

**“Η ΑΛΛΑΤΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑΣ:
ΕΝΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗΣ
ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΛΟΓΩ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ ΕΙΣΡΟΩΝ
ΠΟΤΑΜΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ – Η ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΙΑΣΜΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ
ΑΛΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ**

ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ Π., Επικ. Καθηγητής Δ.Π.Θ.
ΚΩΤΣΟΒΙΝΟΣ Ν., Καθηγητής Δ.Π.Θ

ΗΜΕΡΙΔΑ -ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ
ΞΑΝΘΗΣ

Ξάνθη 21/11/2008

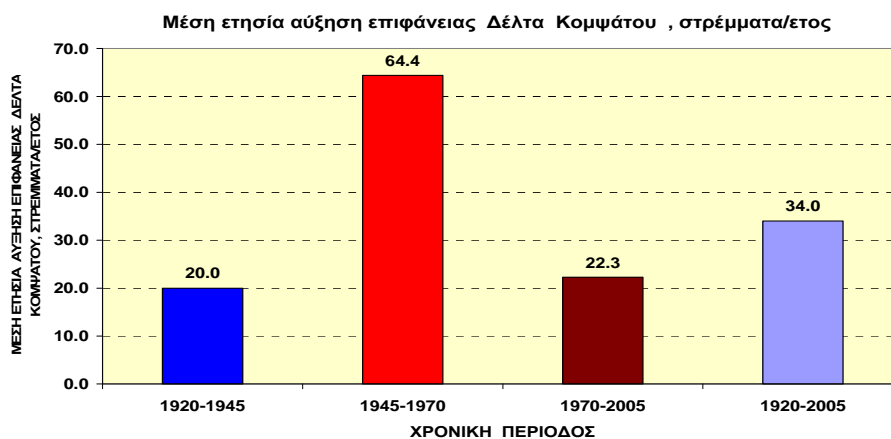
Κος ΚΩΤΣΟΒΙΝΟΣ:

Κατ’ αρχάς, προτού αναπτύξω το επιστημονικό μέρος της ομιλίας μου, θα κάνω μια μικρή αναδρομή στο παρελθόν.

Από το 1977, που ήρθα στην Ξάνθη ως Τακτικός Καθηγητής Υδραυλικών Έργων του ΔΠΘ, αμέσως το πρόβλημα της λίμνης Βιστωνίδα εντάχθηκε στα ερευνητικά μας ενδιαφέροντα, μετρώντας τις ετήσιες μεταβολές της αλατότητας καθώς και μερικές βασικές υδρολογικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους. Λίγοι σήμερα θα γνωρίζουν ότι υπήρχε μελέτη εγκεκριμένη από το 1970 του αποχετευτικού συστήματος της Ξάνθης, όπου η χωροθέτηση του βιολογικού καθαρισμού λυμάτων Ξάνθης ήταν δίπλα στο Κόσυνθο, κοντά στα παλιά σφαγεία, και αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων ο ποταμός Κόσυνθος, και έμμεσα η Βιστωνίδα. Ένα μεγάλο τμήμα του κεντρικού αποχετευτικού αγωγού, που θα οδηγούσε μόνιμως τα λύματα στον Κόσυνθο-Βιστωνίδα είχε κατασκευασθεί γύρω στο 1983. Επισκέφθηκα, τότε, τον αείμνηστο Δήμαρχο Κωνσταντίνο Μπένη (Δήμαρχος Ξάνθης από το 1978 έως το 1990)

και του υπέδειξα τα προβλήματα που θα υπήρχαν στο μέλλον από την διάθεση των λυμάτων της Ξάνθης στον Κόσυνθο. Το καλοκαίρι ο Κόσυνθος έχει ελάχιστη παροχή και τα λύματα θα δημιουργούσαν (έστω και επεξεργασμένα) προβλήματα δυσοσμίας .Θα χρειαζόταν (με μεγάλο οικονομικό κόστος) απομάκρυνση φωσφόρου, βαρέων μετάλλων και άλλων ρύπων για την προστασία της λίμνης από ευτροφισμό και περιβαλλοντική υποβάθμιση .Για όποια προβλήματα περιβαλλοντικά παρουσίαζε στο μέλλον η Βιστωνίδα , θα υπήρχε πάντα η υποψία ότι ευθύνεται η Ξάνθη .Ο αιώνηστος Δήμαρχος Κώστας Μπένης ,επιδεικνύοντας εξαιρετική πολιτική οξυδέρκεια, αμέσως αντιλήφθηκε τη σημασία των όσων του εξέθεσα κι ενώ υπήρχε εγκεκριμένη μελέτη και ο εργολάβος είχε ήδη κατασκευάσει μεγάλο μέρος του αγωγού ,με αποφασιστικότητα σταμάτησε το έργο .Υποδείξαμε τότε το χείμαρρο Λασπία σαν κατάλληλο αποδέκτη των λυμάτων της Ξάνθης, πράγμα που έγινε αποδεκτό και κατασκευάστηκε ο βιολογικός στην σημερινή θέση του με αποδέκτη τον χείμαρρο Λασπία. Θεωρώ συνεπώς υποχρέωση μου να αναφέρω τα ανωτέρω για να τιμήσω ,χάριν της ιστορικής αλήθειας,την συμβολή του αιώνηστου Δημάρχου στην προστασία της λίμνης Βιστωνίδας.

Πριν αναπτύξω το κύριο θέμα της ομιλίας μου , που είναι η διακύμανση της αλατότητας της λίμνης Βιστωνίδας (το σωστό λιμνοθάλασσας , εφόσον επικοινωνεί με την θάλασσα) , θα αναφερθώ πολύ σύντομα στο πρόβλημα των φερτών ,ένα σοβαρότατο πρόβλημα για τη λίμνη, για το οποίο κι εμείς έχουμε κάνει εκτιμήσεις, και μετρήσεις.



Σχήμα 1. Η μέση ετήσια αύξηση της επιφάνειας του Δέλτα του Κομψάτου , για τα χρονικά διαστήματα 1920-1945 , 1945-1970, 1970-2005 και συνολικά για το χρονικό διάστημα 1920-2005.

Για παράδειγμα, στο σχήμα 1 εμφανίζονται οι μετρήσεις που έχουμε κάνει για το Δέλτα του Κομψάτου, όπου βλέπουμε ότι ανάμεσα στο 1920 και στο 1945 ο ρυθμός αύξησης του Δέλτα λόγω της πρόσχωσης με τα φερτά του ποταμού, ήταν 20 στρέμματα το χρόνο . Ο ρυθμός αυτός ανάμεσα στο 1945 και στο 1970 πήγε στα 64 στρέμματα το χρόνο , δηλαδή αυξήθηκε τρεις φορές .Γιατί; Γιατί έγινε ο εγκιβωτισμός του ποταμού με αναχώματα , και τα φερτά που πριν

εμπλουτίζουν την πεδιάδα τώρα οδηγούνται στην λίμνη. Η κατασκευή του φράγματος Ιάσμου, θα ανακόψει σημαντικά (σχεδόν κατά 95%) την εισροή φερτών στην λίμνη από τον Κομψάτο, συνεπώς θα λειτουργήσει ευεργετικά στην δραστική μείωση των φερτών προς την λίμνη .Σύμφωνα με τις μετρήσεις μας , η επιφάνεια της λίμνης μειώνεται περίπου κατά μέσον όρο 100 στρέμματα το χρόνο. Η λίμνη έχει 40 χιλιάδες στρέμματα, συνεπώς σε 400 χρόνια (αν δεν γίνει κάποια παρέμβαση) η λίμνη θα προσχωθεί και θα είναι μία πεδιάδα. Αυτό βέβαια υπό την προϋπόθεση ότι η αύξηση της στάθμης της θάλασσας (1 έως 2.5 m τα επόμενα 400 χρόνια) ,λόγω της κλιματικής αλλαγής δεν θα μετατρέψει την ευρύτερη περιοχή της Βιστωνίδας σε θάλασσα.

Ο όγκος της λίμνης σε νερό είναι περίπου 100 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, ο όγκος των νερών που πέφτουν κάθε χρόνο στη λίμνη από τα ποτάμια είναι κατά μέσο όρο περίπου 400 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Εάν αυτό το νερό μπορούσαμε να το στοιβάξουμε πάνω στη λίμνη, ξέρετε πόσο θα ανέβαινε η επιφάνεια της λίμνης; Άλλα οκτώ μέτρα, δηλαδή περίπου τρεις φορές το βάθος νερού της λίμνης. Εάν γίνει το φράγμα Ιάσμου ,100 εκατομμύρια κυβικά περίπου θα διατεθούν για άρδευση , άρα μόνο κατά 25% θα μειωθεί η ποσότητα του νερού που θα μπει μέσα στη λίμνη,δηλαδή πάλι θα μπαίνει σημαντική ποσότητα γλυκού νερού στην λίμνη. Τους βροχερούς συνεπώς μήνες , η μεγάλη (σχετικά με τον όγκο της λίμνης) αυτή ποσότητα νερού από τα τρία ποτάμια που εκβάλλουν στην λίμνη (Κόσυνθος, Κομψάτος και Ασπροπόταμος) , «ξεπλένουν» την λίμνη , και η αλατότητα είναι πολύ κοντά στην αλατότητα του νερού των ποταμών. Από το τέλος όμως της Άνοιξης , το καλοκαίρι και τους πρώτους μήνες του φθινοπώρου ,η αλατότητα της λίμνης καθημερινά μεταβάλλεται (αυξάνει) , επειδή μπαίνει μέσα στην λίμνη η θάλασσα. Και ποιος είναι ο μηχανισμός που μπαίνει μέσα η θάλασσα; Η διείσδυση της θάλασσας στη Βιστωνίδα κατά οφείλεται στους παρακάτω λόγους :

α. Κατά τους μήνες της ανομβρίας και αφού έχει επιτευχθεί η ίδια μέση στάθμη νερού στη θάλασσα και στη Βιστωνίδα, το θαλασσινό νερό με αλατότητα περίπου 35 % ως βαρύτερο του γλυκού νερού διεισδύει μέσω των διαύλων στη λιμνοθάλασσα, έρποντας στον πυθμένα, ενώ παράλληλα εξέρχεται γλυκό νερό από την επιφάνεια.

β. Διείσδυση του θαλασσινού νερού μέσω των διαύλων εισόδου λόγω της πτώσης της στάθμης στη Βιστωνίδα λόγω της εξάτμισης

γ. Διείσδυση του θαλασσινού νερού μέσω των διαύλων εισόδου λόγω της παλίρροιας

δ. Διείσδυση του θαλασσινού νερού μέσω των διαύλων εισόδου λόγω των Νότιων ανέμων

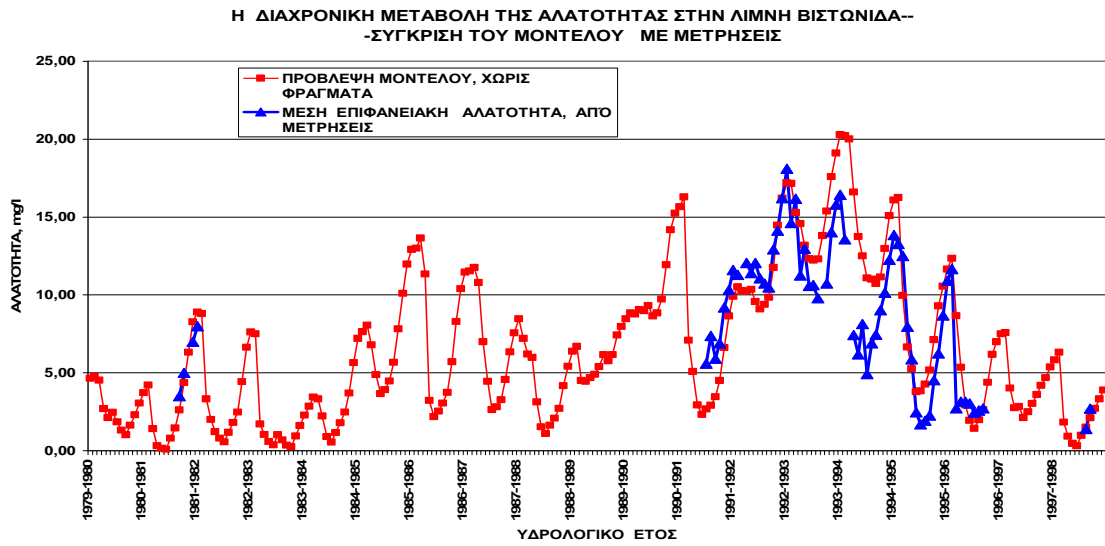
Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η προσομοίωση της αλατότητας της λιμνοθάλασσας Βιστωνίδας με δυο μοντέλα. Το ένα μοντέλο είναι ένα μονοδιάστατο μοντέλο με χρονικό βήμα τον μήνα και χωρική διακριτικότητα όλη την λίμνη (η λίμνη θεωρείται ως αντιδραστήρας πλήρους μείξης ,μοντέλο τύπου black-box),και προβλέπει την μηνιαία εξέλιξη της μέσης αλατότητας της λίμνης . Στο μονοδιάστατο μοντέλο όλες οι μεταβλητές και τα υπολογιζόμενα μεγέθη είναι χρονικά ανοιγμένα στον μήνα, δηλαδή μηνιαία εισροή, μηνιαία εξάτμιση, μηνιαία είσοδος της θάλασσας στην λίμνη, ομογενής αλατότητα της λίμνης στην διάρκεια του μήνα, κλπ. Το μοντέλο είναι ένα ολοκληρωμένο

χρονικά μοντέλο σε μηνιαία βάση, και χωρικά δέχεται πλήρη μείξη μέσα στην λίμνη. Το δεύτερο μοντέλο βασίστηκε στο λεπτομερέστατο τρισδιάστατο υδροδυναμικό μοντέλο ELCOM, με οριζόντια διακριτικότητα 50x200 m και κατακόρυφη 0.5 m.

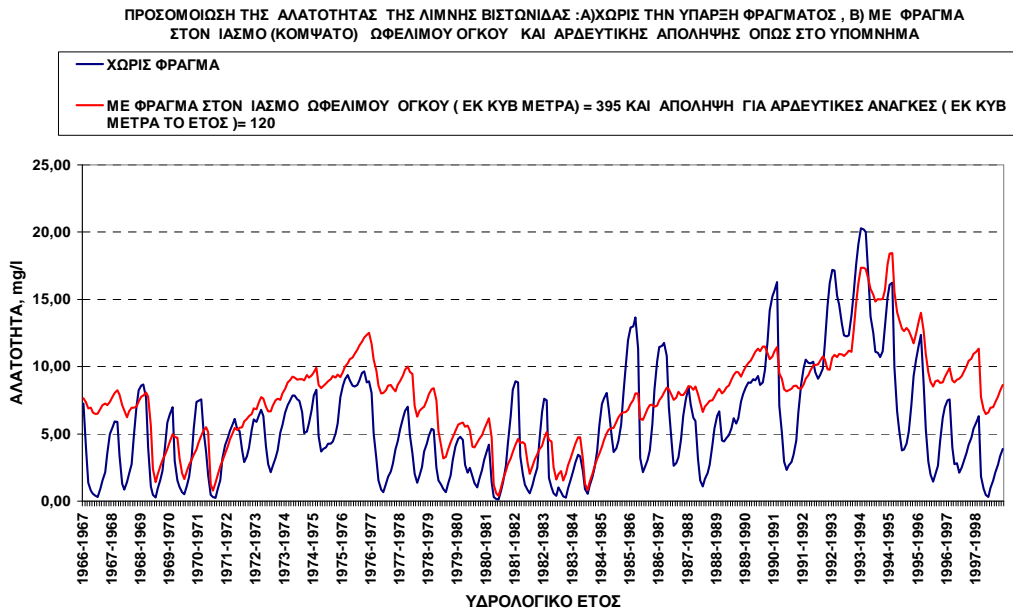
Στο διάγραμμα 2 γίνεται η σύγκριση των προβλέψεων του μοντέλου με τις υπάρχουσες μετρήσεις αλατότητας στην λιμνοθάλασσα. Δεδομένης της πολυπλοκότητας του φαινομένου και των απλοποιήσεων που έγιναν, η σύγκριση είναι ικανοποιητική. Το μονοδιάστατο μοντέλο συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δώσει μια πολύ καλή πρόβλεψη των μεταβολών της μηνιαίας αλατότητας της λίμνης για διάφορα σενάρια διαχείρισης των νερών του ποταμού Κομψάτου. Στη συνέχεια βλέπετε στα διαγράμματα 3 έως 7 την προσομοίωση της αλατότητας, χωρίς το φράγμα Ιάσμου και με την ύπαρξη φράγματος Ιάσμου, σαν συνάρτηση της αποθηκευτικής ικανότητας και της αρδευτικής ετήσιας απόληψης. Παρατηρούμε ότι το φράγμα (ιδίως για τα ξηρά υδρολογικά έτη) με την σωστή διαχείριση (σωστό προσδιορισμό της αρδευτικής απόληψης) έχει ευεργετική επίδραση στην μείωση της μέγιστης αλατότητας της λίμνης Βιστωνίδας. Για παράδειγμα, στα σχήματα 3 έως 6 η κόκκινη γραμμή δείχνει την (προσομοίωση) της αλατότητας της λίμνης με φράγμα και η μπλε χωρίς φράγμα. Παρατηρούμε στο σχήμα 3 ότι για φράγμα αποθηκευτικής ικανότητας 360 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων και ετήσιας απόληψης για αρδευτικούς σκοπούς 120 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων, η μέγιστη αλατότητα χωρίς το φράγμα θα φθάσει τα 20‰, ενώ με το φράγμα η μέγιστη αλατότητα είναι μικρότερη και φτάνει τα 18,5‰. Αν όμως αυξηθεί η αρδευτική απόληψη, και γίνει 170 εκατομμύρια κυβικά μέτρα (βλέπε σχήμα 4), τότε η μέγιστη αλατότητα στην λίμνη με ύπαρξη φράγματος είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη αλατότητα, χωρίς το φράγμα. Συνεπώς, απαιτείται προσοχή στον προσδιορισμό των κρίσιμων παραμέτρων λειτουργίας του φράγματος.

Εάν λοιπόν το φράγμα Ιάσμου έχει ένα όγκο 395 εκατομμύρια κυβικά μέτρα και διαθέτει για άρδευση τα 120 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, (αρκετά για να αρδευτούν περίπου 400 χιλιάδες στρέμματα), τότε παρατηρούμε ότι χωρίς το φράγμα η μέγιστη μηνιαία αλατότητα θα φθάσει τα 20‰, ενώ με την ύπαρξη του φράγματος η μέγιστη αλατότητα στην λίμνη θα είναι μικρότερη, στα 18‰. Μπορεί να φαίνεται αυτό παράξενο, αλλά είναι η πραγματικότητα. Με ένα μεγάλο φράγμα μπορεί να γίνει διαχείριση του νερού. Το καλοκαίρι χωρίς το φράγμα δεν μπαίνει σταγόνα νερού μέσα στη λίμνη, ενώ με την ύπαρξη του φράγματος από τα αποθέματα του φράγματος παροχετεύεται μια μικρή ποσότητα νερού στο ποτάμι και από εκεί στη λίμνη, κι έτσι να μειώνεται η αλατότητα. Συνεπώς, η ύπαρξη του φράγματος μπορεί με σωστή διαχείριση να έχει ευεργετικές επιπτώσεις στην μείωση της μέγιστης αλατότητας. Από την μονοδιάστατη προσομοίωση (βλέπε σχήματα 3 έως 7) φαίνεται και η μεγάλη φυσική διακύμανση της αλατότητας της λίμνης στο πρόσφατο παρελθόν, από πολύ μικρές τιμές (σχεδόν γλυκό νερό) έως υψηλές, που οδήγησαν σε αφανισμό

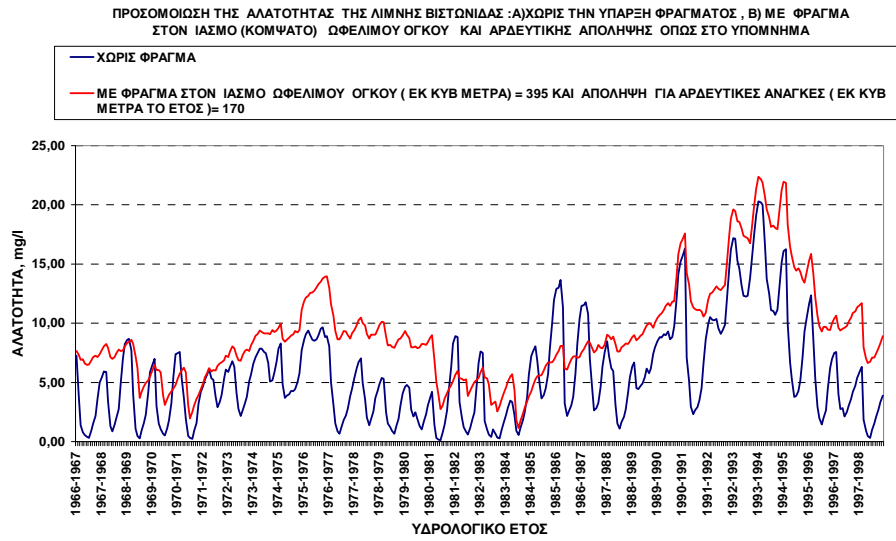
του είδους γριβάδι (για να επιβιώσει το γριβάδι θέλει χαμηλή αλατότητα, μικρότερη από 10mg/l) .Παρατηρούμε ότι το καλοκαίρι του 1993 ,η επιφανειακή αλατότητα που μετρήθηκε στην λίμνη έφτασε τα 19 mg/l .



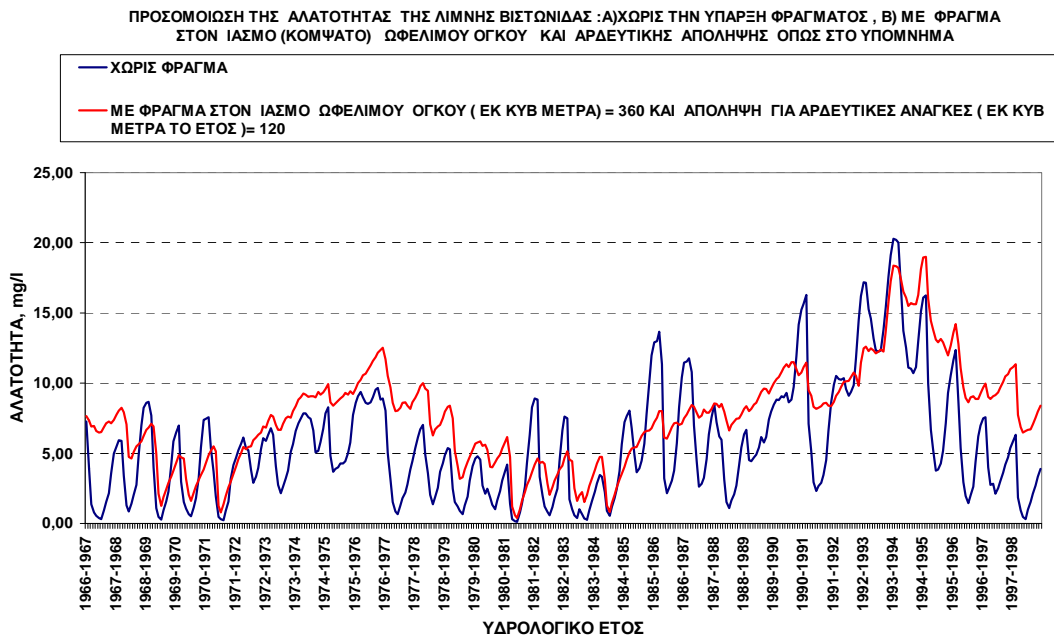
Σχήμα 2. Σύγκριση προβλέψεων του μοντέλου για την μέση αλατότητα στην Βιστωνίδα (χωρίς φράγματα στον Κομψάτο-Κόσυνθο) και διάφορων (όχι συνεχών) μετρήσεων από το 1981 έως το 1998.



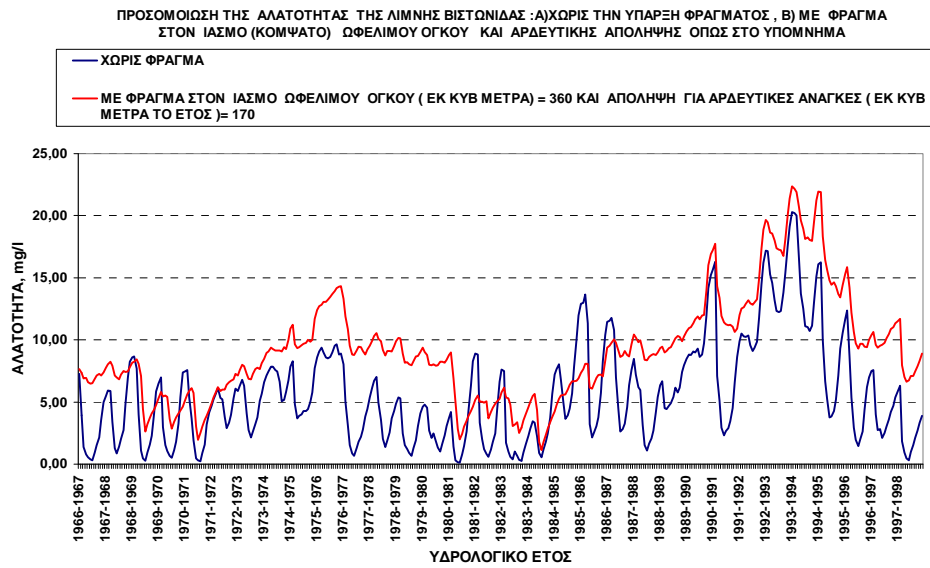
Σχήμα 3 Σύγκριση προβλέψεων του μοντέλου για την μέση αλατότητα στην Βιστωνίδα για τα δεδομένα όγκου φράγματος και αρδευτικής απόληψης που εμφανίζονται στον τίτλο.



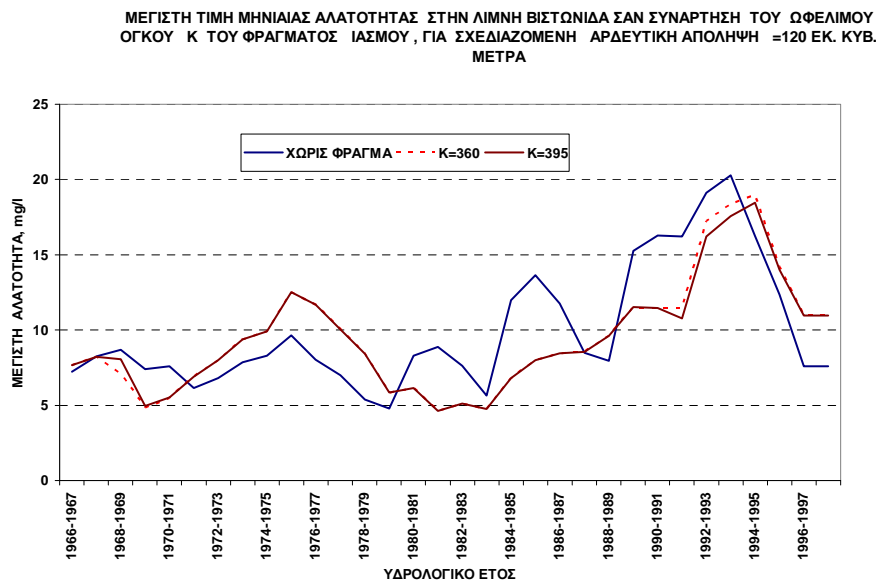
Σχήμα 4 Σύγκριση προβλέψεων του μοντέλου για την μέση αλατότητα στην Βιστωνίδα για τα δεδομένα όγκου φράγματος και αρδευτικής απόληψης που εμφανίζονται στον τίτλο.



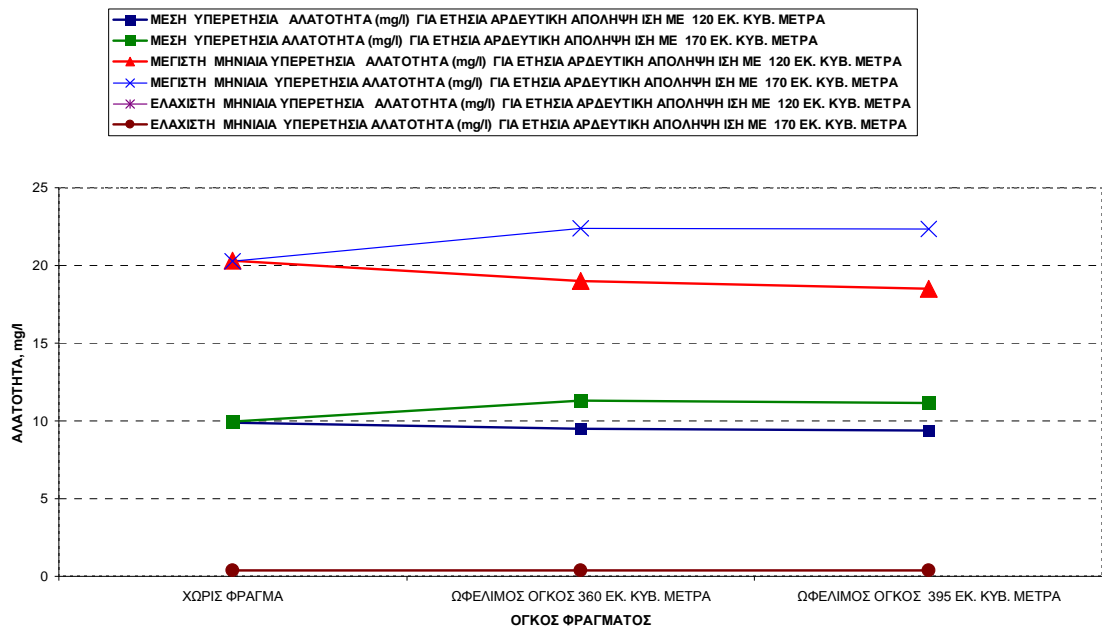
Σχήμα 5. Σύγκριση προβλέψεων του μοντέλου για την μέση αλατότητα στην Βιστωνίδα για τα δεδομένα όγκου φράγματος και αρδευτικής απόληψης που εμφανίζονται στον τίτλο.



Σχήμα 6 Σύγκριση προβλέψεων του μοντέλου για την μέση αλατότητα στην Βιστωνίδα για τα δεδομένα όγκου φράγματος και αρδευτικής απόληψης που εμφανίζονται στον τίτλο.



Σχήμα 7. Σύγκριση προβλέψεων του μοντέλου για την μέγιστη αλατότητα στην Βιστωνίδα για τα δεδομένα όγκου φράγματος και αρδευτικής απόληψης που εμφανίζονται στον τίτλο.



Σχήμα 8. Σύγκριση προβλέψεων του μοντέλου για την ελάχιστη, μέση και μέγιστη υπερετήσια αλατότητα στην Βιστωνίδα για τα δεδομένα όγκου φράγματος (360 ή 395 εκ. κυβ. μέτρα) και αρδευτικής απόληψης που εμφανίζονται στον υπόμνημα.

Στην συνέχεια παρουσιάζουμε μερικά αποτελέσματα από την τρισδιάστατη προσομοίωση της χρονικής εξέλιξης της αλατότητας μέσα στην λίμνη χρησιμοποιώντας το υδροδυναμικό μοντέλο ELCOM (Estuary, Lake and Coastal Ocean Model). Χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της χωρο-χρονικής διακύμανσης της θερμοκρασίας και της αλατότητας του νερού και μπορεί να εφαρμοστεί σε συνεργασία με το μοντέλο ποιότητας υδάτων CAEDYM (Computational Aquatic Ecosystem Dynamics Model).

Οι κυβερνώσες υδροδυναμικές εξισώσεις στο ELCOM είναι:

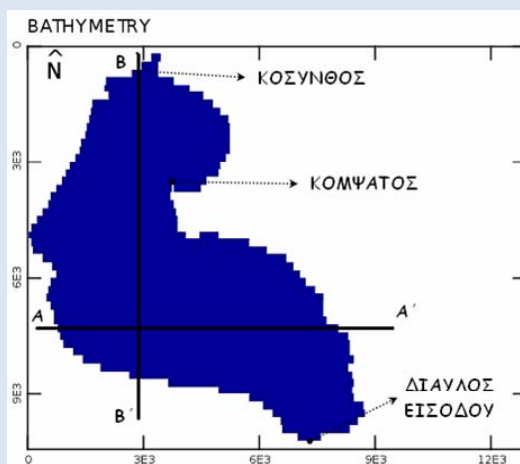
- Συνέχειας
- Ορμής
- Μεταφοράς βαθμωτών μεγεθών (θερμοκρασία, ρύποι, κ.λπ.) – διάχυση
- Οριακή συνθήκη ορμής στην ελεύθερη επιφάνεια
- Οριακή συνθήκη ορμής στον πυθμένα και στις πλαϊνές πλευρές
- Οριακή συνθήκη βαθμωτών μεγεθών
- Εξέλιξη ελεύθερης επιφάνειας
- Διατμητική τάση λόγω ανέμου στην ελεύθερη επιφάνεια
- Εισροή ορμής λόγω ανέμου

Οι εξισώσεις μεταφοράς είναι οι εξισώσεις Reynolds (Reynolds-averaged Navier-Stokes) και η εξίσωση μεταφοράς βαθμωτών, χρησιμοποιώντας την προσέγγιση του Boussinesq και αγνοώντας τους μη-υδροστατικούς όρους πίεσης.

Ο χάρτης που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της Βιστωνίδας επιλέχτηκε από το πρόγραμμα Google Earth και ψηφιοποιήθηκε από το πρόγραμμα Ddger 3 της Golden Software.



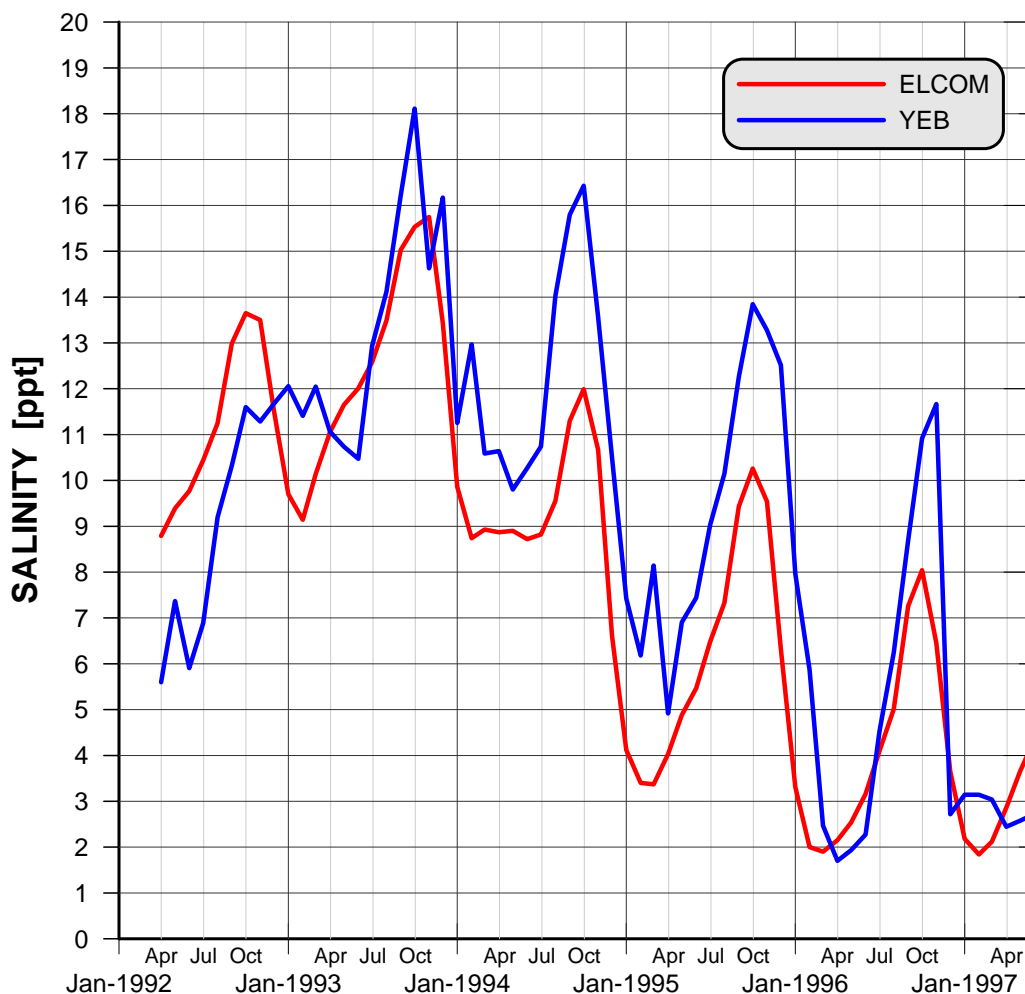
Δορυφορική λήψη της Βιστωνίδας από το Google Earth



Η βυθομετρία της Βιστωνίδας όπως αυτή απεικονίζεται από το MODELLER (ELCOM)

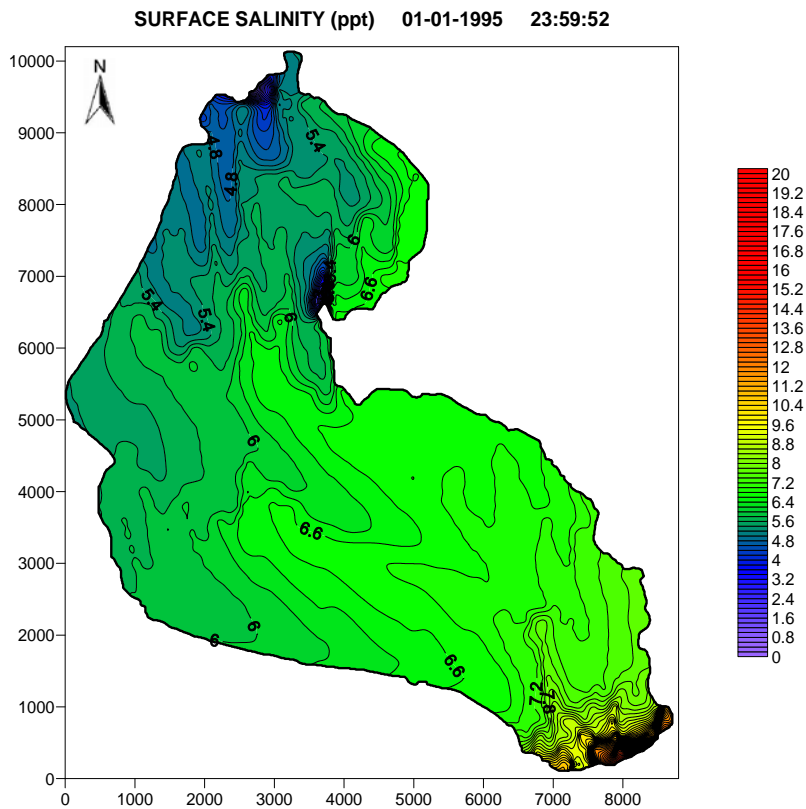
Στο σχήμα 9 συγκρίνονται τα αποτελέσματα του μοντέλου ELCOM για την διακύμανση της αλατότητας στο βόρειο τμήμα της λίμνης με τις μετρήσεις πεδίου για την αλατότητα που πραγματοποίησε η ΥΕΒ το 1995 (Υπουργείο Γεωργίας). Παρατηρούμε ότι το μοντέλο αναπαράγει με πολύ καλή προσέγγιση τις μετρήσεις. Η προσέγγιση θα ήταν πολύ καλύτερη αν υπήρχε διαθεσιμότητα παροχών των ποταμών σε ημερήσια βάση.

Στα σχήματα 10 έως 23 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της τρισδιάστατης προσομοίωσης με την βοήθεια καμπύλων ίσης αλατότητας για την επιφάνεια και τον πυθμένα της Βιστωνίδας την πρώτη του μηνός, από Ιανουάριο έως Δεκέμβριο.

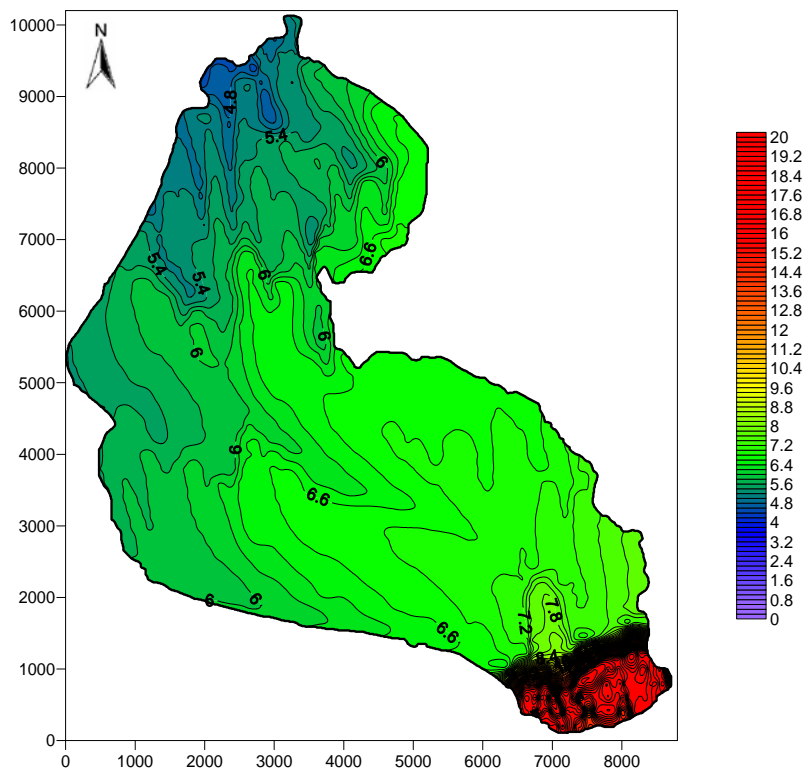


Σχήμα 9 : Σύγκριση των μετρήσεων πεδίου με τα αποτελέσματα του ELCOM για την περίοδο Απρίλιος 1992 – Ιούνιος 1997

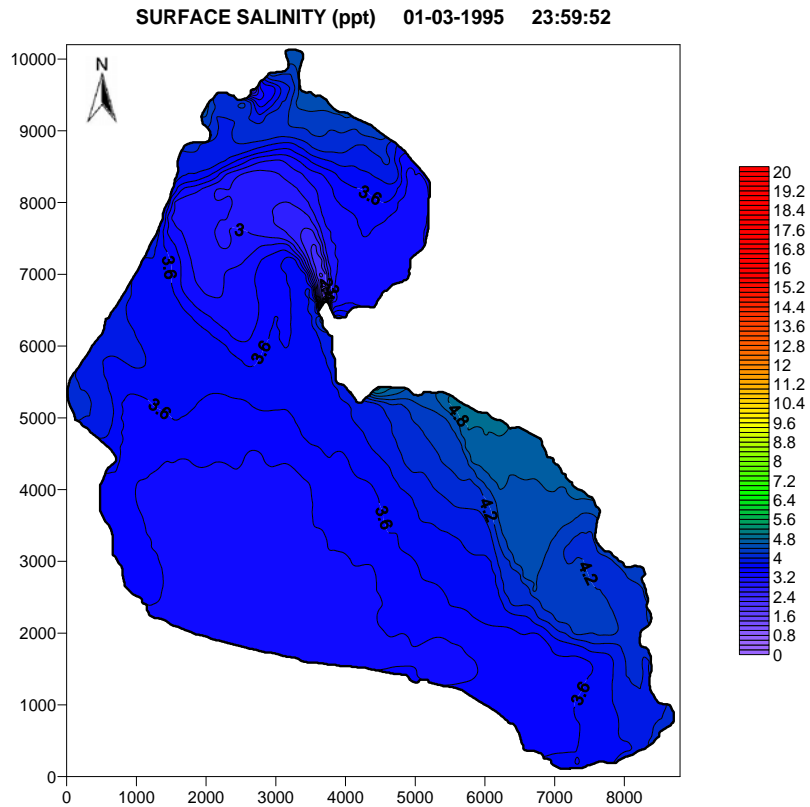
Παρατηρούμε πως εξελίσσεται η αλατότητα τον Ιανουάριο, τα κόκκινα χρώματα δείχνουν υψηλές αλατότητες, το πράσινο και το μπλε γλυκά νερά. Βλέπουμε λοιπόν, τον Ιανουάριο, την ίδια ημέρα, ο πυθμένας προφανώς έχει μεγαλύτερη αλατότητα από την επιφάνεια, γιατί όπως αναφέραμε η θάλασσα εισχωρεί μέσα στην λίμνη σαν αλμυρή σφήνα. Παρατηρούμε σε επόμενους μήνες την εξέλιξη της αλατότητας, πχ τον Μάρτιο (σχήματα 12 και 13), μπήκαν τα γλυκά νερά από τις βροχές κι έχουμε σχεδόν γλυκό νερό στην λίμνη. Τον Ιούνιο αρχίζει πλέον η θάλασσα και μπαίνει περισσότερο μέσα στην λίμνη ,διότι σταματάνε οι εισροές από τα ποτάμια. Τον Αύγουστο (σχήματα 18 και 19) βλέπετε την χρωματική αλλαγή , που δείχνει την αύξηση της αλατότητας .Στα σχήματα 10 έως 23 μπορεί να δει κανείς και τη διαχρονική εξέλιξη και τη χωρική εξέλιξη στο χώρο , δηλαδή, από την είσοδο θαλασσινού νερού στα νότια της λίμνης μέχρι τις Βορειότερες περιοχές .Παρατηρούμε ότι για την συγκεκριμένη προσομοίωση , ο Οκτώβριος παρουσιάζει την μεγαλύτερη αλατότητα , που φθάνει 11‰ στο βορά.



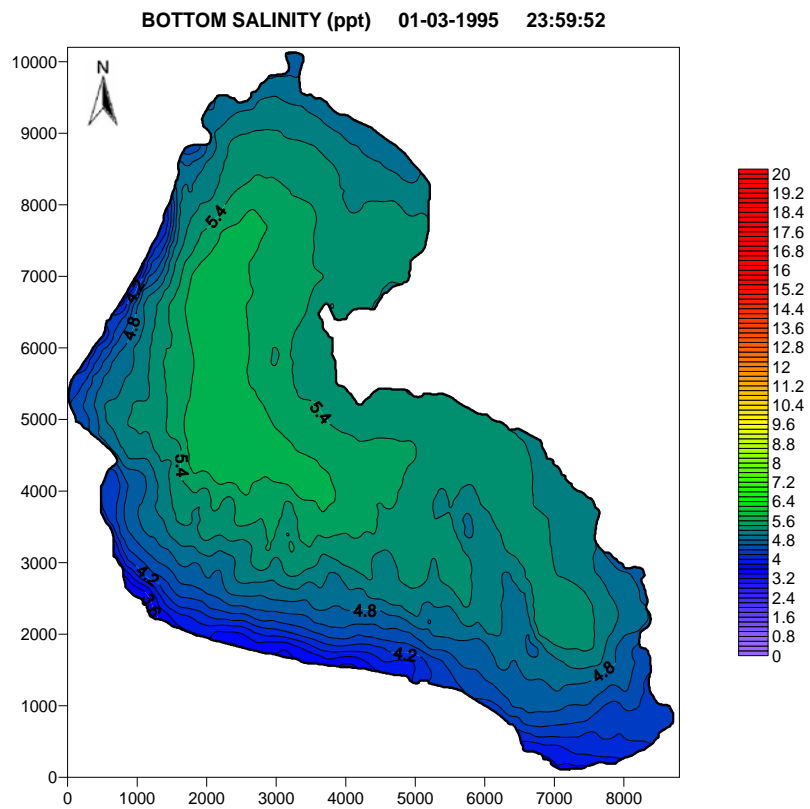
Σχήμα 10 : Καμπύλες ίσης αλατότητας στην επιφάνεια της λίμνης τον Ιανουάριο του 1995.



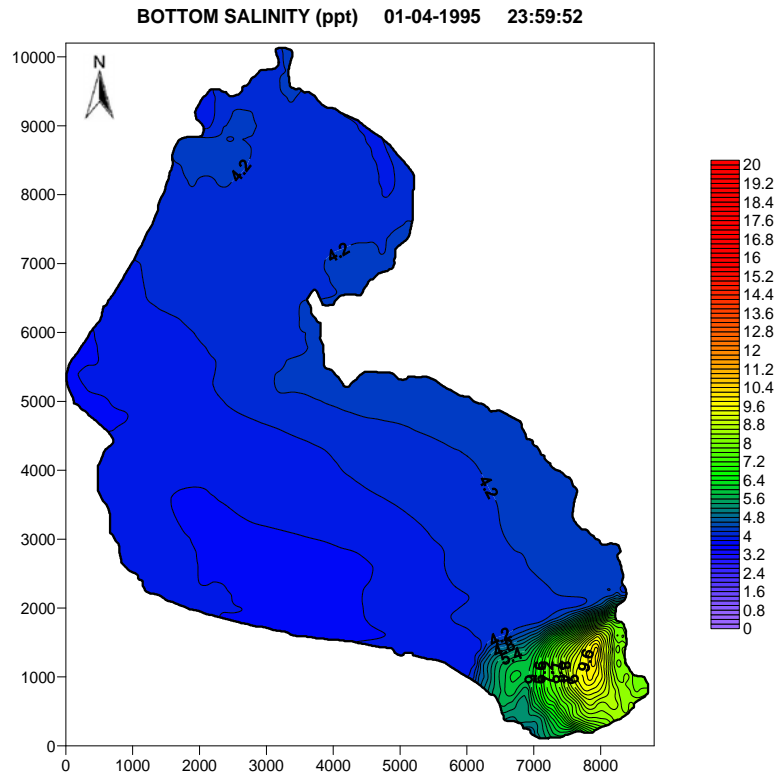
Σχήμα 11 : Καμπύλες ίσης αλατότητας στον πυθμένα της λίμνης τον Ιανουάριο του 1995.



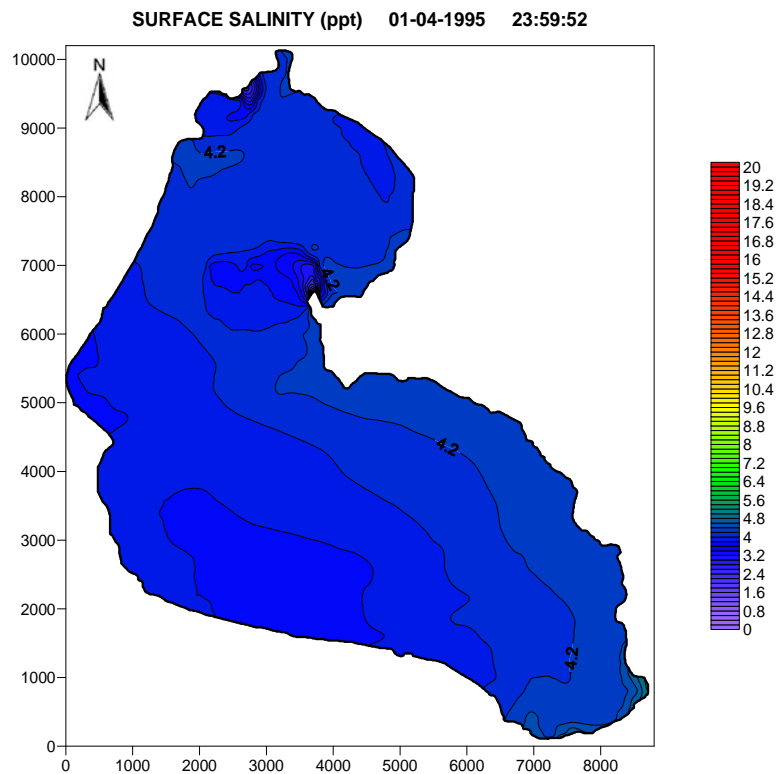
Σχήμα 12: Καμπύλες ίσης αλατότητας στην επιφάνεια της λίμνης το Μάρτιο του 1995.



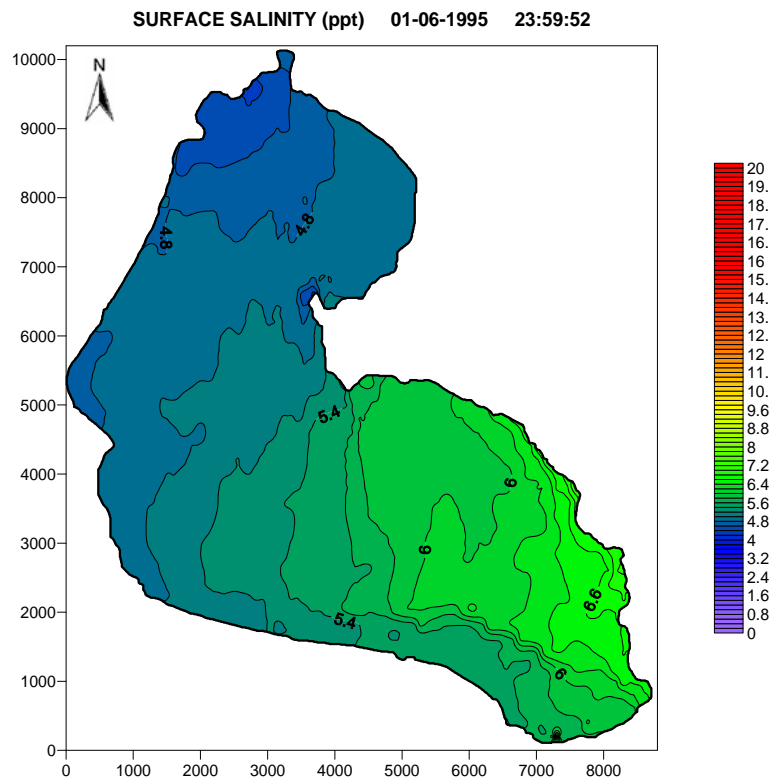
Σχήμα 13: Καμπύλες ίσης αλατότητας στον πυθμένα της λίμνης το Μάρτιο του 1995.



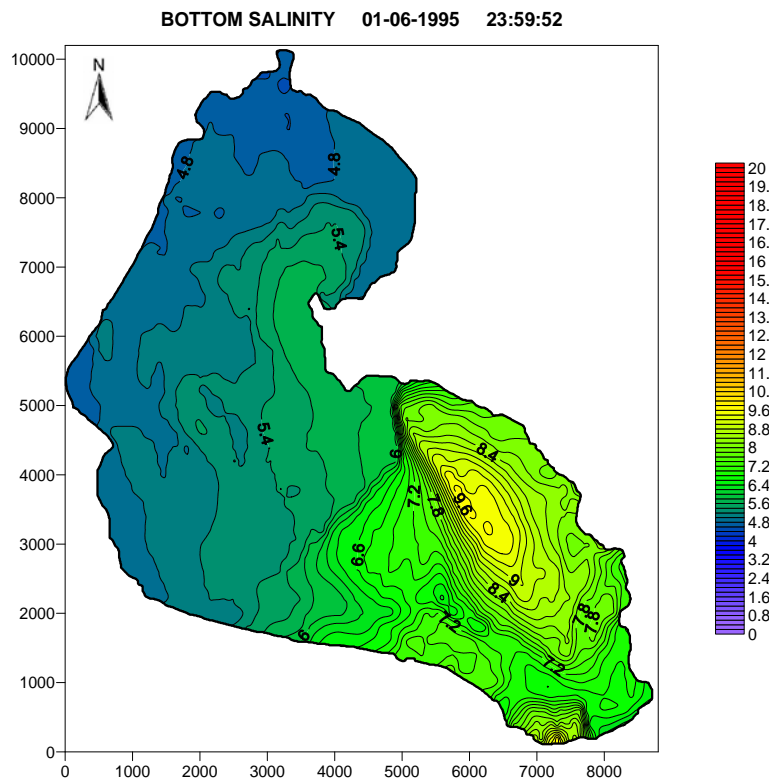
Σχήμα 14: Καμπύλες ίσης αλατότητας στον πυθμένα της λίμνης τον Απρίλη του 1995.



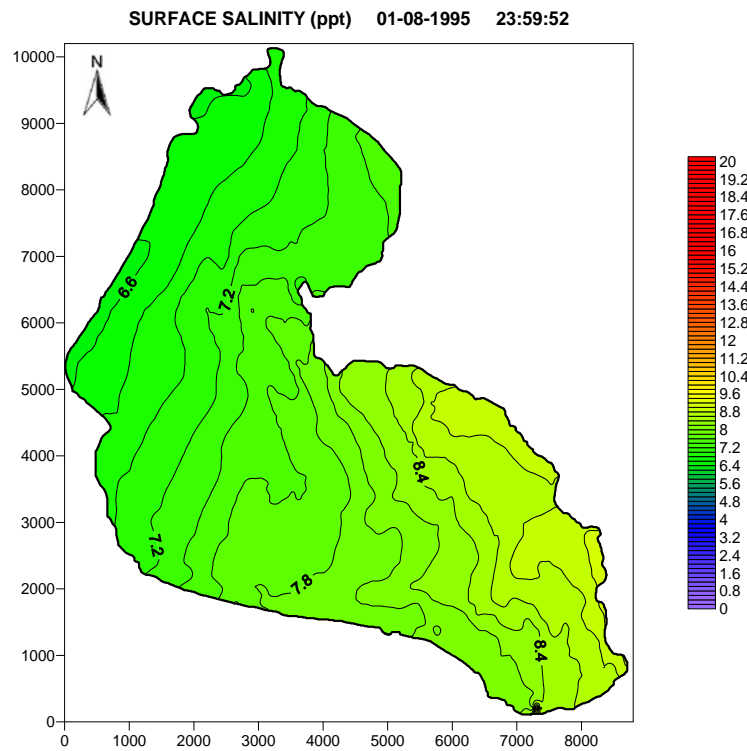
Σχήμα 15: Καμπύλες ίσης αλατότητας στην επιφάνεια της λίμνης τον Απρίλη του 1995.



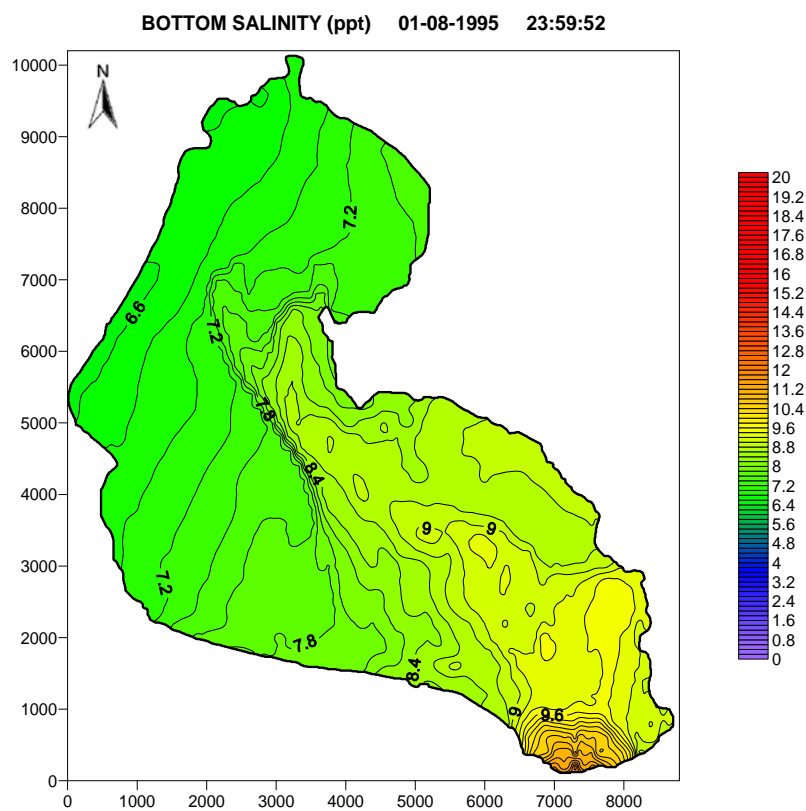
Σχήμα 16: Καμπύλες ίσης αλατότητας στην επιφάνεια της λίμνης τον Ιούνιο του 1995.



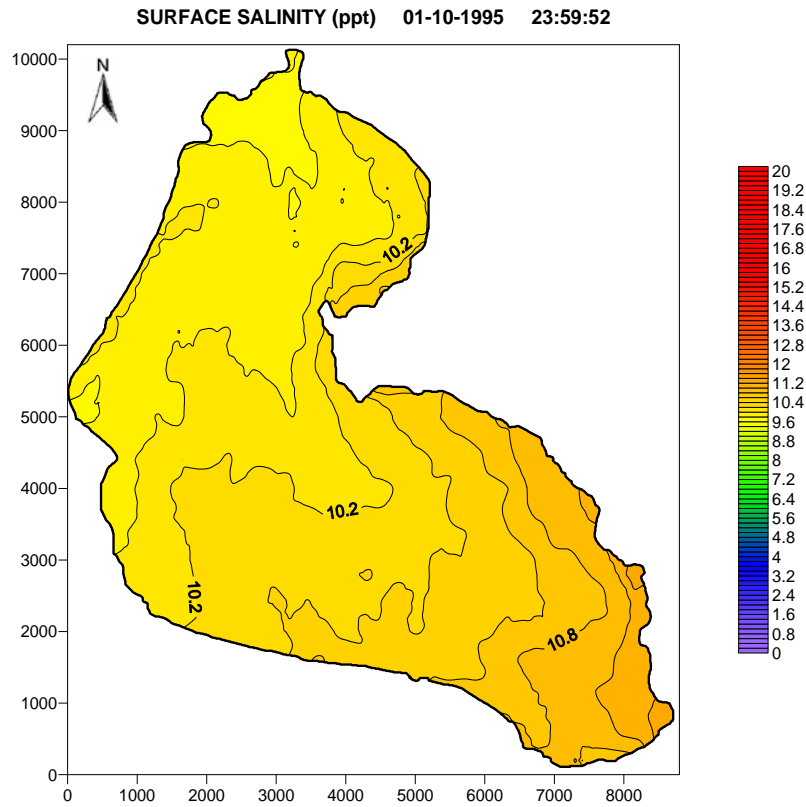
Σχήμα 17: Καμπύλες ίσης αλατότητας στον πυθμένα της λίμνης τον Ιούνιο του 1995



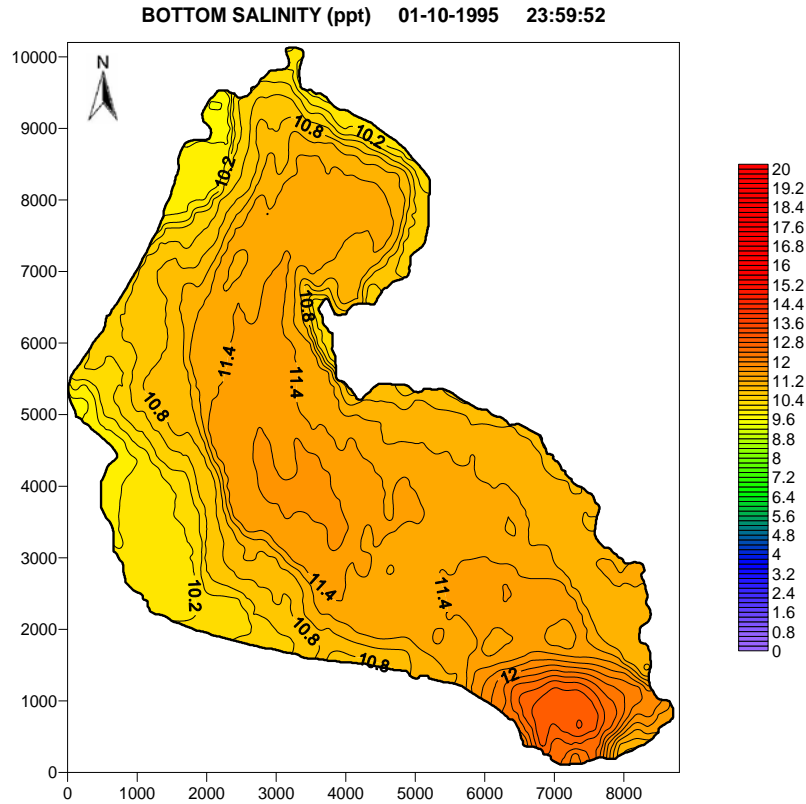
Σχήμα 18: Καμπύλες ίσης αλατότητας στην επιφάνεια της λίμνης τον Αύγουστο του 1995.



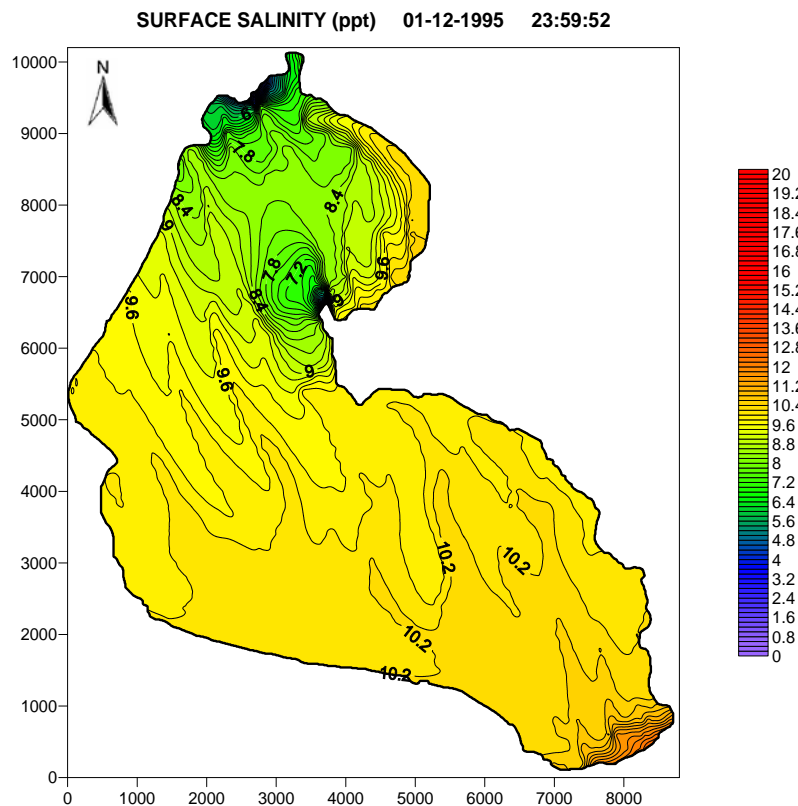
Σχήμα 19: Καμπύλες ίσης αλατότητας στον πυθμένα της λίμνης τον Αύγουστο του 1995.



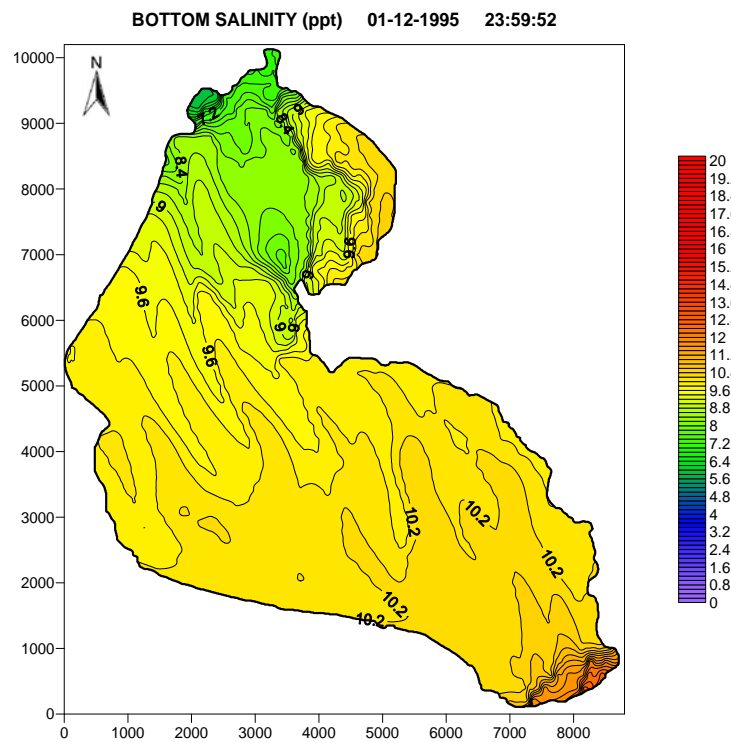
Σχήμα 20: Καμπύλες ίσης αλατότητας στην επιφάνεια της λίμνης τον Οκτώβρη του 1995.



Σχήμα 21: Καμπύλες ίσης αλατότητας στον πυθμένα της λίμνης τον Οκτώβρη του 1995.

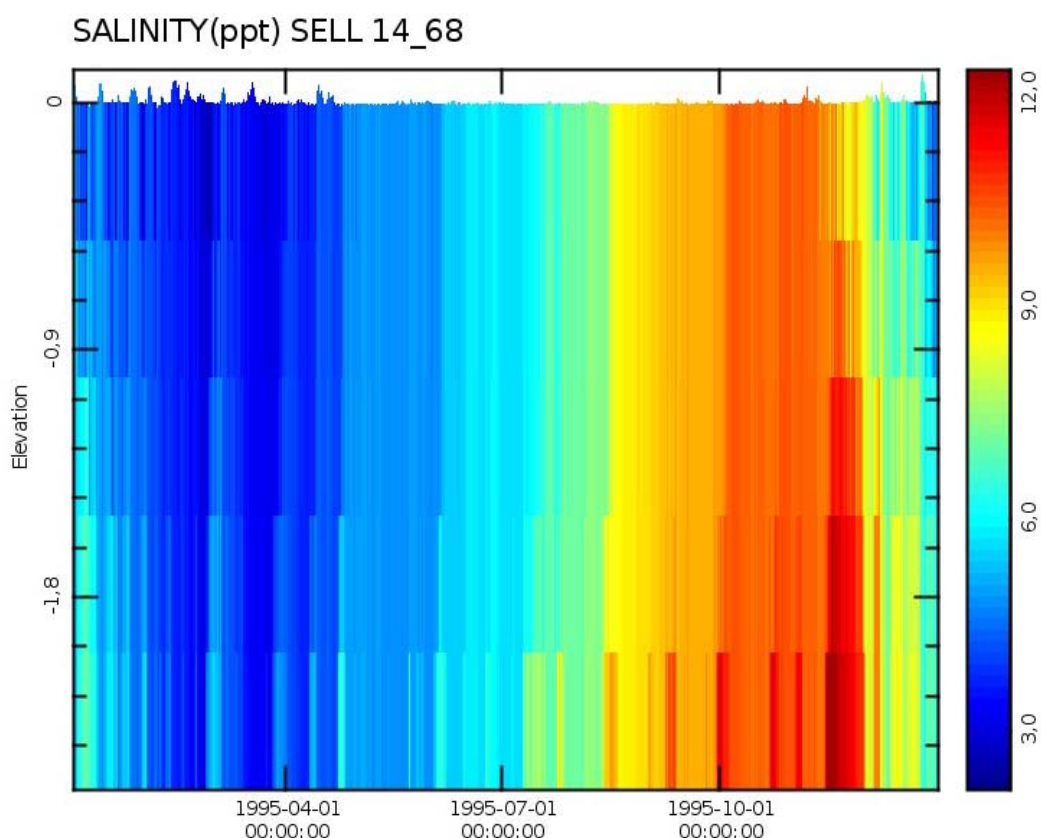


Σχήμα 22: Καμπύλες ίσης αλατότητας στην επιφάνεια της λίμνης το Δεκέμβρη του 1995.



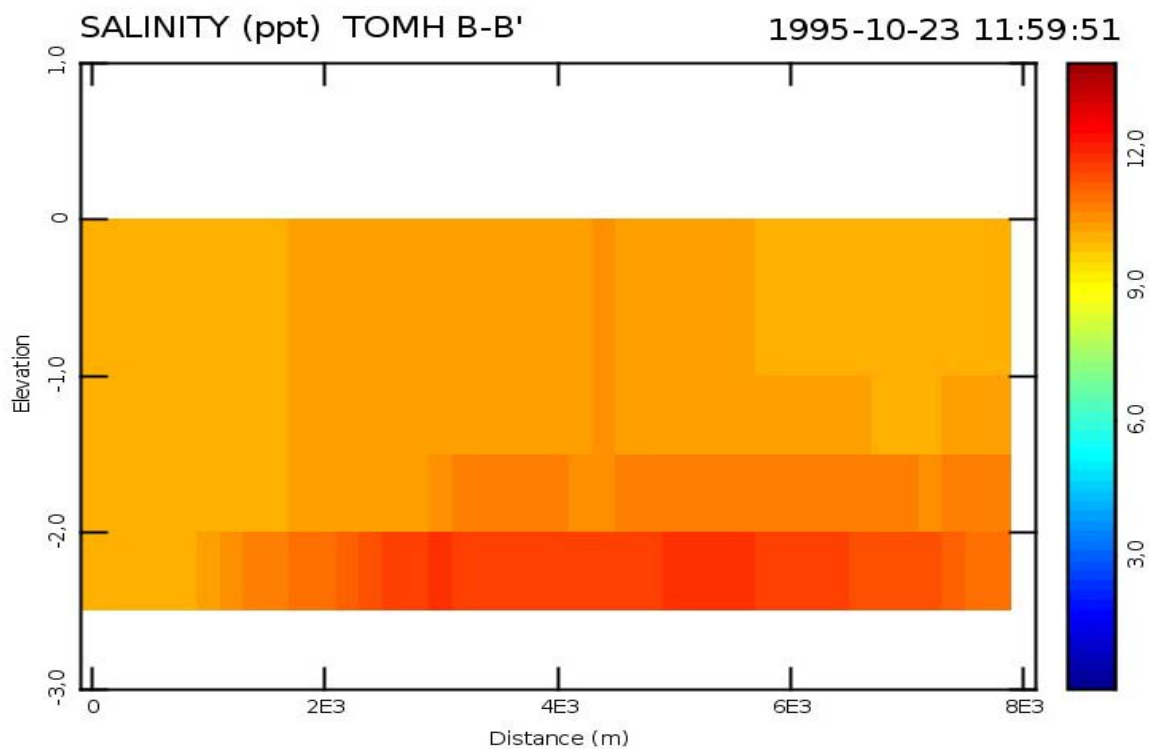
Σχήμα 23: Καμπύλες ίσης αλατότητας στον πυθμένα της λίμνης το Δεκέμβρη του 1995.

Στο σχήμα 24 παρουσιάζεται το προφίλ της αλατότητας από την επιφάνεια μέχρι τον πυθμένα του σημείου 14_68 (κατακόρυφη στήλη κελιών), που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της λίμνης για ένα έτος. Όπως είναι φανερό τους χειμερινούς μήνες, όπου οι παροχές των ποταμών είναι μεγάλες η λίμνη ξεπλένεται από το αλάτι που περιέχει (το σκούρο μπλε χρώμα δείχνει πολύ μικρή αλατότητα, δηλαδή αλατότητα γλυκού νερού). Τους καλοκαιρινούς μήνες που δεν υπάρχουν βροχοπτώσεις και η εισροή νερών στην λίμνη από τα ποτάμια είναι μηδενική, η θάλασσα εισχωρεί στον πυθμένα της λίμνης με τον μηχανισμό της αλμυρής σφήνας και συνεπώς, οι τιμές της αλατότητας της λίμνης αυξάνουν και αρχίζει να δημιουργείται στρωμάτωση. Το φθινόπωρο δε, λίγο πριν τις πρώτες βροχές, τους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Νοέμβριο, η αλατότητα της λίμνης παίρνει τις μέγιστες τιμές της. Στο παρακάτω σχήμα είναι φανερή η χρονική εξέλιξη της στρωμάτωσης κατά βάθος.

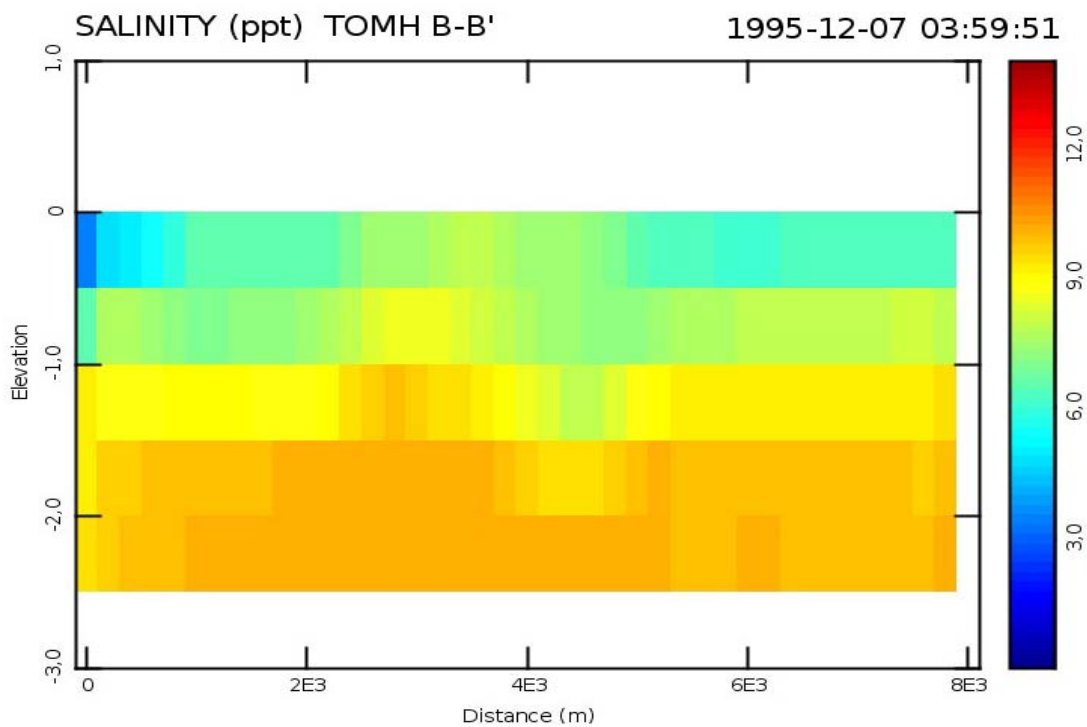


Σχήμα 24: Το προφίλ των τιμών της αλατότητας κατά βάθος της στήλης νερού στο υπολογιστικό σημείο 14_68.

Στη συνέχεια παρατίθενται στα σχήματα 25 και 26 η χρονική εξέλιξη της προσομοίωσης της αλατότητας στην κατακόρυφη τομή B-B' (κατακόρυφη τομή της λίμνης από Βορά προς Νότο) για το έτος 1995 από το πρόγραμμα MODELLER (ELCOM), όπου είναι φανερή η διαφοροποίηση της στρωμάτωσης της λίμνης κατά βάθος σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, αλλά και η διαφοροποίηση της αλατότητας από Βορά προς Νότο (για την ίδια ημέρα). Όπως είναι φυσικό, την ίδια χρονική στιγμή, για το ίδιο βάθος, η αλατότητα αυξάνει από Βορά προς Νότο.



Σχήμα 25: Η στρωμάτωση της λίμνης στα τέλη του Οκτωβρίου του έτους 1995



Σχήμα 26: Η στρωμάτωση της λίμνης στις αρχές του Δεκέμβρη του έτους 1995

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αλατότητα της λίμνης διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο, τόσο στο οικοσύστημα όσο και στην ιχθυοπαραγωγή της λίμνης. Οι μεταβολές της αλατότητας της λίμνης(λιμνοθάλασσας) είναι ένα φυσικό διαχρονικό γεγονός. Η εμφάνιση όμως υψηλών τιμών αλατότητας τις τελευταίες δεκαετίες, θέτει επιτακτικά το ερώτημα να προσδιορισθεί (από πλευράς ιχθυοπαραγωγής και οικοσυστήματος) η μέγιστη αποδεκτή αλατότητα της λίμνης. Σήμερα, σε μια ξηρή υδρολογικά χρονιά, ο όγκος του νερού που μπαίνει στην λίμνη δεν είναι αρκετός για να εκμηδενίσει την αλατότητα της προηγούμενης χρονιάς, η είσοδος του θαλασσινού νερού προστίθεται σε αυτό που παρέμεινε την προηγούμενη χρονιά και η αλατότητα φτάνει σε πολύ υψηλές τιμές, που έχει παρατηρηθεί ότι φθάνει και το 25% στο Βόρειο τμήμα (υπενθυμίζεται ότι η θάλασσα έχει αλατότητα 36%). Σε τόση υψηλή αλατότητα τα «γριβάδια» (και ότι άλλο ψάρι γλυκού νερού) δεν μπορούν να επιβιώσουν. Ποια είναι η επιθυμητή μέγιστη αλατότητα στην λίμνη Βιστωνίδα; Δεν έχει αναφερθεί. Σε επόμενη ημερίδα, θα ήταν χρήσιμο να παρουσιασθούν σχετικές εισηγήσεις και προτάσεις από τους χρήστες. Για τα πουλιά σίγουρα η επιθυμητή αλατότητα είναι μηδενική ή πολύ μικρή. Αν υπάρξει ο προσδιορισμός της επιθυμητής αλατότητας, έχουμε σήμερα την τεχνογνωσία με κατάλληλα τεχνικά έργα και τα μοντέλα προσομοίωσης που παρουσιάσαμε, να ρυθμίσουμε την είσοδο της θάλασσας μέσα στην λίμνη έτσι ώστε η αλατότητα να κινείται στα όρια που κάποιος αρμόδιος φορέας θα υποδείξει. Ακόμα, αν θεωρηθεί επιθυμητό η λίμνη να είναι μονίμως γλυκιά ή ελαφρά υφάλμυρη στο Βόρειο της τμήμα και ανεξέλεγκτα υφάλμυρη στα Νότια, μπορεί και αυτό να αντιμετωπισθεί τεχνικά. Το φράγμα Ιάσμου δεν αποτελεί, εκ προοιμίου, κίνδυνο για αύξηση της αλατότητας της λίμνης. Απεναντίας, με σωστή διαχείριση μπορεί να έχει ευεργετικά αποτελέσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βελεγράκη Θ. (2003) **“Συνθήκες διαχείρισης υδατικών πόρων στην υδρολογική λεκάνη του π. Κομψάτου και οι επιπτώσεις του στο οικοσύστημα της Βιστωνίδας”**, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
2. Γκίκας Γ. (2002) **“Μελέτη του υδατικού οικοσυστήματος της Βιστωνίδας”**, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
3. Διαμαντής Ι. (1985) **“Υδρογεωλογική μελέτη λεκάνης λίμνης Βιστωνίδας. Μελέτη υδροφόρων οριζόντων μέσα σ’ ένα ευρύ ετερογενές πεδίο”**, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
4. Δρουδάκης Α. (2006) **“Μετρήσεις πεδίου για τη διερεύνηση της διείσδυσης της θάλασσας στη λιμνοθάλασσα της Βιστωνίδας”**, Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
5. Κάκος Σ. (2006) **“Προσομοίωση της υδρολογίας και της αλατότητας στη λιμνοθάλασσα Βιστωνίδα με το μοντέλο EFDC”**, Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
6. Kjerfve B. (1994) **“Coastal lagoon processes”**, Amsterdam – London – New York – Tokyo.

7. Κόγια Φ. (2004) “**Μελέτη της διείσδυσης της θάλασσας σε παράκτιες λιμνοθάλασσες. Εφαρμογή στη λιμνοθάλασσα της Βιστωνίδας**”, Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
8. Κόγια Φ., Α. Κονιδάρης, και Π. Αγγελίδης (2005) “Διείσδυση θάλασσας στη λιμνοθάλασσα Βιστωνίδα και η περιβαλλοντική σημασία της”, Πρακτικά Συνεδρίου **Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων με βάση τη λεκάνη απορροής**, (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, 5^ο Εθνικό Συνέδριο), Ξάνθη, Ελλάδα, 2005.
9. Kurup G., D. Hamilton and J. Patterson (1998) “Modelling the effect of seasonal flow variations on the position of salt wedge in a microtidal estuary”, **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Vol. 47, pp 191 – 208.
10. Κωτσοβίνος Ν. (1983) “Στόχος η προστασία της λίμνης Βιστωνίδας: Μελέτη της αλατότητας και της υδρολογίας της”. **Θρακικά Χρονικά**, ετήσια έκδοση, 38/1983.
11. Μποζιονέλος Ι., (2007) “Υδρολογική προσομοίωση της λιμνοθάλασσας Βιστωνίδας – Ημερησία προσομοίωση μεταβολών αλατότητας λόγω εισόδου θάλασσας και εισροών ποταμών”, Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
12. Τσανακτσή Μ. (2003) “**Μελέτη μεταβολής παροχών, αλατότητας και συγκεντρώσεων θρεπτικών αλάτων κατά τη διάρκεια χαρακτηριστικών παλιρροιακών κύκλων στη λιμνοθάλασσα Ερατεινού**”, Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.