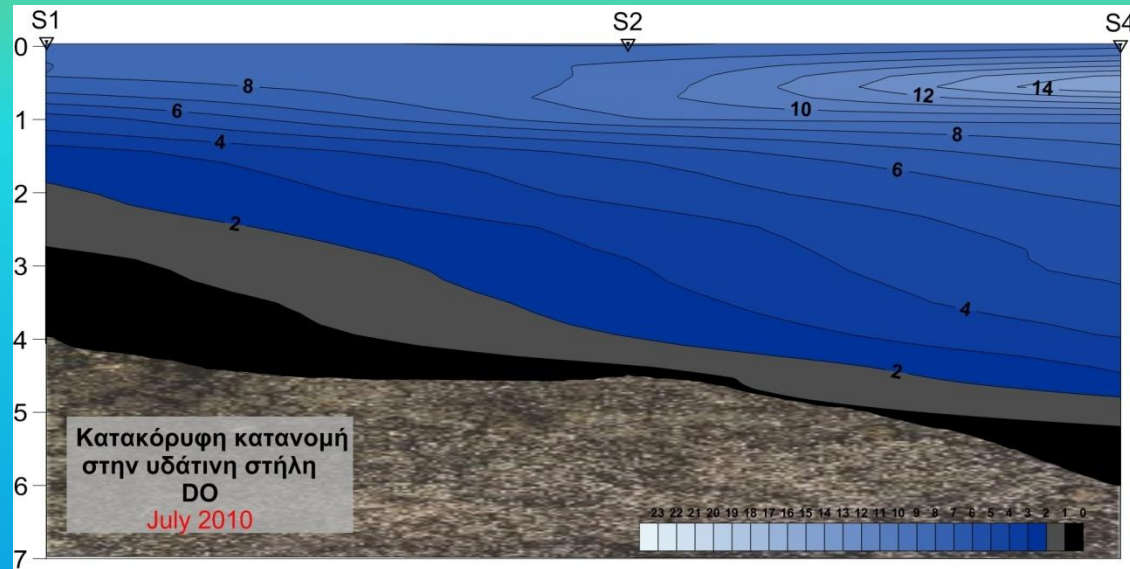
- Μέση τιμή: 10mg/l
- Μέγιστη 23,7 mg/l (Ιούνιος_S3)
- Ελάχιστη: 6,5 mg/l (Οκτώβριος_S4)

Υψηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου επιφανειακά (έντονο φαινόμενο φωτοσυνθετικών διεργασιών), στο μεγαλύτερο μέρος της λίμνης, ενώ ισχυρά οξυκλινή παρατηρούνται από το 1m μέχρι και τα 3,5m περίπου σε όλη την τομή.



ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

Φαινόμενα υποξίας ($<2\text{mg/l}$) και ανοξίας ($<1\text{mg/l}$) εμφανίζονται κατά τους θερινούς μήνες και στο τέλος της εαρινής περιόδου.

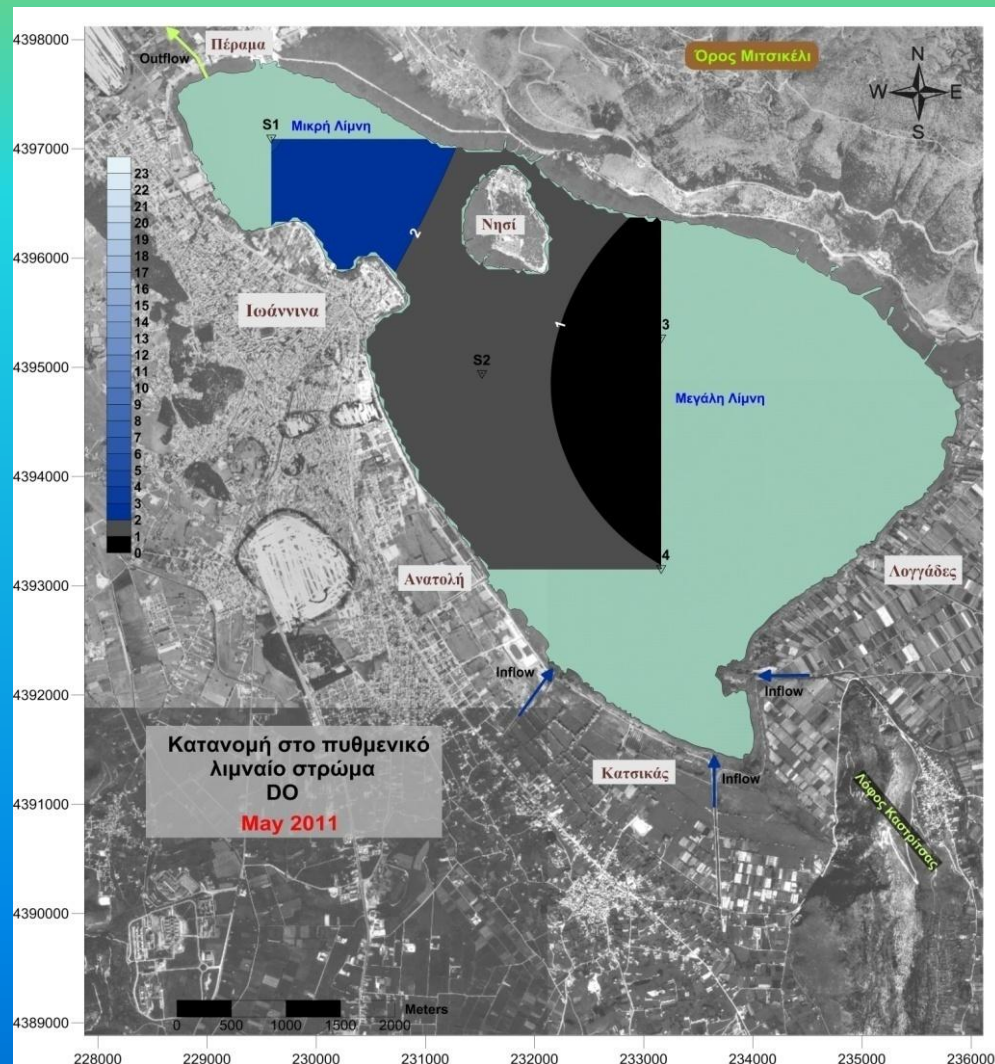


Ωστόσο, το μήνα Αύγουστο δεν παρατηρούνται αντίστοιχα φαινόμενα, καθότι ως αναφέρθηκε και προγενέστερα οι ισχυροί άνεμοι που έπνεαν προκάλεσαν την πλήρη μίξη των υδάτων με αποτέλεσμα να εμπλουτιστεί το νερό με οξυγόνο.

ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

Το μήνα Μάιο επανεμφανίζεται το φαινόμενο ανοξίας, σε συνδυασμό με υψηλότερες θερμοκρασίες.

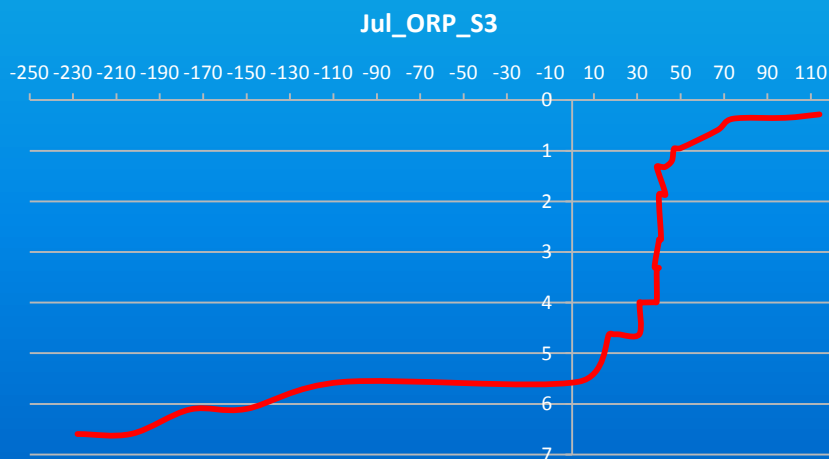
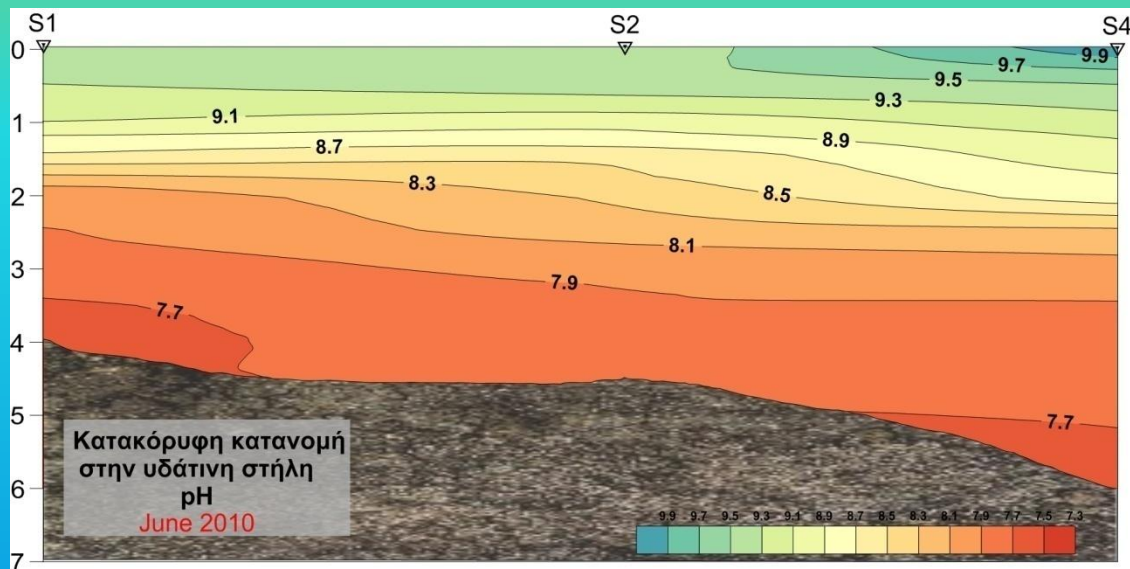
Οξειδωτική διεργασία βακτηριακής και βιοχημικής αποδόμησης κοντά στο ίζημα και πιθανή καταναλωτική δραστηριότητα (ζωοπλαγκτόν).



pH, ORP

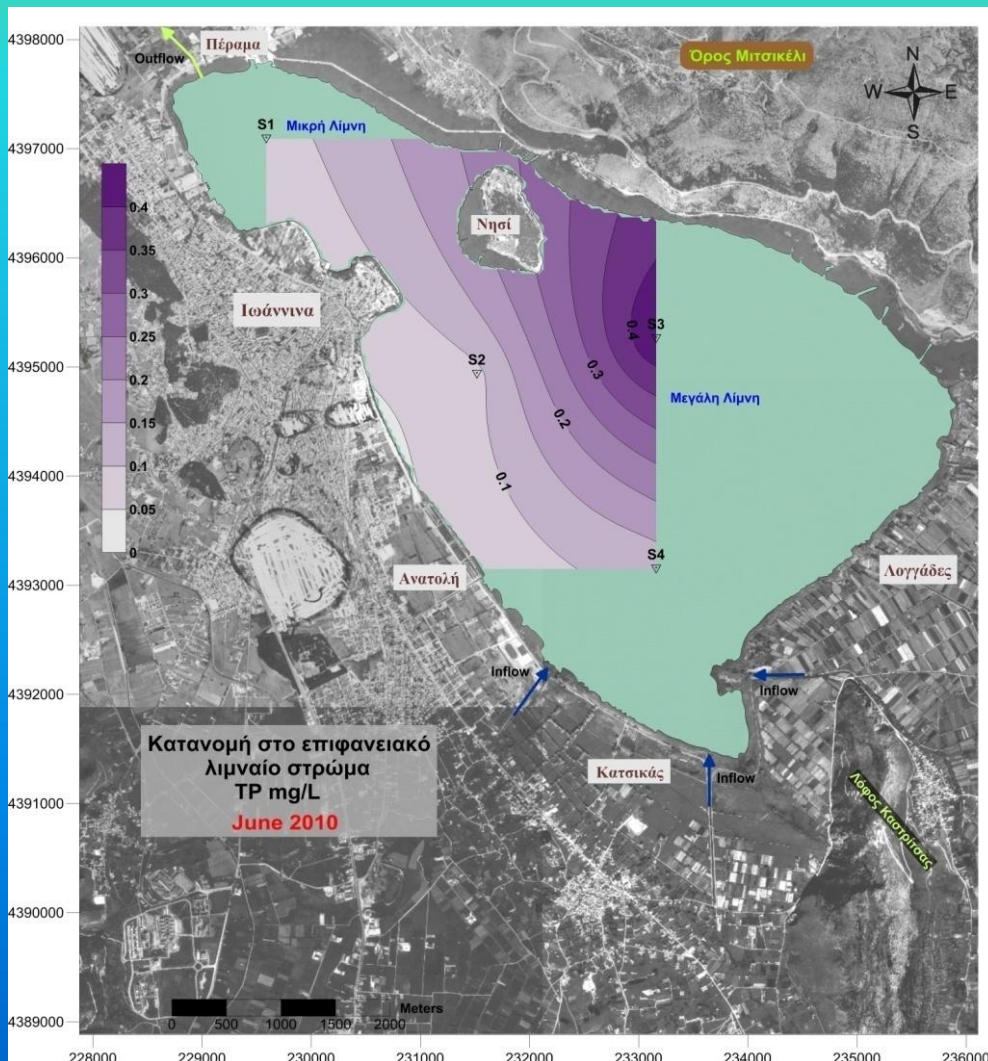
Το pH εμφανίζει μια μέση τιμή 8,6 ενώ ιδιαίτερα αυξημένες τιμές.

Η υψηλότερες οριζόντιες και κατακόρυφες διακυμάνσεις εμφανίζονται κατά τους θερινούς μήνες και να εντοπίζονται ανατολικά και νοτιοανατολικά της λίμνης, και μειώνονται καθώς κινούμαστε προς τη βορειοδυτική πλευρά.



Όσον αφορά το ORP οι πιο αναγωγικές συνθήκες, καθώς πλησιάζουμε τον πυθμένα, παρουσιάζονται κατά τους θερινούς μήνες ενώ οι πιο οξειδωτικές τους χειμερινούς ακολουθώντας την τάση των συγκεντρώσεων του οξυγόνου.

Ολικός Φώσφορος (TP)

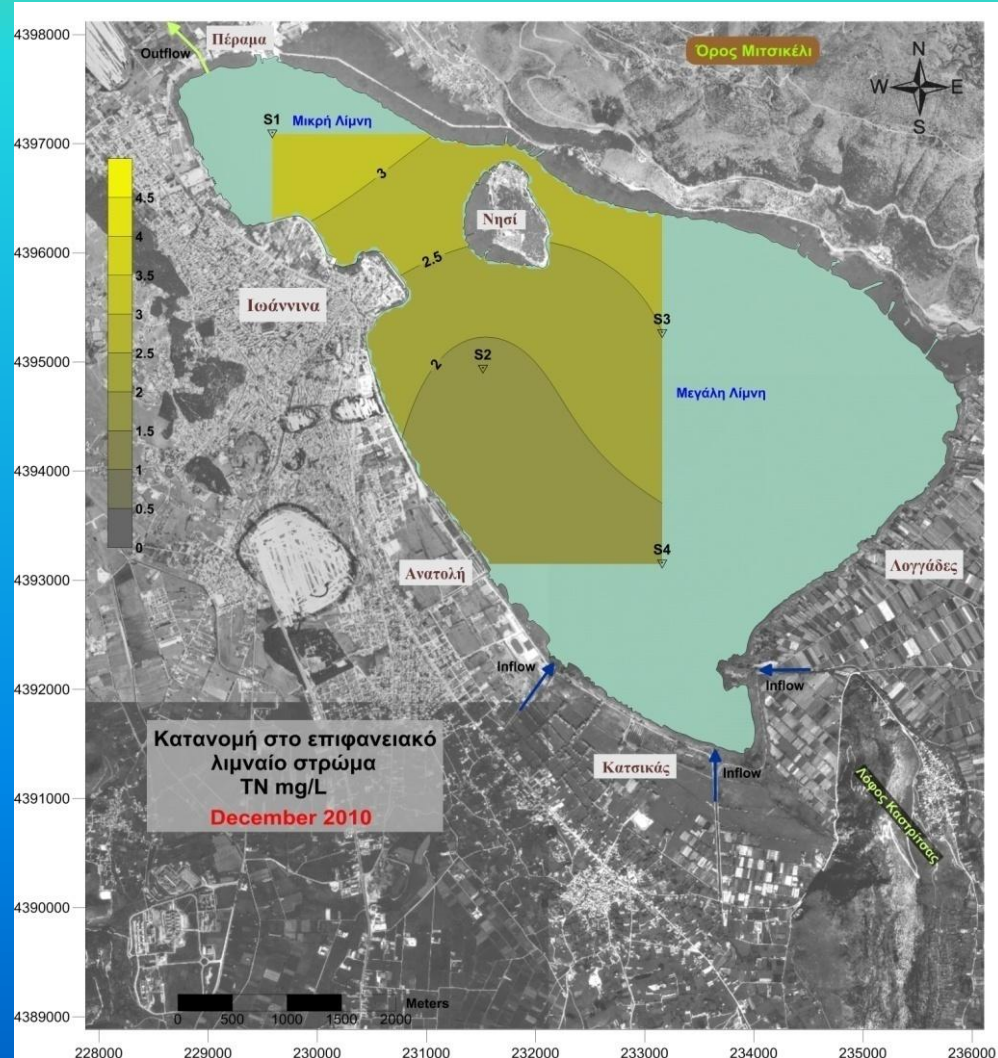


Οι αυξημένες τιμές κατά τη θερινή περίοδο πιθανόν να σχετίζονται με τις αναγωγικές συνθήκες και ανοξικές συνθήκες που επικρατούν στον πυθμένα, καθώς ο φώσφορος που είναι δεσμευμένος με το σίδηρο (III), ανάγεται σε σίδηρο (II), με αποτέλεσμα ο σίδηρος και ο προσροφόμενος φωσφόρος να επιστρέφουν στην υδάτινη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

Ολικό άζωτο (TN)

Αυξημένες συγκεντρώσεις του TN, 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 κατά τους χειμερινούς μήνες οφείλονται στις ισχυρές βροχοπτώσεις και την επιφανειακή απορροή.



ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ

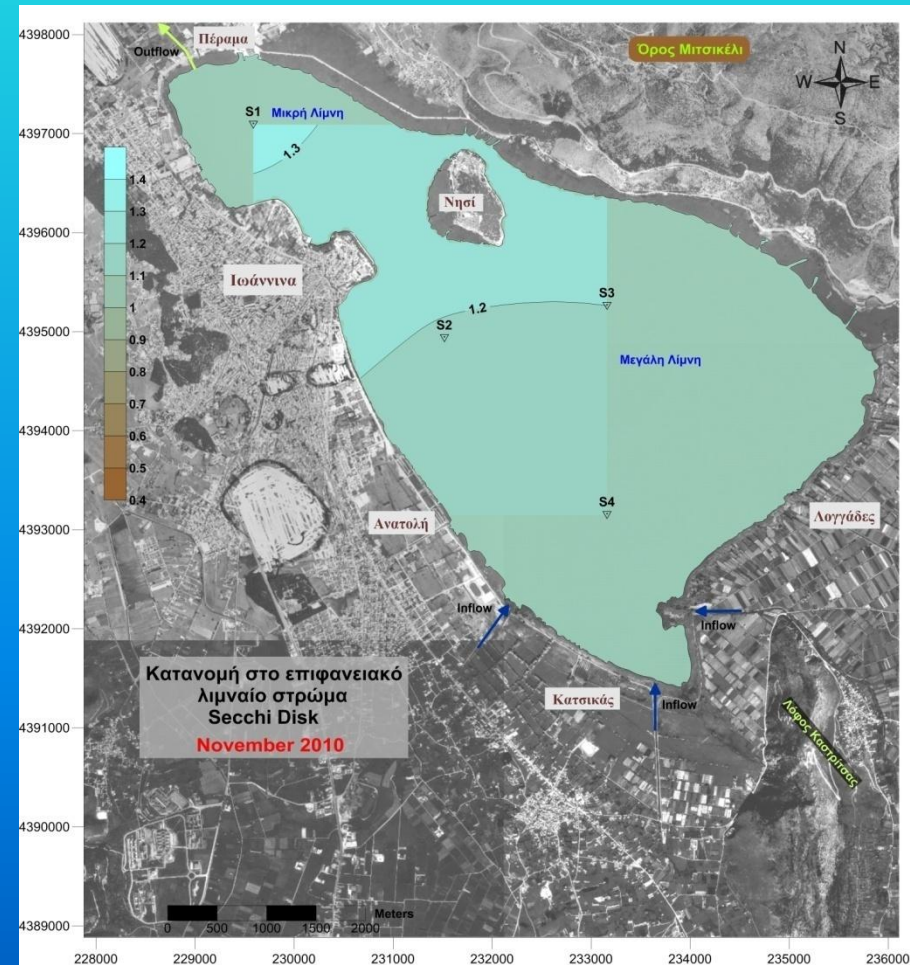
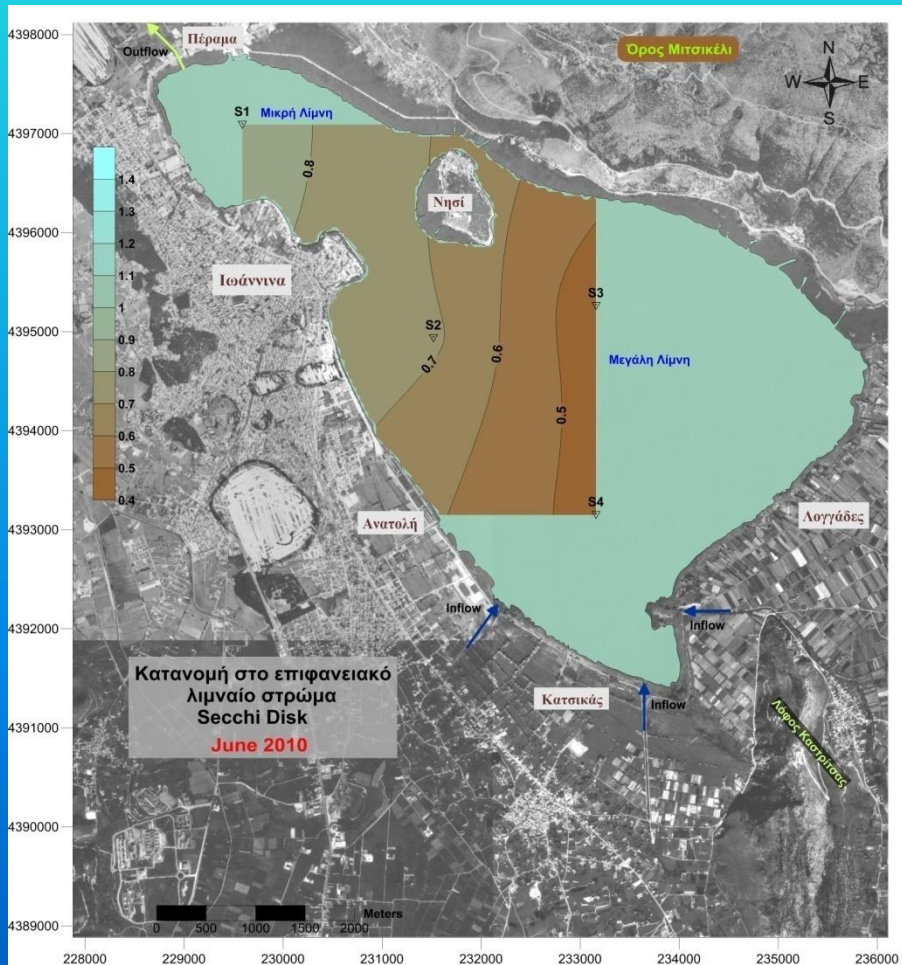
- ❖ Η αφθονία του φυτοπλαγκτού σε λίμνες γλυκού νερού έχει συσχετιστεί με πολλούς περιοριστικούς παράγοντες. Ο λόγος TN:TP έχει προταθεί ως δείκτης, έτσι ώστε να κατηγοριοποιηθούν οι λίμνες ανάλογα με το αν το άζωτο ή ο φώσφορος είναι περιοριστικός παράγοντας.
- ❖ Στη λίμνη Παμβώτιδα καταδεικνύεται την εναλλαγή του περιοριστικού παράγοντα κατά τη διάρκεια του έτους.

Περιοριστικός παράγοντας στη λίμνη Παμβώτιδα		
Ημ/νια	TN/TP	Limiting Nutrient
Ιουν-10	14	N OR P
Ιουλ-10	14	N OR P
Αυγ-10	9	N
Σεπ-10	11	N OR P
Οκτ-10	16	N OR P
Νοε-10	24	P
Δεκ-10	25	P
Ιαν-11	23	P
Φεβ-11	9	N

ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ

Η μέγιστη ετήσια τιμή διαφάνειας είναι 1,4m (Ιανουάριος_S3) ενώ η ελάχιστη 0,41m (Ιούλιος_S4)

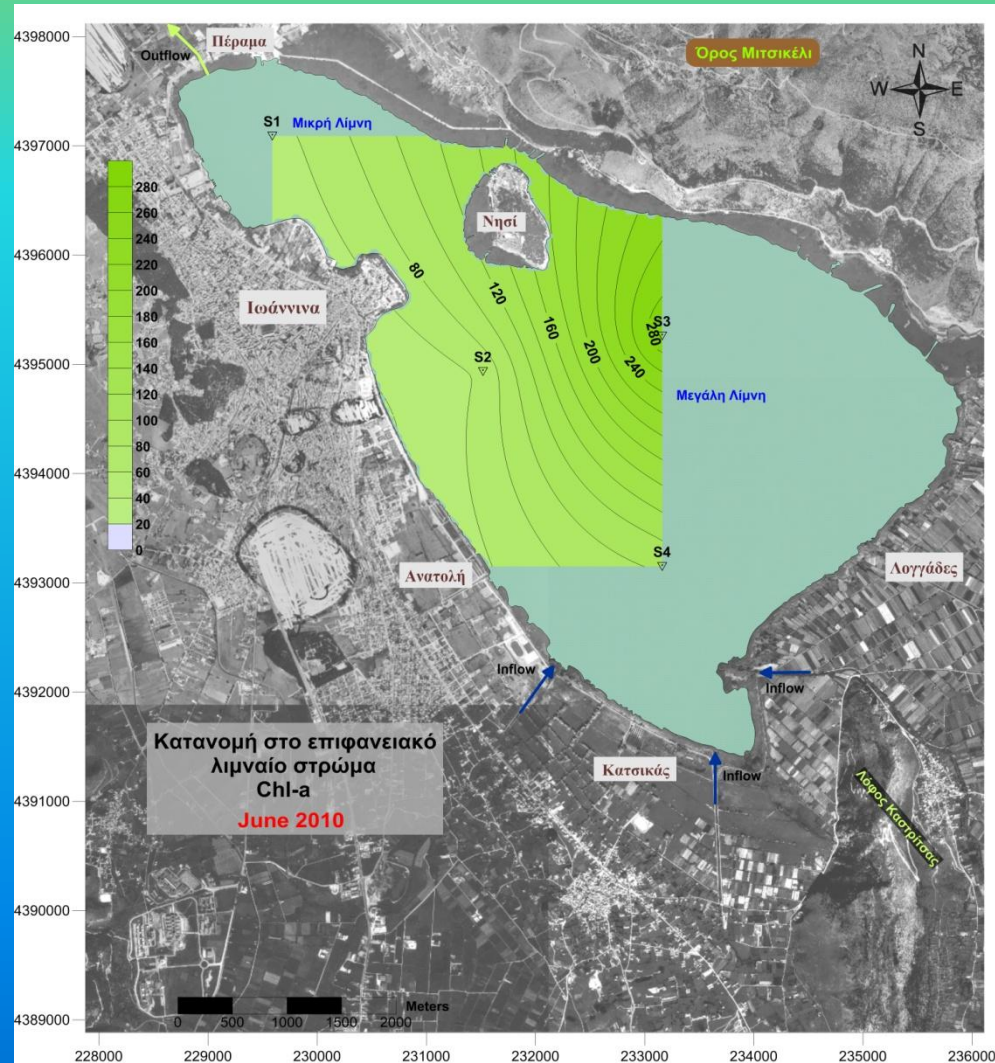
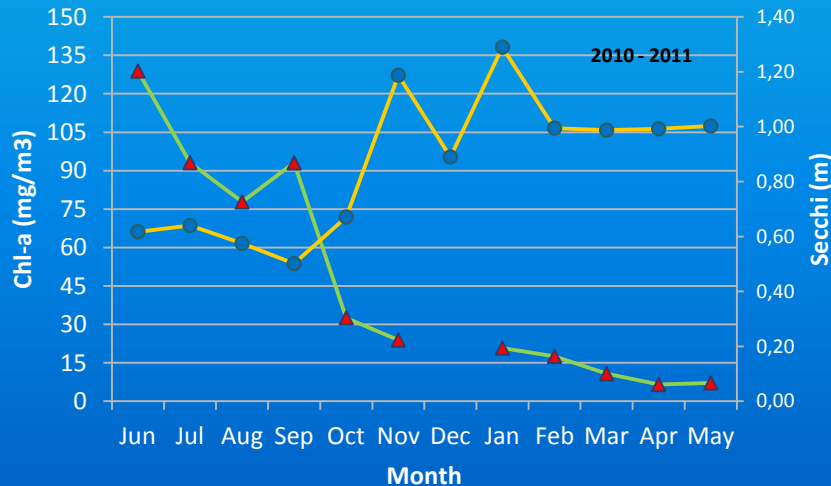
Στην ΝΑ πλευρά φαίνεται η επιρροή των αποστραγγιστικών τάφρων.



ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ - α

Η μέση ετήσια τιμή chl-a είναι 46,6 mg/m³ με μέγιστη τιμή τα 298,1 mg/m³ (Ιούνιος) και ελάχιστη τα 4,9 mg/m³ (Απρίλιος).

Η έξαρση της άνθισης του φυτοπλαγκτού εμφανίζεται διαδοχικά σε δύο εποχές, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, κατά τις οποίες η τιμή της *Chl-a* ξεπερνά την τιμή των 25 mg/m³, που έχει ορίσει ο ΟΕCD, για την κατάταξη των λιμνών ως υπερτροφικές.



ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΡΟΦΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (TSI)

- ❖ Ένας δείκτης τροφικής κατάστασης (Trophic State Index, TSI), χρησιμοποιεί τη βιομάζα του φυτοπλαγκτού, ως βάση μιας συνεχούς σειράς τροφικών καταστάσεων σε λίμνες υπό συνθήκες περιορισμού και μη θρεπτικών.
- ❖ Για την κατάταξη της τροφικής κατάστασης των λιμνών ο Carlson (1977) πρότεινε τρεις δείκτες σε μια κλίμακα 0-100.
- ❖ Οι δείκτες αυτοί υπολογίζονται με βάση το SD (m), και τις συγκεντρώσεις των TP και Chl-a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).

ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΡΟΦΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (TSI)

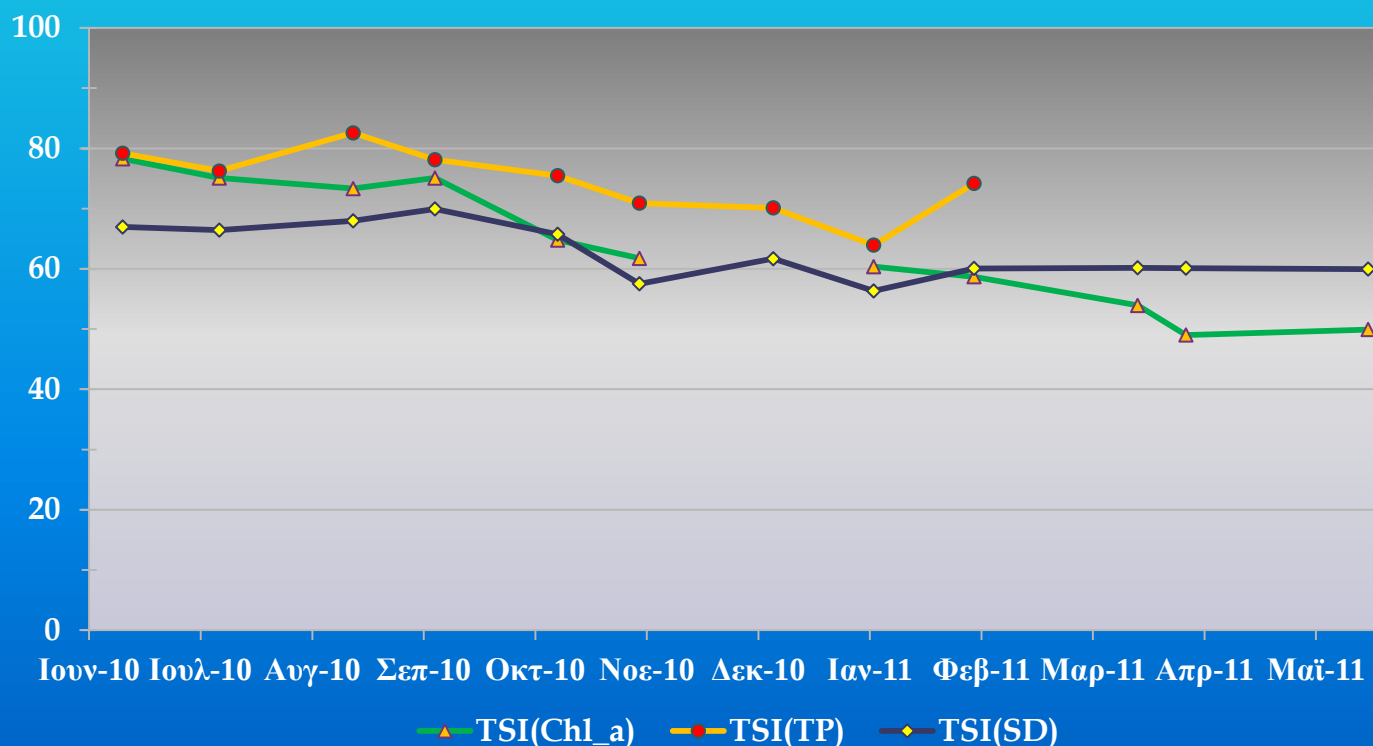
- ❖ Οι δείκτες τροφικής κατάστασης (TSI) του Carlson, βασίστηκαν στην μετατροπή της διαφάνειας του δίσκου Secchi, έτσι ώστε ο διπλασιασμός ή υποδιπλασιασμός της διαφάνειας να αντιστοιχεί σε μια δεκαβάθμια κλίμακα TSI.

Carlson TSI			
Ημ/νια	TSI(<i>Chl-a</i>)	TSI(SD)	TSI(TP)
Ιουν-10	78	67	79
Ιουλ-10	75	66	76
Αυγ-10	73	68	83
Σεπ-10	75	70	78
Οκτ-10	65	66	75
Νοε-10	62	58	71
Δεκ-10	*	62	70
Ιαν-11	60	56	64
Φεβ-11	59	60	74
Μαρ-11	54	60	*
Απρ-11	49	60	*
Μαϊ-11	50	60	*

ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΡΟΦΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (TSI)

Τιμές TSI μικρότερες του 30 συνήθως εμφανίζονται σε oligότροφες λίμνες, ενώ τιμές μεταξύ 50 και 70 αντιστοιχούν σε τυπικές ευτροφικές συνθήκες. Υπερτροφικές συνθήκες έχουν συνήθως τιμές TSI μεγαλύτερες του 70.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, οι τρεις δείκτες του Carlson βρίσκονται σε μια σχετική συμφωνία.



ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΡΟΦΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (TSI)

- ❖ Σύμφωνα με τους δείκτες του Carlson η λίμνη Παμβώτιδα όσον αφορά το δείκτη της χλωροφύλλης, το διάστημα από τον Ιούνιο μήνα έως και το Σεπτέμβριο μπορεί να χαρακτηριστεί ως υπερτροφική ενώ το υπόλοιπο διάστημα κατατάσσεται ως ευτροφική.
- ❖ Αντίστοιχα, σύμφωνα με το δείκτη του ολικού φωσφόρου η λίμνη μπορεί να χαρακτηριστεί ως υπερτροφική ενώ με βάση τον δείκτη της μέση διαφάνειας χαρακτηρίζεται ως ευτροφική.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας η λίμνη συγκεντρώνει τις τυπικές συνθήκες μιας μεσογειακής εύτροφης λίμνης, εμφανίζοντας στρωμάτωση τους καλοκαιρινούς και εαρινούς μήνες ιδιαίτερα σε περιοχές με μεγάλο βάθος (σταθμός S3), το φαινόμενο όμως δύναται να χαρακτηριστεί περιοδικό και ασταθές. Φαίνεται επίσης, να υπάρχει ισχυρή σχέση μεταξύ των ανέμων που πνέουν την θερινή περίοδο και της μίξης των υδάτων της λίμνης, ενώ παράλληλα οι συνήθεις στρωματώσεις είναι επιφανειακές, συνήθως μικρής διάρκειας, από μερικές ώρες μέχρι και μερικές ημέρες.
- Η λίμνη Παμβώτιδα δεν διατηρεί εποχιακή θερμική στρωμάτωση αλλά αντίθετα εμφανίζει συχνές περιόδους πλήρους μίξης με αποτέλεσμα να θεωρείται ως μια πολυμικτική λίμνη, εμφανίζοντας ημερήσια θερμοκλινή από τον Απρίλιο έως και το Σεπτέμβριο (Romero & al.,2002).

- ▣ Με βάση έρευνα που διεξήχθη από τους Kagalou & al. (2008) κατά τη διάρκεια τριών διαφορετικών περιόδων παρατηρήθηκε ότι τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου ακολούθησαν -όπως και η θερμοκρασία- μια τυπική πορεία ρηχών μεσογειακών λιμνών, με χαμηλές συγκεντρώσεις προς το τέλος της θερινής περιόδου και υψηλότερες τιμές κατά την διάρκεια του χειμώνα.
- ▣ Ωστόσο, η έρευνα κατέδειξε ότι εντοπίζονται σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου τους καλοκαιρινούς μήνες και τις αρχές του φθινοπώρου γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί από την φωτοσυνθετική δραστηριότητα της περιόδου ενώ εμφανίζονται έντονα φαινόμενα κλινοδιαβάθμισης οξυγόνου και ανοξικές συνθήκες κοντά στον πυθμένα. Αντίθετα την περίοδο που σημειώνεται πτώση της θερμοκρασίας τα επίπεδα οξυγόνου επιστρέφουν σε σχετικά φυσιολογικά επίπεδα.
- ▣ Τα έντονα ανοξικά επίπεδα που παρουσιάζονται, οφείλονται στην ύπαρξη οργανική ύλης και αυξανόμενων αναγκών σε οξυγόνο, εξαιτίας των οξειδωτικών διεργασιών της βακτηριακής αποδόμησης κοντά στο ίζημα και της υψηλής θερμοκρασίας

- ▣ Η λίμνη σήμερα εμφανίζει ένα ιδιαίτερο αλκαλικό περιβάλλον με υψηλές τιμές pH τους καλοκαιρινούς μήνες, οπότε και είναι έντονο το φαινόμενο της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Το pH εμφανίζεται να είναι μικρότερο στον πυθμένα εν συγκρίσει με την επιφάνεια, ενώ παρατηρείται η στρωμάτωσή του τους θερινούς μήνες και τις αρχές του φθινοπώρου.
- ▣ Χαρακτηριστικό επίσης στοιχείο της λίμνης, είναι οι ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις χλωροφύλλης-α οι οποίες παρατηρούνται τους θερινούς μήνες και μια εδραίωση της τιμής της χλωροφύλλης σε υψηλά επίπεδα.

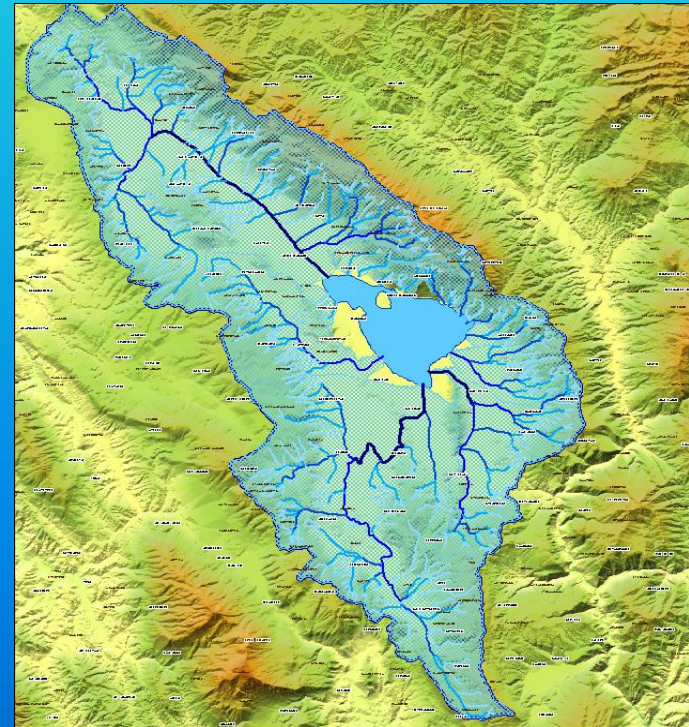
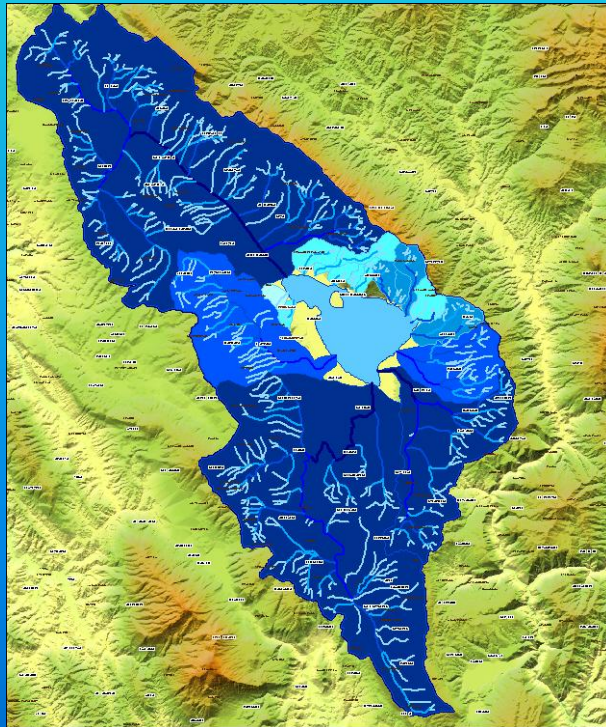
- ▣ Όσον αφορά το φώσφορο οι υψηλές τιμές που παρατηρήθηκαν τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο πιθανό να οφείλονται στις ανοξικές συνθήκες και στις αναγωγικές συνθήκες που επικρατούσαν στον πυθμένα με αποτέλεσμα την παραγωγή φωσφόρου από το ίζημα.
- ▣ Επίσης, η αναγωγή του θείου φαίνεται ότι έχει και τη μεγαλύτερη ευθύνη για την παραγωγή του P, ενώ η οξείδωση του σιδήρου την καθυστερεί (Roden & Edmonds, 1997).
- ▣ Σύμφωνα με τους Jeppesen & al. (1997) και Sondergaard & al. (1999) η αύξηση αυτή μπορεί να είναι αποτέλεσμα μόνο εσωτερικής ανατροφοδότησης. Στη λίμνη Παμβώτιδα οι περιοδικοί άνεμοι και τα ρεύματα της λίμνης προκαλούν επαναιώρηση του ιζήματος του πυθμένα με αποτέλεσμα την απελευθέρωση φωσφόρου (Romero & al., 2002).

- ▣ Επιπλέον πολλά από τα εισαχθέντα πλαγκτονοφάγα και βενθοφάγα είδη κυπρινοειδών ενισχύουν την εσωτερική ανατροφοδότηση φωσφόρου, ενώ παράλληλα έχουν σχεδόν εξαφανιστεί τα μακρόφυτα που πιθανότατα οφείλεται στην εισαγωγή φυτοφάγων ειδών (Kangalou & al., 2003).
- ▣ Ισχυρή σχέση μεταξύ τροφικής κατάστασης της λίμνης και ειδών ψαριών παρατηρείται ειδικά στις ρηχές Μεσογειακές λίμνες. Μεγάλοι πληθυσμοί παμφάγων και βενθοφάγων ειδών ψαριών, ως ιδιαίτερα ανταγωνιστικά είδη, περιορίζουν ή και εκτοπίζουν πληθυσμούς σαρκοβόρων ειδών, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται ο πληθυσμός του ζωοπλαγκτού ο οποίος θα μπορούσε να αποτελέσει ρυθμιστή του φυτοπλαγκτού (Beklioglu & al., 2007).

- ▣ Κατά τη διάρκεια των θερινών περιόδων η χαμηλή στάθμη των μεσογειακών ρηχών λιμνών, όπως και η λίμνη Παμβώτιδα, οδηγεί σε αύξηση της φυτικής βιομάζας και του φαινομένου της απονιτροποίησης με την άνοδο της θερμοκρασίας. Οι αλλαγές στη θερμοκρασία μπορούν να εξηγήσουν την ετήσια μεταβολή της συγκέντρωσης των νιτρικών, καθώς επίσης μπορούν να επηρεάσουν και τις σε βάθος χρόνου αλλαγές των συγκεντρώσεων τους.
- ▣ Σύμφωνα με τους Romero & Imberger (1999) κατά την θερινή περίοδο στη λίμνη Παμβώτιδα εντοπίστηκαν υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού σωματιδιακού αζώτου, γεγονός που δύναται να εξηγήσει τις αυξημένες τιμές του αζώτου που στην παρούσα ερευνητική εργασία καταγράψαμε κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όπως άλλωστε δυνητική εξήγηση αποτελούν και οι συγκεντρώσεις αμμωνιακών ιόντων που οφείλονται στις ανοξικές συνθήκες που επικρατούσαν στον πυθμένα.

- ▣ Υπό ανοξικές συνθήκες τα ιζήματα απελευθερώνουν αμμωνία με συνήθεις συγκεντρώσεις της τάξεως των, <5, 5-10, >15mg N m⁻² day⁻¹ για ολιγο/μεσοτροφικές, μεσο/ευτροφικές και ευτροφικές/υπερτροφικές λίμνες αντίστοιχα (Beutel, 2006). Αντίστοιχα το χειμώνα οι υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου οφείλονται σε εισροές κατά την περίοδο βροχοπτώσεων.
- ▣ Τα αποτελέσματα της έρευνάς μας φαίνεται να συγκλίνουν σε ένα μεγάλο βαθμό, με τις προαναφερθείσες προγενέστερες μελέτες-έρευνες που διενεργήθηκαν και αφορούσαν το οικοσύστημα της λίμνης Παμβώτιδας, αλλά και αναφορές από την διεθνή βιβλιογραφία. Η γενική τάση καταδεικνύει ότι πρόκειται για μια ευτροφική λίμνη με έντονη ροπή προς υπερτροφικά χαρακτηριστικά, κυρίως τη διάρκεια του θέρους μέχρι και τις αρχές του φθινοπώρου.

- Στην ποιότητα των νερών της λίμνης Παμβώτιδας, σημαντικό ρόλο ενέχει η διαμόρφωσή της από υδρολογική πλευρά και η σχέση επικοινωνίας που έχει με το υπόλοιπο λεκανοπέδιο των Ιωαννίνων, μια και αυτή η σχέση καθορίζει τις εισροές και εκροές, προς και από τη λίμνη.



- ▣ Οι ανοξικές και υποξικές συνθήκες φαίνεται να επηρεάζονται από το φαινόμενο της θερμικής διαστρωμάτωσης κατά το θέρος και την παρουσία οργανικής ύλης, ενώ παράλληλα με την έντονη κλινοδιαβάθμιση στις κατατομές του οξυγόνου, παρουσιάζεται συνήθως αξιοσημείωτη αύξηση της συγκέντρωσης φωσφόρου στο κατώτερο υπολίμνιο και πλησίον της διάφασης ιζήματος – ύδατος, ο οποίος διαλύεται υπό αναγωγικές συνθήκες και μεταφέρεται δια της διαχύσεως υψηλότερα στη στήλη του ύδατος.
- ▣ Η εντατική χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων περιμετρικά της λίμνης αλλά και στο λεκανοπέδιο, συμβάλλουν στην υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων και έχουν τόσο άμεση όσο και χρόνια επιρροή στην τροφική ακολουθία.
- ▣ Απόρροια όλων, είναι η εμφάνιση μεταξύ άλλων του φαινομένου του ευτροφισμού με μια έντονη και σταθερή τάση προς υπερτροφικές συνθήκες, με αποτέλεσμα το οικοσύστημα να δυσκολεύεται να απορροφήσει τους ρύπους και να αντιδράσει έτσι ώστε να βρει μια καινούρια ισορροπία που θα του διασφαλίσει τη διατήρησή του.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Ευτροφική λίμνη με ιδιαίτερα έντονη ροπή προς υπερτροφικά χαρακτηριστικά.
- Ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις χλωροφύλλης-α
- Υποξικές και ανοξικές συνθήκες κυρίως την θερινή περίοδο.
- Παραγωγή φωσφόρου από το ίζημα (εσωτερική ανακύκλωση)
- Κυρίως η N-NA πλευρά της λίμνης εμφανίζει τα συχνότερα και πιο έντονα από τα ανωτέρω φαινόμενα που αναφέρονται.